

# Un astrolabe universel de ROJAS simplifié

David ALBERTO

En quoi est-ce un astrolabe simplifié ?

L'astrolabe de ROJAS classique fait pivoter la ligne d'horizon (matérialisée par une *regula*), en maintenant fixe le repère équatorial.

Ici, pour faciliter l'usage, l'horizon reste... horizontal, ce qui demande à l'utilisateur moins de « gymnastique mentale » pour se repérer.

## 1 Se repérer sur l'astrolabe de Rojas

L'utilisateur de l'astrolabe doit se représenter placé au centre de l'instrument.

L'horizon qui l'entoure est la ligne verte reliant le point cardinal Sud (« S » à gauche) et Nord (« N » à droite). Au-dessus de l'observateur se trouve le zénith (« Z »).

Le pourtour de l'instrument (le *limbe*) est muni de graduations servant à mesurer plusieurs angles.

En fait, pour comprendre le point de vue qu'offre un tel astrolabe, il faut imaginer que *l'observateur ainsi que la Terre* (sous ses pieds) sont au centre de l'instrument.

Les cercles de la sphère céleste (méridien, colure des solstices, colure des équinoxes, écliptiques...) y sont tracés tels qu'ils seraient vus depuis la direction du point vernal<sup>1</sup> à une distance infinie.

Le point vernal occupe donc le centre de l'instrument. Le cercle méridien est celui qui constitue le périmètre de l'instrument.

### 1.1 Le repère local

Ce repère s'appuie sur l'horizon. Dans le repère local, la position d'un astre est notée par deux angles :

- sa **hauteur** au-dessus de l'horizon (graduations supérieures du limbe). Cet angle s'inscrit dans un plan vertical.
- son **azimut**, inscrit dans le plan horizontal, qui varie lorsqu'on tourne sur soi-même. L'origine de l'azimut ( $0^\circ$ ) est prise ici au point cardinal Sud. Dans la direction de l'Est, l'azimut vaut  $-90^\circ$  ; plein Ouest, il est de  $+90^\circ$ . Les graduations d'azimut sont indiquées sous l'horizon, en valeur absolue.

Les lignes de crépuscules sont indiquées :

- quand le Soleil se trouve à  $6^\circ$  sous l'horizon, c'est le *crépuscule civil* : il fait encore assez clair pour se déplacer facilement.
- à  $12^\circ$  de hauteur sous l'horizon, c'est le *crépuscule nautique* : il fait sombre, mais en mer on distingue la silhouette noire de la côte sur le fond bleu foncé du ciel.
- à  $18^\circ$  sous l'horizon, c'est le *crépuscule astronomique*.

Déterminer à quelle heure surviendra le crépuscule astronomique aide à préparer une soirée d'observation (Si l'on fait abstraction de la pollution lumineuse...).

---

1. point d'intersection du cercle équatorial avec le plan de l'écliptique

## 1.2 Le repère équatorial

Il s'appuie sur l'équateur céleste, projection sur la sphère céleste de l'équateur terrestre.

Sur cet instrument, le repère équatorial figure sur un transparent et pivote autour du centre.

La position d'un astre y est repérée par deux angles :

- la **déclinaison** : angle pris dans le plan méridien, positif au-dessus de l'équateur, négatif en-dessous.
- l'**angle horaire**, angle pris dans le plan équatorial, nul dans la direction du Sud. Sur cet instrument, au lieu d'indiquer l'angle horaire en degré, on a indiqué les lignes horaires (en heures). La ligne midi se trouve sur le bord gauche, vers le Sud. Les lignes 6 h et 18 h passent par le centre.

Avec le repère équatorial pivote également l'axe des pôles. La lettre « P » indique le pôle Nord.

## 2 Le mouvement du Soleil

Le Soleil tel qu'on l'observe depuis la Terre est animé de deux mouvements :

- le **mouvement diurne**, dû en réalité au mouvement de rotation de la Terre sur elle-même. La période de ce mouvement est – par définition – de 24 h.

Sur l'astrolabe de ROJAS, la trajectoire du Soleil selon ce mouvement diurne est matérialisée par les traits rouges parallèles à l'équateur, sur le repère équatorial. À 0 h (minuit), le Soleil se trouve sur le bord gauche. Pendant la journée, le Soleil décrit un parallèle d'égale déclinaison, en croisant les courbes horaires successives. À midi il est sur le bord droit, puis continue en sens inverse le soir.

Les parallèles sont tracés pour des déclinaisons tous les 2 degrés. Les valeurs de déclinaison peuvent se lire sur le limbe, en plaçant l'Équateur parallèle à l'horizon. C'est le principal intérêt de l'astrolabe de ROJAS : les angles du repère équatorial (déclinaison et angle horaire) ont leurs correspondants dans le repère local (hauteur et azimut). Ainsi, un même système de graduation peut servir pour ces deux repères.

- le **mouvement annuel**, dû en fait à la révolution de la Terre autour du Soleil. La période de ce mouvement est d'une année.

Sur l'instrument, ce mouvement annuel se fait sur la ligne oblique « Écliptique », liée au repère équatorial.

L'écliptique passe par le centre de l'instrument au moment des équinoxes de printemps et d'automne. Les positions extrêmes de la ligne écliptique correspondent aux solstices d'hiver et d'été.

Des points de couleur situés le long de l'écliptique servent de repères pour les dates. La légende de ces points se trouve sur la partie fixe.

## 3 Utiliser l'astrolabe

### 3.1 Régler la latitude d'utilisation

L'axe des pôles du transparent est muni de deux indications « régler la latitude (N) ou (S) ». Les quarts inférieurs du limbe sont gradués en latitude (hémisphère Nord du côté gauche, et Sud du côté droit).

Pour une latitude de l'hémisphère Nord, pointer l'indication « régler la latitude (N) » sur la valeur souhaitée des graduations à gauche.

Pour une latitude de l'hémisphère Sud, pointer l'indication « régler la latitude (S) » sur la valeur souhaitée des graduations à droite.

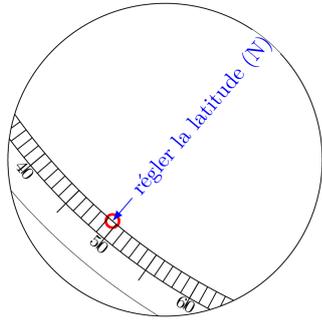


FIGURE 1 – Latitude réglée sur  $49,5^\circ$  Nord

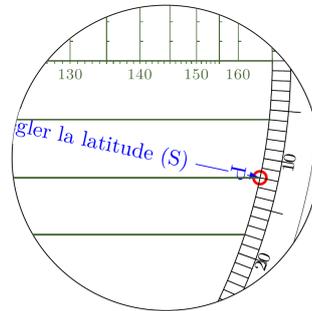


FIGURE 2 – Latitude réglée sur  $12^\circ$  Sud

### 3.2 Trouver la position du Soleil à une date donnée

En astronomie, on repère le mouvement du Soleil le long du plan écliptique par un angle : la longitude écliptique. Cet angle a pour origine le point vernal, et augmente dans le sens antihoraire (vu depuis le haut de l'écliptique).

Sur l'astrolabe de ROJAS, on peut profiter des graduations de l'horizon en azimut pour repérer la longitude écliptique.

Pour cela, on aligne l'écliptique sur l'horizon. Ce dernier dispose de graduations chiffrées tous les 10 degrés, qui peuvent servir de graduations de longitude écliptique<sup>2</sup>.

Comment retrouver la position du Soleil à une date donnée ?

La longitude écliptique allant de 0 à  $360^\circ$  pour une durée de 365,25 jours, on peut faire l'**approximation que  $1^\circ$  de longitude correspond à peu près à 1 jour**.<sup>3</sup>

On peut estimer l'erreur à un décalage de 5 jours par an, soit moins d'un demi-jour par mois. Grâce aux dates indiquées sur l'écliptique (points colorés), une date donnée se trouve toujours à moins d'un mois d'une date de référence, ce qui limite l'erreur.

*Exemple 1 :*

On veut connaître la position du Soleil sur l'écliptique à la date du **10 avril** :

- on aligne l'écliptique sur l'horizon.
- le 10 avril se trouve entre l'équinoxe de printemps (20 mars, au centre) et le solstice d'été (21 juin, à droite au bout de l'écliptique). Plus précisément, le 10 avril est environ 20 jours après le 20 mars (sa longitude écliptique est d'environ  $20^\circ$ ) ; on compte 20 degrés du centre vers la droite, ce qui place le Soleil au niveau de la graduation « 110 » de l'azimut.

Sur le transparent, la ligne de déclinaison  $+8^\circ$  passe par ce point : c'est la déclinaison du Soleil au 10 avril.

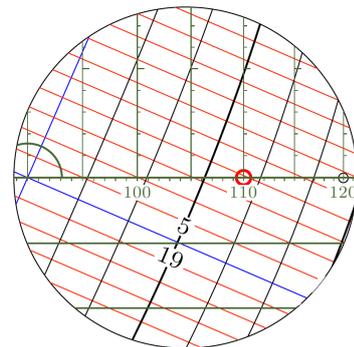


FIGURE 3 – La déclinaison au 10 avril

2. Attention aux origines des angles : l'azimut est nul dans la direction du Sud, à gauche, alors que la longitude est nulle au point vernal (au centre). Ainsi, la graduation « 100° » en azimut correspond à la longitude écliptique  $10^\circ$ , quand l'écliptique est aligné sur l'horizon.

3. Cette approximation génère une erreur négligeable devant l'imprécision due aux faibles dimensions de l'instrument.

Si fait pivoter le repère équatorial transparent pour régler la latitude, en conservant la position du Soleil trouvée, alors au 10 avril le Soleil parcourra un trait parallèle aux traits d'égales déclinaison, et passant par le point déterminé précédemment.

*Exemple 2 :*

On cherche la position du Soleil au **12 janvier** :

- le 12 janvier se trouve 7 jours *avant* le 19 janvier (point rouge).
- on compte 7 degrés à gauche du point rouge, on arrive à la graduation « 23 » de l'azimut.

Attention à la valeur de la longitude : en arrivant au 21 décembre, le Soleil a déjà parcouru  $270^\circ$  depuis le 20 mars précédent. Au 19 janvier, sa longitude vaut  $300^\circ$ . Par conséquent, à la date du 12 janvier, sa longitude est voisine de  $293^\circ$ .

À cette date, on lit sur les traits parallèles une déclinaison située entre  $-21$  et  $-22^\circ$ .

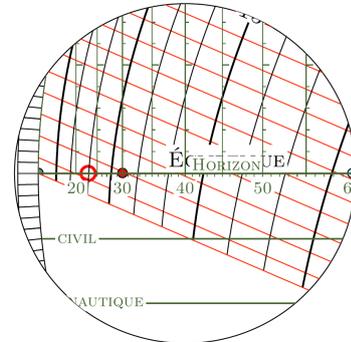


FIGURE 4 – La déclinaison au 12 janvier

### 3.3 Trouver la hauteur méridienne

La hauteur méridienne est la hauteur atteinte par le Soleil à midi solaire, heure où il culmine.

*Exemple 1 :*

On cherche la hauteur méridienne du Soleil à la date du 10 avril, à la latitude  $47^\circ$  Nord.

- Régler la latitude.
- Déterminer la déclinaison du Soleil à la date donnée ( $+8^\circ$ , voir paragraphe 3.2).
- la hauteur méridienne se lit à midi : sur l'échelle de hauteur, on trouve « 51 » : le Soleil est à  $51^\circ$  au-dessus de l'horizon au 10 avril.

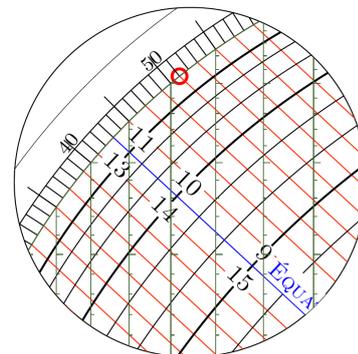


FIGURE 5 – Hauteur méridienne le 10 avril, à  $47^\circ$  de latitude Nord

*Exemple 2 :*

On cherche la hauteur méridienne du Soleil à la date du 12 janvier, à la latitude  $60^\circ$  Nord (ville de Helsinki, Finlande).

- Régler la latitude.
- Déterminer la déclinaison du Soleil à la date donnée ( $-22^\circ$  environ, voir paragraphe 3.2).
- En suivant ce parallèle jusqu'à midi, sur l'échelle de hauteur on lit  $8^\circ$ .

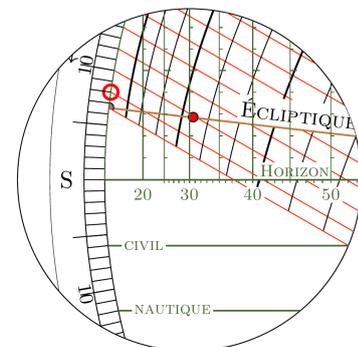


FIGURE 6 – Hauteur méridienne le 12 janvier, à  $60^\circ$  de latitude Nord

### 3.4 Trouver les heures de lever et de coucher du Soleil

Il suffit de repérer le point où le parallèle suivi par le Soleil coupe l'horizon. La graduation horaire en ce point donnera à la fois les heures de lever et de coucher.

*Exemple 1 :*

Pour la latitude  $30^\circ$  Sud, à la date du 22 juillet, à quelles heures se lève et se couche le Soleil ?

- Régler la latitude à  $30^\circ$  Sud.
- Repérer le parallèle de déclinaison  $+20^\circ$  du 22 juillet.
- Suivre ce parallèle jusqu'à l'horizon : sur la grille horaire on lit environ 6h50 – heure du lever. Pour les heures du soir, cette même graduation correspond à environ 17h10 – heure du coucher.

La journée dure donc 10h20 (17h10 - 6h50).

Les graduations en azimut nous donnent également la valeur de l'azimut au lever et au coucher : azimut  $113^\circ$  ( $-113^\circ$  au lever,  $+113^\circ$  au coucher).

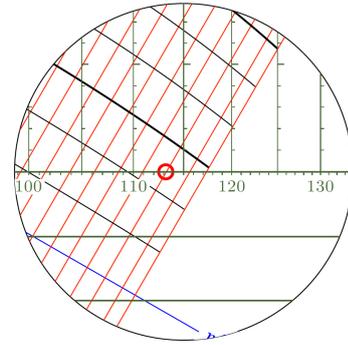


FIGURE 7 – Heures de lever et coucher, à  $30^\circ$  Sud, le 22 juillet

*Exemple 2 :*

Pour la latitude  $60^\circ$  Nord, le 12 janvier, à quelles heures se lève et se couche le Soleil ?

- Régler la latitude à  $60^\circ$  Nord.
- Repérer le parallèle du 12 janvier ( $-22^\circ$  environ).
- Ce parallèle coupe l'horizon à l'heure graduée « 9h - 15h » : ce sont les heures de lever et de coucher.

Le jour dure 6 heures.

Le Soleil se lève à l'azimut  $-41^\circ$  et se couche à l'azimut  $+41^\circ$ .

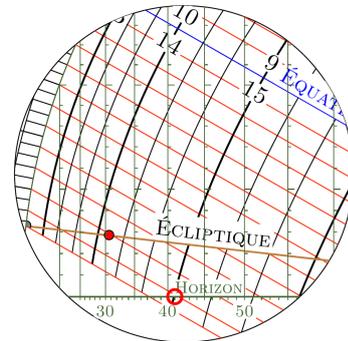


FIGURE 8 – Heures de lever et coucher, à  $60^\circ$  Nord, le 12 janvier

### 3.5 Trouver l'heure solaire

Cette détermination nécessite de connaître la hauteur du Soleil à un instant donné, en plus de la déclinaison et de la date.

Il faut remarquer que la détermination de l'heure est très imprécise autour de midi solaire. D'une part, autour de midi, la hauteur du Soleil varie très peu. D'autre part, sur l'astrolabe de ROJAS, les lignes horaires sont très resserrées autour de midi.

*Exemple :*

À la latitude  $50^\circ$ , le 20 mai (après-midi) la hauteur du Soleil est de  $28^\circ$ . Quelle heure est-il ?

- Régler la latitude.
- Repérer le parallèle de déclinaison pour cette date (point violet) : déclinaison  $+20^\circ$ .
- Sur le limbe, chercher la hauteur  $28^\circ$ .
- Suivre horizontalement la graduation verte  $28^\circ$  sur le fond de l'instrument, jusqu'à couper le parallèle de déclinaison  $+20^\circ$ .
- Ce point d'intersection se trouve près de la ligne horaire « 16h40 » (heure du soir).

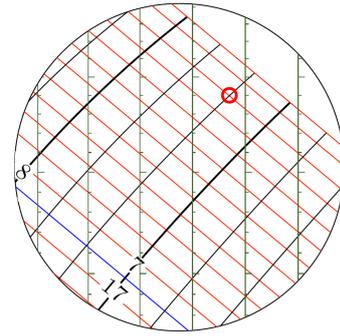


FIGURE 9 – Détermination de l'heure d'après la hauteur du Soleil

## 4 Autres exemples

• Au 1<sup>er</sup> juin (déclinaison  $\simeq +22^\circ$ ), à partir de quelle latitude peut-on observer le « soleil de minuit » ?

- Repérer la ligne de déclinaison  $+22^\circ$  du 1<sup>er</sup> juin, et la longer jusqu'à l'arc horaire « minuit ».
- Faire pivoter le repère équatorial sur transparent jusqu'à ce que la ligne de déclinaison descende tout juste sur l'horizon à minuit.
- lire la latitude indiquée par la flèche sur l'axe des pôles :  $68^\circ$  de latitude Nord<sup>4</sup>.

• À Lima (Pérou), à quelles dates le Soleil passe-t-il au zénith ?

Lima se trouve à  $12^\circ$  de latitude Sud (entre les tropiques). Le Soleil passe donc au zénith deux fois par an.

Le Soleil ne peut se trouver au zénith d'un lieu qu'à midi solaire. Il faut donc repérer le point « Z » du zénith, et voir quelle ligne de déclinaison atteint l'arc de midi en ce point.

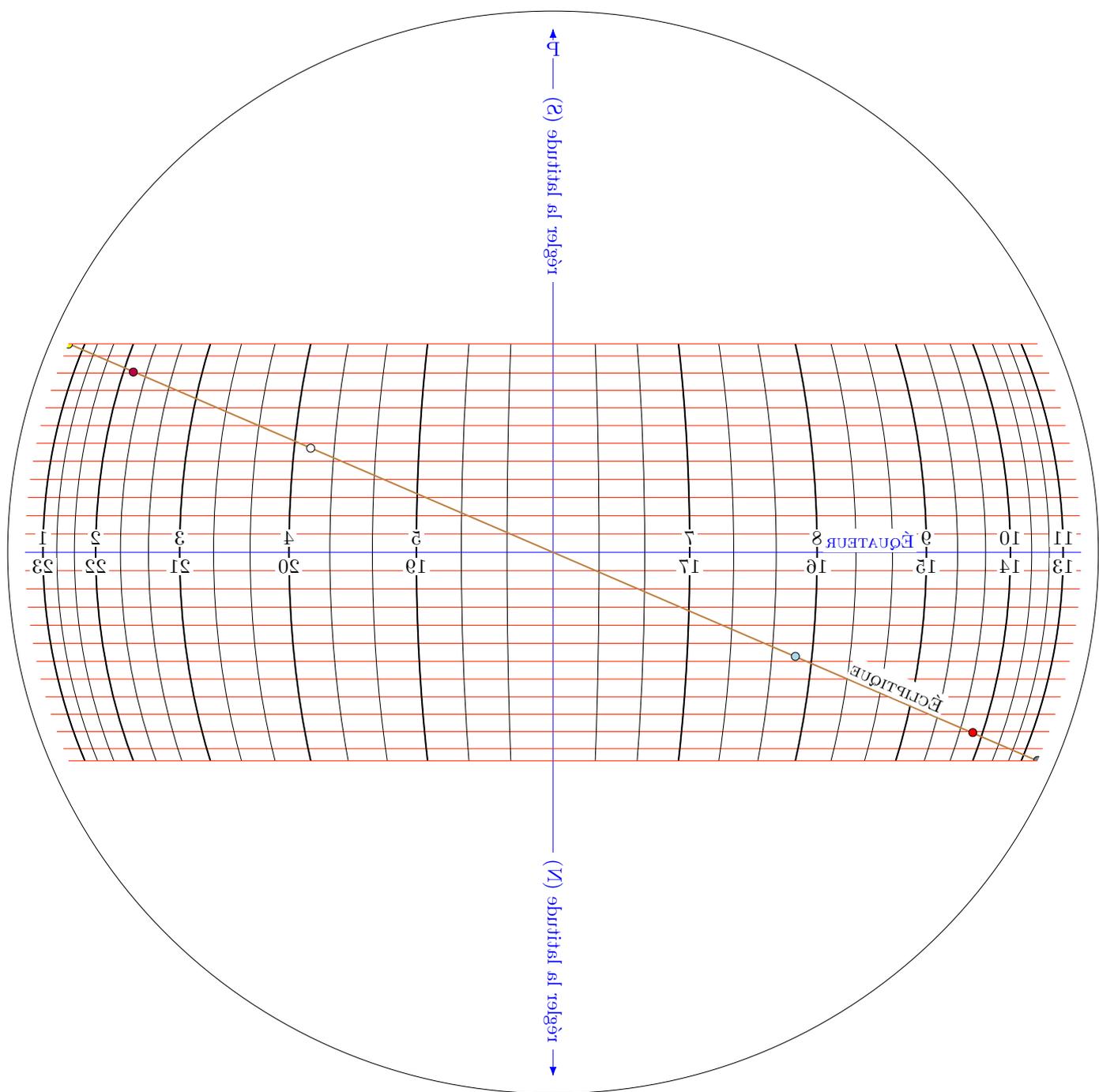
- Régler la latitude à  $12^\circ$  Sud.
  - Sur l'arc de midi, au point « Z », on voit la ligne de déclinaison  $-12^\circ$  environ (un peu moins). Cette déclinaison correspond à peu près aux dates 22 octobre – 18 février.
- Ce sont les dates où le Soleil passe au zénith.

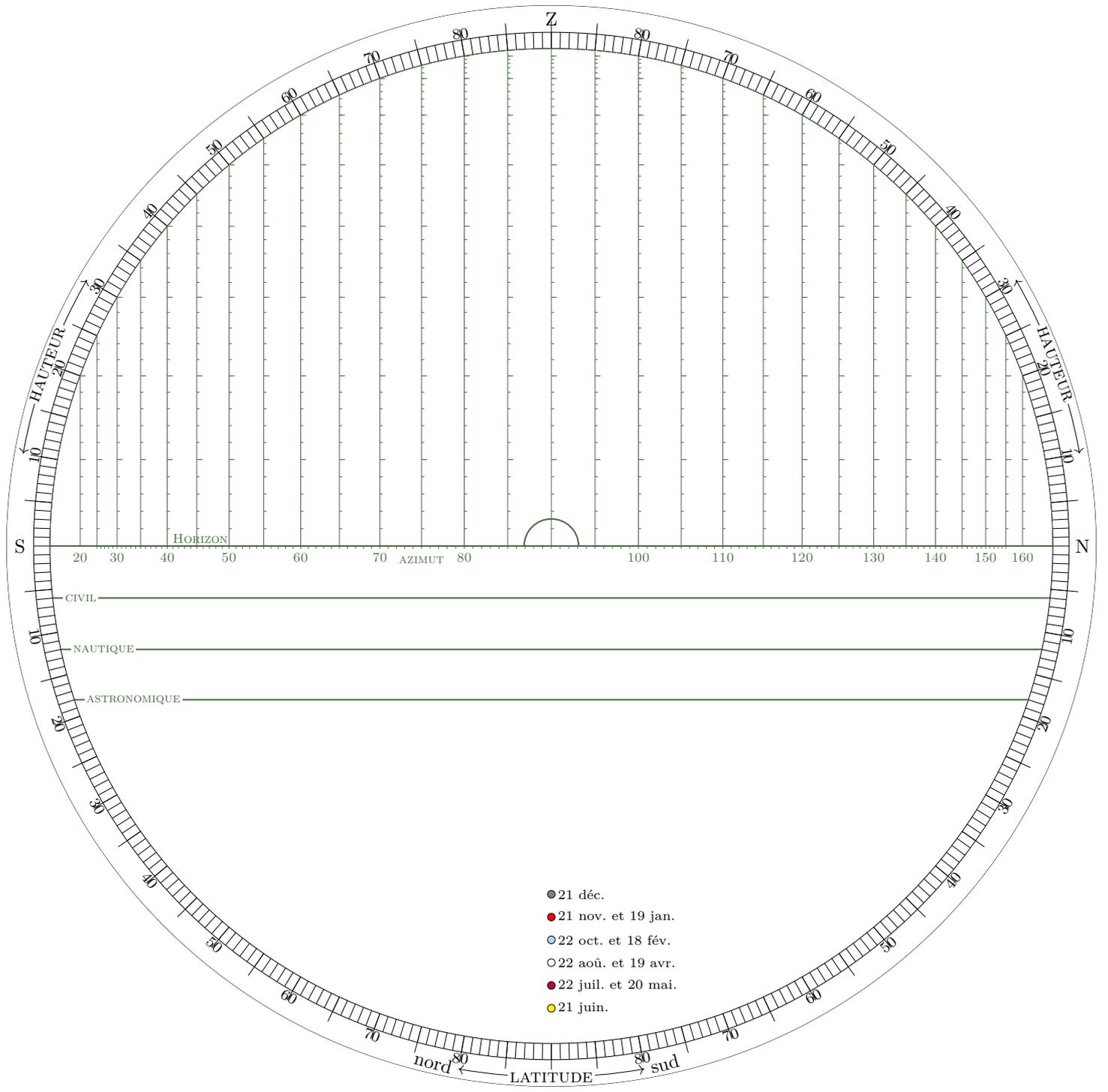
• À la latitude de Paris ( $49^\circ$  Nord), à quelle heure de la nuit débute le crépuscule astronomique, au 21 juin ?

- régler la latitude à  $49^\circ$  Nord.
- Repérer la ligne de déclinaison du 21 juin (déclinaison maximale du Soleil :  $23.4^\circ$ ).
- Suivre cette ligne jusqu'à celle du début du crépuscule astronomique : on remarque que le Soleil ne franchit pas cette ligne. Autrement dit, il n'y a pas de crépuscule astronomique le 21 juin à Paris.

LA PAGE SUIVANTE EST À IMPRIMER SUR TRANSPARENT.

4. C'est au niveau du Cercle polaire Arctique ( $67.6^\circ$ ) que le soleil de minuit est visible le jour du solstice d'été





LA PAGE PRÉCÉDENTE EST À IMPRIMER SUR PAPIER OU BRISTOL.

## 5 Montage

- Découper les deux parties en suivant le cercle extérieur.
- Utiliser la pointe d'un compas pour percer les deux feuilles exactement au centre.
- Utiliser un bouton pression en nylon pour les assembler.