

Volvelle « astrolabe universel »

Instruction nouvelle...touchant l'art de naviguer, Michel Coignet, 1581

Résumé : Cet instrument sert à trouver directement la latitude du lieu connaissant la déclinaison du Soleil en mesurant la hauteur du Soleil à midi solaire. Il peut servir en topographie.

1) Introduction

L'astrolabe planisphérique est très ancien et trop complexe pour être utilisé en mer. L'« astrolabe des marins » en est une version simplifiée¹. Dès la fin du XV^e siècle, il est utilisé par les marins portugais.

La première notice sur l'usage de l'astrolabe nautique par les portugais est dans un texte italien de 1517, *informatio hauto Io Alexandro da Portuogalesi* (Venise). Une deuxième représentation figure dans le *Repertorio dos tempos*, édition 1528, de Valentim Fernandes. Il est dessiné sur le planisphère signé de Diogo Ribeiro et daté de 1529 (Fig. 1).



Fig. 2. Astrolabe nautique, [Breve Compendio de la sfera](#)

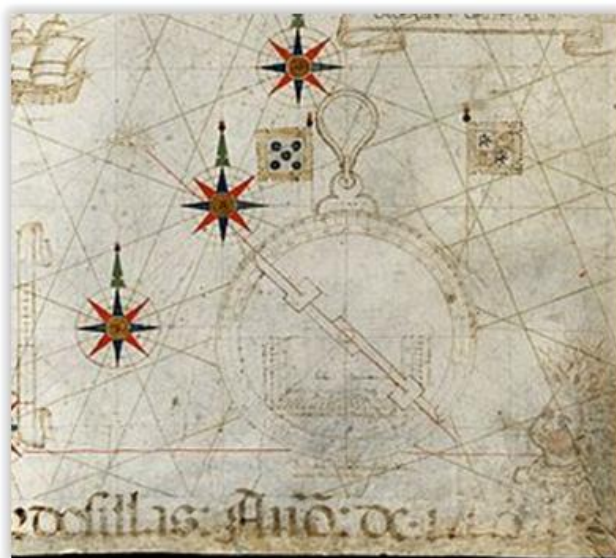


Fig. 1. [planisphère](#), Diogo Ribeiro, 1529

On trouve la première description et le premier mode de construction imprimés de l'astrolabe nautique dans le *Breve Compendio de la sfera y de la arte de navegar* de Martin Cortes écrit en 1545 et imprimé en 1551.

Coignet décrit dans son ouvrage plusieurs instruments, qui sans être entièrement originaux, comportent des améliorations, dont le but est souvent d'éviter aux marins les calculs ou l'usage de tables, grâce à une lecture directe sur l'instrument par un dispositif mécanique simple. Ainsi il expose la fabrication d'un astrolabe universel², agrémenté d'un dispositif permettant de lire directement la latitude du lieu à midi solaire, quelque soit le jour de l'année.

¹ Emmanuel Poulle le fait dériver des grands astrolabes en bois utilisés sur terre. Dans l'*Astrolabe* de Raymond d'Hollander, ch. 14.

² Universel signifie que l'instrument donne la latitude quelque soit la déclinaison du Soleil.

Cet astrolabe a deux faces présentées sous forme de volvelles. Au recto, la volvelle « astrolabe universel » permet la lecture de la latitude en prenant la hauteur du Soleil à midi si on connaît la déclinaison du jour. Au verso, *seconde face*, la [volvelle « calendriers »](#) donne la déclinaison du jour correspondant au jour dans le calendrier julien ou le calendrier du zodiaque.

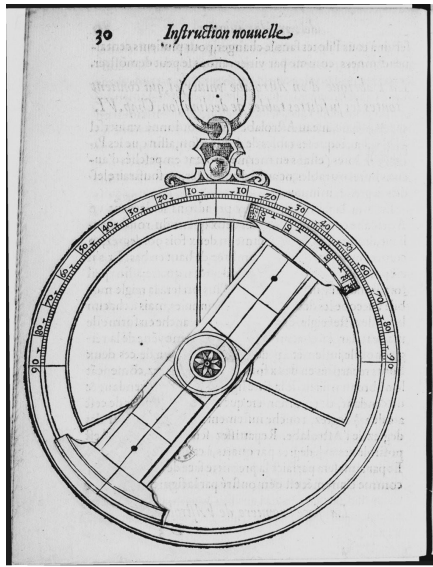


Fig. 3. Volvelle « astrolabe universel »
[Instruction nouvelle, Michel Coignet, 1581](#)

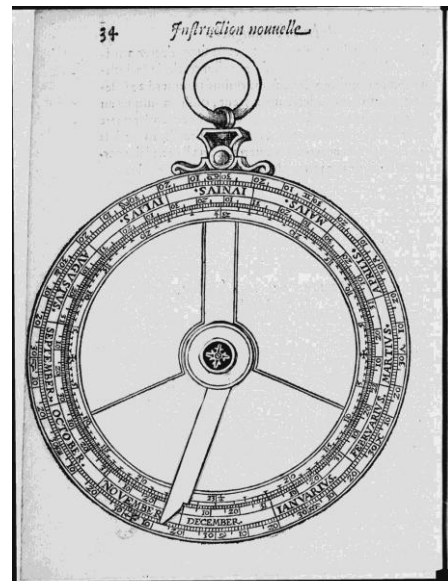


Fig. 4. Volvelle « calendriers »
[Instruction nouvelle, Michel Coignet, 1581](#)

L'idée d'intégrer la déclinaison du soleil a un instrument est très ancienne. On la retrouve sur les quadrants vetus, quadrants anciens perfectionnés sans doute par les arabes à partir du IX^e siècle à Bagdad. Ces quadrants servent à lire l'heure inégale en visant le Soleil si on connaît la latitude, grâce au curseur mobile sur lequel est gravée la déclinaisons du Soleil³ (fig. 5 & 6)⁴. Avec le carré des ombres, ils permettent de mesurer des hauteurs de bâtiments. Coignet s'est-il inspiré d'un de ces quadrans ?



Fig. 5. Quadrant vetus, 1300 env., France, rayon 160 mm, [mhs](#)



Fig. 6. Quadrant vetus, fin 14^e début 15^e, Allemagne, rayon 102mm, [museo galileo](#)

³ Voir l'explication et l'utilisation sur le [site de Michel Lalos](#).

⁴ Sur chaque *quadrant* sont gravés un carré des ombres, les lignes des heures inégales et, sur un curseur, la déclinaison du Soleil. Sur le demi-curseur de la fig. 5 de la Balance aux Poissons, le 14 mars correspond à la fin des Poissons. Sur le curseur de la fig. 6., l'équinoxe de printemps, le début du Bélier est le 13 mars.

2) Description

Michel Coignet décrit rapidement la construction de l'astrolabe *commun* comme suit :

-Sur un disque accroché à un anneau, commencer comme pour un astrolabe commun à diviser les deux quarts supérieurs en 2 fois 90° en ordonnant les nombres de haut en bas⁵. Si possible on divisera chaque degré en 4.

-Faire une règle mobile complétée par deux tablettes ou pinnules⁶.

Puis, il continue par la description de la construction des marteaux sur la règle mobile (fig. 7) :

À chaque bout de cette règle, mettre une planche en forme de deux marteaux symétriques par rapport à la ligne centrale étalonner de part et d'autre de 0° à 23°½ de telle manière que le bord extérieur de cet arc de 23°½ longe le cercle intérieur des degrés de l'astrolabe. Si possible on divisera chaque degré en 4.



Fig. 8. Zoom de la figure 6

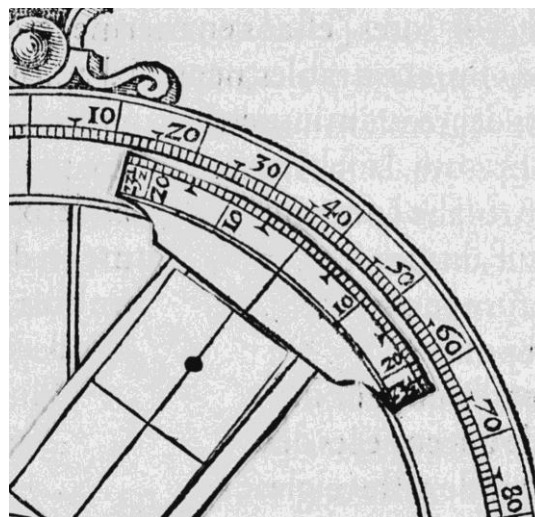


Fig. 7. Zoom de la figure 3



Fig. 9. Astrolabe de mer, museogalileo
Francisco de Goes, portugais, 1608,
En bronze, diamètre 197 mm

Sur l'instrument, astrolabe nautique, laissons le père Fournier le décrire dans *Hydrographie* (p 317) : [l'astrolabe nautique] est un disque de cuivre, d'environ 30 cm de diamètre et de 6 à 7 lignes⁷ d'épaisseur, chaque quadrant est évidé pour éviter trop de prise au vent laissant deux larges diamètres perpendiculaires à partir desquels est gradué le cercle de 0° à 90°, en degrés, en demis & même en quarts de degré. Un anneau est fixé sur le disque dans l'axe du diamètre vertical, l'autre diamètre servait à viser l'horizon. Il est en métal lourd, en bronze ou en cuivre pour que suspendu à son anneau, il reste vertical quelque soient les mouvements du navire. Au centre, pivote une alidade portant des mires de visée qui sont des petits rectangles métalliques ou pinnules percées d'un petit trou central.

⁵ Voir Activité 3.

⁶⁶ Pinnule : plaque dressée perpendiculairement sur l'alidade et percée d'un trou servant aux visées.

⁷ La ligne est généralement le douzième du pouce. L'épaisseur est de 15 à 20 mm.

Le poids imposant de l'instrument (environ 3 kg), les évidements du disque ainsi que les pinnules en général rapprochées, assurent une meilleure stabilité de l'instrument et de l'alidade.

Mais cet instrument a quelques faiblesses :

- son poids nécessite un aide pour diriger le plan de l'appareil dans le plan de l'azimut de l'astre pour régler correctement l'alidade et procéder à une lecture. Pour une visée directe d'étoile, il faut maintenir le lourd instrument au-dessus de sa tête (fig. 12) ;
- sa taille, autour de 20 cm de diamètre donne une graduation très serrée et donc peu précise. On apprécie l'optimisme de Michel Coignet qui envisage de couper chaque degré en quatre ;
- la répartition du poids doit être précise pour que l'axe vertical doit le rester pendant la manipulation ;
- son utilisation est difficile en mer car il n'est pas tout à fait vertical. Il prend une position intermédiaire entre la direction de la pesanteur et celle de la force centrifuge du roulis ce qui fausse les mesures d'angles ;
- son prix est élevé ;
- sa fabrication est difficile.



Fig. 10. [Astrolabe nautique](#) portugais
Nicolao Ruffo, 1645

Précision de l'instrument

Voilà ce qu'en dit Jean Randier dans *l'instrument de marine*, arthaud, 1978, p 84 :

« Utilisé par ombre projetée, on mesure les hauteurs de Soleil au 1/2 degré, mais en visée directe, avec le roulis, les hauteurs d'étoiles sont prises à 4 ou 5 degrés près. [La flèche ou arbalestrille] donnait un angle à 12 ou 15' près, ce qui était très bien. »

Par mer belle, on peut en effet espérer au mieux une précision d'un degré, même si Fournier dans son *Hydrographie* de 1643 en espère mieux avec une construction soignée : « il faut que le trou de chaque pinnule soit très petit, & presque insensible, & la pointe de l'alidade très délicate, afin que vous remarquiez jusqu'à six ou dix minutes près dans votre astrolabe. »

Quelques précisions sur les unités :

Un grand cercle de la Terre mesure 40 000 km, en angle 360°
on en déduit :

1° vaut 111,11 km

1' vaut 1 852 m

on définit le mile marin:

1 mile marin = 1' = 1 852 mètres

Pour une mesure à dix minutes près, l'erreur avec astrolabe est de 18,5 km mais pour une mesure à 5° près, l'erreur est de plus de 550 km !

3) Utilisation

Pour utiliser cette face de l'astrolabe universel, il faut, à l'aide du verso de l'instrument, la volvelle « calendriers », lire et noter la déclinaison du Soleil connaissant le jour dans le calendrier julien ou le calendrier du zodiaque en repérant si la déclinaison s'ajoute ou s'ôte. Ensuite, il faut prendre à l'aide de la première face de l'astrolabe, la hauteur du Soleil à midi solaire. L'observateur présente de profil l'instrument au Soleil et procède à une visée indirecte. En faisant pivoter l'alidade, un rayon du soleil doit passer par les deux trous des pinnules : pour cela repérer le point lumineux sur le sol ou sur la deuxième pinnule.

Il lit alors la distance zénithale⁸ du Soleil si la graduation commence sur la verticale ce qui est le cas de l'instrument de Michel Coignet.

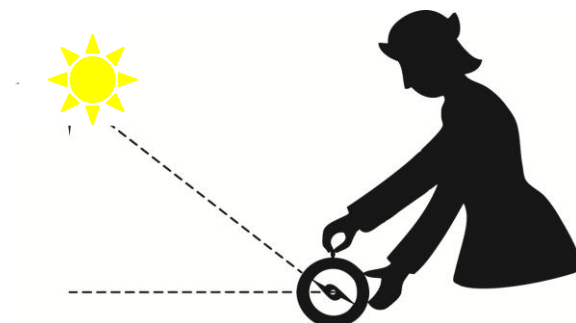


Fig.11. Méthode pour viser le Soleil par ombre portée .

L'auteur précise ensuite comment terminer la mesure :

Si on est au-dessus du tropique du Cancer, « compter au bord de la déclinaison qui est au bout de la règle mobile avec les pinnules la déclinaison notée. En commençant à la ligne moyenne :

en descendant si on est entre le 11 mars et le 13 septembre⁹

ou en montant si on est entre le 13 septembre et le 11 mars .

Ce point vous indiquera au quart de l'astrolabe la hauteur du pôle du lieu où vous êtes. », c'est à dire la latitude du lieu.



Fig. 12. Méthode pour viser une étoile par observation directe.

Quant à la visée directe d'étoile, Fournier n'y croit pas : « Lorsqu'on veut prendre la hauteur du Soleil, car pour les étoiles on ne peut s'en servir [...] à cause du peu de lumière que donne une étoile la nuit. » Georges Fournier, *Hydrographie contenant la pratique et la théorie de toutes les parties de la navigation*, Paris, 1643.

4) Évolution de l'astrolabe nautique

L'astrolabe nautique a été largement diffusé aux XV^e et XVI^e siècles, mais il en reste peu d'exemplaires. Grâce aux fouilles sous-marines, des astrolabes¹⁰ sont exhumés des fonds marins.

Les marins lui préfèrent souvent l'arbalétrille, parfois l'anneau astronomique qui sont plus économiques et plus faciles à construire.

Le quartier ou quadrant de Edmund Gunter, plus tardif¹¹, va se répandre rapidement. Il donne des graduations plus lisibles sur un quart de cercle seulement. Il est moins lourd et plus précis. Ce quadrant comporte d'abord pour les marins deux pinnules de visée, une couronne de 0° à 90° et un fil à plomb pour l'observation des hauteurs d'astres.

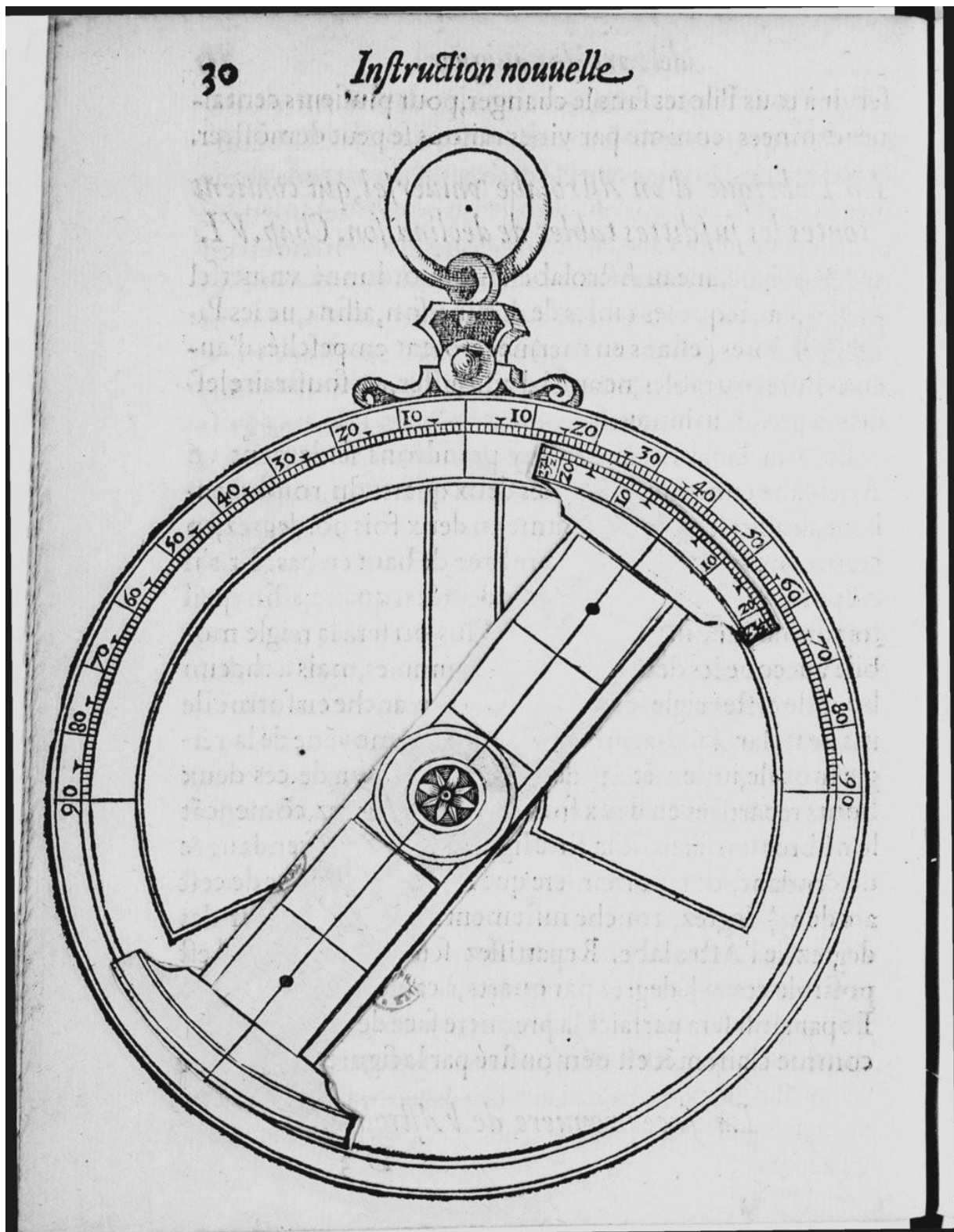
⁸ Complémentaire de la hauteur du Soleil : $90^\circ - h_s$

⁹ Les dates correspondent aux dates de l'équinoxes du calendrier julien.

¹⁰ Un astrolabe aurait été découvert sur l'épave de l'Esmeralda, un navire de la seconde expédition de Vasco de Gama. [Sciences et Avenir](http://sciencesetavenir.fr) avec AFP, 26 octobre 2017.

¹¹ Il en donne les principes en 1623.

5) Patron '(en cours)



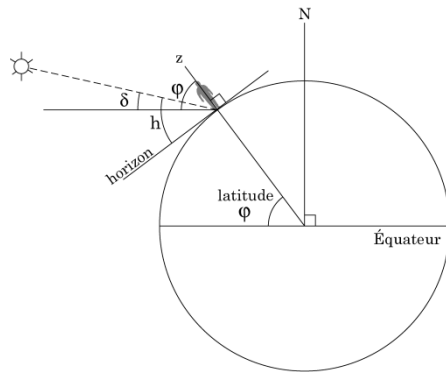
Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

6) Activités

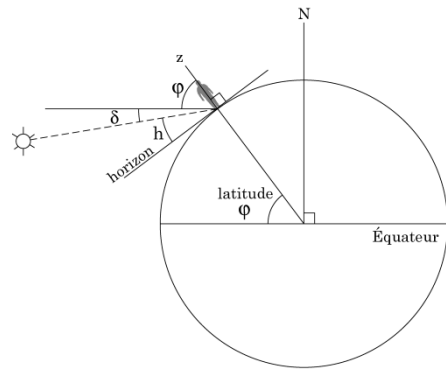
Activité 1 - travail manuel

Fabriquer la volvelle « astrolabe universel » en utilisant les patrons donnés dans la partie 4.

Activité 2 – astronomie



Dessin 1



Dessin 2

1/ Expliquer les deux dessins 1 et 2 ci-dessus.

2/ Retrouver la formule qui lie la latitude du lieu φ , la hauteur du Soleil h à midi, la déclinaison du soleil δ dans chacune des situations :

- a) Dans l'hémisphère nord,
 - Au printemps et en été ;
 - En automne et en hiver.
- b) Dans l'hémisphère sud,
 - Au printemps et en été ;
 - En automne et en hiver.

Activité 3 – astronomie

Déduire de l'activité 2, pourquoi on gradue l'astrolabe nautique de « haut en bas », le 0° étant au niveau de l'anneau.

Activité 4 – manipulation

À l'époque de Michel Coignet

Supposons que la hauteur du Soleil soit de 50° le 11 avril à midi solaire dans le calendrier julien.

1/ Avec la volvelle « calendriers » de M. Coignet,

- a) donner le signe et les degrés dans le calendrier du zodiaque,
- b) lire la déclinaison du Soleil ce jour.

2/ Avec la volvelle « astrolabe universel » de M. Coignet

- a) placer l'alidade de la volvelle sur la hauteur du Soleil pour simuler l'observation à midi solaire,
- b) en déduire, par lecture sur la volvelle, la latitude du lieu.

Activité 5 – manipulation

Actuellement,

1/ sur le jour de l'observation,

- a) donner le jour de l'observation et trouver le signe et les degrés dans le calendrier du zodiaque de ce jour,
- b) avec la volvelle « calendriers » de M. Coignet, lire la déclinaison du Soleil ce jour.

2/ sur l'heure,

sachant que l'heure légale et l'heure solaire sont liées par la relation :

$$H_L = H_S + E + L + (1h \text{ ou } 2h)$$

où H_L = heure de la montre ou heure légale

H_S = heure solaire

E = Equation du temps

L = longitude du lieu en heure, minute, seconde

heure d'hiver : +1h ou heure d'été : +2h

déterminer selon l'équation du temps, la longitude du lieu et l'époque, à quelle heure légale H_L correspond le midi solaire.

3/ Avec la volvelle « astrolabe universel » de M. Coignet

a) prendre la hauteur du Soleil à l'heure H_L ,

b) en déduire, par lecture sur la volvelle, la latitude du lieu.