

Monture équatoriale

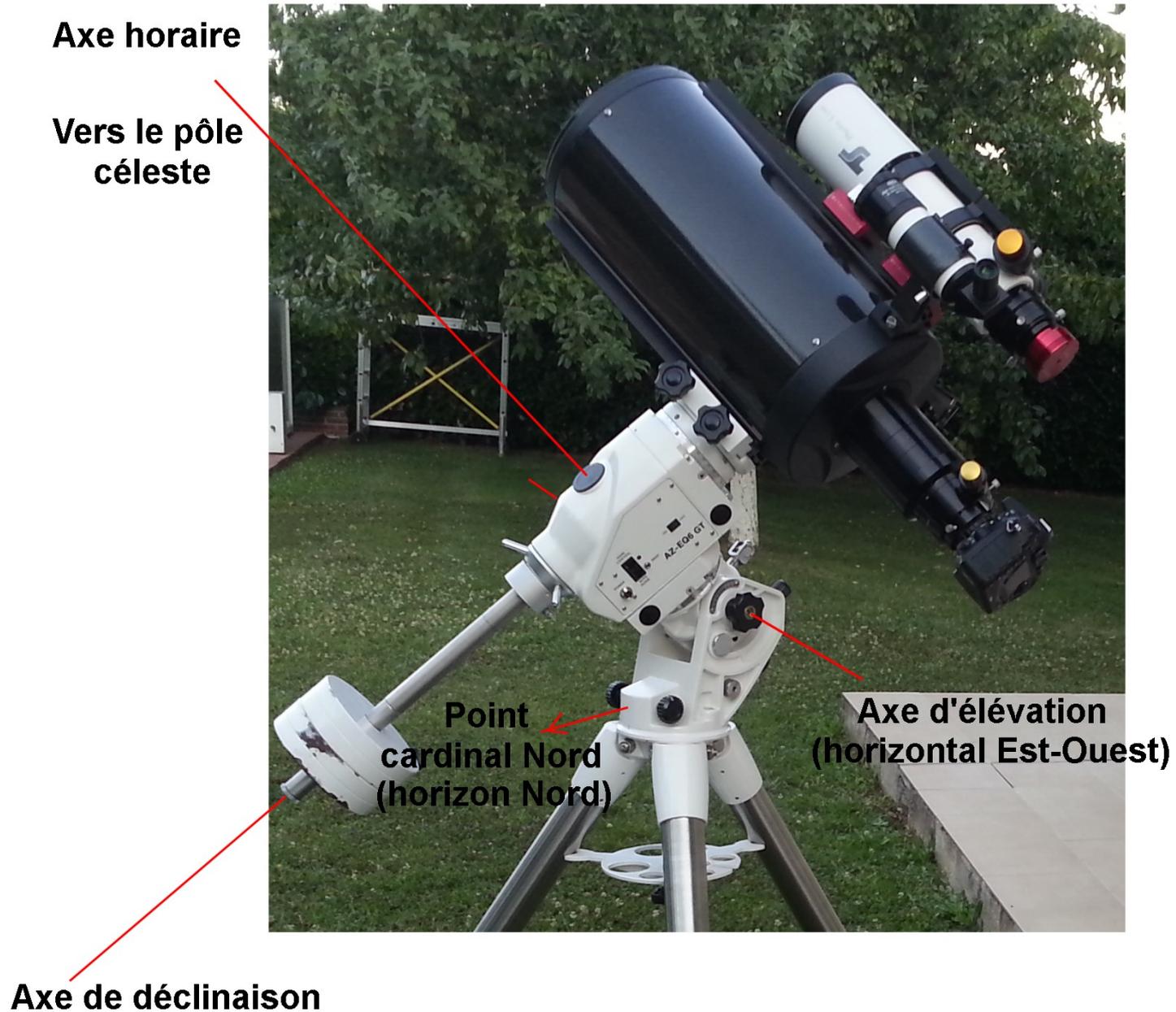


Michel Llibre
Club d'astronomie de Quint-Fonsegrives
2024

Liste des diapos

1. Liste des diapos
2. Une AZ-EQ6
3. Préréglages de jour
4. Mise en station 1
5. Mise en station 2
6. Mise en station 3
7. L'angle horaire
8. L'angle de déclinaison
9. Le retournement
10. Graduations horaires
11. Graduations en déclinaison
12. Localiser une étoile
13. En cas d'échec de visée
14. Alignement 1-étoile synchronisation
15. L'erreur périodique
16. L'erreur périodique d'une AZ-EQ6
17. L'erreur périodique d'une AM5
18. La dérive - défaut d'alignement
19. L'assécheur de compte en banque

Une monture équatoriale AZ-EQ6



Préréglages de jour

- **Aligner le viseur polaire** (si présent) sur l'axe horaire : Viser un amer lointain, le centrer normalement, tourner de 12h et corriger l'erreur de centrage de la moitié à l'aide des vis de réglage du réticule. Recommencer la procédure ...

Cela permettra d'obtenir une mise en station plus précise.

- **Aligner le chercheur** sur l'axe optique du télescope.

C'est plus facile de jour sur un amer lointain que de nuit sur un astre qu'on n'arrive pas à trouver dans le télescope.

- Repérer si possible la **distance de mise au point** sur un objet lointain ($> 1\text{km}$), de jour.

Si on est loin de la mise au point, cela peut être compliqué de nuit, en particulier avec les télescopes à déplacement de miroir primaire pour lesquels on n'a pas de repère associé à la distance de mise au point. Dans les autres cas noter la distance entre le plan arrière du corps du télescope et le plan du foyer oculaire (ou plan du capteur optique), pour les différents cas d'utilisation :

- sans complément optique
- avec réducteur
- avec barlow

Remarque :

Avec un focale de $F = 1\text{m}$, un objet à $L = 1\text{ km}$ a son image à $x = 1\text{mm}$ en arrière du foyer ($x = F^2/L$). Le foyer sera éventuellement dans la plage de profondeur de champ.

Mise en station 1

Étape 1 : Plan supérieur du trépied horizontal

Cette étape a pour but de rendre :

- l'axe d'**azimut** vertical
- l'axe d'**élévation** horizontal.



Mise en station 2

Étape 2 : Plan de symétrie orienté Nord-Sud

On règle l'angle d'azimut de telle manière que :

- le plan de symétrie de la monture soit confondu avec le plan du méridien local.

Lorsque ceci est obtenu l'axe d'élévation est orienté Est-Ouest.

La tige des contre-poids est alors en direction du point cardinal Nord lorsqu'elle est au plus bas.

L'angle d'azimut est bloqué dans cette configuration.



Mise en station 3

Étape 3 : Élévation = latitude

Par une rotation autour de l'axe d'élévation, l'angle d'élévation est positionné égal à la **latitude** du lieu.

L'angle d'élévation est bloqué dans cette configuration pour laquelle l'**axe horaire** est grossièrement aligné avec le pôle céleste Nord.

Alignement polaire

L'alignement de l'axe horaire avec le pôle céleste (qui est situé à environ 1/2 degré de l'étoile polaire) doit être perfectionné ensuite :

- soit avec un viseur polaire,
- soit à l'aide d'un logiciel d'astrométrie.



L'angle horaire

En faisant varier l'**Angle horaire** la visée **traverse les méridiens**(1) en restant sur un même parallèle.

En phase de **suivi**, l'angle horaire de la monture tourne à raison de 360° en 23h56m04s dans le sens horaire afin de compenser exactement la rotation de la Terre et de maintenir fixe sur la sphère céleste la direction pointée par le télescope.

Remarque :

Temps sidéral = Angle horaire + Ascension droite

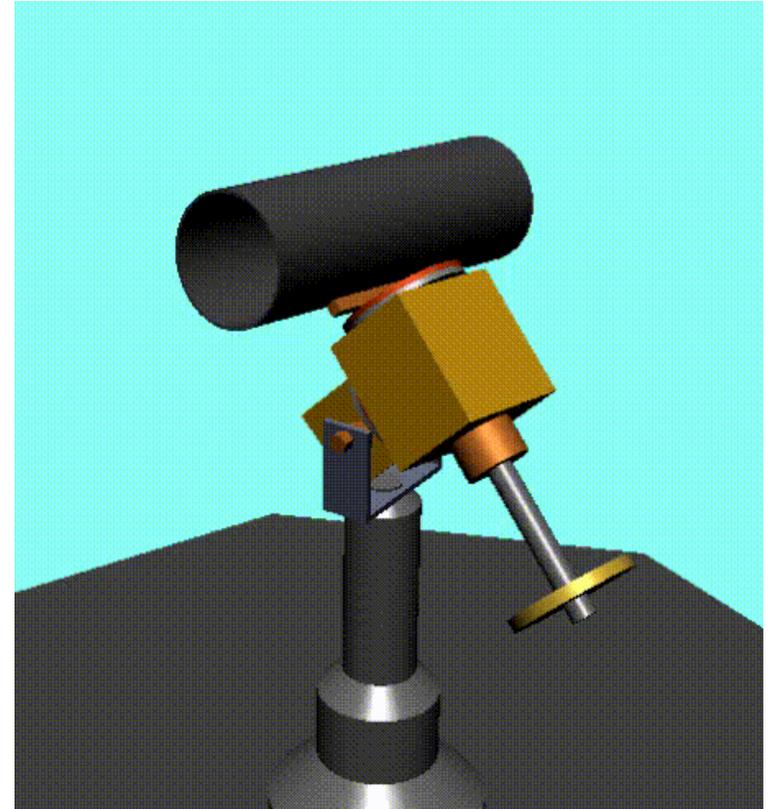
Ascension droite = Temps sidéral - Angle horaire

Ne pas confondre **Ascension droite** et **Angle horaire** qui sont de **signes opposés**.

Pour un étoile (A.D. = cte) Angle horaire et Temps sidéral varient de conserve.

Sur une monture, seul l'Angle horaire peut être matérialisé.

(1) Les méridiens sont des grands cercles qui passent par les 2 pôles célestes. Le méridien local est celui qui passe également par le zénith du lieu et les points cardinaux Nord et Sud.



L'angle de déclinaison

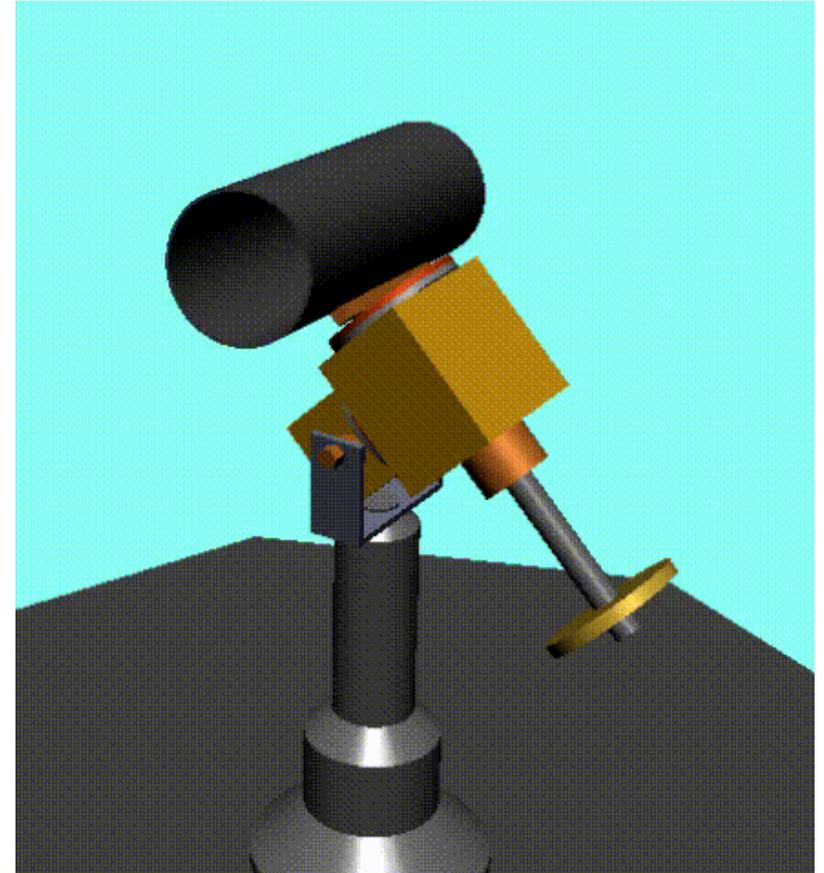
L'axe de **déclinaison** est perpendiculaire à l'axe horaire. Il est matérialisé par la **tige portant les contre-poids**.

Lorsque l'angle de déclinaison varie, la visée **traverse les parallèles**(1) en restant sur le méridien défini par l'angle horaire.

L'angle de déclinaison ressemble à la latitude :

- pour $\delta = -90^\circ$: on vise en direction du pôle Sud.
- pour $\delta = -23^\circ 26'$: on vise en direction du tropique du Capricorne.
- pour $\delta = 0^\circ$: on vise en direction de l'équateur.
- pour $\delta = 23^\circ 26'$: on vise en direction du tropique du Cancer.
- pour $\delta = \lambda$ (latitude) et $A_h = 0$ h, on vise le zénith.
- pour $\delta = 90^\circ$ on vise en direction du pôle céleste.

(1) Ne pas confondre **parallèle** (de déclinaison ou de latitude) et **almicantarats** (parallèle de hauteur). L'équateur céleste est un parallèle qui est le grand cercle de déclinaison 0° qui passe par les points cardinaux Est et Ouest et qui en direction du Sud a pour hauteur la colatitude du lieu. Les pôles sont des parallèles réduits à des points à 90° de déclinaison.

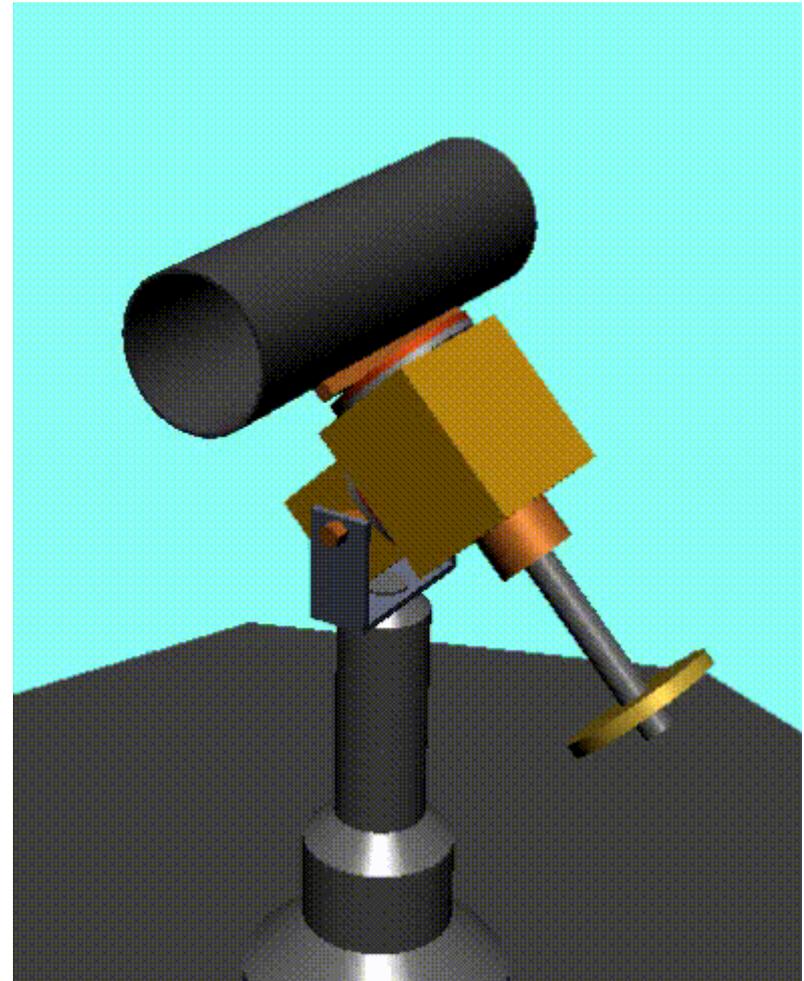


Le retournement

au passage du méridien local

$$Ah_{\text{après}} = Ah_{\text{avant}} \pm 12h$$

$$Dec_{\text{après}} = 180^\circ - Dec_{\text{avant}}$$



Graduations horaires



Les étoiles passent le méridien local lorsque leur angle horaire vaut 0 h.
Une heure avant le passage, leur angle horaire vaut 23 h comme sur la graduation ci-dessus (coté hémisphère Nord).
Une heure après le passage, leur angle horaire vaut 1h qui correspond à la graduation 1h ci-dessus (coté hémisphère Nord). Mais pour éviter que les contre-poids montent plus haut que la tête de la monture, on tourne l'angle horaire de 12h au passage par 0h (*), ce qui fait que la graduation (coté hémisphère Nord) indique 13h au lieu de 1h.
(*) et on change l'angle de déclinaison en son supplémentaire



Graduations en déclinaison

Les graduations en déclinaison sont simplifiées pour faciliter la gestion du retournement.

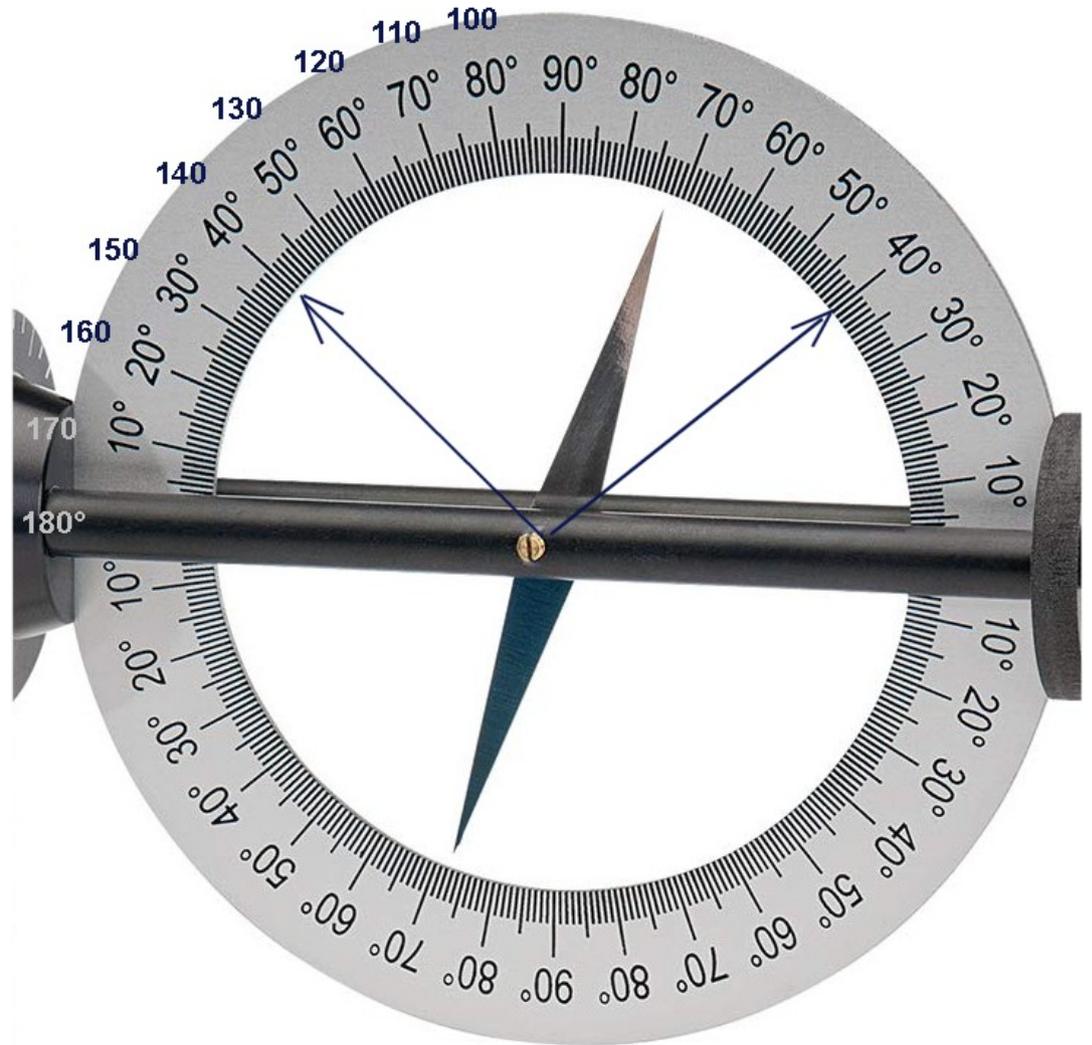
Ainsi si $\delta = 40^\circ$ avant le retournement, il vaudra $\delta' = 180^\circ - \delta = 140^\circ$ après.

Les angles δ et δ' sont supplémentaires.

Pour éviter ce calcul, la partie des graduations supérieure à 90° est directement graduée δ au lieu de δ' .

De plus le signe n'est pas indiqué sur les déclinaisons négatives.

Il en résulte que les graduations en déclinaison comportent 4 secteurs tous gradués de 0° à 90° .



Localiser une étoile

Si on dispose d'une application carte du ciel :

Lire sur l'application l'angle horaire et la déclinaison.

Affecter leurs valeurs aux axes de la monture.

Capella (Alhajoth - Goat Star)

Magnitude: **0.05** (réduit à **0.18** par **1.00** Masses d'air)

AD/Déc (de la date): 5h18m34.27s/+46°01'29.4"

AH/Déc: 0h05m17.53s/+46°01'26.8" (apparent)

Az./Haut.: +339°24'28.5"/+87°23'14.5" (apparent)

Temps sidéral moyen: 5h23m51.8s

Temps sidéral apparent: 5h23m51.9s

Quint-Fontsegrives 2024-01-24 22:00:00 local

Si on ne connaît que l'ascension droite et la déclinaison de l'étoile. Il faut déterminer l'heure sidérale pour en déduire l'angle horaire par :

$$\text{Angle_horaire} = \text{Heure sidérale} - \text{Ascension droite}$$

Remarque : En première approximation l'heure sidérale est égale à l'heure TU vers le 22 septembre et à TU + 12h vers le 20 mars. A partir de là, elle avance de 24h (1 jour) par an, c'est-à-dire grossièrement de 2h par mois, 1h par quinzaine, 28 minutes par semaine, 4 minutes par jour.

Exemple : Pour le 24 janvier, soit 2 mois moins 4 jours avant le 20 mars, le temps sidéral aura $12\text{h} - (2 \times 2\text{h} - 4 \times 4\text{mn}) = 8\text{h}16\text{mn}$ d'avance sur le temps TU soit $7\text{h}16\text{mn}$ d'avance sur le temps local : A 22h temps local le temps sidéral vaudra approximativement $5\text{h}16\text{mn}$ (pour $5\text{h}24\text{mn}$ selon Stellarium).

A.D. Capella $5\text{h}18 \approx$ du temps sidéral à 22 h => Capella passera au méridien vers 22h.

En cas d'échec de visée

- Vérifier que l'**axe polaire** est bien aligné avec le pôle céleste (et non pas l'axe de déclinaison = tige des contre-poids). L'axe polaire est l'axe *fixe* orthogonal à la tige des contre-poids qui est *mobile*.
- Pour faire une bonne mise en station, utiliser un viseur polaire avec un réticule permettant de situer l'étoile polaire sur son cercle de déclinaison au bon angle horaire.
- Si la polaire n'est pas visible, viser les coordonnées d'une **étoile brillante proche de l'horizon Sud**, puis amener l'étoile au centre du viseur en corrigeant l'azimut et l'élévation (latitude) de la monture (procédure à l'arraché de C.L.)
- Si l'étoile visée n'est pas du tout dans la région visée :
 - Vérifier que la **date et l'heure** communiquées au logiciel de cartographie sont exactes (sinon erreur sur l'angle horaire). Attention au format de la date qui est parfois dans un ordre étrange comme mois-jour-année.
 - Vérifier que la **longitude** communiquée au logiciel de cartographie est exacte (sinon erreur sur l'angle horaire)
 - Vérifier que la **latitude** communiquée au logiciel de cartographie est exacte (sinon erreur sur la déclinaison)
 - Tourner la déclinaison de 180° en position Home et inverser le sens de la lunette (si la direction visée était symétrique par rapport au méridien).

Alignement 1-étoile - Synchronisation

Les 6 imperfections suivantes :

1. défaut d'horizontalité du plateau trépied (=> erreur de **verticalité** de l'axe d'azimut)
2. erreur d'*azimut* sur le pôle céleste (=> erreur sur l'**azimut du Nord**)
3. erreur de site sur le pôle céleste (=> erreur sur la **latitude**)
4. défaut d'orthogonalité axe horaire/axe déclinaison (=> **erreur conique**)
5. erreur de zéro angle horaire (=> **offset horaire**)
6. erreur de zéro angle de déclinaison (=> **offset en déclinaison**)

font qu'à l'issue du Goto l'astre visé est absent ou n'est pas centrée. Si on recentre l'astre en modifiant l'**angle horaire** de Δh et la **déclinaison** de $\Delta \delta$ et qu'on signale ce recentrage au logiciel Goto, on dit qu'on réalise un **alignement 1 étoile** ou une **synchronisation**.

Le logiciel Goto considère que l'erreur de pointage n'est due qu'aux deux offsets (horaire et déclinaison) et leur attribue les valeurs Δh et $\Delta \delta$. C'est une grossière approximation, mais elle permet de réaliser des pointages précis autour des coordonnées (h, δ) ayant servies à l'alignement

Il existe aussi des **alignements deux ou trois étoiles**. Après ces alignements les offsets utilisés sont calculés par (d'après mon interprétation) :

- une simple moyenne des offsets constatés pour les 2 ou 3 étoiles d'alignement, dans les systèmes SynScan.
- une moyenne pondérée par la proximité aux étoiles d'alignement, dans les gotos EQMOD.

Pour localiser un astre difficile, une procédure simple consiste à ne faire, depuis la position Home, que des alignements 1-étoile successifs (synchronisation) que l'on effectue à chaque fois sur une étoile en s'approchant peu à peu de la prochaine zone ciblée : Par exemple pour M1 (nébuleuse du Crabe) on pourra faire une synchronisation sur Capella, puis sur Aldébaran.

L'erreur périodique

C'est une erreur qui affecte la vitesse de rotation sidérale des montures motorisées pendant les phases de suivi. Elle est due à des défauts du système mécanique d'entraînement (irrégularité des engrenages, vis sans fin...).

Cette erreur n'est gênante qu'en astrophotographie où elle produit une dérive et des sauts en angle horaire qui vont se manifester par des étoiles bougées sur les prises de vue.

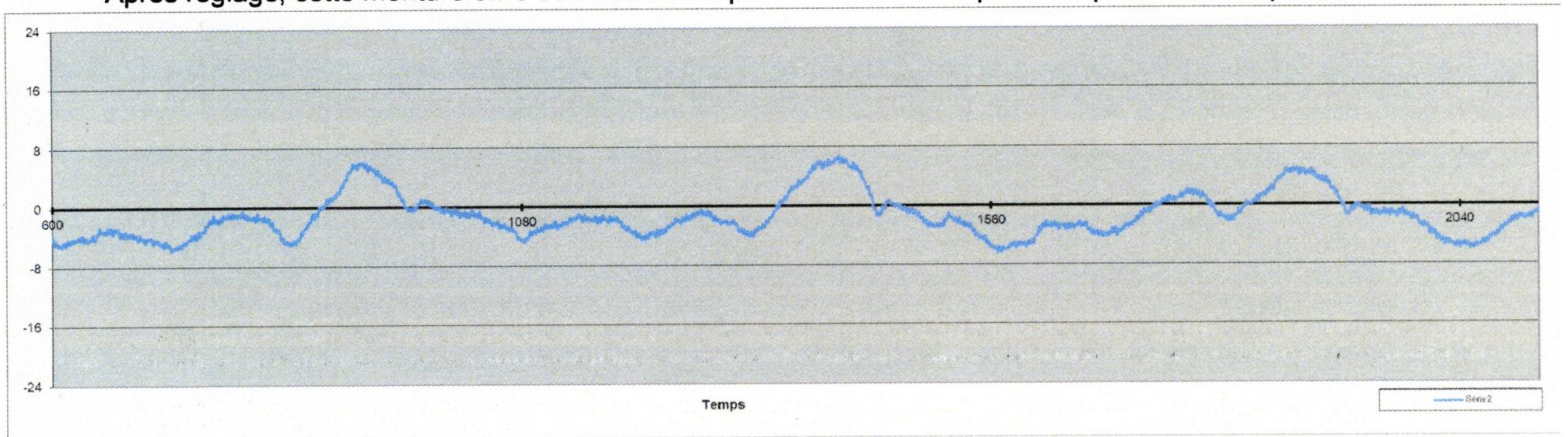
Les montures de qualité moyenne ont une erreur périodique qui interdit les temps d'exposition supérieurs à une dizaine de secondes, et parfois moins.

Il existe une procédure nommée PEC (Periodic Error CORRECTION) qui consiste à identifier cette erreur par des mesures difficiles et fastidieuses, à l'enregistrer et ensuite la soustraire pendant les phases de suivi. La mise en oeuvre de cette correction est rarement satisfaisante : variabilité des mesures, difficulté de phaser la correction...

Heureusement, comme **le guidage** permet de compenser cette erreur sans la mesurer il **rend caduque l'enregistrement et la mise en oeuvre de la PEC.**

Erreur périodique d'une AZ-EQ6

Mesure Pierro-Astro



Erreur périodique d'une AM5

En haut mesure sur 24 h, un tour complet de 360°.

En bas, un zoom sur une vingtaine de minutes.

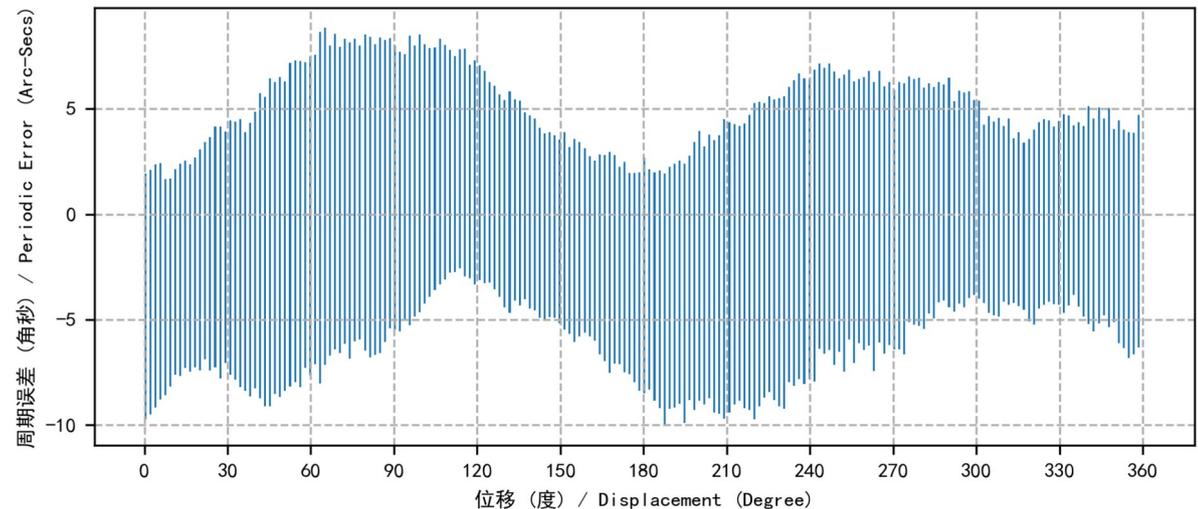
L'harmonique fondamental à une période d'environ 432 secondes (7 mn 12 s)

L'amplitude crête-crête maximale sur une période fondamentale est d'environ 16.7 arcsecondes, soit en gros ± 8.4 arcsecondes.

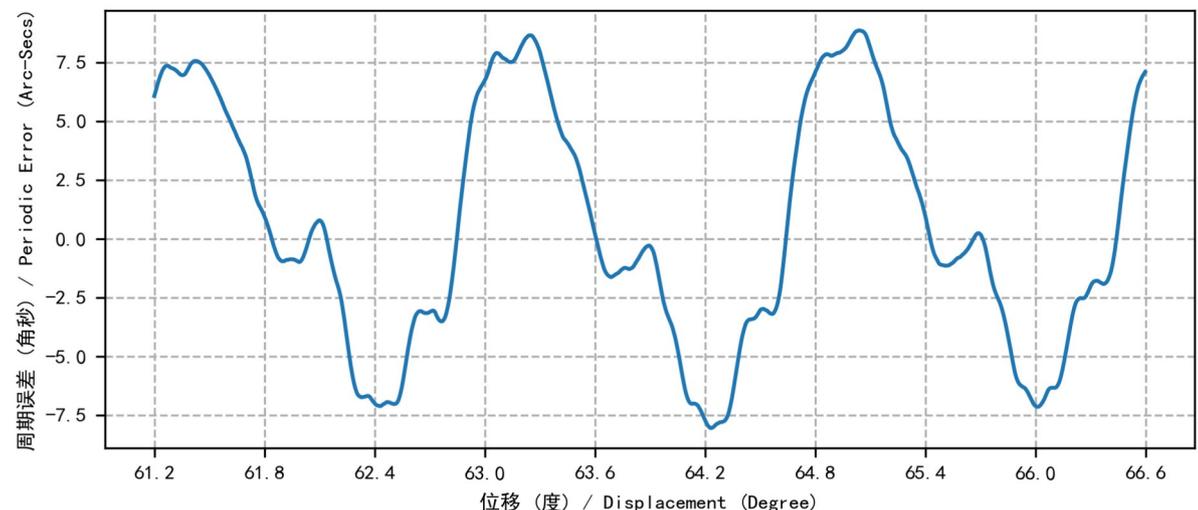
La pente moyenne est d'environ $16.7/216 \approx 0.08''/s$

Sans guidage, une pose de 12.5 s produit un bougé d'un arcseconde => poses courtes ou guidage !!

全周期误差 / Full Periodic Error



最大周期误差局部放大 / Partial Zoom of Max Periodic Error



La dérive - défaut d'alignement polaire

La dérive est une erreur qui apparaît après le goto quand débute la phase de suivi. Rappelons que pendant la phase de suivi :

- l'angle horaire doit croître à vitesse sidérale constante
- la déclinaison doit rester constante.

Même si le goto a été parfait (éventuellement grâce aux offsets estimés), la cible initialement visée s'écarte peu à peu de la position centrale. Ce décalage s'appelle **la dérive**. Il a une composante en angle horaire (**-ascension droite**) et une composante en **déclinaison**.

Cette dérive peut être due à un défaut de l'horloge (dérive temporelle), à l'erreur conique, mais ces deux erreurs sont généralement négligeables et ce sont les **défauts d'alignement** de l'axe horaire avec le pôle céleste qui en sont les principales causes.

- La dérive limite les temps d'expositions en astrophotographie (étoiles déformées)
- Une dérive importante peut limiter la durée totale de la prise de vue (dérive du champ photographié)

Une faible dérive est acceptable car le déplacement du champ photographié est facilement compensé par l'étape d'alignement des prises de vue.

En astrophotographie une bonne mise en station est importante : viseur polaire, astrométrie polaire... Il existe aussi des méthodes complexes, longues et fastidieuses (Bigourdan, King) qui ne sont utilisées que pour des station fixes. Une méthode simple mais peu précise consiste à :

- réduire l'offset en angle horaire en vérifiant que la barre des contre-poids est bien contenue dans un plan vertical en position home.
- réduire l'offset en déclinaison en vérifiant que l'axe de visée est bien contenu dans le plan vertical en position home (télescope bien aligné avec l'axe horaire pour $\delta=90^\circ$).
- faire un **pseudo alignement sur une étoile proche de l'horizon sud**, mais en recentrant l'étoile, non pas en modifiant l'angle horaire et la déclinaison, mais en modifiant l'azimut et l'élévation. Si les offsets sont négligeables, cela devrait améliorer l'alignement de l'axe horaire avec le pôle céleste.

THE END



Assécheur de compte en banque