



Famil<sup>il</sup>es  
rurales  
*Vivre mieux !*  
*L'astronomie à Maillet*

# La mise en station

Jean-Pierre Maratrey - avril 2008 - maj - Bernard Thébault - janvier 2018

# Généralités

Un instrument d'astronomie d'amateur se compose de trois parties :

Le tube, posé sur la monture, contient le système optique qui génère l'image à observer ou à photographier.

La monture, solidaire du pied, et qui permet d'orienter le tube vers l'objet du ciel visé.

Le pied qui supporte l'ensemble de l'instrument.



# Généralités

L'homogénéité de l'ensemble de ces 3 parties est importante à respecter.

Le but de cet exposé est de savoir bien placer la monture.

Il ne suffit pas de l'intercaler entre le pied et le tube !

Il existe deux types de montures : l'azimutale et l'équatoriale.



# Généralités

Un objet a une position dans le ciel en azimut (horizontalement) et en hauteur (verticalement) qui varie avec le temps.

Le suivre demande donc deux mouvements.

L'automatisation d'une telle monture exige deux moteurs.

La vitesse d'un objet dans le ciel en hauteur et en azimut varie avec le temps.

Un bon suivi sera réalisé en faisant varier la vitesse des moteurs de façon adéquat et nécessitera donc un ordinateur pour les calculs.

Les montures à fourche fonctionnent sur ce principe.

# La monture azimutale

Permet des mouvements rotatifs en azimut (horizontalement) et en hauteur (verticalement).

Les montures des Dobson sont azimutales, et le pointage est manuel.



# La monture azimutale

## La rotation de champ

Un gros inconvénient de ce système azimutal apparaît en astrophotographie : c'est la rotation de champ.

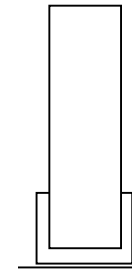
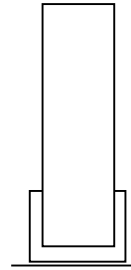
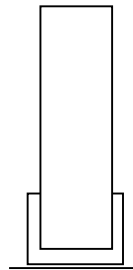
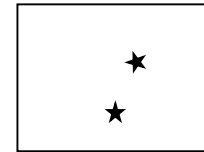
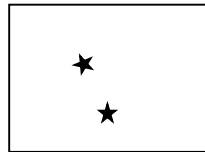
En effet, le ciel tourne autour du pôle (c'est en fait la Terre qui tourne !), mais la caméra, la Webcam ou l'APN ne tournent pas.

Les images de longue pose photographique présentent des étoiles allongées, en forme d'arc de cercle centré approximativement sur l'étoile polaire.

# La monture azimutale

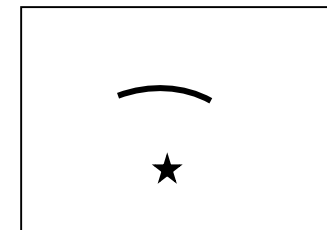
## La rotation de champ

Imaginons que l'on photographie un doublet d'étoiles à trois moments de la nuit : vers l'est, peu avant le passage au méridien, à sa culmination au sud, et peu après le passage au méridien, vers l'ouest.



Une photographie continue entre les deux extrêmes donnera le résultat suivant, si le suivi a été réalisé sur l'étoile inférieure.

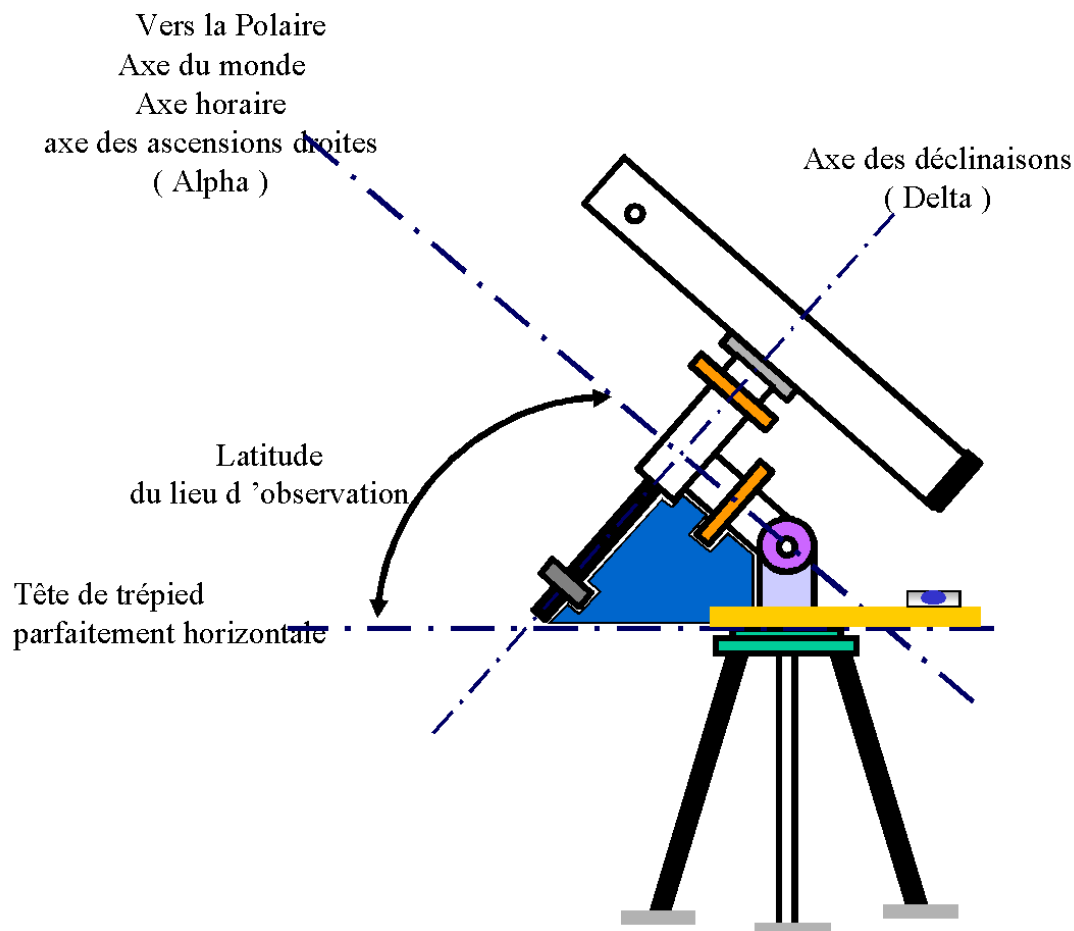
C'est la rotation de champ.



# La monture équatoriale

Elle est constituée d'un axe parallèle à l'axe de rotation de la Terre (axe horaire, ou axe polaire) et d'un second axe perpendiculaire, appelé axe des déclinaisons.

Comme son nom l'indique, l'axe polaire est dirigé vers le pôle, de façon à être parallèle à l'axe nord-sud de la Terre.





# La monture équatoriale

Un seul moteur fait tourner l'axe horaire de la monture à la même vitesse que celle de la Terre, mais en sens inverse, compensant ainsi sa rotation.

De plus, la vitesse de rotation de la Terre étant suffisamment constante et suffisamment régulière au degré de précision recherché, celle de l'axe horaire l'est également.

L'axe de déclinaison sert à pointer l'objet selon sa déclinaison dans le ciel. Cet axe est fixe pendant la durée de l'observation d'un objet. Pas besoin de moteur sur le second axe (axe de déclinaison) si l'axe horaire est bien dans l'axe nord-sud de rotation de la Terre.

Autre avantage de la monture équatoriale, pas de rotation de champ.

Pas besoin de moteur de compensation de rotation de champ.

La simplification est évidente : 1 seul moteur à vitesse constante, pas de rotation de champ.

# La monture équatoriale

Le seul problème reste qu'il faut rendre l'axe horaire (dit aussi axe d'ascension droite) parallèle à l'axe Nord-Sud de la Terre.

De la précision de cet alignement, appelé « mise en station », dépendra la précision du suivi en pose photographique longue.

La monture équatoriale la plus courante est la monture allemande, reconnaissable par la présence de contrepoids. C'est avec elle que nous travaillerons pour la mise en station.

# La mise en station

Un instrument bien réglé mécaniquement doit suivre au mieux une étoile. Deux réglages sont nécessaires : celui qui fera dévier l'étoile en déclinaison, et celui qui la fera dévier en ascension droite.

Le mouvement apparent de l'étoile dans l'oculaire sera la composante des deux mouvements.

Cet exposé s'occupe de la déviation en déclinaison, donc de la précision de la mise en station. L'autre mouvement est repéré par l'erreur périodique et dépend de la vitesse de rattrapage en ascension droite, de la qualité des roues dentées, engrenages, pignons, systèmes réducteurs...

C'est un autre sujet d'intérêt qui ne sera pas abordé ici.

Intéressons nous donc à la mise en station, c'est le titre de cette causerie.

L'axe de rotation de la Terre est dirigé, dans l'hémisphère nord, vers l'étoile polaire, qui porte bien son nom.

Les habitants de l'hémisphère sud n'ont pas cette chance, aucune étoile brillante ne se trouve dans l'axe des pôles, côté sud.

# La mise en station

De la précision de la mise en station dépend la précision du suivi.  
Tout sera fonction de l'utilisation prévue.

En observation visuelle standard, une mise en station rapide et approximative pourra suffire.

Un rattrapage régulier sera nécessaire, mais pas rédhibitoire.

Si l'on grossit beaucoup, le champ sera petit, et la mauvaise mise en station obligera peut-être à rattraper le décalage trop souvent.

En grand champ visuel, le problème se posera moins.

Par contre, si l'objectif est la photo, il sera nécessaire de parfaire au mieux la mise en station.

# La mise en station

Le principal phénomène à retenir est le suivant :

**Une mauvaise mise en station entraîne une dérive des étoiles en déclinaison,  
d'autant plus importante que l'axe de l'instrument est décalé.  
Et une rotation de champ...**

Différents moyens sont à la disposition de l'amateur pour opérer plus ou moins exactement cette mise en station.

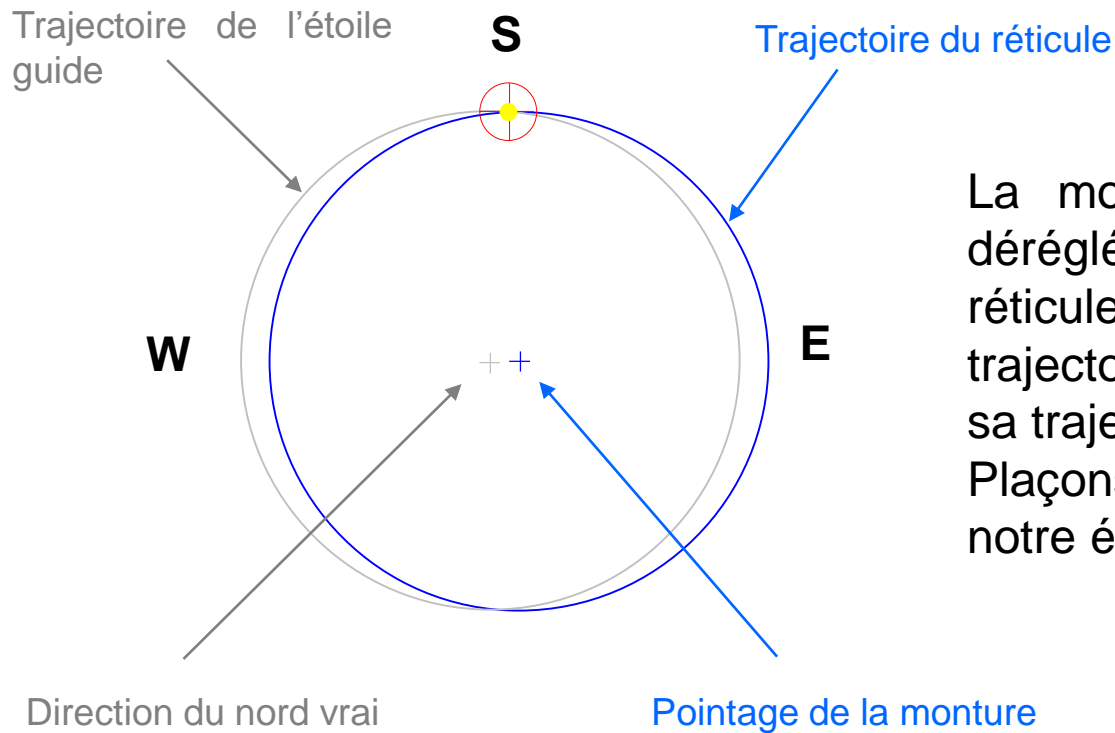
Toutes les mises en stations se font avec le tube en position, le support azimutal de la monture mis à l'horizontale avec un niveau à bulle.

**Les réglages ne se font qu'avec les ajustements en azimut et en hauteur de la monture. Jamais en ascension droite et en déclinaison.**

Plusieurs techniques peuvent être utilisées, selon la précision de mise en station demandée.

# La mise en station

Voyons pourquoi la déviation due à une mauvaise mise en station entraîne une dérive en déclinaison.



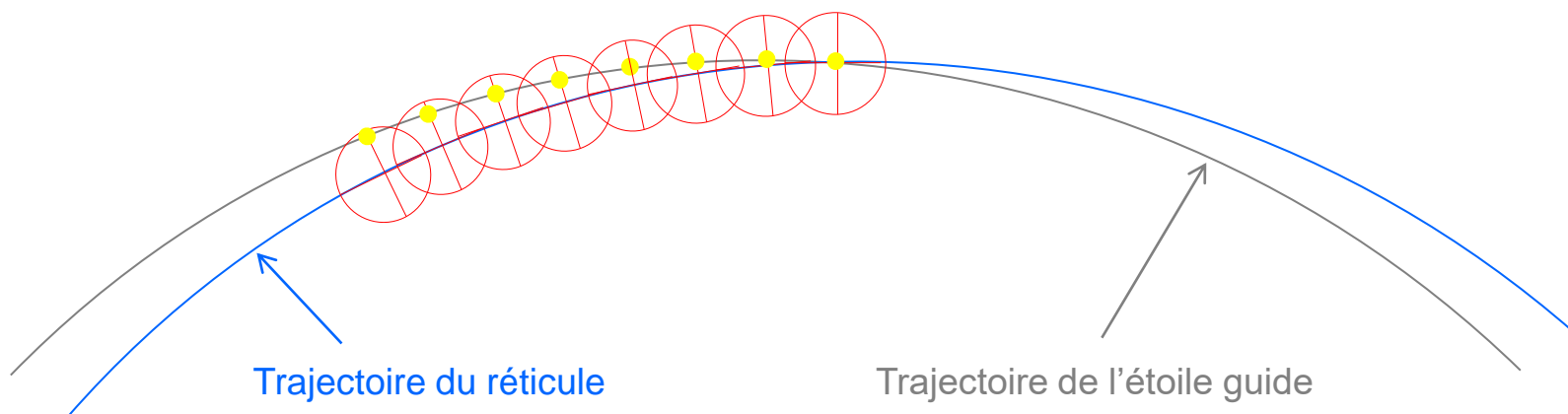
La monture a son axe nord-sud déréglé (pointé ici trop à l'est), le réticule, lié à la monture, va suivre la trajectoire bleue, et l'étoile va suivre sa trajectoire réelle grise.

Plaçons notre réticule (rouge) et notre étoile guide (jaune) plein sud.

L'axe des déclinaisons du réticule est vertical.

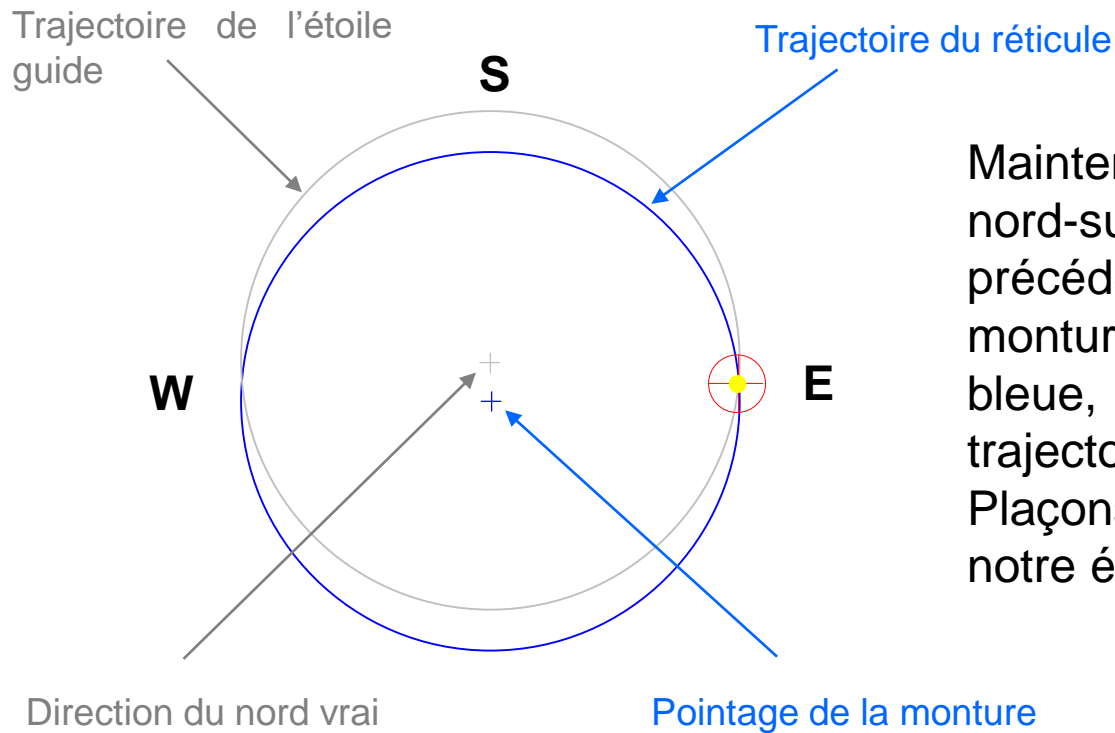
# La mise en station

Voyons comment se comportent l'étoile et le réticule au cours du temps :



# La mise en station

De la même façon, une monture qui pointe au dessous du pôle nord :



Maintenant, la monture a son axe nord-sud pointé trop bas). Comme précédemment, le réticule, lié à la monture, va suivre la trajectoire bleue, et l'étoile va suivre sa trajectoire réelle grise.

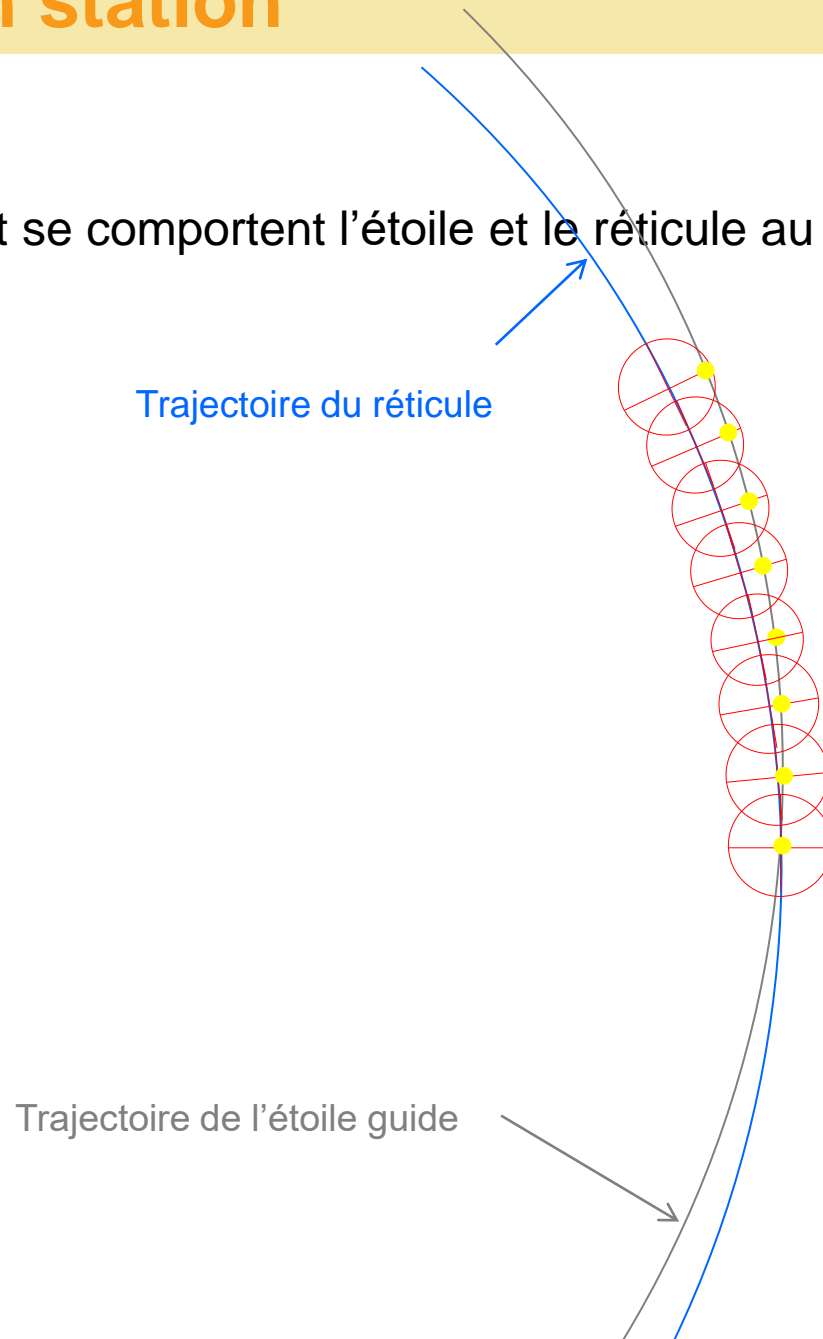
Plaçons notre réticule (rouge) et notre étoile guide (jaune) à l'est.

L'axe des déclinaisons du réticule est horizontal. Il n'a pas été volontairement tourné depuis sa position précédente.



# La mise en station

Voyons comment se comportent l'étoile et le réticule au cours du temps :



# La mise en station

En général, une monture est décalée dans les deux sens, ce qui donnera une conjugaison des deux démonstrations ci-dessus (nord-sud et est-ouest), avec toujours une déviation en déclinaison.

Revenons aux différentes méthodes accessibles à l'amateur, permettant d'aligner l'axe de la monture avec le nord géographique.

Plusieurs techniques peuvent être utilisées, selon la précision de mise en station demandée.

# La mise en station

## *A la boussole*

Il s'agit d'orienter approximativement l'axe polaire de l'instrument vers le pôle nord magnétique à l'aide d'une simple boussole (notons que nous cherchons le pôle géographique, et qu'il n'est pas confondu avec le pôle magnétique).

Réglage en azimut : En se reculant d'au moins 2 mètres de l'instrument, il s'agit d'aligner l'axe de l'aiguille de la boussole avec l'axe horaire de l'instrument. Cet alignement rudimentaire peut être suffisant pour les grands champs, ou si un rattrapage intermittent ne présente pas d'inconvénient majeur (observation publique, visuel en ciel profond grand champ...).

Réglage en hauteur : Viser simplement l'étoile polaire, comme avec un fusil, ou, si c'est possible, amener l'axe de hauteur de la monture sur la valeur de la latitude du lieu (c'est aussi la valeur de la hauteur de l'étoile polaire).

# La mise en station

## *A la boussole*

C'est quelquefois la seule méthode disponible, de jour par exemple.  
Toutes les autres méthodes demandent la présence d'étoiles.

C'est aussi la première approche du pôle, la mise en station étant ensuite peaufinée par une autre méthode, si nécessaire.

# La mise en station

## *Viseur polaire*

Le viseur polaire est une petite lunette qui se trouve insérée dans l'axe polaire de la monture. L'axe optique du viseur polaire doit être parallèle à l'axe de rotation Nord-Sud de la Terre. Les viseurs polaires sont soit fournis d'origine sur les montures, soit proposés en option, en particulier sur les montures informatisées qui possèdent une routine d'alignement polaire.

Dans un premier temps, il faut s'assurer que l'axe optique du viseur polaire est bien parallèle à l'axe horaire de la monture. A cette fin :

- Monter le télescope de jour (pied, monture, tube).
- Ne pas mettre les moteurs en route.
- Positionner la barre de contrepoids horizontalement.
- Viser, avec le viseur polaire, un point immobile situé le plus loin possible, comme la pointe du clocher d'une église lointaine, ou la cime caractéristique d'un arbre.

# La mise en station

## *Viseur polaire*

- Attention : entre le viseur polaire intégré et l'objet visé, passe l'axe de déclinaison. La vue est bouchée ! Pour éviter ce désagrément, les constructeurs ont prévu un évidement de l'axe de déclinaison. Il suffit alors de faire tourner cet axe pour déboucher la vue.
- Faire pivoter le tube de  $180^\circ$  autour de l'axe polaire. Les contrepoids, s'ils étaient à gauche passent à droite, et inversement. Pendant la rotation, surveiller le comportement du repère dans le viseur polaire.
- Si le repère a bougé, a décrit un demi-cercle, l'alignement est mauvais. Dans le cas contraire, le système peut être utilisé pour la mise en station.

# La mise en station

## *Viseur polaire*

- Dans le cas d'un mauvais alignement, rectifier la position de la lunette en serrant ou desserrant l'une ou plusieurs des 3 vis de collimation à  $120^\circ$  et recommencer le basculement gauche-droite des contrepoids. Répéter ces allers et retours jusqu'à ce que le repère ne bouge plus. Bien noter les déplacements des vis et les mouvements du repère est la condition pour s'en sortir sans y laisser toute son énergie...

Il est important que le repère soit situé le plus loin possible. De jour, un objet immobile situé à quelques kilomètres est généralement suffisant.

# La mise en station

## *Viseur polaire*

L'opération est réalisable de nuit, le repère étant une étoile (de préférence la polaire), mais le rattrapage de la rotation de la Terre doit être enclenché et précis (peu d'erreur périodique).

De nuit, ne pas oublier l'éclairage du viseur polaire, plus exactement l'éclairage des gravures du viseur polaire.

La mise en station proprement dite peut alors démarrer.

Tout dépend alors de la façon dont le viseur polaire est conçu.



# La mise en station

## *Viseur polaire*

### Constellations gravées

Les plus simples repèrent la position d'étoiles brillantes de constellations connues, la Grande Ourse et Cassiopée. Il se trouve que le pôle nord est situé entre ces deux constellations. Il s'agit, en jouant sur les axes en azimut et en hauteur, et en faisant tourner l'axe d'ascension droite, d'amener le plus précisément possible les constellations à leur place. Le pôle est alors dans l'axe.

Cet alignement reste très rapide, mais peu précis, bien que meilleur que la boussole.

C'est aussi l'un des rares moyens de mettre en station dans l'hémisphère sud (avec la méthode de Bigourdan, bien plus précise – voir plus loin). Certaines montures ont la constellation de l'Octan gravée, en plus de Cassiopée et de la Grande Ourse. La constellation de l'Octan est située proche du pôle sud et relativement faible, donc difficile à repérer.

# La mise en station

## *Viseur polaire*

### Alignement avec l'étoile polaire

L'étoile polaire n'est pas située exactement sur le pôle. Il s'en faut de quelques dizaines de minutes d'arc. L'étoile polaire, comme toutes les autres étoiles, fait un tour autour du vrai pôle en une journée. Connaissant la date, l'heure et la longitude du lieu, on en déduit la position exacte de la polaire par rapport au pôle.

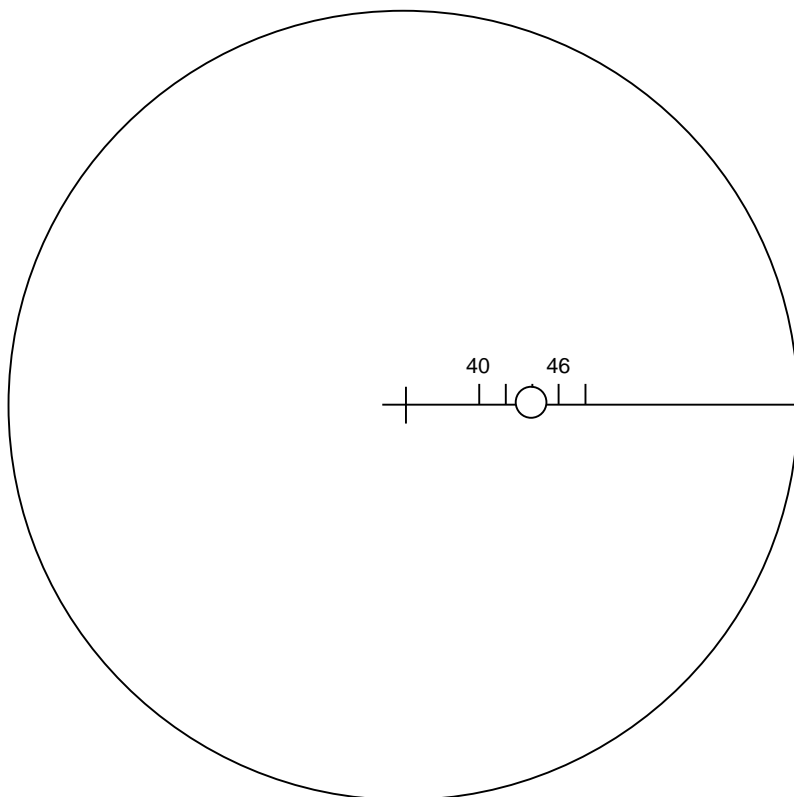


# La mise en station

## Viseur polaire

Alignement avec l'étoile polaire

Ce que l'on voit dans un viseur polaire Vixen



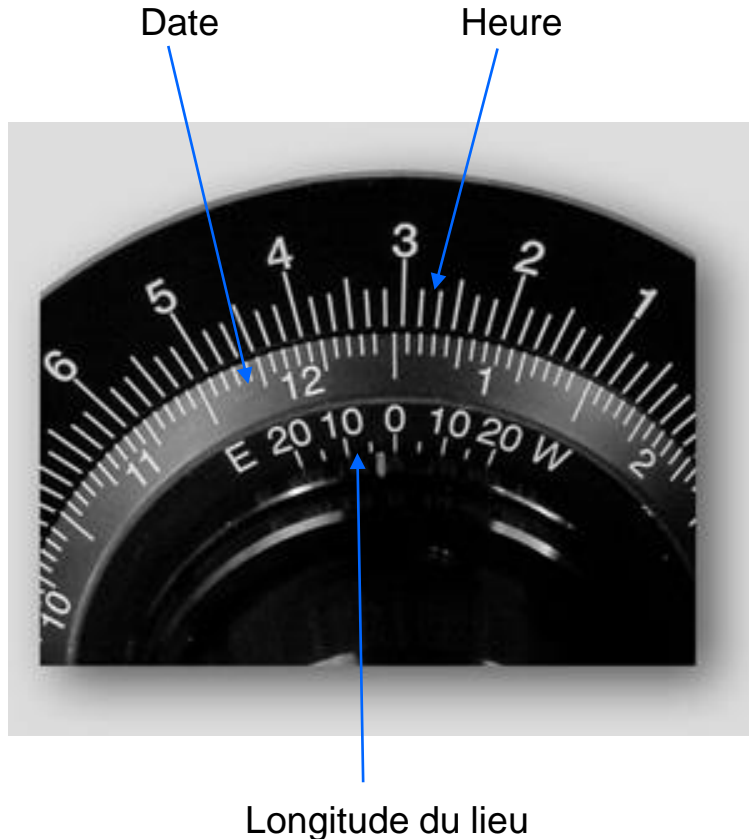
L'ajustement de la distance de la polaire au pôle est possible. L'étoile n'est plus dans le cercle dans le cas de ce viseur acheté en 2000, et pour une utilisation actuelle. La position est donnée dans les tables du genre de celle-ci :

Année	Déclinaison $\delta$	Variation annuelle	Distance Pôle-Polaris
1990	89°13'.2	0'28	0°46'.8
2000	89°15'.9	0'27	0°44'.2
2010	89°18'.4	0'25	0°41'.6
2020	89°20'.9	0'25	0°39'.2
2030	89°23'.2	0'23	0°36'.8

# La mise en station

## *Viseur polaire*

Alignement avec l'étoile polaire



Les montures avec viseur polaire intégré disposent de cercles gradués qui permettent de mettre en regard l'heure et la date du jour de l'observation, après avoir ajusté la longitude du lieu. L'heure est toujours l'heure universelle TU. Les cercles gradués font tourner le viseur polaire, de sorte que le repère de l'étoile polaire vient sur la position adéquate.

# La mise en station

## Viseur polaire

Alignement avec l'étoile polaire



Avant d'amener la polaire à sa position, il est nécessaire d'approcher le réglage en latitude avec le cercle gradué reproduit ci-contre. Pour rappel, la hauteur de la polaire est égal à la latitude du lieu géographique.

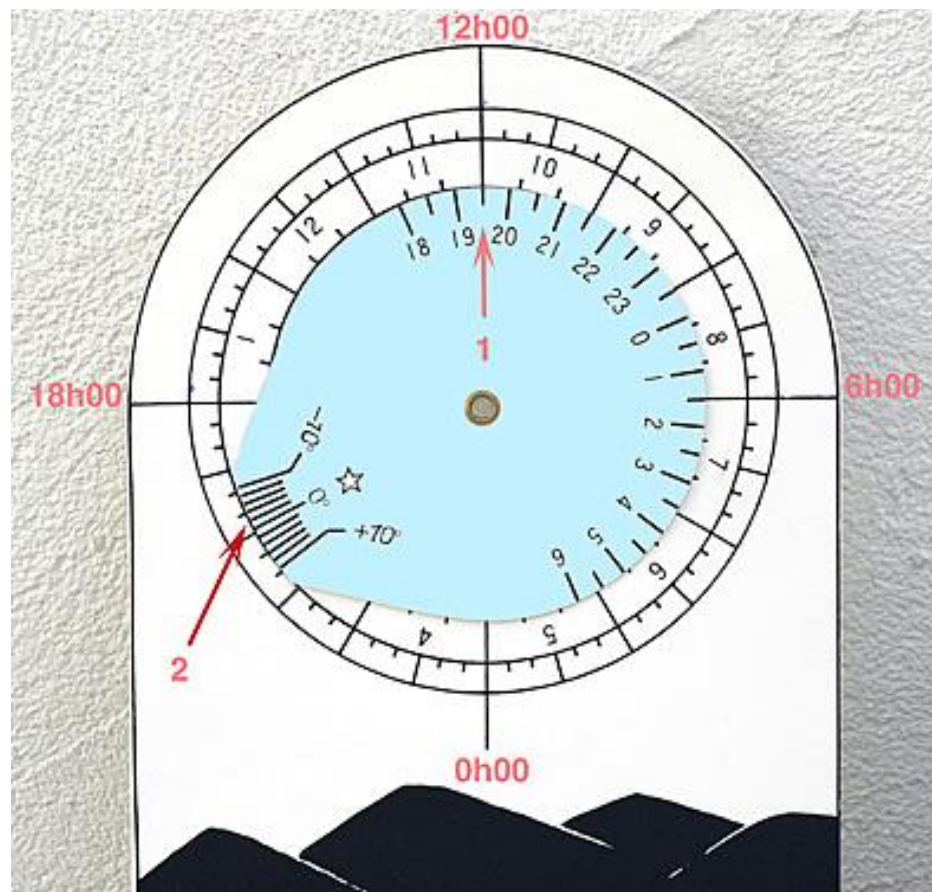
L'étape finale consiste à amener précisément l'étoile polaire, avec les réglages d'azimut et de hauteur, à la position indiquée dans le viseur.

# La mise en station

## Viseur polaire

Alignement avec l'étoile polaire

Nous avons vu le viseur polaire des montures Vixen. D'autres ne possèdent que des cercles gradués au bord du champ. Il faut alors calculer, par des abaques ou des petits logiciels, la position de la polaire sur ces cercles.



Abaques Takahashi

# La mise en station

## *Viseur polaire*

### Alignement avec l'étoile polaire

L'alignement par un bon viseur polaire (sauf celui avec les constellations, qui reste peu précis) est rapide – moins de 5 minutes avec l'habitude – et suffisamment précis pour ne pas subir de déviation sensible en 5 à 10 minutes. C'est donc correct pour l'astrophotographie numérique, un peu plus délicat pour l'argentique (encore utilisé ?). La rotation de champ ne se fait pas trop sentir.

A signaler que les montures allemandes ne peuvent pas être mises en station dans un lieu proche de l'équateur céleste, la monture buttant contre le trépied.

# La mise en station

## *Alignement informatisé*

Les montures équatoriales informatisées (type GOTO) ne possèdent pas forcément de viseur polaire. La mise en station se fait alors de la façon suivante :

- L'initialisation (généralement appelée alignement) consiste à pointer deux ou trois (ou plus) étoiles brillantes et les amener au centre du champ, de préférence avec un oculaire réticulé et éclairé. Connaissant la date et l'heure, ainsi que la position géographique de l'instrument (latitude et longitude), le système informatique possède un modèle du ciel, et connaît précisément la position de toutes les étoiles, y compris la polaire.
- La routine d'alignement polaire déplace l'instrument de façon à pointer exactement la position prévue de l'étoile polaire, en basant ses calculs sur la position du pôle (connaissant la date, l'heure, la longitude), et non pas sur celle des étoiles.



# La mise en station

## *Alignement informatisé*

- Généralement, l'étoile polaire n'est pas à sa place, signalant une erreur de mise en station. Il convient de l'amener au centre du champ en jouant bien sûr avec les réglages en azimut et en hauteur.
- Comme la monture a été déplacée, la procédure d'alignement doit être refaite.

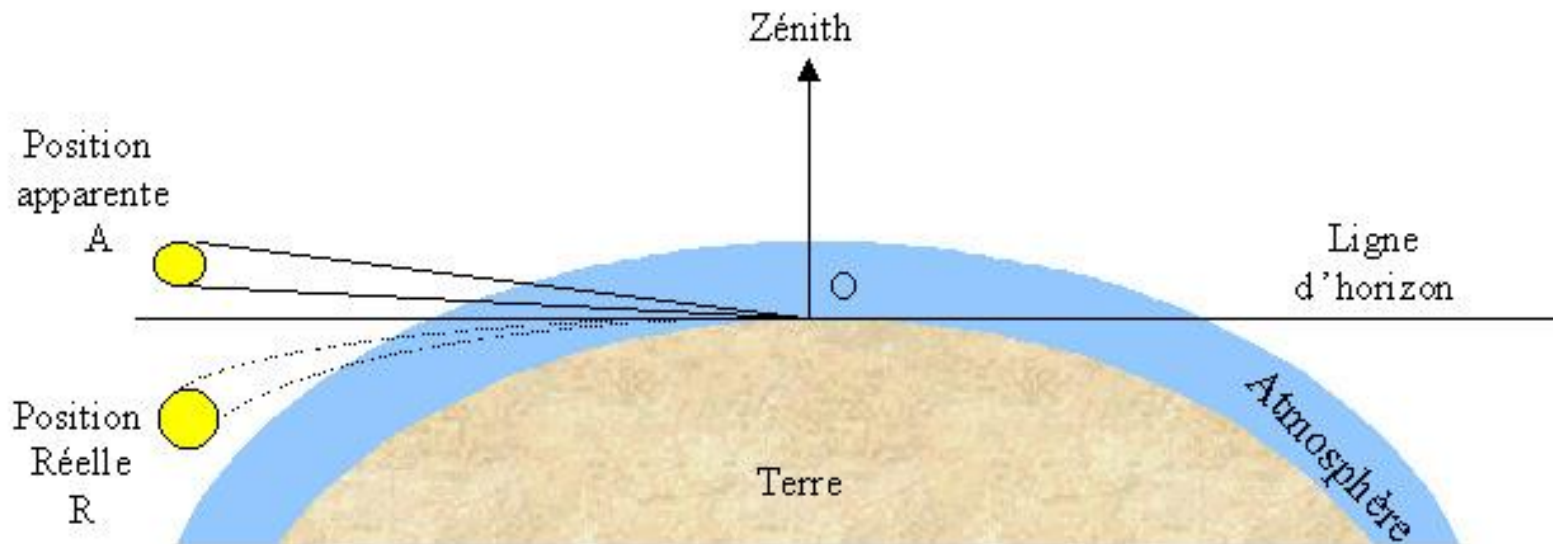
Cette méthode se révèle très précise à condition de respecter scrupuleusement la routine et d'aligner les étoiles avec un oculaire réticulé.

# La mise en station

## *Alignement informatisé*

A noter que les astronomes observant près de l'équateur (latitude  $< 10^\circ$ ) subissent la réfraction atmosphérique de l'étoile polaire.

Cette dernière, et le pôle réel sont décalés de quelques minutes d'arc. L'étoile polaire se couche avant son image ! (même phénomène qu'avec le Soleil). Le vrai pôle, le pôle réfracté, n'est pas celui que l'on voit !



# Conclusion

Pour l'observation le degré de précision de la mise en station est important mais pas extrême alors que pour la photographie il doit être parfait.

Dans ce domaine comme dans d'autres, l'expérience sur le terrain est nettement plus enrichissante que les livres, modes d'emploi ou exposés sur le sujet.

Donc, tout le monde sur le terrain...



*Vivre mieux !*

*L'astronomie à Maillet*