

Volvelle « sphère plate universelle »

Cosmographie, Pierre Apian

Résumé : cette volvelle est un cadran solaire et aussi un instrument qui sert à lire sans calcul de nombreuses mesures astronomiques qui lient la date, la latitude, l'heure et la hauteur du Soleil.

Il est conseillé de fabriquer la volvelle avant la lecture.

1) Aux sources de la volvelle

La volvelle « sphère plate universelle », appelée par Pierre Apian *singulier instrument*, est un outil nouveau et son mode d'emploi, bien que très détaillé, reste difficile à comprendre.

Comme le dit l'auteur, elle s'utilise directement avec le livre pour trouver la hauteur du Soleil : [...] *Haussez ce présent livre avec la figure qui s'ensuit le dessus dessous, & le devant dudit livre vers le Soleil, de sorte que le perpendicule ou plomb qui tient à la corde du signe c, pende franchement sur le perpendicule de la figure paincte. Et mettez le triangle mobile avec le pinnacide contre les rays du Soleil, de sorte que la face de l'instrument soit tourné vers vous & faites que le dessous du livre à la main senestre¹ s'élève.*

Derechef soulevez et abaissez petit à petit le triangle ou la figure de trois angles avec le pinnacide vers le Soleil jusqu'à ce que la plus haute partie de l'ombre du pinnacide tombe droit sur la ligne de l'ombre [...] (*Cosmographie*, Pierre Apian, 1544, Fo. XI)

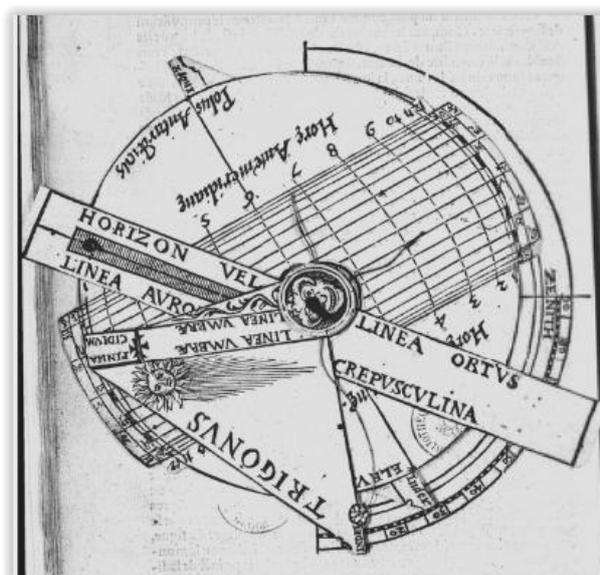


Fig. 1. Volvelle « sphère plate universelle », Fo. 11v, [Cosmographie, Apian, 1544, BnF](#)

Pourtant, en y regardant de plus près, les lignes astronomiques apparaissent de plus en plus clairement et l'utilisation en devient limpide.

Avec cette volvelle, Apian veut retrouver des résultats astronomiques qui, par le calcul, demandent l'utilisation de formules de trigonométrie sphérique assez complexes. Après quelques manipulations, on peut retrouver, par exemple, l'heure solaire si on connaît la latitude, le jour et en prenant la hauteur du Soleil précisément avec l'instrument bien réglé et bien positionné. Dans ce cas là, la volvelle « sphère plate universelle » est un cadran solaire universel.

Plus généralement, la volvelle « sphère plate universelle » lient la latitude, la date (ou la déclinaison du soleil), la hauteur du soleil et l'heure solaire. Connaissant trois de ces données, on obtient la quatrième sans calcul².

¹ Main senestre : main gauche.

² La formule de trigonométrie sphérique correspondante est : $\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos H$, où h est la hauteur du Soleil, φ la latitude, δ la déclinaison du Soleil et H l'angle horaire ($1 h = 15^\circ$).

On peut aussi lire très simplement, quels que soient le lieu et la date, les heures de lever et de coucher du Soleil dont on déduit la durée du jour et de la nuit. De plus, comme la règle a une épaisseur correspondant à un angle au centre de 18° , la volvelle donne l'heure du début de l'aube et de la fin du crépuscule et donc la durée de l'aube et du crépuscule.

En plus des données astronomiques par observation, cette volvelle est une véritable machine à calculs astronomiques remplaçant avantageusement, mais avec une précision moindre, de longs tableaux comme celui qui donne la hauteur du Soleil selon le jour et les heures à une latitude donnée.



Fig. 2. Sphère plate en laiton, Gillis Coignet, 1560, [mhs](#)
L'instrument³ reproduit la volvelle d'Apian.

³ Sur l'autre face, est dessinée la volvelle « miroir du monde » de Pierre Apian.

2) Description

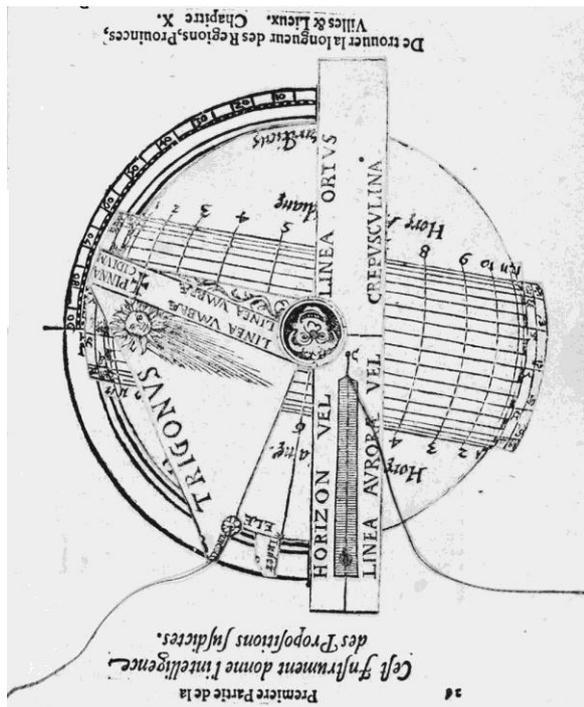


Fig. 3. Volvelle « sphère plate universelle », p.26

[Cosmographie, Apian, 1581, BnF](#)

Elle est orientée, « la tête en bas » pour son utilisation⁵.

* une règle, avec une épaisseur bien définie, est fixée à ses extrémités sur la verticale. Elle est suffisamment longue pour laisser tourner le disque mobile. Le côté de la règle aligné avec le centre représente l'horizon et l'autre côté le cercle de hauteur de 18°, limite du crépuscule astronomique. Un fil à plomb est attaché à cette règle en son centre, il sert à maintenir l'horizon vertical.

* un triangle mobile, rectangle et isocèle - appelé trigone - est fixé en son angle droit au centre de la volvelle. L'un des côtés de l'angle droit est muni d'une pinnule que l'on peut redresser perpendiculairement pour repérer l'ombre du Soleil par visée. L'ombre de chaque côté de la pinnule doit alors être alignée avec chacun des bords marqués LINEA UMBRAE. L'extrémité de l'autre côté de l'angle droit sert d'index et permet la lecture de diverses données. Un fil à plomb y est attaché⁶.

Pour conclure, les deux pièces mobiles sont le disque avec les deux index et le trigone. Le demi-disque dont le support est le livre et la règle sont fixes. Toutes les pièces sont fixées entre elles au centre de la volvelle.

La volvelle d'Apian comporte quatre pièces et deux fils à plomb :

* un demi-disque est dessiné sur la partie fixe. Le diamètre horizontal porte le mot «ZENITH» et le quadrant au-dessus de ce mot est gradué en degré de 90° à 0° dans le sens indirect.

* une roue, disque mobile, est la projection orthographique⁴ méridienne de lignes astronomiques de la sphère céleste sur le méridien local :

- l'axe de la Terre portant à chaque extrémité un index,
- l'équateur,
- les lignes de déclinaison du Soleil, correspondant aux mois du zodiaque de 10° en 10°, parallèles entre elles,
- les arcs de méridiens des heures.

⁴ C'est une projection orthogonale ou un cas particulier de la projection orthographique dont le pôle est à l'infini.

⁵ Le livre doit être tenu à l'envers et la règle est collée correctement. Les autres pièces dépendent de la mesure à effectuer.

⁶ Il n'y a que le fil dans cet ouvrage. Le plomb devait être ajouté par le lecteur.

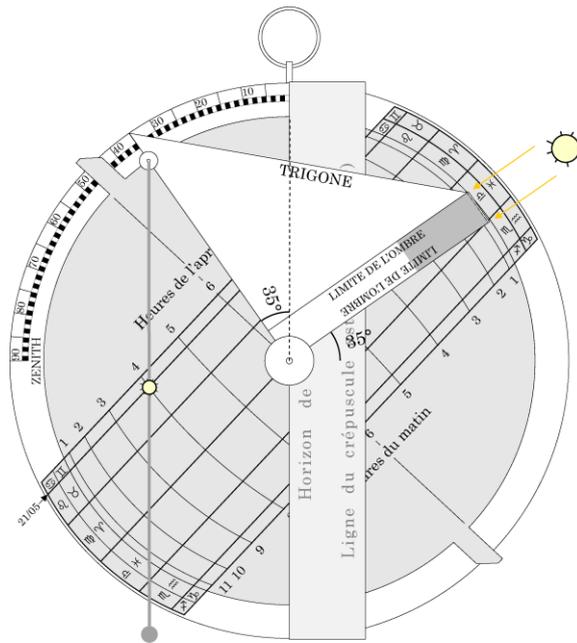


Fig. 4. Dessin de la volvelle « sphère plate universelle » réglée pour une latitude de 47° et une hauteur du Soleil de 35°. (Dessins : [P. Causeret](#))

3) Pour comprendre⁷

Au centre de la figure 5, la Terre grisée est positionnée pour un être situé à la latitude 47° N se tenant à la verticale, le zénith au-dessus de sa tête. Sur la sphère céleste sont tracées les lignes astronomiques principales : horizon, méridien local, axe polaire, équateur céleste, tropiques du Cancer et du Capricorne, écliptique.

Latitude : 47°

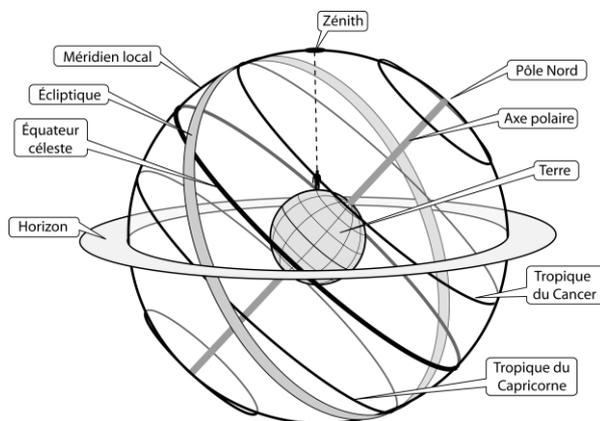


Fig. 5. Sphère céleste - étape 1

Sur la figure 6, la Terre est réduite à un point ; l'observateur est au centre et le zénith est à la verticale. On retrouve : l'axe de la Terre qui fait un angle⁸ de 47° avec l'horizon, l'équateur, les tropiques et le méridien local.

En plus, sont dessinés :

- les lignes de déclinaison du Soleil à chaque entrée du Soleil dans un signe du Zodiaque ;
- les arcs de lignes horaires qui sont des méridiens tracés tous les 15°, soit toutes les heures à partir du méridien local de midi solaire.

⁷ Voir lien « explication » dans volvelle « sphère plate universelle ».

⁸ Voir lien « texte » dans volvelle « latitude, pôle, horizon ». La hauteur du pôle est égale à la latitude du lieu.

Ces deux lignes de visée, la réelle et la transformée, sont modélisées par les deux côtés de l'angle droit du trigone (Fig. 9).

Latitude : 47°

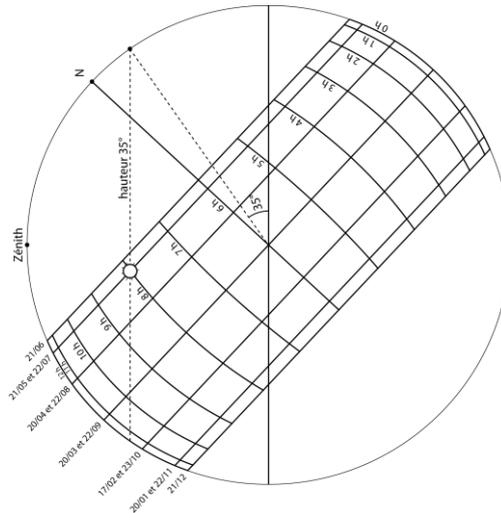


Fig. 8. Sphère céleste - étape 4

Par cette rotation, la transformée du cercle de hauteur de 35°, qui est horizontale, devient verticale et est concrétisée par un fil à plomb (Fig. 9). Ce fil est attaché à l'extrémité de la ligne de visée transformée, point sur le cercle représentant le méridien local.

Latitude : 47°

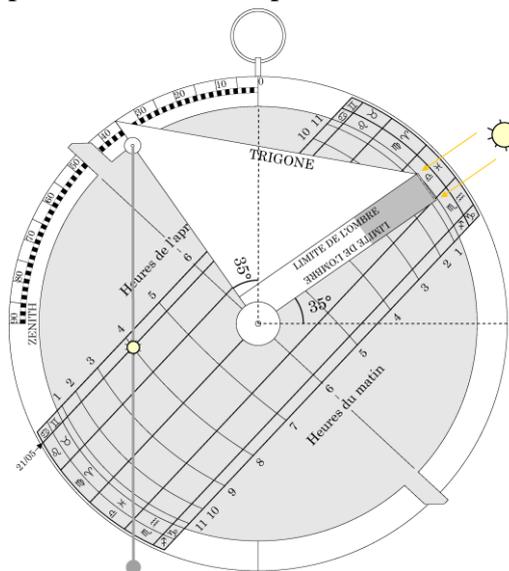


Fig. 9. Sphère céleste - étape 5

La figure 9 montre le disque de la figure 8, avec deux index sur l'axe polaire, qui peut tourner sur un support partiellement gradué. Sur ce support, est fixé un anneau qui permet de maintenir l'orientation verticale de l'instrument.

La graduation de 0° à 90° du quadrant à gauche de l'anneau du disque fixe fournit deux indications :

- la latitude 47° du lieu, signalée par l'index de l'axe de la Terre ;
- la hauteur du Soleil de 35°, lisible à l'extrémité de la ligne de visée transformée du trigone.

Le fil à plomb, représentant le cercle de hauteur de 35°, coupe la ligne de déclinaison du Soleil du début des Gémeaux II ou du Lion ♌ en un point situé sur la ligne horaire de 8 heures du matin ou 4 heures de l'après-midi.

Latitude : 47°

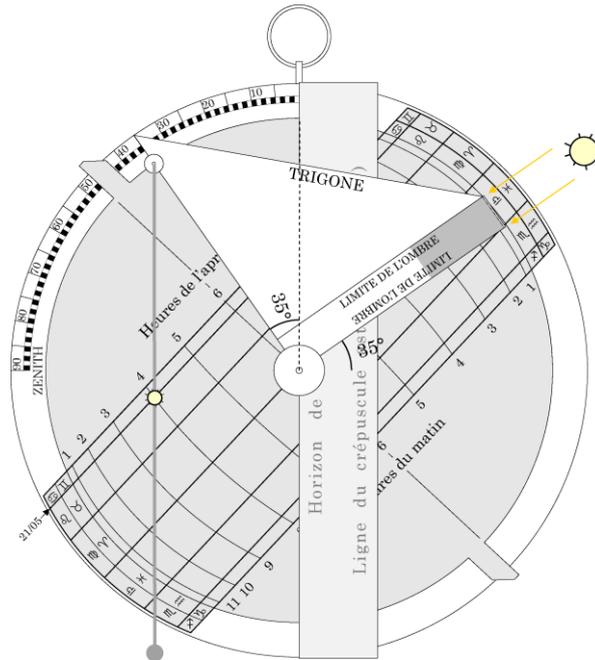


Fig. 10. Sphère céleste - étape 6

Quand on tient l'instrument par l'anneau dans le plan vertical, la règle collée à ses extrémités sur le disque fixe est verticale. Elle matérialise :

- sur le côté qui passe par le centre, l'horizon devenu vertical par la rotation de 90°(Fig. 8);
- sur l'autre côté, la ligne du crépuscule astronomique située à une hauteur de 18° sous l'horizon.

La figure 10 représente la volvelle « sphère plate universelle » au complet mais diffère légèrement de la volvelle d'Apian qui n'a pas d'anneau. Pour y remédier, Apian a fixé sur la règle un fil qui permet, en ajoutant un plomb, de tenir correctement le livre dans la direction verticale souhaitée.

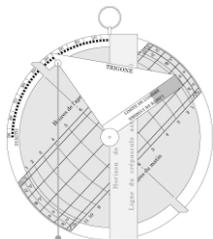
Pour conclure

Sachant que le fil à plomb fixé sur la ligne de visée transformée représente le support de l'image du cercle de hauteur du Soleil, cette volvelle indique :

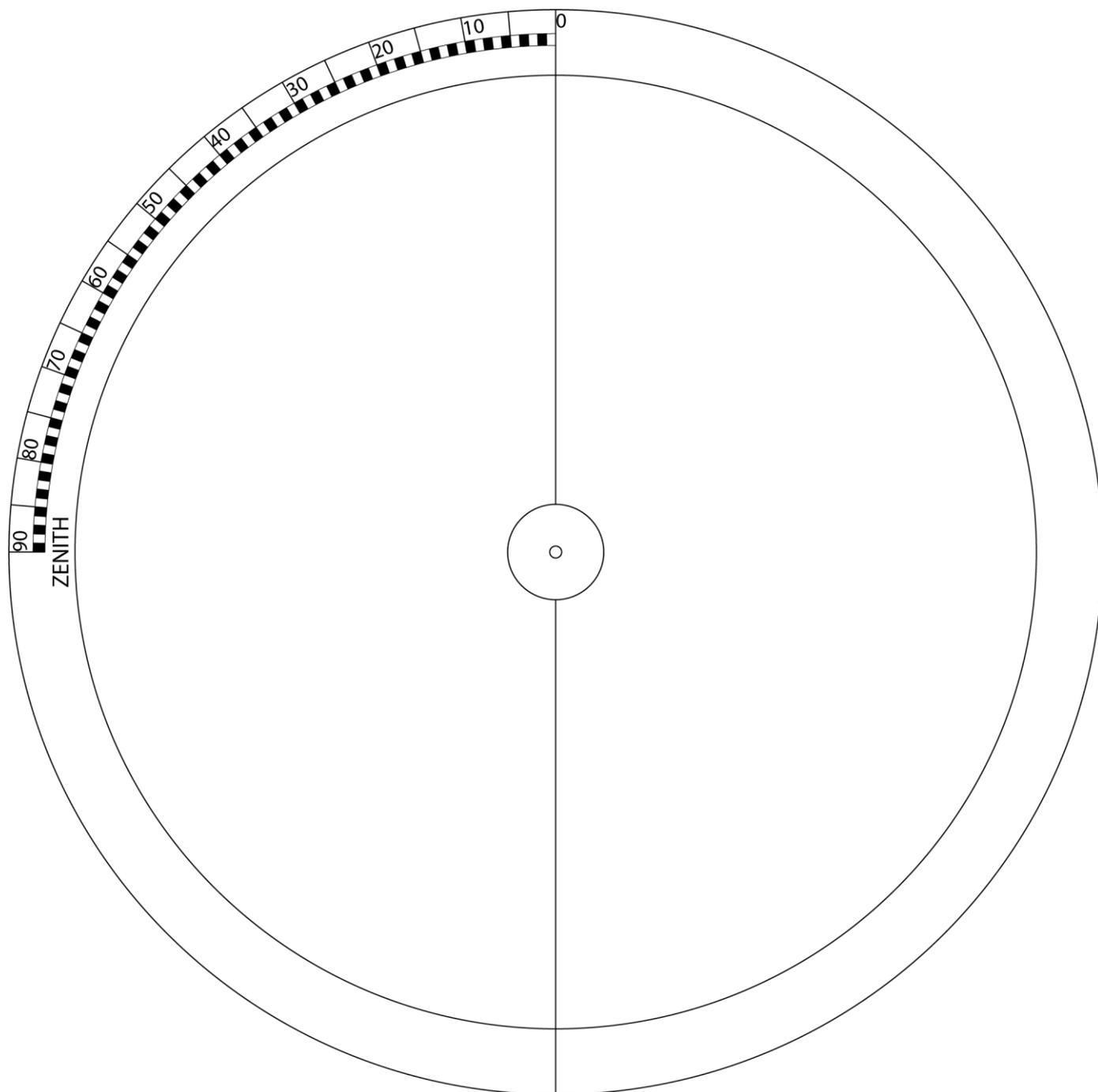
- la latitude φ par l'axe de la Terre sur le quadrant gradué ;
- la hauteur h du Soleil par le trigone sur le quadrant gradué ;
- le jour dans le calendrier zodiacal, correspondant à la déclinaison du Soleil δ , sur un parallèle à l'équateur tracé ou estimé ;
- l'heure solaire H sur un arc de méridien tracé ou estimé.

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

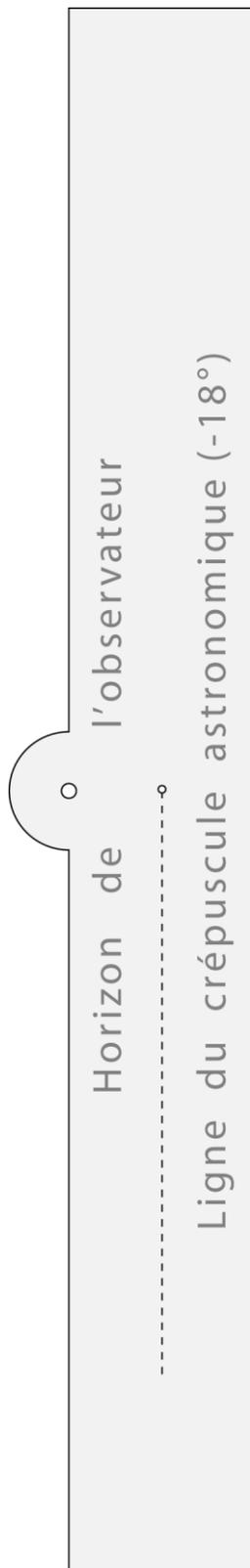
Matériel



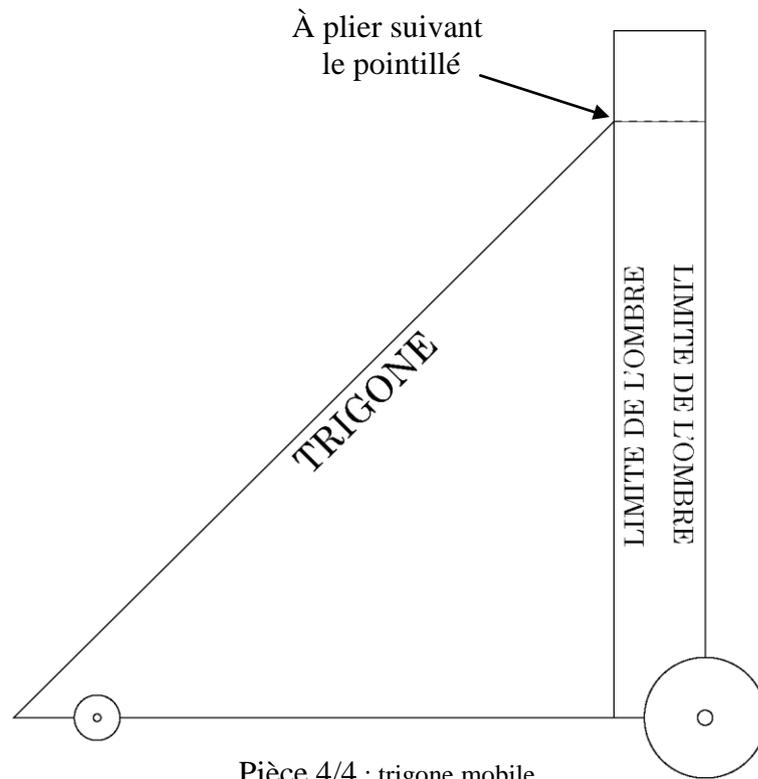
- un carton avec le disque (pièce 1/4) ;
- une feuille bristol avec le disque mobile (pièce 2/4) ;
- une feuille bristol avec la règle et le trigone (pièces 3/4 et 4/4) ;
- un bouton pression, pin's ou attache parisienne.



Pièce 1/4 : disque fixe



Pièce 3/4 : règle à fixer sur le disque 1/4



Montage

- 1/ Faire un petit trou avec un compas sur le centre des pièces 1 et 2 ; sur la pièce 3, en faire un au centre du demi-disque et un au centre du rectangle. Sur la pièce 4, faire deux petits trous aux deux angles du trigone où un petit cercle est dessiné.
- 2/ Coller aux extrémités, la règle (pièce 3) sur la couronne extérieure de la pièce 1 verticalement, les petits trous doivent coïncider et les graduations doivent restées visibles.
- 3/ Intercaler la pièce 2 entre la pièce 1 et la pièce 3 pour que les centres se juxtaposent ;
- 4/ Placer la pièce 4 (trigone) tel que le petit trou de l'angle droit soit au centre de la volvelle et plier la pinnule, comme c'est indiqué, pour la visée du Soleil.
- 5/ Fixer un fil à plomb sur l'autre petit trou du trigone et un fil à plomb sur le petit trou de la pièce 3.
- 6/ Fixer avec un bouton pression ou une attache parisienne les 4 pièces au centre.

5) Utilisation de la volvelle

Dans *Cosmographie*, Pierre Apian donne plusieurs propositions d'utilisation :

- * Trouver la hauteur du Soleil par visée (proposition 1, Fo. 9) - Activité 2.
- * Trouver la correspondance du jour du calendrier avec les degrés du calendrier zodiacal (proposition 2, Fo. 10) - Activité 4.
- * Trouver la hauteur du pôle connaissant l'heure, le jour, la hauteur du Soleil (proposition 3, Fo. 10) - Activité 9.
- * Connaître l'heure, sachant la hauteur du pôle, celle du Soleil par visée et le jour (proposition 5, Fo. 10 v) - Activité 5.
- * Savoir en tout lieu du monde à quelle heure se lève et se couche le soleil (proposition 6, Fo. 10 v) - Activité 6.
- * Connaître la durée du jour et de la nuit (proposition 7, Fo. 11) - Activité 6.
- * Connaître l'heure du début ou de la fin de la nuit, la durée de l'aube et du crépuscule (proposition 8, Fo. 11) - Activité 7.
- * Trouver la hauteur du soleil connaissant la hauteur du pôle, le jour et l'heure sans les rayons du soleil (proposition 9, Fo. 11) - Activité 8.

On peut aussi trouver la déclinaison du soleil mais la volvelle « miroir du monde » est un peu plus précise.

Pour utiliser la volvelle, il est conseillé de :

- 1/ suivre les schémas du §3 pour comprendre ce que représentent les lignes ;
- 2/ faire les activités du §6 dans l'ordre pour comprendre la fonction de chacune des pièces de la volvelle et comment obtenir les renseignements recherchés.

6) Activités

Les activités sont progressives, il est conseillé de les faire dans l'ordre.

Activité 1 - travail manuel

Fabriquer la volvelle « sphère plate universelle » en utilisant les patrons donnés dans la partie 4.

Activité 2 - observation

Lors de l'observation, attention de ne pas regarder le Soleil !

Trouver la hauteur du Soleil par observation.

- 1- Tenir correctement l'instrument par l'anneau ou en maintenant la règle verticale grâce au fil à plomb. Placer le ZENITH orienté vers votre gauche à l'opposé des rayons du Soleil.
- 2- Tourner le trigone jusqu'à ce que l'ombre de la pinnule relevée (*pinnacide*) soit dans la direction de la ligne appelée *LINEA UMBRA*.
- 3- Lire la hauteur du Soleil en degré sur le quadrant gradué, indiquée par l'index du trigone. (Voir Fig. 10)

Activité 3 - travail manuel

Photocopier la volvelle « calendriers », celle d'Apian avec le calendrier julien ou celle avec le calendrier grégorien, en utilisant les patrons donnés dans le chapitre volvelle « calendriers » au paragraphe 4. Fixer un fil au centre de la volvelle.

Activité 4 - manipulation de la volvelle « calendriers »

Trouver la correspondance entre les calendriers.

1- Donner le jour dans le calendrier julien puis dans le calendrier grégorien de :

- a. 10° dans le Lion.
- b. 20° dans les Poissons.

2- Donner le signe du zodiaque et son quantième :

- a. 21 juin dans le calendrier julien.
- b. 21 juin dans le calendrier grégorien.

Activité 5 - observation

Lors de l'observation, attention de ne pas regarder le Soleil !

Trouver la latitude du lieu connaissant la hauteur du Soleil, le jour et l'heure.

- 1- Prendre la hauteur du soleil à l'aide de la volvelle (voir activité 2).
- 2- Noter le jour dans le calendrier zodiacal en s'aidant éventuellement de la volvelle « calendriers » et l'heure solaire considérés.
- 3-Tenir correctement l'instrument en maintenant le trigone. Tourner la roue jusqu'à ce que le fil à plomb passe sur le point d'intersection du jour et de l'heure. On pourra faire une estimation si les lignes ne sont pas tracées. Quand le réglage est fait, l'index de l'axe de la Terre indique la latitude du lieu sur le quadrant gradué.

*Pour les activités de 6 à 9, la latitude est connue. C'est celle du lieu⁹ où vous êtes : $\varphi = \dots\dots^\circ$
Placer l'index de la roue, côté pôle Nord, sur la latitude du lieu. Maintenir la roue dans cette position.*

Activité 6 - manipulation

Trouver la hauteur du Soleil connaissant la latitude, le jour et l'heure.

Donner là où vous êtes :

- la latitude du lieu :
- le jour dans le calendrier grégorien :
- le jour dans le calendrier du zodiaque :
- l'heure solaire :

Déterminer la hauteur du Soleil par lecture sur la volvelle :

On peut faire ce travail pour toute heure de la journée, ce qui était très utile pour ceux qui fabriquaient des instruments.

Activité 7 - observation

Lors de l'observation, attention de ne pas regarder le Soleil !

Trouver l'heure solaire par observation.

- 1- Mettre la date du jour du calendrier grégorien en date du calendrier zodiacal
- 2- Comme dans l'activité 2, lire la hauteur du Soleil en degré, par observation. $h = \dots\dots\dots^\circ$
- 3- Tout en maintenant l'instrument correctement, observer le point d'intersection entre le fil à plomb et le parallèle correspondant à la date du calendrier zodiacal (tracée ou estimée). Si ce point est sur un arc de méridien des heures, donner l'heure du matin ou d'après-midi. Sinon, repérer l'encadrement entre 2 heures consécutives puis évaluer l'heure. $H = \dots\dots\dots$

Activité 8 – observation ou manipulation

L'activité 8 est un cas particulier de l'activité 7. On peut procéder sans observation.

Trouver la durée du jour ou la durée de la nuit.

- 1- Au lever et au coucher du Soleil, la hauteur du Soleil est : $h = \dots\dots\dots$

⁹ Pour trouver la latitude du lieu, utiliser internet ou mieux, un instrument qui donne la hauteur du Soleil ou de celle de la Polaire (en considérant que la hauteur de la Polaire donne la latitude) si on est dans l'hémisphère nord.

2- En procédant¹⁰ comme à l'activité 7, par observation, donner l'heure de lever et l'heure de coucher du Soleil aujourd'hui. $H_{\text{lever}} = \dots\dots\dots$; $H_{\text{coucher}} = \dots\dots\dots$.

2 bis- Sans observation, sur quelle ligne de l'instrument, fait-on la lecture ?

.....

3- En déduire la durée du jour : et la durée de la nuit :

Activité 9 – utilisation de la volvelle

L'activité 9 est un cas particulier de l'activité 7, sans observation (le Soleil est sous l'horizon).

Trouver l'heure du début de l'aube et celle de la fin du crépuscule, ce jour.

1- A la fin du crépuscule et au début de l'aube, le Soleil est sous l'horizon : $h = \dots\dots\dots$

2- Sur quelle ligne, fait-on la lecture ?.....

3- Donner l'heure du début de l'aube et l'heure de la fin du crépuscule :

$H_{\text{aube}} = \dots\dots\dots$; $H_{\text{crépuscule}} = \dots\dots\dots$

4- En déduire la durée de l'aube et du crépuscule :

La période de l'aube et de crépuscule est parfois appelée période *entre chien et loup*.

¹⁰ On prend la mesure quand le Soleil semble poser sur l'horizon.