

Mise en station d'une monture équatoriale

1. Repérage des astres
2. Mise en station sans viseur polaire : réglage "grossier" pour le visuel
3. Mise en station sans viseur polaire : méthode "Bigourdan"
4. Mise en station avec viseur polaire et cercles gradués
5. Mise en station avec viseur polaire et avec l'aide de l'étoile de la Petite Ourse " Kochab"

Système de coordonnées horizontales (Figure 1)

Il sert pour **repérer un astre par rapport à l'horizon** du lieu d'observation.

Les éléments de référence sont :

- le plan horizontal du lieu
- et le demi-méridien Sud du lieu d'observation.

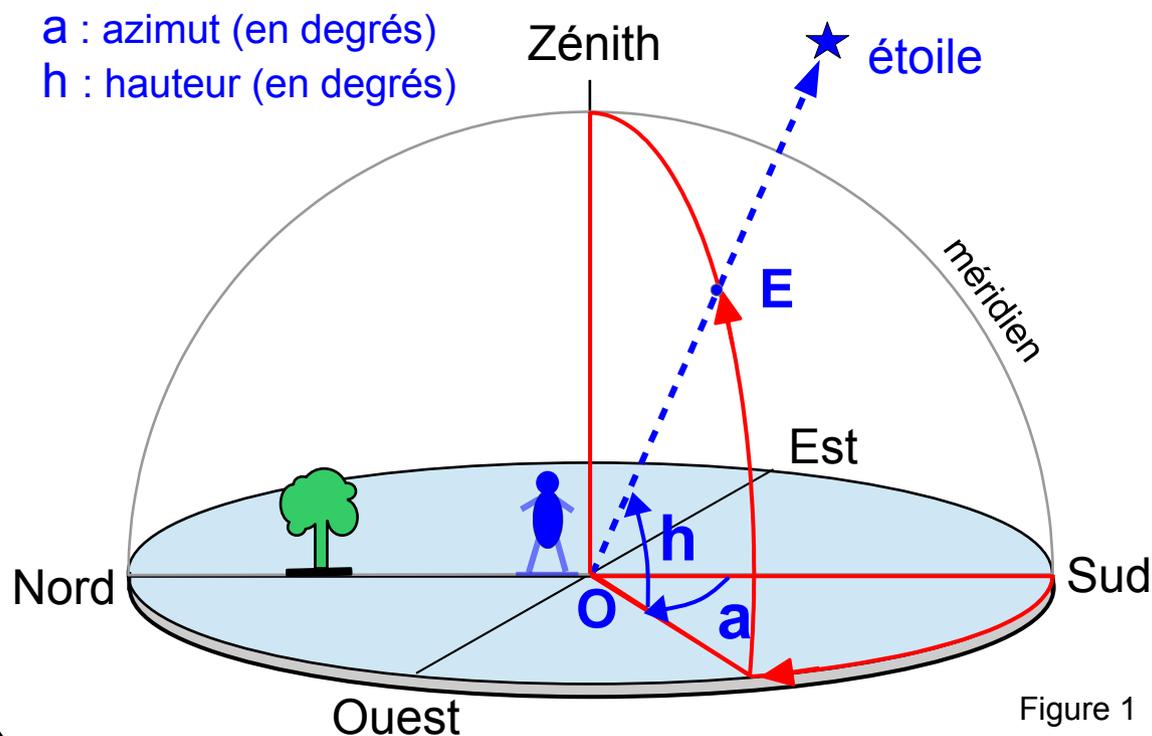
Dans ce système de coordonnées, l'observateur placé en O voit l'astre dans la direction OE caractérisé par deux angles :

- son **azimut a**
- et sa **hauteur h**

L'azimut a est compté en degrés, dans le sens des aiguilles d'une montre, de 0° à 360° à partir du demi-méridien Sud

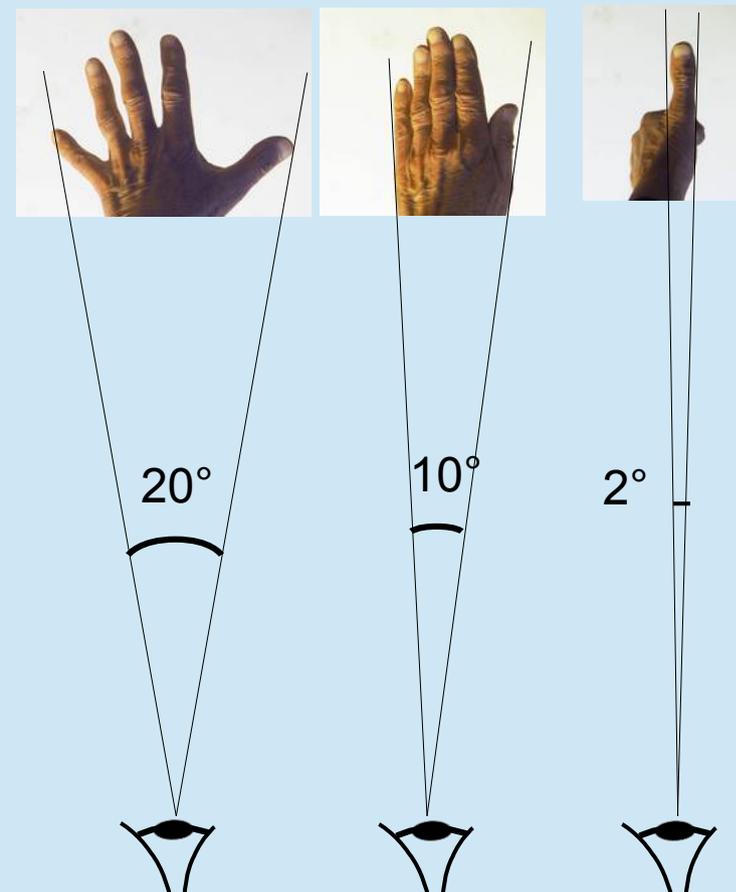
La hauteur h est comptée en degrés à partir du plan horizon, de -90° au pôle Sud à $+90^\circ$ au pôle Nord.

Ces coordonnées évoluent avec le temps : les astres se "lèvent" côté Est ($h = 0$). La hauteur h est maximum lors du passage au méridien, et ils se "couchent" vers l'Ouest.



La mesure précise des angles se fait à l'aide d'un théodolite ou d'un sextant, mais on peut aussi évaluer les distances angulaires dans le ciel de la façon suivante :

- si on ouvre la main en écartant les doigts et avec le bras tendu, l'écart angulaire entre l'extrémité du pouce et l'extrémité du petit doigt vaut environ 20°
- si la main est fermée, cet écart vaut environ 10°
- la largeur du pouce correspond à 2°



1.2

On imagine que les astres "tapissent" une sphère appelée **Sphère Céleste**. Cette sphère est caractérisée par un axe P'P parallèle à l'axe de rotation de la Terre. Le grand cercle perpendiculaire à cet axe est l'**Équateur Céleste** : il est parallèle à l'équateur terrestre.

Un procédé simple consiste à quadriller la sphère céleste par des grands cercles imaginaires passant par les deux pôles célestes et des cercles parallèles à l'équateur. Ce quadrillage sert de support à deux systèmes de coordonnées appelées :

- coordonnées équatoriales
- coordonnées horaires

Système de coordonnées équatoriales (Figure 2)

Il sert pour repérer les étoiles les unes par rapport aux autres.

Le point de référence sur cette sphère est le **point vernal** ou **point gamma** (γ), situé dans le plan de l'équateur.

On considère également le demi-cercle passant par les pôles et contenant la direction OE de l'étoile.

La direction d'un astre est caractérisée par 2 angles :

- son ascension droite α
- sa déclinaison δ

L'ascension droite α est l'angle entre la direction OG (point gamma) et la direction OA (intersection de l'équateur avec le demi-grand cercle passant par E)

α se mesure en heures, minutes et secondes

1 heure d'ascension droite correspond à un angle de 15° .

L'ascension droite est comparable à la longitude sur la Terre.

La déclinaison δ est l'angle entre les directions OA et OE

δ se mesure en degrés :

- * 0° pour une étoile située dans l'équateur
- * $+90^\circ$ pour le pôle Nord
- * -90° pour le pôle Sud

La déclinaison d'un astre est analogue à la latitude d'un point sur la Terre.

Exemple : l'étoile Capella a pour coordonnées :
 Ascension droite : 5h 17mn 56sec
 Déclinaison : $46^\circ 0' 39''$

α : ascension droite

δ : déclinaison

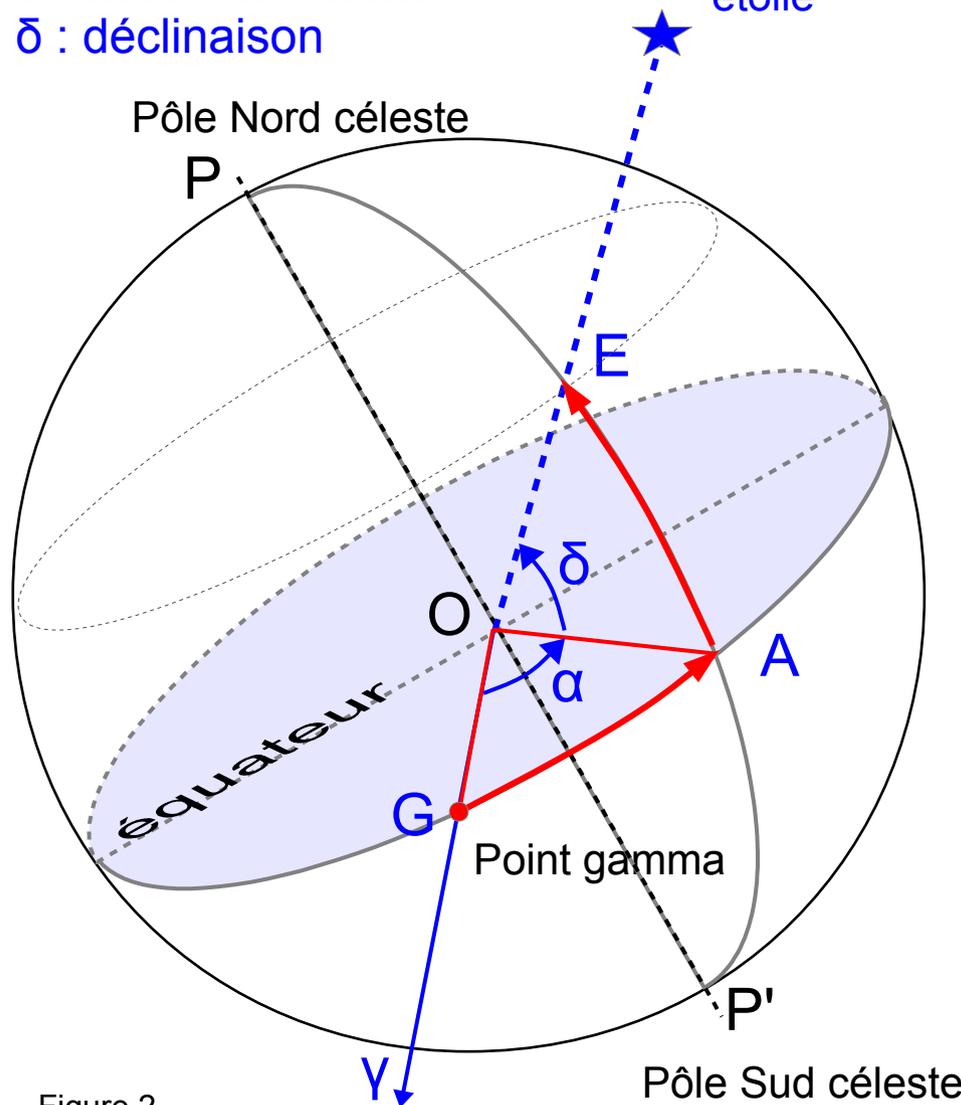
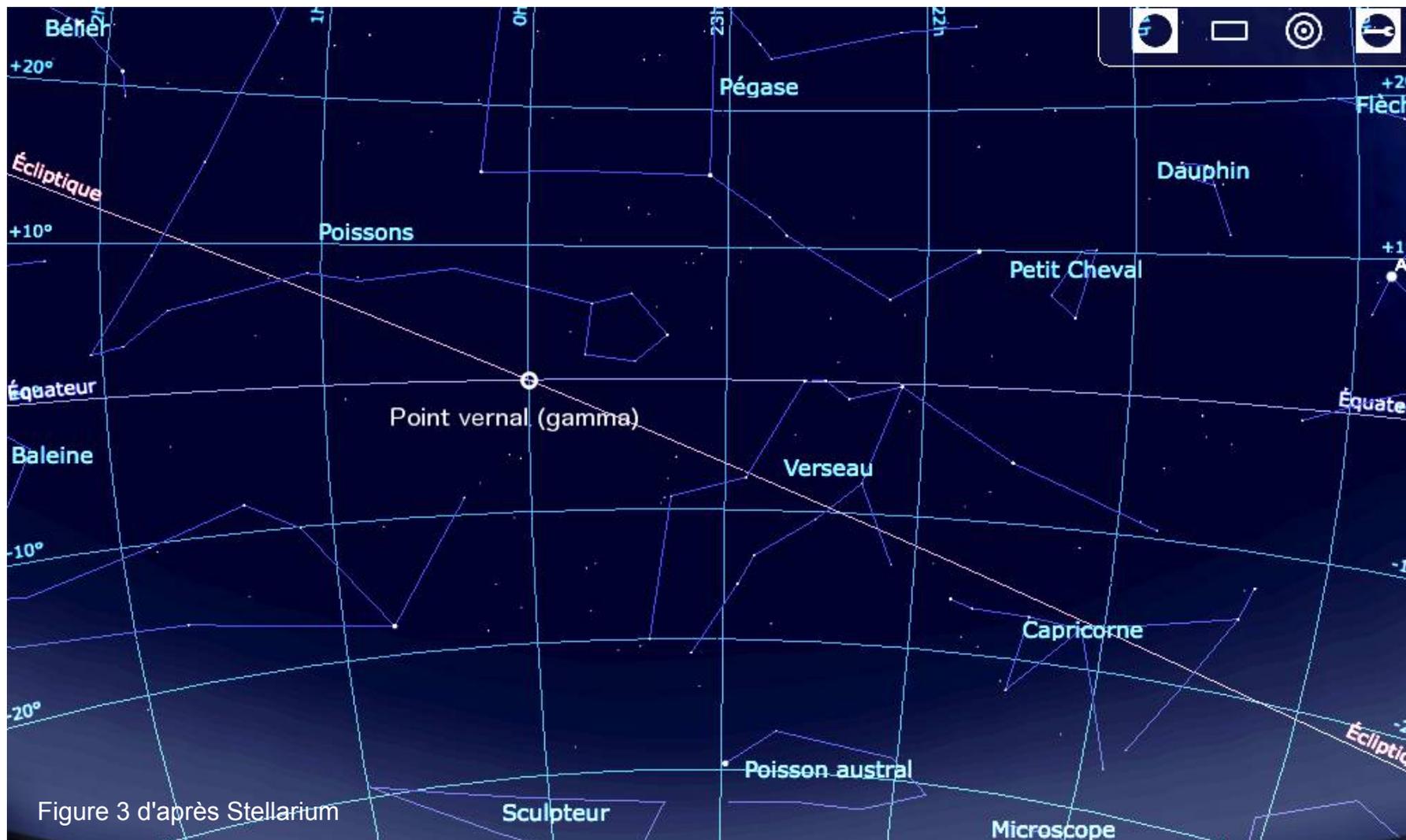


Figure 2

Le point vernal γ n'est pas dirigé dans la direction d'une étoile particulière : il se trouve à l'intersection de l'équateur céleste avec le plan de l'écliptique (plan de l'orbite de la Terre autour du Soleil), au-dessous de la constellation des Poissons et entre les constellations de la Baleine et du Verseau (Figure 3). Il correspond à la position du Soleil à l'équinoxe de Printemps



Ce système de coordonnées est indépendant du lieu d'observation et est donc commode pour tracer des cartes du ciel. Mais le point γ , comme toutes les étoiles, a un mouvement apparent permanent de rotation autour de l'axe des pôles : la connaissance des coordonnées équatoriales d'un astre n'indique donc pas à un observateur dans quelle direction il le verra, par rapport à un repère local.

1.4

Système de coordonnées horaires (Figure 4)

Il sert pour viser un astre en un lieu donné et à un instant donné (jour, heure). Les éléments de référence sont :

- le demi-méridien Sud du lieu d'observation (plan vertical passant par le pôle Nord)
- et le plan de l'équateur céleste

Ces deux plans sont fixes par rapport à l'observateur et permettent ainsi un repérage local.

La direction d'une étoile est alors caractérisée par :

- son angle horaire H
- et encore sa déclinaison δ

H est l'angle entre les directions OM et OA

δ est l'angle entre les directions OA et OE

L'angle horaire H est mesuré en heures, minutes et secondes, comme l'ascension droite.

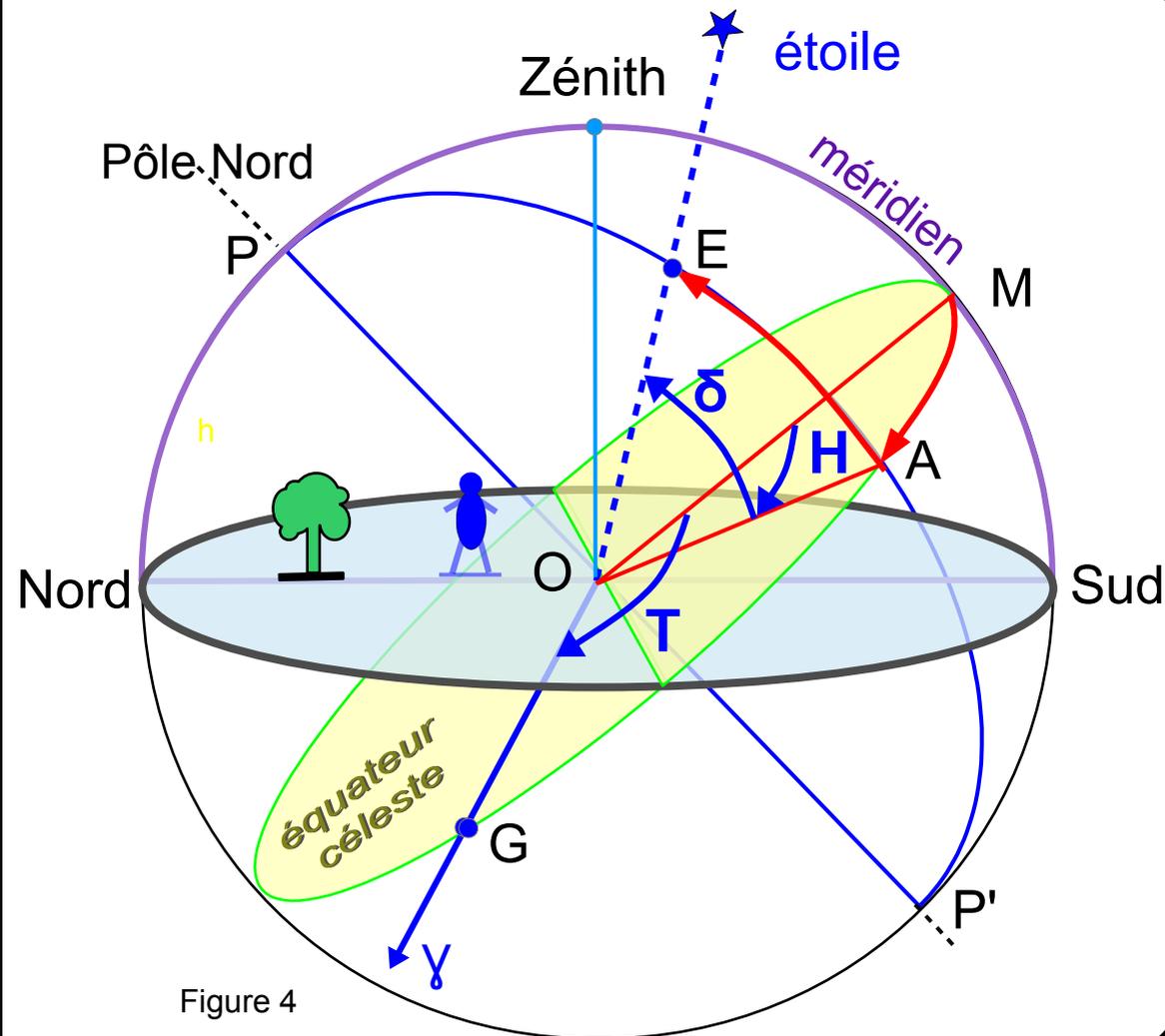
Mais il se mesure dans le sens des aiguilles d'une montre. La déclinaison δ d'une étoile reste constante, alors que son angle horaire H croît uniformément avec le temps.

Ce système de coordonnées est couramment utilisé pour viser un astre avec un instrument à monture équatoriale,

L'angle horaire du point γ , défini par l'angle entre les directions OM et OG , est appelé **temps sidéral T** .

Si l'on connaît le temps sidéral du lieu (grâce à une horloge sidérale) et l'ascension droite d'une étoile (trouvée dans un catalogue), son angle horaire est donné par la relation :

$$H = T - \alpha$$



La partie "repérage des astres" est largement inspirée des sites :

https://media4.obspm.fr/public/AMC/pages_mctc/introduction-mctc.html

https://cral.univ-lyon1.fr/labo/fc/cdroms/docu_astro/reperage/reperage.pdf

https://media4.obspm.fr/public/AMC/pages_defreperere/variation-temps-sideral.html

On y trouvera les relations mathématiques utilisées pour passer d'un système de coordonnées à un autre, le principe du calcul du temps sidéral, ainsi que des simulations

L'axe polaire, appelé aussi **Axe des ascensions droites (Axe AD)**, doit être parallèle à l'axe de rotation de la Terre. Il peut être orienté autour de 2 axes orthogonaux (Figure 1) :

- un axe vertical
- un axe horizontal (axe des latitudes)

Le trépied est d'abord positionné de façon que :

- (1) la base recevant la monture soit horizontale : utiliser un niveau à bulle (parfois intégré à la monture)
- (2) l'axe polaire soit sensiblement dans le plan méridien

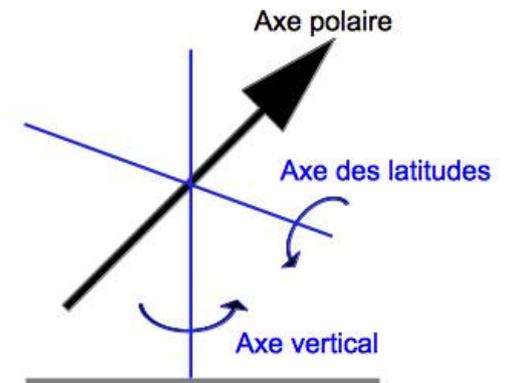


Figure 1

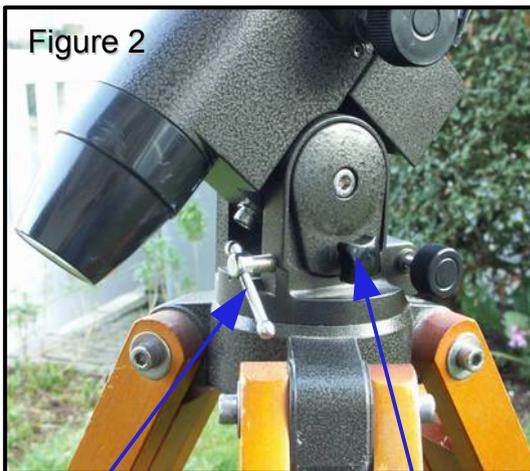


Figure 2

Ajustement axe latitude

Blocage axe latitude

Axe horizontal des latitudes : afficher la latitude du lieu d'observation (Figures 2 et 3)

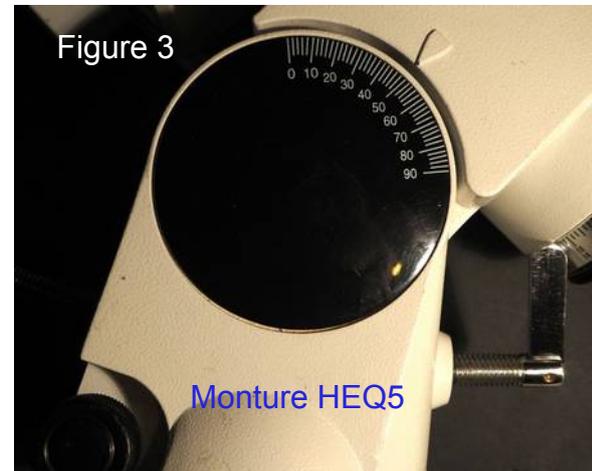


Figure 3

Monture HEQ5

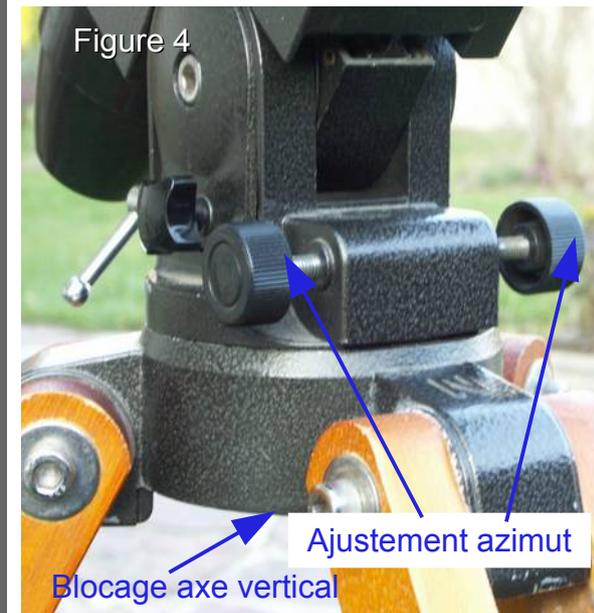


Figure 4

Blocage axe vertical

Ajustement azimut

Au moyen d'une boussole, affiner l'orientation de l'axe polaire par rotation de la monture autour de l'axe vertical : desserrer légèrement la vis de blocage de l'axe vertical et utiliser les 2 vis d'ajustement azimut (Figure 4)

Si le repère de latitude de la monture n'est pas très précis, ou manquant, on peut utiliser un inclinomètre commercial



On peut également le construire à partir d'un morceau de rapporteur



On pose l'inclinomètre sur la partie cylindrique du corps de l'axe polaire de la monture

P. Bourge et J. Lacroux, *A l'affût des étoiles*, p 66, 14ème édition, Dunod

La méthode " Bigourdan" permet d'affiner le réglage en procédant par approximations successives de la correction à effectuer sur chaque axe. Elle est basée sur la propriété suivante :

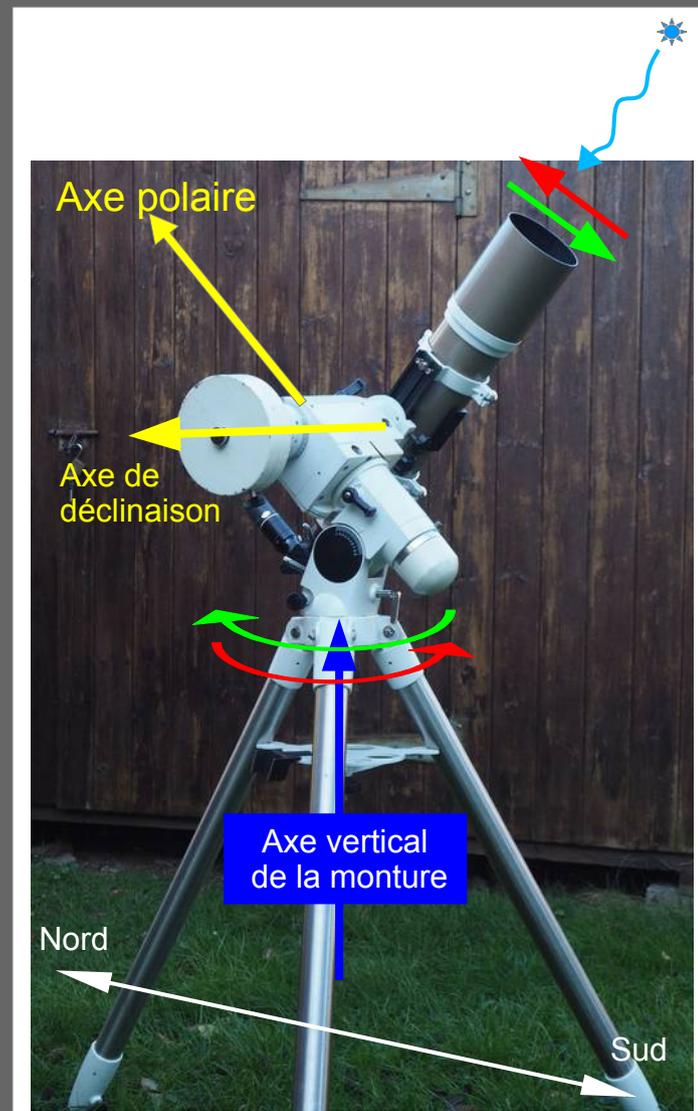
- si on observe une étoile au voisinage du méridien, la dérive de l'image due à un mauvais alignement polaire est sensible à l'orientation de cet axe autour de l'axe vertical de la monture
- alternativement, pour une observation d'une étoile proche de l'horizon, la dérive sera sensible à l'orientation de l'axe polaire autour de l'axe des latitudes

Procédure

1. Orienter tout d'abord l'axe polaire selon la méthode décrite dans le chapitre 2

2. Ajustement de l'axe vertical

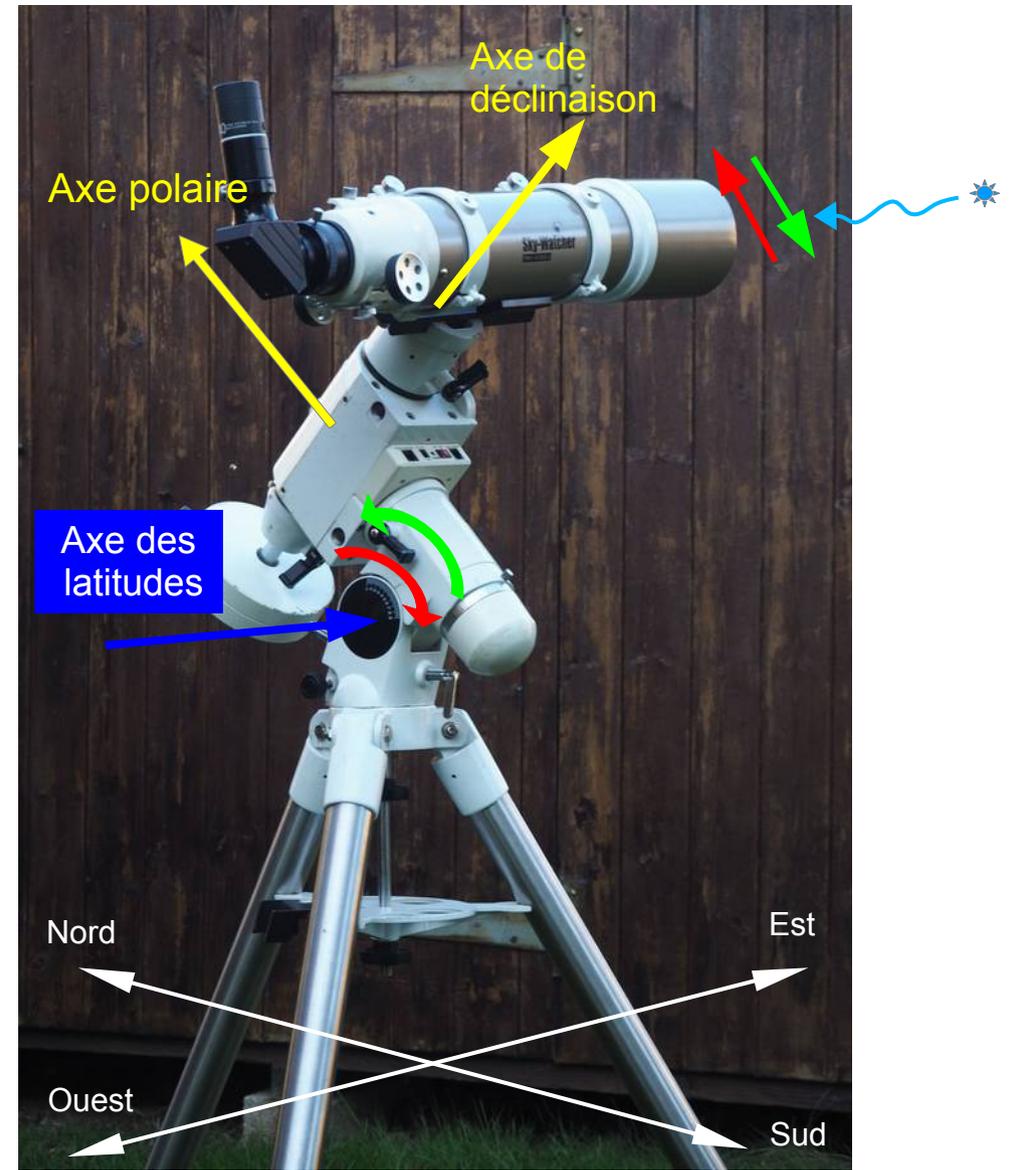
- viser un astre situé dans le *plan du méridien et proche de l'équateur céleste*
- le moteur d'entraînement horaire étant branché, observer la *dérive verticale* de l'astre
- *en exerçant une légère pression sur le tube* (ou à l'aide de la commande manuelle de *déclinaison*), déterminer le *sens de rotation autour de l'axe de déclinaison* qui provoque une dérive *dans le même sens*.
- si ce sens correspond à un *mouvement vers le haut de la partie avant du tube*, la correction à appliquer est une petite rotation *de l'axe vertical dans le sens inverse des aiguilles d'une montre : flèches rouges*
- si au contraire, le tube descend, la correction est à appliquer dans le sens des aiguilles : *flèches vertes*



3. Ajustement de l'axe des latitudes

- viser un astre *situé à l'est*, légèrement au dessus de l'horizon (10 à 20°)
- observer la dérive et comme précédemment, déterminer le sens de rotation autour de l'axe de déclinaison qui provoque une dérive dans le même sens.
 - si ce sens correspond à une *montée de l'avant du tube*, il faut *augmenter la valeur affichée de la latitude* : *flèches rouges*
 - on peut utiliser un astre situé vers *l'ouest*, mais *les effets seront alors inversés*

4. Répéter les deux opérations précédentes jusqu'à obtention du résultat souhaité

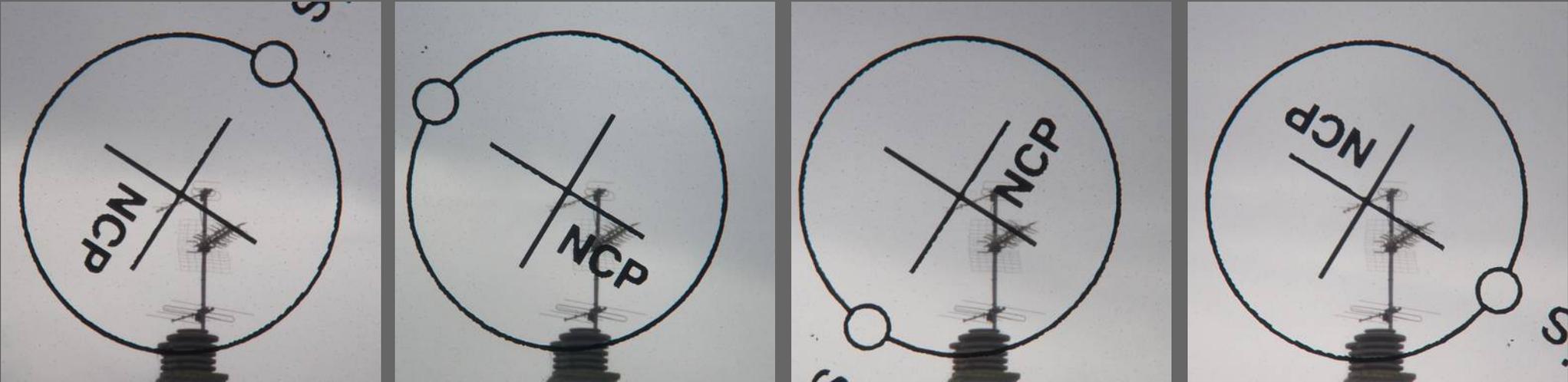


Le jour, le réglage de l'axe vertical est possible en observant le Soleil proche du méridien avec une lunette munie d'un filtre ou avec un coronographe

Mise en station d'une monture équatoriale type HEQ5 avec viseur polaire et cercles gradués

Réglage préliminaire : axe du viseur parallèle à l'axe horaire de la monture

Ce réglage est à effectuer de jour : on vise un point éloigné (mât, antenne), l'axe AD étant horizontal pour plus de confort. Si, en tournant l'axe AD, le centre de la croix du réticule reste fixe par rapport au repère visé, alors, l'axe du viseur est bien parallèle à l'axe AD. Dans le cas contraire, le centre décrit un petit cercle.



Vue dans le viseur pour 4 orientations de l'axe AD .

Procédure d'ajustement :

- repérer la position du centre de la croix pour deux orientations de l'axe AD à 180°
- à l'aide des 3 vis situées sur le corps du viseur, déplacer le réticule de façon à ramener le centre à mi-chemin entre les positions repérées précédemment
- contrôler le résultat en faisant une rotation complète de l'axe et au besoin, affiner le réglage

Rem : les 3 vis sont des vis de centrage. Il faut en desserrer une pour ensuite agir avec les autres



4.2

Réglage préliminaire : initialisation de l'orientation de la bague du cercle "Date-Longitude"

La procédure utilise le passage de l'étoile polaire au méridien central du fuseau horaire le 3 novembre à Minuit
Ce réglage est aussi à effectuer de jour

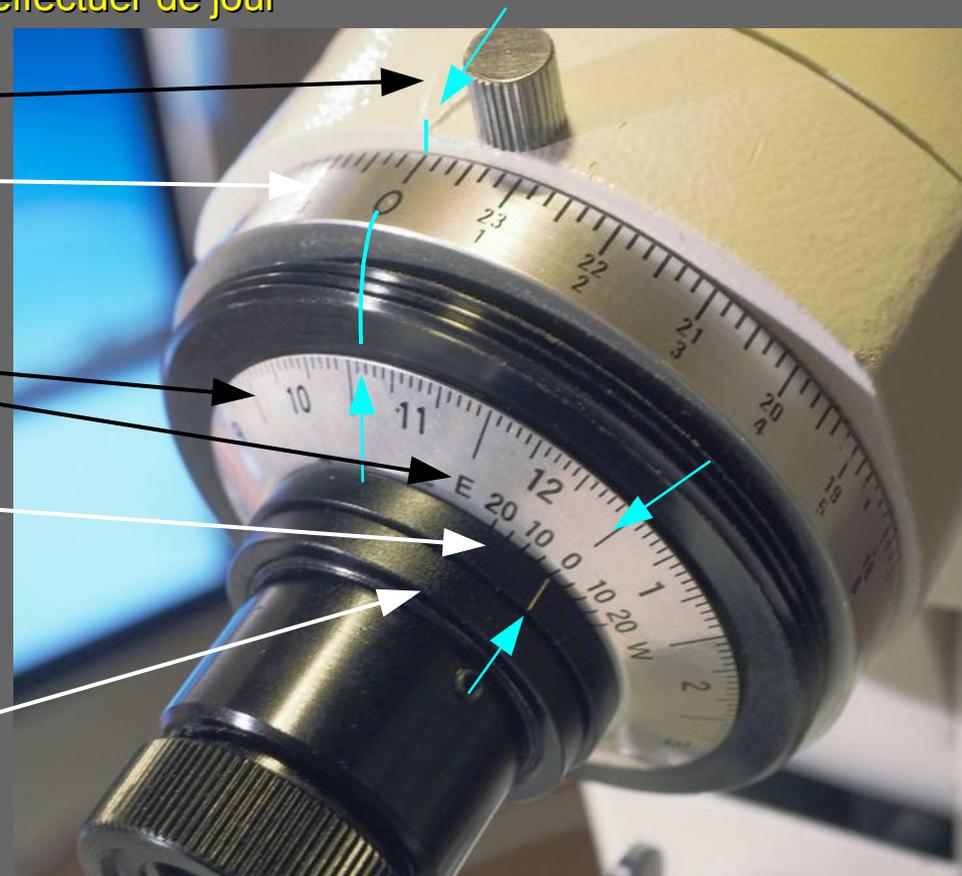
Repère horaire (triangle) de la monture

Cercle horaire 0-23h
Échelle supérieure : hémisphère Nord
Échelle inférieure : hémisphère Sud

Cercle Date-Longitude : 12 mois numérotés 1 à 12
Échelle de longitude : -20° E (est) à $+20^{\circ}$ W (ouest)

Bague de repère (blanc) du cercle Date-Longitude
Elle est bloquée avec une vis tête fendue

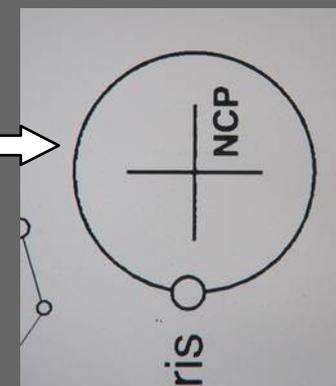
Bague vissante de serrage du cercle Date-Longitude
Cette bague doit être ajustée pour permettre la rotation
du cercle Date-Longitude sans jeu excessif
Elle est bloquée avec une vis tête fendue



Procédure

Bloquer le cercle horaire avec **0h en face du repère horaire de la monture (triangle)**
Tourner l'axe AD pour orienter verticalement la droite (pôle céleste – étoile polaire), avec la polaire en bas
Bloquer l'axe AD
Tourner le cercle Date-Longitude pour amener la date du **3 novembre** en face de l'heure **0h**
Desserrer la bague Longitude et amener son **repère blanc en face du 0 de l'échelle Longitude**
Bloquer la bague Longitude avec la vis tête fendue

La monture est prête pour la mise en station



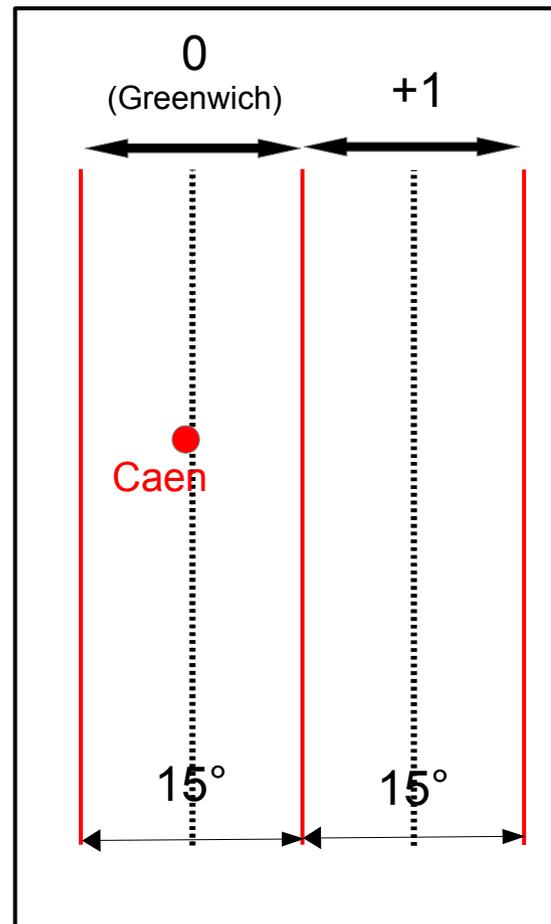
Remarque : le passage de l'étoile polaire au méridien évolue très lentement en raison de la lente variation de l'orientation de l'axe céleste
Le réglage précédent est valable pour 2016. En 2020, le passage de l'étoile polaire au méridien aura lieu le 4 novembre à minuit.
La variation est donc très faible et peu sensible, compte tenu de la précision mécanique des cercles gradués.

Procédure de mise en station sur le lieu d'observation : Caen

On utilise l'heure du méridien de Greenwich (GMT) c.a.d. le temps TU
 L'heure légale HL en France est celle du fuseau horaire +1 augmentée d'une heure en été

$$TU = HL - 1 \text{ en hiver}$$

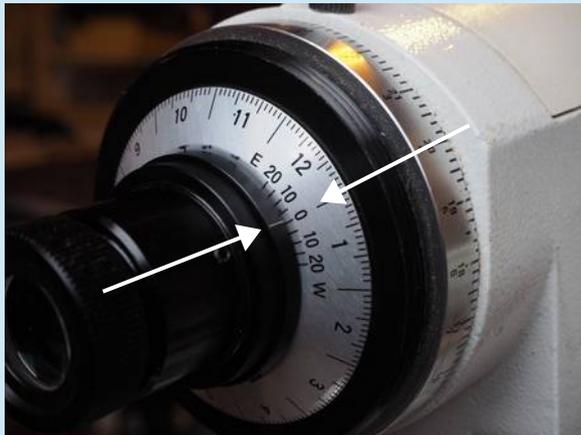
$$TU = HL - 2 \text{ en été}$$



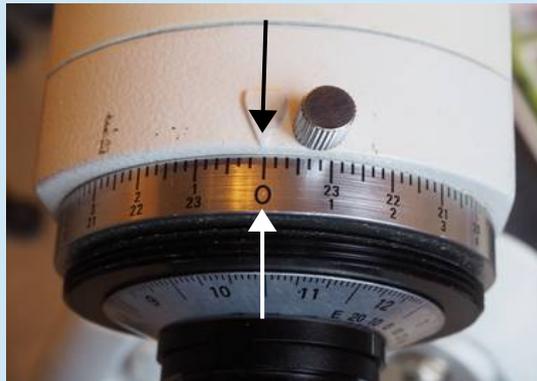
Latitude Caen : $49^{\circ}12'$
 Longitude Caen : $0^{\circ}27'$ W (Ouest)
 (presque sur le méridien de Greenwich)

4.4

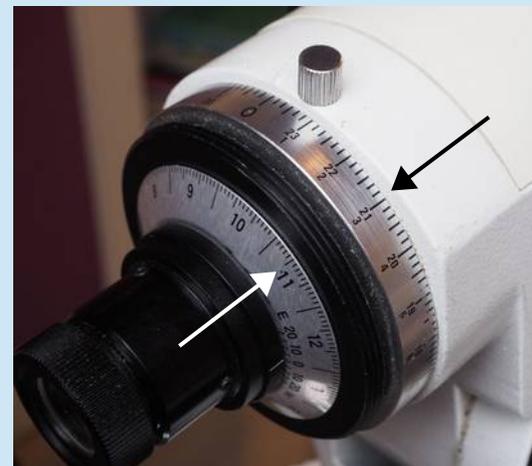
1 Tourner le cercle Date-Longitude pour amener "0,5°W" en face du repère blanc du tube du viseur



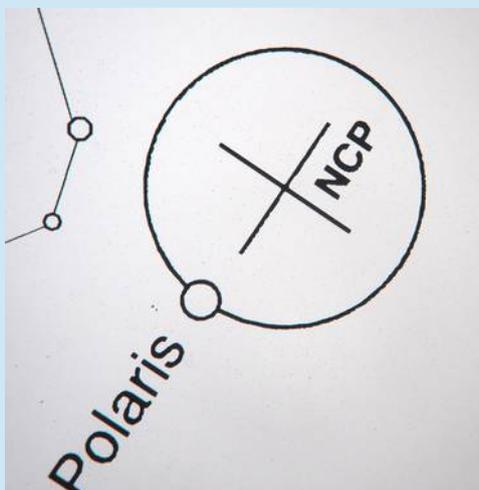
2 Positionner le cercle Horaire avec le 0 en face du repère triangle : bloquer la vis



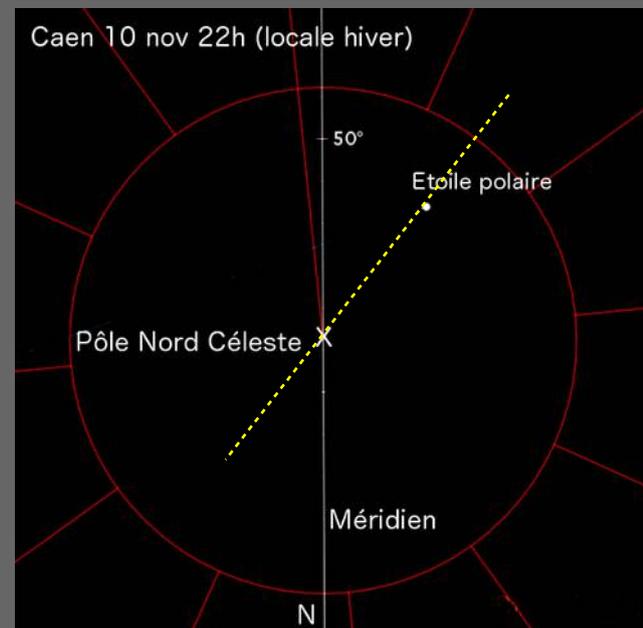
3 Tourner l'axe AD pour amener l'heure TU en face de la date du jour
Ici : 21h le 10 novembre



4 Centrer la Polaire dans le petit cercle au moyen des réglages d'Azimut et de Latitude de la monture
(Distance Pôle Nord Céleste – Polaire en 2016 : 40')



Simulation
Ciel vu à l'oeil nu
en regardant vers le Nord
La vue est inversée dans le viseur polaire



La distance (Pôle Nord Céleste - Etoile polaire) évolue très lentement en fonction du temps.
Elle passera de la valeur 40' en 2016 à 39' en 2020

Pour une autre lieu d'observation, il suffit de tourner le cercle Date - Longitude pour amener la longitude du lieu en face du repère blanc

Mise en station d'une monture équatoriale avec viseur polaire et alignement Polaire-Kochab

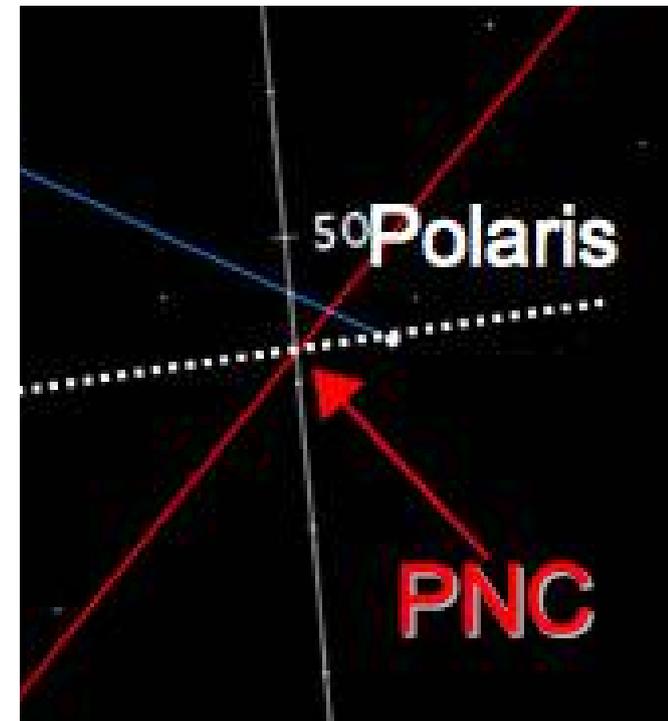
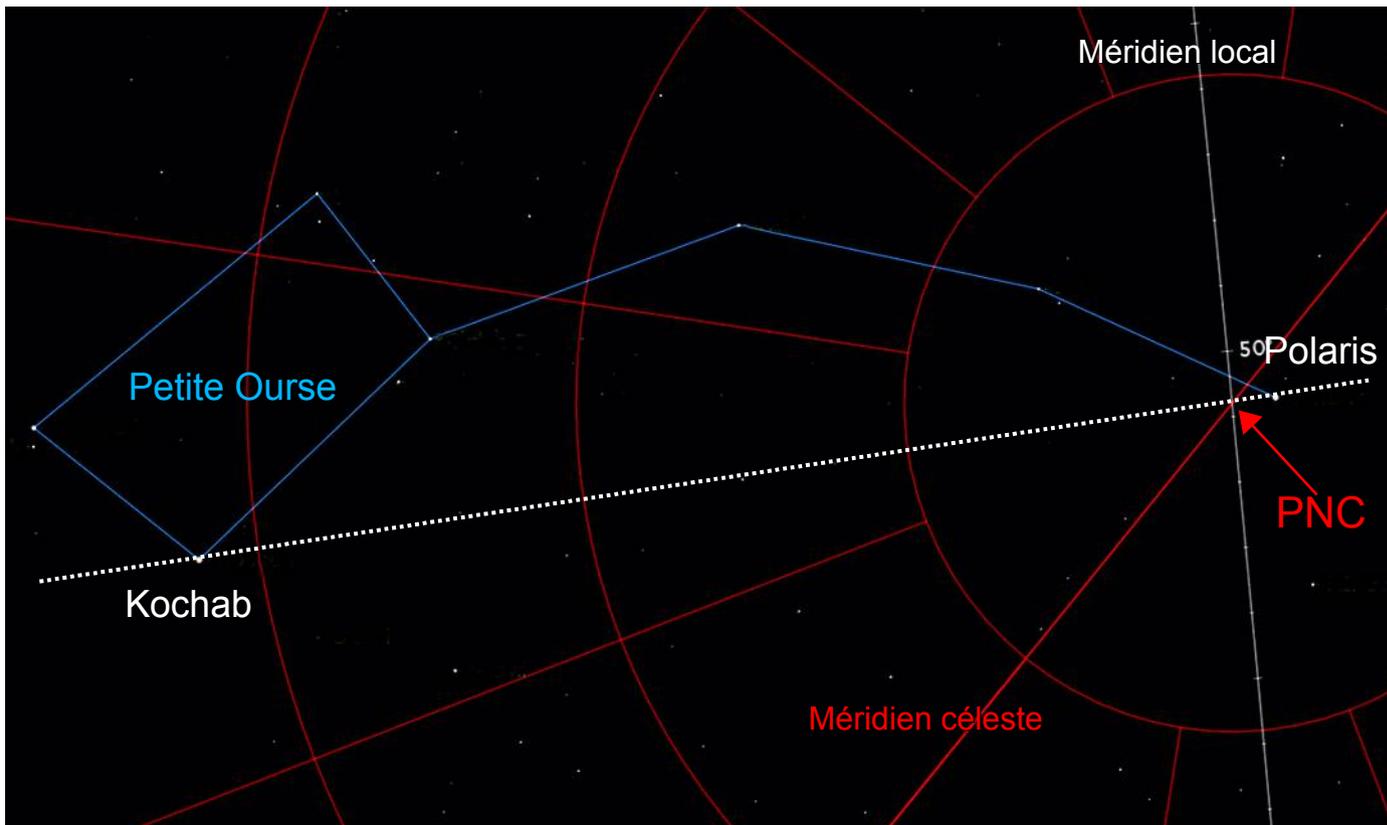
Cette procédure n'utilise pas les cercles gradués. Elle repose sur le fait que l'étoile polaire (Polaris) et l'étoile de la Petite Ourse "Kochab" sont pratiquement alignées avec le Pôle Nord Céleste (PNC)

Ascension Droite Polaris (2016) : 2h 53,1mn

Ascension Droite Kochab (2016) : 14h 50,6mn = 12h + 2h 50,6mn

Écart : 2,5 mn

Soit en angle : $2,5 \times 15^\circ / 60 \sim 0,5^\circ$



Distance PNC–Polaris : 40' (2016)

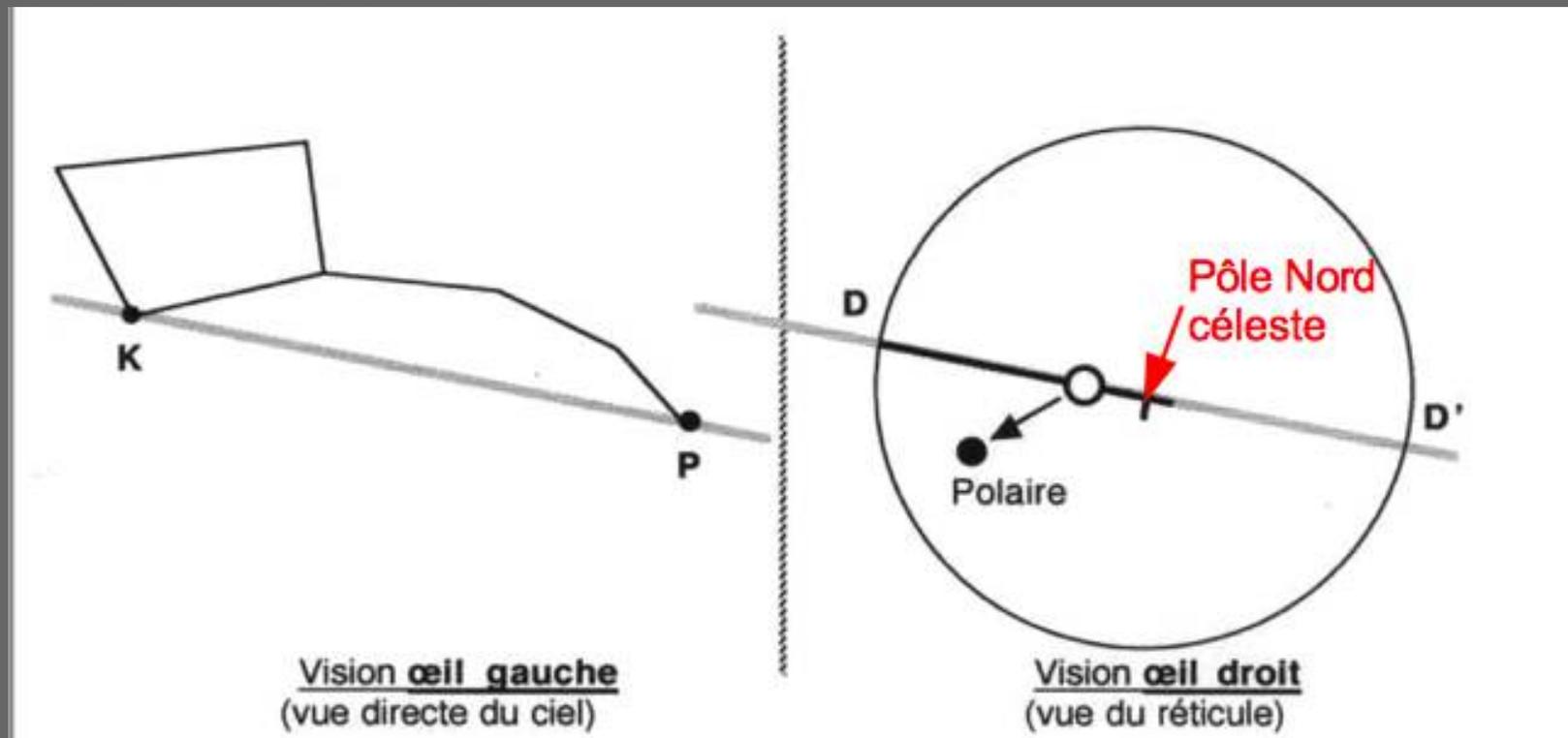
Procédure

*On suppose que l'axe du viseur polaire a été préalablement ajusté (parallèle à l'axe horaire de la monture)
voir chapitre 4.1*

Regarder dans le viseur avec l'oeil droit , tout en maintenant l'oeil gauche ouvert pour voir et apprécier simultanément la direction Kochab-Polaire.

Tourner l'axe AD pour faire coïncider au mieux la direction de l'axe réticulaire DD' avec celle du couple Kochab-Polaire KP

Bloquer l'axe AD et agir sur les deux réglages d'azimut et de latitude de la monture pour amener la Polaire dans le petit cercle du réticule



Remarque importante:

le Pôle céleste est situé entre la Polaire et Kochab, mais, dans le viseur, il y a inversion :
Il faut donc positionner l'axe DD' comme sur la figure ci-dessus