

Instrument des étoiles avec la volvelle « cadran nocturne » et une roue des heures munie d'une alidade *Cosmographie*, Pierre Apian

Résumé : cet instrument sert à trouver l'heure solaire la nuit dans l'hémisphère nord à l'aide d'étoiles.

Il est conseillé fortement de fabriquer l'instrument avant la lecture.

1) Aux sources de la volvelle

Dans la dernière page de son ouvrage, Apian décrit *l'instrument des étoiles*, ancêtre du nocturlabe, permettant de trouver l'heure la nuit dans l'hémisphère nord grâce à la rotation des étoiles la nuit autour du pôle Nord céleste, sur la voûte étoilée qui tient lieu d'horloge.

Cet instrument utilise la volvelle « cadran nocturne », présentée dans le chapitre précédent, qui donne l'heure solaire avec la Lune quand le Soleil est couché. Apian a placé sur cette volvelle un calendrier en prévision de cet usage.

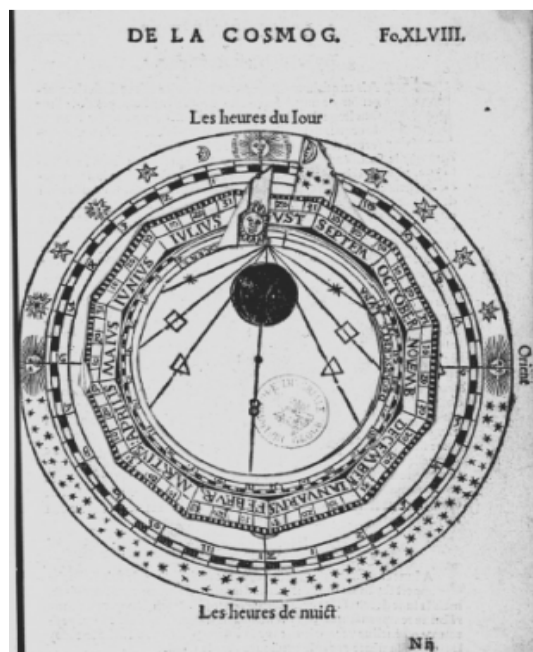


Fig. 2. Volvelle « cadran nocturne », Fo. XLVIII
[Cosmographie, Apian, 1544, BnF](#)

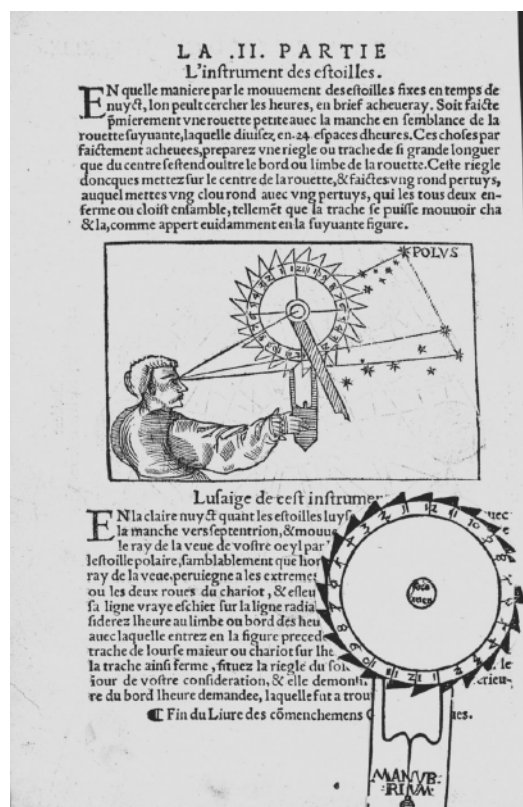


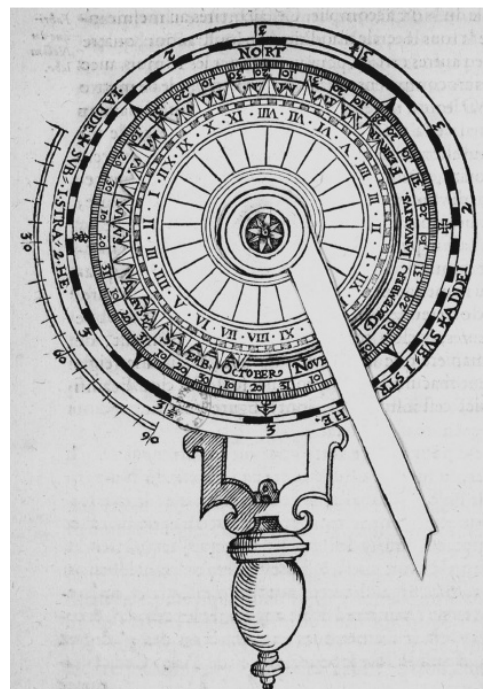
Fig. 1. Volvelle « cadran nocturne », Fo. XLIX
La roue des heures et l'alidade sont jointes au livre dans certaines éditions de *Cosmographie*
[Cosmographie, Apian, 1544, BnF](#)

Mais cette volvelle «cadran nocturne », seule, ne suffit pas pour avoir l'heure aux étoiles. D'autres pièces sont nécessaires, une roue graduée en heure et une alidade, attachée au centre de la roue. Elles servent pour la visée d'étoiles et pour la lecture de l'heure sur la volvelle.

Nous appellerons *instrument des étoiles*, nom donné par Apian, l'ensemble des pièces : la volvelle « cadran nocturne » et la « roue des heures » munie d'une alidade.

L'*instrument des étoiles* est un instrument plus théorique que le futur nocturlabe. Il est présenté sous forme de volvelle notamment dans le livre *Instruction des points les plus excellents et nécessaires touchant l'art de naviguer* de Michel Coignet en 1581 (Fig. 3)

Fig. 3. Volvelle « nocturlabe », p. 60
[*Instruction des points les plus excellents et nécessaires*, Michel Coignet, 1581, BnF](#)



2) Description

L'*instrument des étoiles* permet de connaître l'heure solaire à partir des positions du Soleil et de l'étoile repérée - ici Dubhe ou Merak - une des Gardes de la Grande Ourse en visant la Polaire.

En plus de la volvelle « cadran nocturne », il est constitué de deux autres pièces : une roue des heures et une alidade.

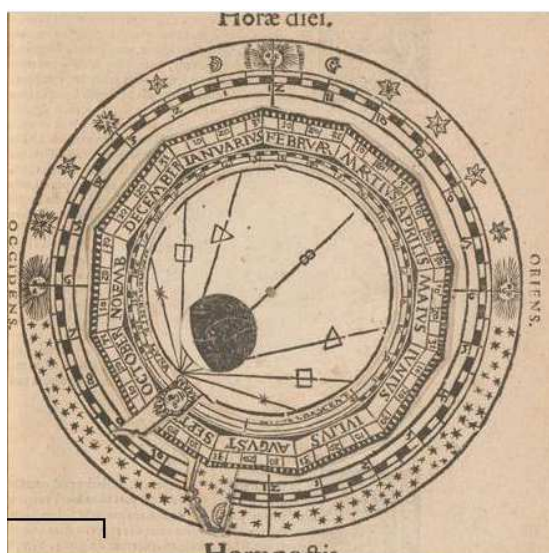


Fig. 4. Les 3 couronnes de la volvelle «cadran nocturne »

[Cosmographie, Apian, 1574, E-rara](#)

* Une roue (Fig. 5), appelée « roue des heures », est graduée en heure (2×12 h) dans le sens direct correspondant au sens de rotation de la voûte céleste quand on regarde vers le pôle Nord céleste. Elle est trouée au centre pour viser l'étoile Polaire. Un manche évidé y est fixé dans l'axe des 12 heures.

* Une alidade (Fig. 5) est fixée au centre de la roue des heures et trouée en ce point. Elle dépasse de celle-ci comme le montre la figure 1.

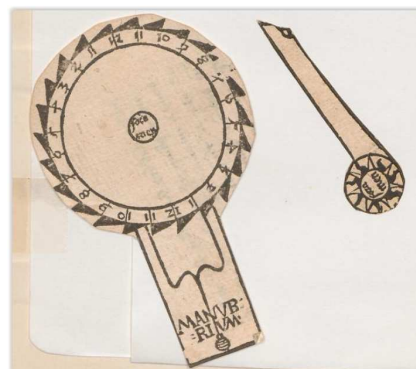


Fig. 5. Roue des heures et alidade

[Cosmographie, Apian, 1561, E-rara](#)

En réglant correctement l'instrument, en l'occurrence la volvelle « cadran nocturne » et en plaçant sur celle-ci la roue des heures et l'alidade maintenue dans la position après l'observation, on lit l'heure solaire.

3) Pour comprendre¹

Cet instrument permet de trouver l'heure la nuit en observant la position des Gardes de la Grande Ourse par rapport à l'étoile Polaire. Son fonctionnement² fait appel aux deux mouvements de la Terre.

- mouvement diurne

La Grande Ourse, comme toute la voûte céleste, tourne en un jour autour du pôle Nord. L'étoile Polaire semble immobile car elle est située sensiblement dans le prolongement de l'axe de la Terre, tout près du pôle. Ce déplacement³ est d'environ 15° par heure dans le sens direct. L'aiguille fictive, issue de la Polaire assimilée au pôle, et qui passe par les Gardes, Merak et Dubhe, de la Grande Ourse, se comporte comme une aiguille d'horloge qui tournerait à l'envers en 24 heures. En repérant son orientation sur l'équateur gradué régulièrement en heure, on peut en déduire l'angle horaire des Gardes, AH_{E1} .

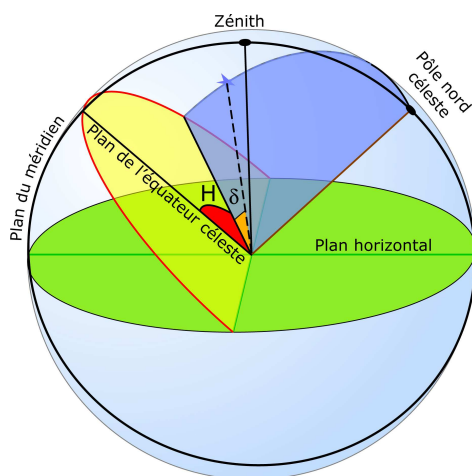
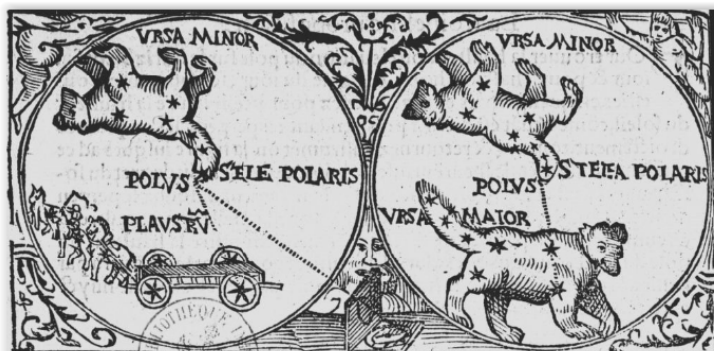


Fig. 6. Angle horaire d'un astre : portion d'arc d'équateur comprise entre le plan du cercle horaire passant par l'astre et le plan du méridien céleste, dans le sens direct si on regarde vers le pôle Nord céleste.
(Dessins : [P. Causeret](#))

Cet angle horaire AH_{E1} se lit sur la roue des heures, qui tient lieu d'équateur céleste gradué, à l'aide de l'alidade qui reproduit l'aiguille fictive sur l'équateur.

Fig. 7. Petite Ourse⁴ et Grande Ourse (Plaustrum : Chariot en latin), Fo. XIIv
À gauche, le prolongement du style d'un cadran solaire montre le « POLUS ». À droite, la ligne - Polaire, Dubhe, Merak - est l'aiguille virtuelle de l'horloge nocturne.

[Cosmographie, Apian, 1544, BnF](#)



¹ Voir lien "explication" dans *Instrument des étoiles*

² Voir article, [le nocturlabe, Cahiers Clairaut n°144, hiver 2013](#).

³ La durée que met une étoile à revenir à la même position est de 23 h 56 min.

⁴ Il est signalé sur cette gravure que le pôle Nord céleste n'est pas sur l'étoile Polaire. En 1524, La Polaire est à $3^\circ 17'$ du pôle Nord céleste.

- mouvement annuel

La Terre tourne autour du Soleil en un an. De la Terre, on voit le Soleil⁵ se décaler de moins d'un degré par jour⁶ sur l'écliptique dans la voûte céleste.

Sur la volvelle «cadran nocturne», le 20 août⁷ correspond au passage des Gardes de la Grande Ourse à la verticale⁸ au-dessous de la Polaire à minuit. À cette heure-là et ce jour là, le Soleil est alors sur le 12 h du côté des « heures de nuit ». L'angle horaire du Soleil est alors $AH_{S0} = 12$ h et $AH_{E0} = 12$ h.

Le lendemain, 21 août, quand les Gardes passent à la verticale au-dessous de la Polaire, il est minuit moins quatre minutes. L'index du Soleil, décalé de 1° environ, indique 11 h 56 du soir sur la couronne extérieure fixe et correspond au 21 août du calendrier ($AH_{S0} = 11$ h 56 et $AH_{E0} = 12$ h)

Le jour suivant, pour une même position des Gardes, le Soleil s'est décalé de 2° . L'index du Soleil indique 11 h 52 du soir et correspond au 22 août du calendrier ($AH_{S0} = 11$ h 52 et $AH_{E0} = 12$ h)

En continuant à graduer les dates dans le sens contraire aux heures, on obtient le calendrier du disque intermédiaire de la volvelle « cadran nocturne ». C'est le calendrier solaire julien de douze mois de 365 jours⁹ également répartis sur un cercle de 360° .

En positionnant l' « index du 20 août » de la couronne-dodécagone sur le 12 h de minuit, indiquant que AH_{E0} est égal à 12 h, et en plaçant l'index du Soleil sur la date, marquant ainsi l'angle horaire du soleil AH_{S0} , on règle la volvelle « cadran nocturne ».

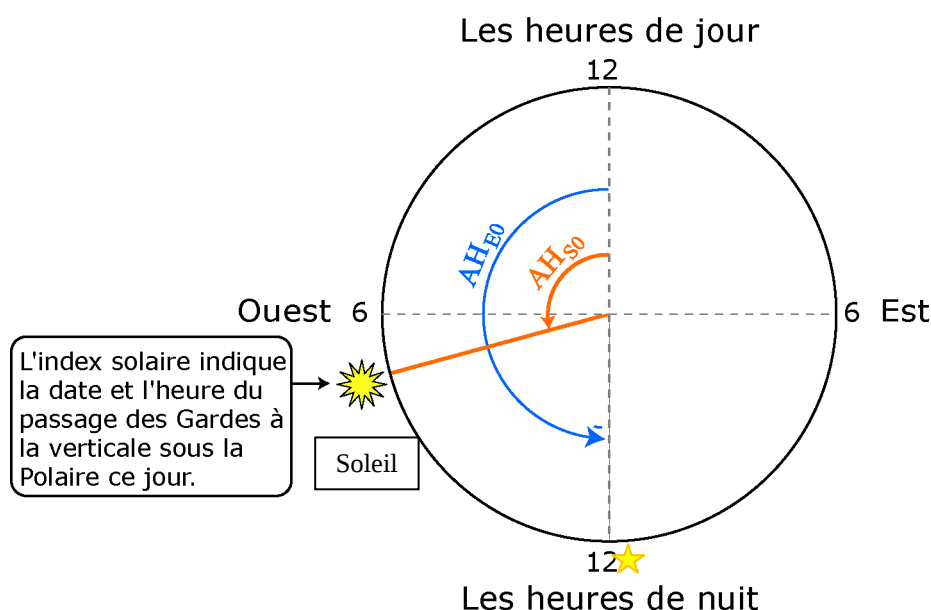


Fig. 8. volvelle «cadran nocturne»
À l'étape 0, les Gardes sont à la verticale sous la Polaire.
Sur le dessin : $AH_{S0} = 7$ heures, $AH_{E0} = 12$ heures.

⁵ Il est fort conseillé de lire 2-1 *Sur les graduations et l'orientation* du chapitre précédent. On confond pour cette volvelle écliptique et équateur.

⁶ Le jour solaire, durée moyenne que met le Soleil à croiser le méridien local au sud est de 24 heures.

⁷ Cette date est donnée dans le calendrier julien pour une observation dans le ciel au début du XVI^e siècle.

⁸ De dire que la Polaire, les Gardes et le Soleil sont sur un même méridien est très approximatif : l'étoile Polaire décrit en 24 h un cercle à plus de 3° du pôle Nord et le Soleil n'a pas un mouvement régulier de 24 heures par jour. Néanmoins cette volvelle permet d'avoir l'heure, la nuit, avec une mauvaise précision.

⁹ La durée d'une année dans le calendrier julien est de 365,25 jours.

la formule qui permet de trouver l'heure solaire

Pour un même jour, on estime que la différence des angles horaires du Soleil et de l'astre visé est constant et est égal à $AH_{S0} - AH_{E0}$ (modulo 24), soit $AH_{S0} - 12$.

En visant la Polaire par le trou au centre de la roue des heures et en alignant l'alidade avec les Gardes. L'alidade fait un angle avec l'axe des 12 heures à partir du Sud dans le sens direct de l'angle horaire AH_{E1} .

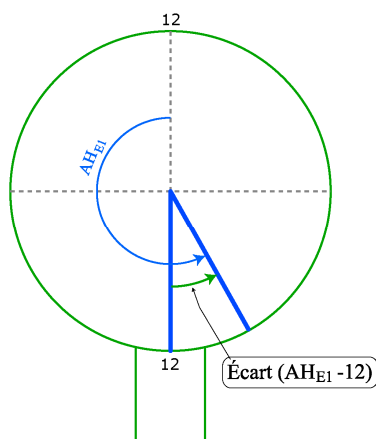


Fig. 9. Roue des heures et alidade

À l'étape 1, on place l'alidade par observation.

Sur le dessin : l'alidade indique l'angle horaire AH_{E1}
et l'écart $AH_{E1} - 12$, égal ici à 2 heures.

En appelant AH_{S1} , l'angle horaire du Soleil au moment de l'observation, on obtient la formule :

$$AH_{S1} - AH_{E1} = AH_{S0} - 12$$
$$\text{soit } AH_{S1} = AH_{S0} + (AH_{E1} - 12)$$

L'angle horaire du soleil est la somme de l'angle horaire du Soleil quand les Gardes passent sous la Polaire et de l'écart entre l'angle horaire des Gardes de la Grande Ourse au moment de l'observation et celui des Gardes le 20 août qui est 12 heures.

Pratiquement, en plaçant la roue des heures sur la volvelle « cadran nocturne » tout en gardant inchangée l'alidade et en faisant coïncider leurs centres, il faut juxtaposer l'axe des 12 heures de la roue sur l'index du Soleil, le manche de la roue du côté de l'index. Ainsi, on ajoute à l'angle horaire AH_{S0} , l'écart d'angle horaire des Gardes de l'étape 0 à l'étape 1.

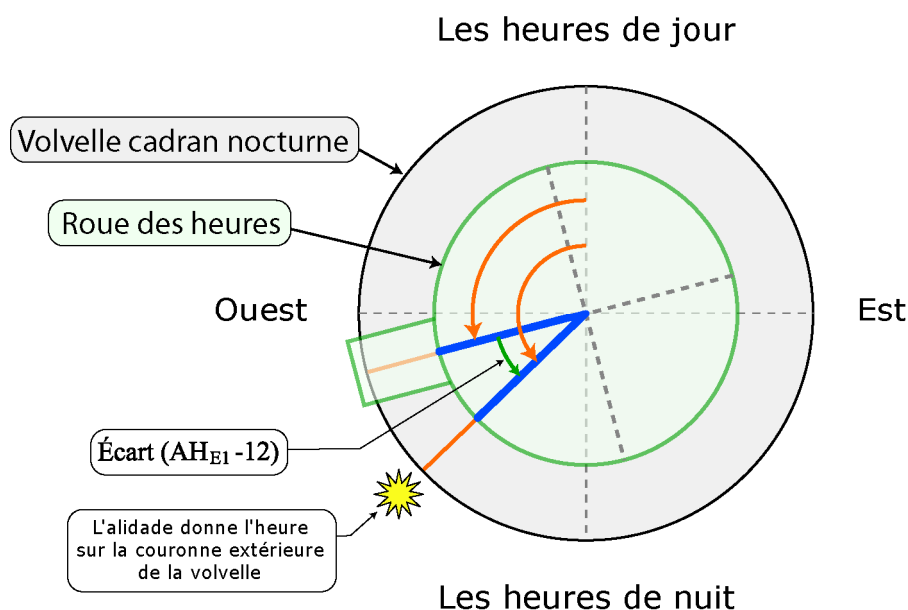


Fig. 10. Volvelle et roue des heures avec l'alidade
 A l'étape 2, on place la roue des heures sur la volvelle
 pour lire l'heure avec l'alidade.
 Sur le dessin : $AH_{S1} = 7h + 2h = 9h$.
 Il est 21 heures.

L'heure solaire H_{S1} est égale à l'angle horaire du Soleil AH_{S1} à 12 heures près.
 L'alidade indique une heure entre 0 h et 12 h sur la couronne fixe de la volvelle
 Si l'alidade est à gauche de 12 heures de nuit, l'heure est avant minuit (par exemple : si
 l'alidade est sur la graduation 10, il est 22 heures)
 Si l'alidade est à droite, l'heure est après minuit.

Quelques précisions entre angle horaire du soleil et heure solaire :

-A midi solaire, l'angle horaire du Soleil est 0 heure.

On peut déduire, à partir de l'angle horaire du Soleil, l'heure solaire :

- l'angle horaire du Soleil de 0h à 12h donne une heure solaire d'après-midi, de midi à minuit;

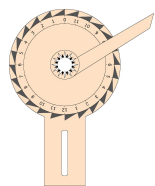
- l'angle horaire du Soleil de 12 h à 24 h donne une heure solaire du matin, de minuit à midi.

Il faut alors soustraire 12 de l'angle horaire pour obtenir l'heure solaire.

Le matin : $H_{S1} = AH_{S1} - 12$

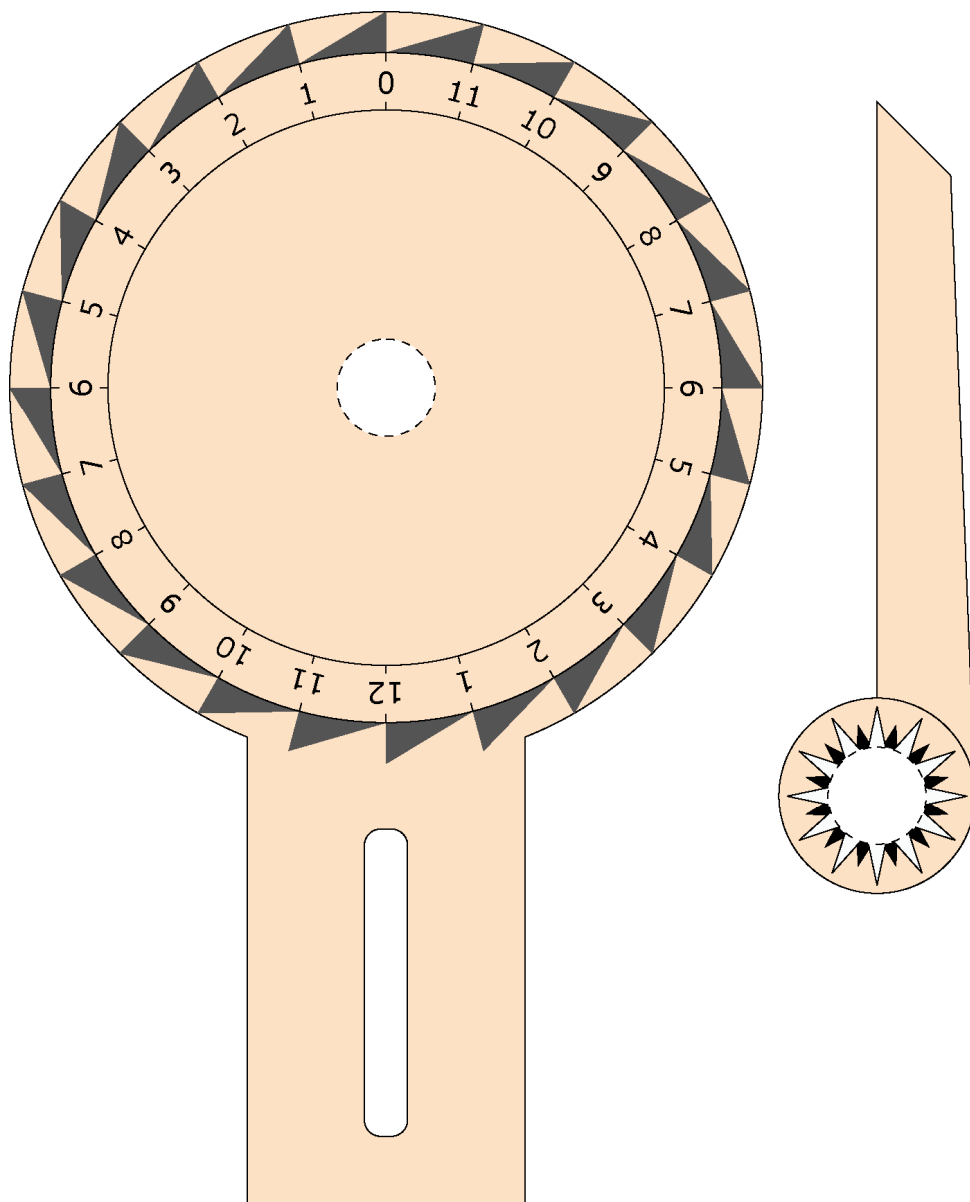
L'après-midi : $H_{S1} = AH_{S1}$

4) a-Patrons - Dessins : Pierre Causeret : astromaquettes21@orange.fr



Matériel

- un carton avec la roue des heures et l'alidade ;
- un rivet.



4- 1 Pièce 1/2 : Roue des heures

4- 1 Pièce 2/2 : Alidade

Montage

Trouer les 2 pièces à l'endroit du petit cercle .

Fixer l'alidade sur la roue des heures avec le rivet au centre de la roue.

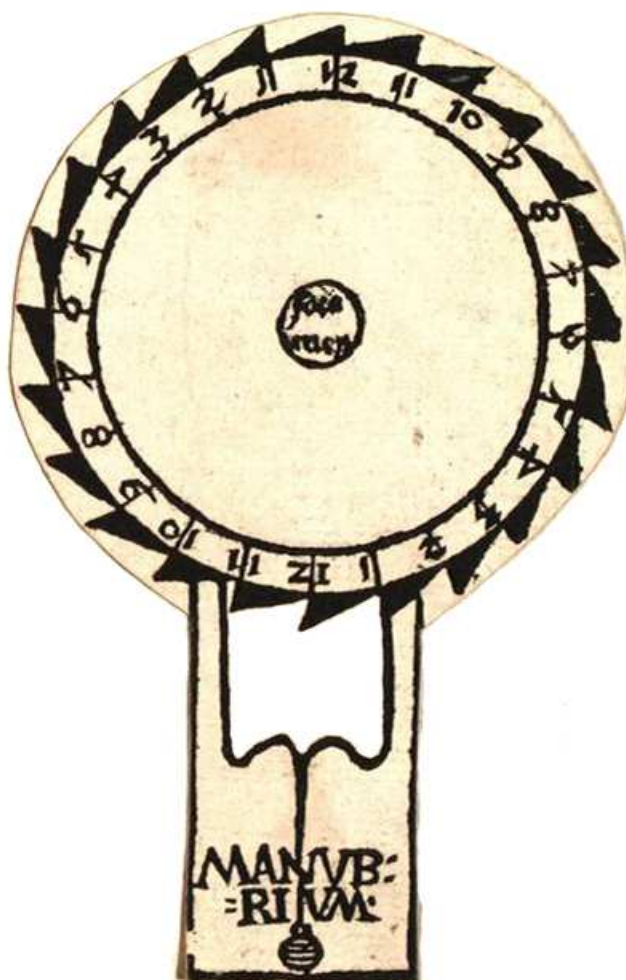
4) b-Patrons - *Cosmographie*, Pierre Apian



Matériel

- un carton avec la roue des heures et l'alidade ;
- un rivet.

4- 2 Pièce 1/2 : Alidade



4- 2 Pièce 2/2 : Roue des heures

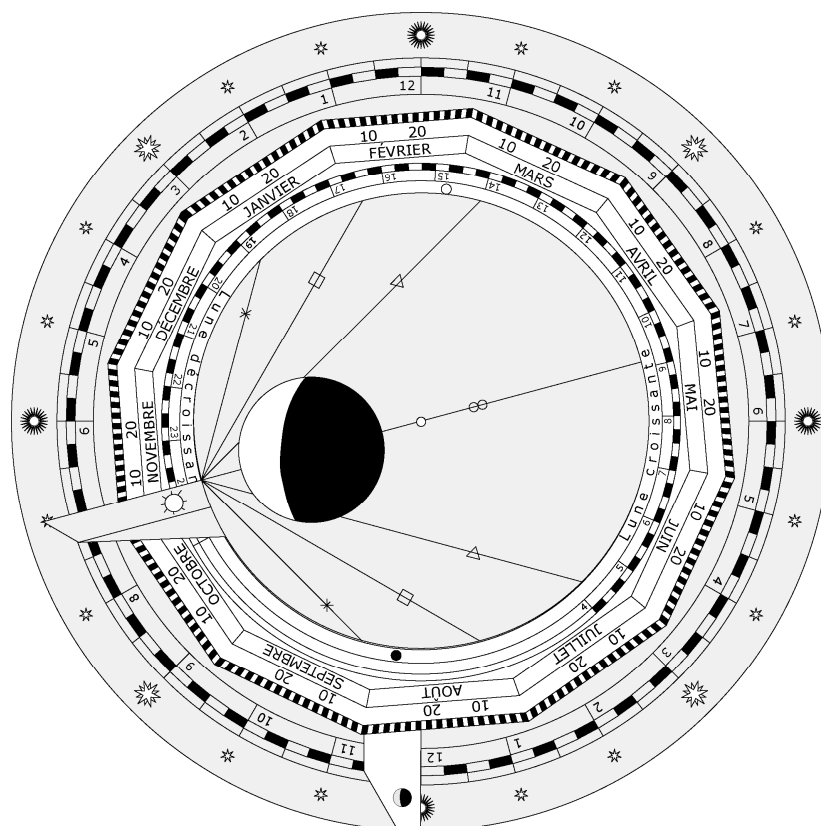
Montage

Trouer les 2 pièces au centre du disque sur l'alidade et au centre de la roue sur la roue des heures ;
Fixer l'alidade sur la roue des heures avec le rivet de la taille du trou.

5) Utilisation de la volvelle

Pour l'utilisation, il faut suivre les instructions suivantes :

Heures du jour



Heures de la nuit

Fig. 11 : Utilisation de la volvelle « cadran nocturne » avec l'« index du 20 août » et l'index solaire.

1/ On règle la volvelle «cadran nocturne » en tournant :

- la roue intermédiaire pour mettre l'« index du 20 août », index lunaire fixé sur la date du 20 août, sur le 12 des heures de nuit ;

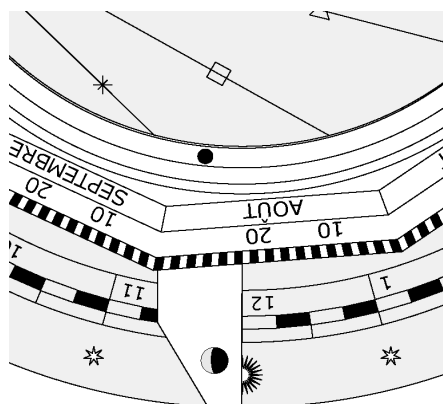


Fig. 12. Zoom sur la volvelle « cadran nocturne »
L'« index du 20 août » est positionné sur le 12 h de minuit.

- le petit disque pour placer l'index solaire sur la date du jour de l'observation.

Exemple :

L'index du soleil
indique le 5 novembre

Il indique aussi l'heure
du passage des Gardes
à la verticale sous la Polaire :
7h du soir

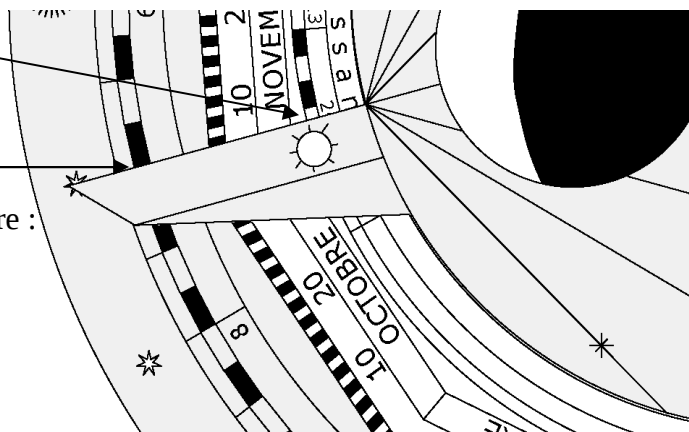


Fig. 13. Zoom sur la volvelle « cadran nocturne »
L'index du Soleil indique le 5 novembre et 7 h du soir.

L'alidade indique 7 h sur la roue des heures.

Cette heure correspond au passage des Gardes à la verticale à 7 heures.

2/ On vise avec la roue des heures munie de l'alidade (Fig. 14) :

- l'étoile Polaire par le centre de la roue, en tenant correctement la roue des heures perpendiculairement au bras avec la poignée vers le bas ;
- les Gardes de la Grande Ourse en tournant l'alidade jusqu'à ce qu'elles soient vues sur le bord qui passe par le centre ;

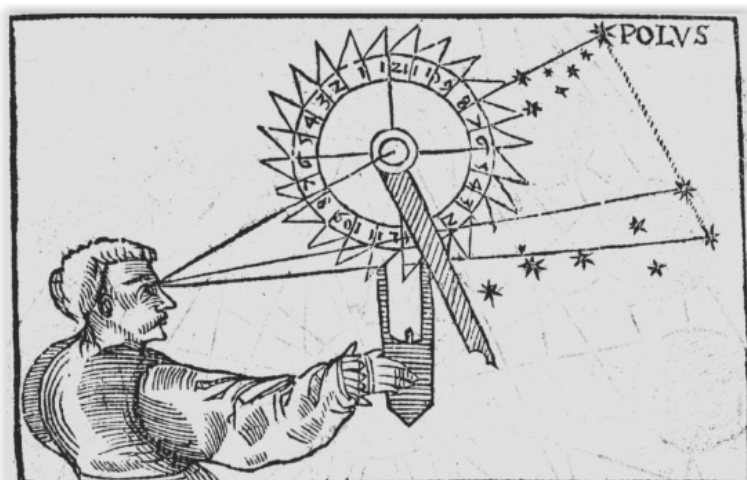


Fig. 14. La roue des heures et l'alidade, Fo. XLIXv
Apian illustre le mode d'emploi de cette roue.
[Cosmographie, Apian, 1544, BnF](http://www.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k-1171111/f447v)

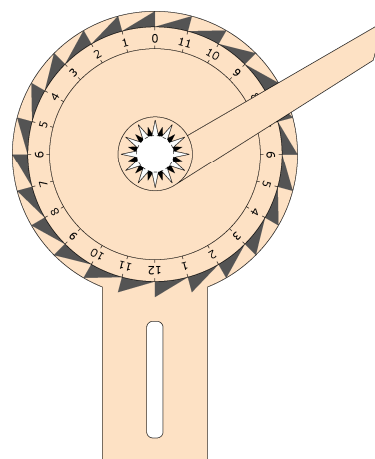


Fig. 15. L'angle horaire des
Gardes est AH_{E1} , soit 20h.

3/ On pose la roue des heures sur la volvelle «cadran nocturne» pour lire l'heure.

En gardant la volvelle «cadran nocturne» réglée et en maintenant l'alidade de la roue des heures dans sa position lors de la visée :

- on place la roue des heures sur la volvelle en faisant correspondre le 12, côté manche, de cette roue avec l'index du Soleil, les centres des disques étant superposés. Ceci revient à

ajouter les heures écoulées à l'heure signalée par l'index solaire du passage des Gardes à 12h, heure de nuit, ou à les supprimer ;
 - on lit l'heure donnée par l'alidade sur la couronne fixe de la volvelle.

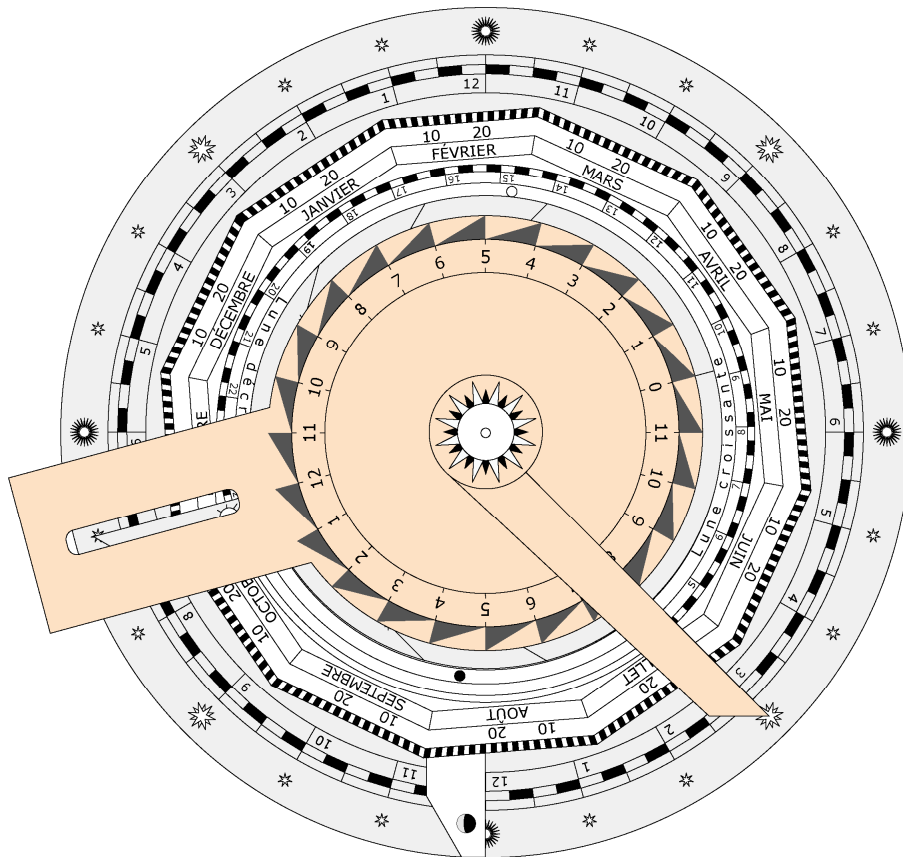


Fig. 16. En positionnant correctement la roue des heures sur la volvelle «cadran nocturne», on lit, avec l'alidade sur la couronne fixe extérieure, l'heure solaire qui est 3 heures du matin.

Ce cadran aux étoiles va être rapidement remplacé par le nocturlabe qui intégrera sur l'instrument de visée le calendrier et sera plus simple d'utilisation pour les marins.

6) Activités

rappel: l'instrument est utilisable dans l'hémisphère nord.

Activité 1 - travail manuel

Pour fabriquer l'*instrument des étoiles*, il faut fabriquer :

- la volvelle « cadran nocturne » ;
- la roue des heures munie de l'alidade, fixées et trouées toutes deux au centre de la roue, en utilisant les patrons donnés dans le chapitre précédent et la partie 4 de ce chapitre.

Activité 2 - manipulation

Apian repère les Gardes de la Grande Ourse à la graduation 10 h, côté ouest sur la roue des heures lors de la visée, le 20 mars.

- 1- Régler la volvelle « cadran nocturne » comme Apian.
- 2- Régler l'alidade sur la roue des heures.
- 3- Poser correctement la roue des heures sur la volvelle, sans toucher aux réglages accomplis.
- 4- Quelle heure solaire est-il ?

Activité 3 - réflexion

Peut-on utiliser *l'instrument des étoiles* d'Apian de nos jours?

Si non, pouvez-vous proposer une position de l'« index du 20 août » correcte pour une utilisation convenable de cet instrument.

Activité 4 - *stellarium* et réflexion

Le professeur projette sur l'écran une image de la voûte céleste en 1500, sur *stellarium* où on voit la Polaire et les Gardes de la Grande Ourse comme du temps d'Apian. Chaque élève est muni d'un instrument aux étoiles.

Aux élèves de trouver l'angle horaire des Gardes en visant la Polaire par la roue des heures et en réglant l'alidade.

En reportant cette roue sur la volvelle « cadran nocturne » réglée au jour, avec l'« index du 20 août » correctement placé, trouver l'heure solaire par lecture sur le disque fixe de la volvelle. Comparer avec l'heure de *stellarium*.

Activité 5 - *stellarium*

1- Configurer *stellarium* et faire en sorte de voir sur l'écran la Petite Ourse et la Grande Ourse. À partir de quelle latitude la Grande Ourse est une constellation circumpolaire ?

2- Les manipulations et questions suivantes sont à effectuer en 1500 puis actuellement (et même à d'autres siècles ou millénaires !) :

a. Observer le mouvement apparent de la voûte céleste en vous orientant vers le nord.

Zoomer ou dé zoomer pour voir la Grande Ourse et la Polaire. Reprendre l'observation en changeant de date et en mettant la grille équatoriale (E). Noter les dates choisies et vos remarques.

b. Observer, autour de minuit, l'orientation des Gardes de la Grande Ourse par rapport à la Polaire selon les saisons. Noter les dates choisies et vos remarques.

c. Plus précisément

préliminaire : à quelle heure du logiciel, il est minuit solaire ?

* à quelle date Merak ou Dubhe passent à la verticale sous la Polaire à minuit ?

* à quelle date Merak ou Dubhe passent au méridien local sous la Polaire à minuit ?

Conseil: pour l'heure, le plus simple est de voir l'heure sur stellarium quand le Soleil passe au méridien le midi précédent l'observation. Il est alors midi solaire, on peut alors connaître l'écart avec le midi légal.