

Notice de montage et d'utilisation d'une monture équatoriale

Léo Bernus, Timothée Vaillant

16 janvier 2018



Table des matières

1 Principe	1
2 Réglages de jour	3
2.1 Montage de la monture	3
2.2 Réglage du viseur polaire	4
3 Réglages de nuit	6
3.1 Mise en station	6
3.2 Montage de la lunette	11
4 Astrophotographie	14
4.1 Mise en place	14
4.2 Flat, dark, offset	16
5 Rangement	18

1 Principe

Cette notice décrit le montage et l'utilisation d'une monture équatoriale munie d'un instrument d'optique (lunette ou télescope). Elle traite également des réglages à effectuer pour réaliser avec ce dispositif des prises de vue avec un appareil photographique numérique. Elle prend pour modèle la monture équatoriale HEQ5 Skywatcher surmontée d'une lunette de 120mm. Elle devrait être suffisamment générale pour pouvoir être appliquée à d'autres montures équatoriales, les principales différences pouvant exister entre les montures étant aussi évoquées dans cette notice. Le montage d'un autre instrument d'optique comme un télescope est similaire à celui d'une lunette.

La Terre effectue un mouvement de rotation avec une période d'environ 23h 56min 4s. À cause de ce mouvement, un observateur situé sur Terre assiste à la rotation de la voûte céleste autour de l'axe de rotation de la Terre avec la même période. À l'œil nu, ce mouvement des corps célestes est imperceptible sur de courtes périodes de temps. Cependant si on grossit à l'aide

d'un instrument d'optique, on observe un déplacement des astres dans le champ d'observation de l'instrument. Plus le grossissement sera important, plus le mouvement des astres dans le champ sera rapide.

Lorsque l'on observe à l'oculaire, cela oblige à régler la direction d'observation environ toutes les minutes pour pouvoir suivre un astre donné afin d'éviter qu'il ne sorte du champ. Cela est encore plus dérangement si l'on souhaite réaliser des photographies des astres. L'astrophotographie nécessite souvent de poser plusieurs dizaines de secondes afin de récupérer davantage de signal. Si on réalise une photographie du champ observé par l'instrument sur une telle durée, les étoiles seront représentées par des traînées lumineuses au lieu d'être ponctuelles.

Le principe d'une monture équatoriale est de compenser ce mouvement de la voûte céleste dû à la rotation de la Terre en effectuant un mouvement de rotation autour d'un de ses axes, parallèle à l'axe de rotation de la Terre. Le moteur de la monture équatoriale va réaliser cette rotation dans le même sens et à la même vitesse que le mouvement de la voûte céleste. Le champ d'observation d'un instrument d'optique placé sur une monture équatoriale restera ainsi identique au cours du temps. On pourra alors effectuer des photographies avec des temps de pose de plusieurs dizaines de secondes.

Les montages et réglages à effectuer sont expliqués dans les cadres « étapes ». En dehors de ces cadres des explications et des conseils sont donnés. Cette notice fait appel à des notions générales d'astronomie notamment sur la façon de se repérer sur la sphère céleste et sur les instruments d'optique. On pourra consulter à cet effet les sites suivants :

- site public de la formation à distance pour les professeurs :
<http://media4.obspm.fr/public/AMC/>
- promenade dans le Système solaire sur le site de l'IMCCE (Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Éphémérides) :
www.imcce.fr/langues/fr/grandpublic/systeme/promenade/
dont les pages sur les concepts fondamentaux :
<http://www.imcce.fr/langues/fr/grandpublic/systeme/promenade/pages2/243.html>

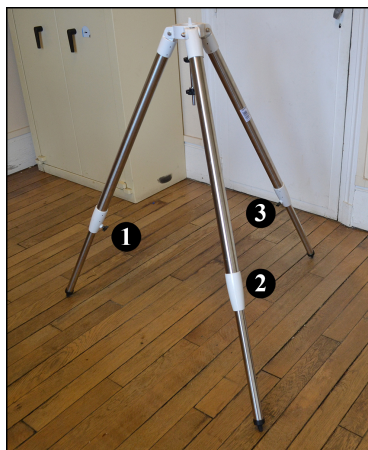
2 Réglages de jour

Les réglages suivants consistent à assembler la monture équatoriale sur ses pieds et à réaliser des réglages préliminaires. Ces réglages peuvent être réalisés de jour comme de nuit. Cependant il est bien plus aisé de les effectuer de jour.

2.1 Montage de la monture

Étape 1 :

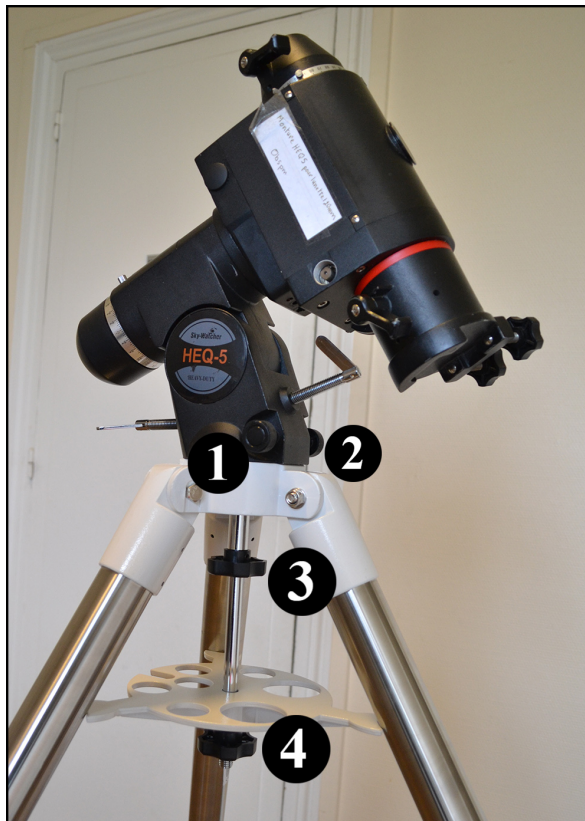
Ouvrir les pieds et dévisser les vis **1**, **2**, **3** pour faire coulisser les pieds télescopiques au maximum puis resserrer les trois vis.



Pour régler l'horizontalité, il faudra ensuite descendre certains pieds avant la mise en station. Étant donné le poids important de la monture, il sera plus facile d'abaisser les pieds que de les remonter. De plus, des pieds hauts faciliteront les observations, notamment celles des astres proches du zénith.

Étape 2 :

- Dévisser préalablement les vis **1** et **2** de réglage de l'azimuth de la monture.
- Insérer la monture sur les pieds de telle sorte que ces deux vis se situent du côté du pied marqué par N.
- Visser la monture sur les pieds en tournant la tige **3**.
- Resserrer les vis **1** et **2**.
- Dévisser entièrement l'écrou **4** et insérer sur la tige le plateau avec le côté plat tourné vers la monture. Le plateau présente une ouverture rectangulaire qui sert à accrocher le support de la raquette. Il faut veiller à ce que cette ouverture se trouve à l'opposé du pied N.
- Visser et resserrer l'écrou **4** jusqu'à ce que le plateau soit parfaitement solidaire des pieds.

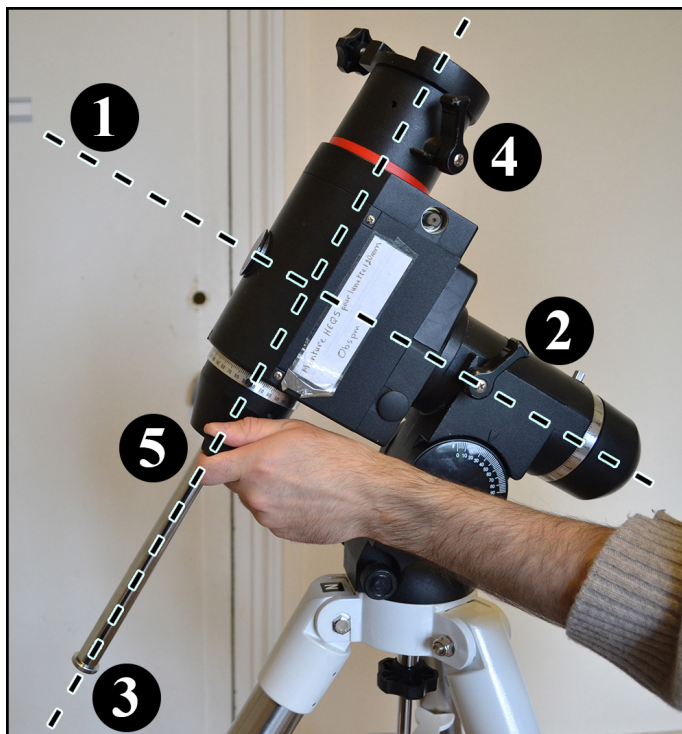


Le plateau présente des ouvertures circulaires de deux tailles différentes qui servent à insérer des oculaires de divers diamètres. Les ouvertures de grande taille ont un diamètre trop grand pour contenir les oculaires de petite taille. Il ne faut pas les y insérer sous peine de les faire tomber sur le sol.

Étape 3 :

Pour régler et utiliser la lunette, il sera nécessaire dans la suite de réaliser des rotations autour des deux axes de la lunette.

- Pour l'axe horaire ❶, desserrer le frein de l'axe horaire ❷. Faire tourner la monture autour de l'axe ❶ jusqu'à la position désirée puis resserrer le frein ❷.
- Pour l'axe des déclinaisons ❸, desserrer le frein de l'axe des déclinaisons ❹. Faire tourner la monture autour de l'axe ❸ jusqu'à la position désirée puis resserrer le frein ❹.
- En faisant des rotations autour des deux axes, placer la manette ❺ en bas comme sur le graphique.
- Desserrer la manette ❺ pour libérer la tige de contrepoids, la faire coulisser au maximum. Resserrer ensuite la manette.



Sur certaines montures équatoriales la tige de contrepoids est séparée de la monture et doit être vissée sur cette dernière.

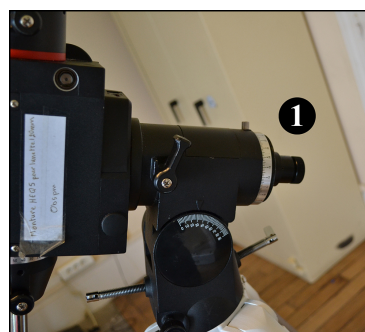
2.2 Réglage du viseur polaire

L'axe horaire est entraîné par le moteur pour compenser la rotation de la Terre. Il doit ainsi être parallèle à l'axe de rotation de la Terre. La monture équatoriale présente à cet effet un viseur polaire.

Il faut veiller à ce que l'axe du viseur polaire soit bien confondu avec l'axe horaire. Sans cela le moteur de la monture équatoriale ne va pas réaliser un mouvement de rotation autour de la bonne direction. Le réglage expliqué dans cette section permet de s'en assurer.

Étape 4 :

- Dévisser le cache du viseur polaire ❶.

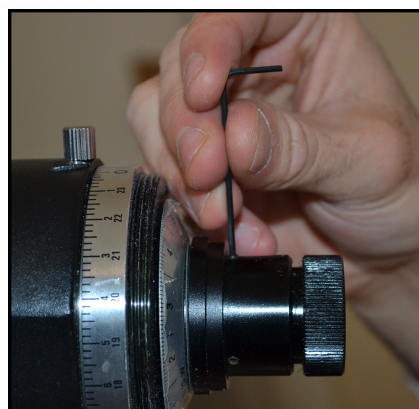
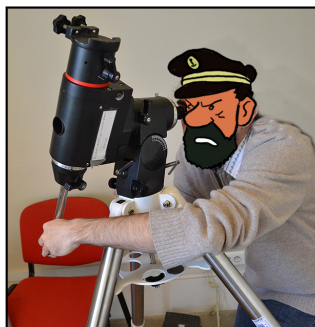
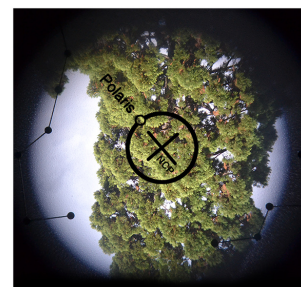


Étape 5 :

- Enlever le cache de sortie de l'axe horaire.
- Faire tourner la monture autour de l'axe des déclinaisons jusqu'à ce que l'ouverture soit en face de la sortie de l'axe horaire.

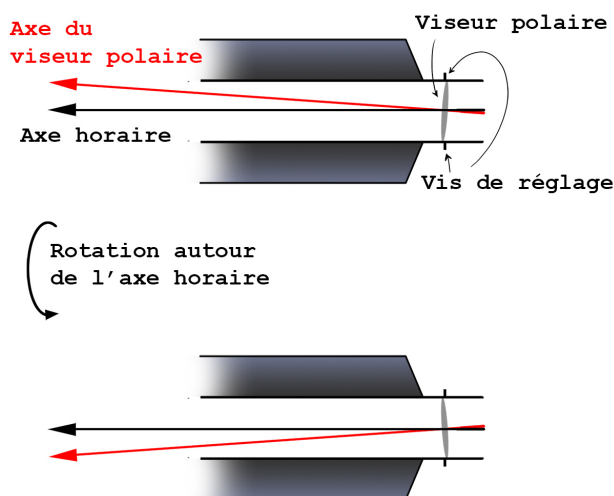
**Étape 6 :**

- Viser un objet à l'infini à travers le viseur polaire.
- Si le centre de la croix se déplace, lorsque la monture est tournée autour de l'axe horaire, il faut procéder au réglage suivant.
- Le viseur polaire présente trois petites vis à empreinte hexagonale creuse. Choisir deux vis parmi les trois.
- Dévisser la première à l'aide d'une clé Allen puis resserrer la deuxième. Tourner l'axe horaire à nouveau et vérifier que le déplacement du centre de la croix diminue. Si cela n'est pas le cas, il faut répéter la procédure en dévissant cette fois la deuxième vis et en resserrant la première.
- Répéter la procédure jusqu'à ce que le déplacement du centre de la croix soit minimal comme sur la figure ci-contre.

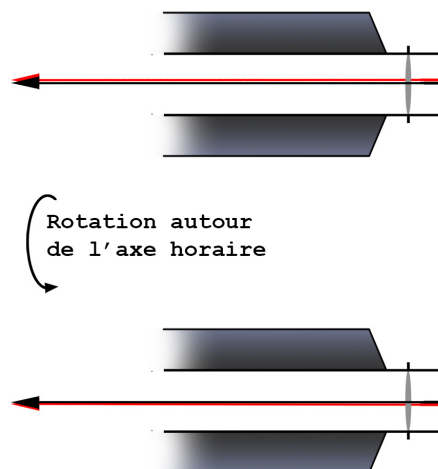


Il serait aussi possible de réaliser l'alignement de nuit en visant une étoile à l'infini. Les conséquences d'un mauvais alignement du viseur polaire sont expliquées dans la figure suivante. Si l'axe du viseur polaire et l'axe horaire ne sont pas confondus, lors d'une rotation autour de l'axe horaire, l'axe du viseur polaire va parcourir un arc de cercle autour de l'axe horaire, d'où le mouvement de rotation du centre de la croix observé précédemment. Quand les deux axes sont confondus, la croix tourne toujours mais son centre reste immobile dans le viseur polaire.

Viseur polaire mal aligné



Viseur polaire bien aligné



La mise en station qui va suivre va consister à rendre l'axe du viseur polaire parallèle à l'axe de rotation de la Terre. Or le moteur de la monture équatoriale effectue un mouvement de rotation autour de l'axe horaire. Si l'axe du viseur polaire n'est pas parallèle à l'axe horaire, alors l'axe horaire ne sera pas parallèle à l'axe de rotation et la rotation réalisée par le moteur ne s'effectuera pas exactement autour de l'axe de rotation de la Terre. Cela entraînera une dérive progressive du suivi plus ou moins rapide en fonction de l'écart angulaire entre l'axe du viseur polaire et l'axe horaire.

Les réglages de jour sont maintenant terminés.

3 Réglages de nuit

Le viseur polaire étant maintenant réglé, il faut procéder à la mise en station qui consiste à rendre l'axe horaire de la monture parallèle à l'axe de rotation de la Terre. L'axe de rotation de la Terre passe par le pôle nord céleste situé à seulement 0.66° de l'étoile brillante Polaris. Étant située près du pôle actuellement, elle reçoit la dénomination d'étoile polaire. Le viseur polaire pour l'hémisphère nord consiste ainsi à repérer la position du pôle nord par rapport à celle de l'étoile Polaris. Ces réglages ne peuvent être réalisés qu'à partir du crépuscule, où Polaris devient alors visible. La mise en station est d'ailleurs plus aisée à effectuer au crépuscule qu'en pleine nuit. Au crépuscule, seule l'étoile Polaris est suffisamment brillante pour apparaître dans le champ du viseur polaire. En pleine nuit, d'autres étoiles de plus faible magnitude apparaîtront dans le viseur et on risquera alors de les confondre avec Polaris.

Une fois la mise en station réalisée, on pourra ensuite monter la lunette sur la monture. Il est important de réaliser les étapes dans cet ordre. En effet, la mise en station nécessite d'utiliser les vis de réglage de l'azimut et de la hauteur, qui changent l'orientation de la monture. En ajoutant la lunette et le contrepoids, cela augmente la masse que doivent déplacer les vis de réglage, qui peuvent alors se détériorer progressivement.

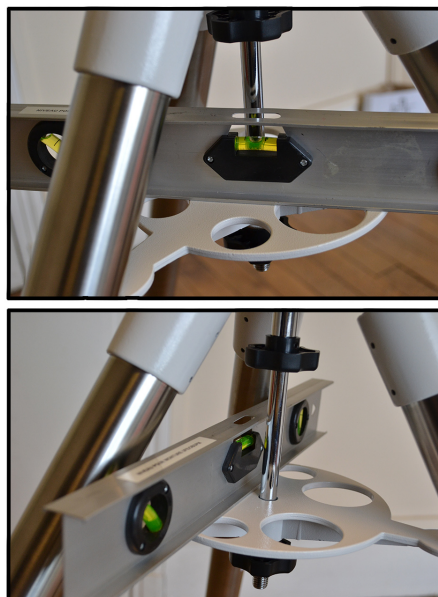
3.1 Mise en station

Chaque étape de la mise en station détaillée dans cette section doit être réalisée avec la meilleure précision possible et cela surtout si l'on souhaite faire de l'astrophotographie. La

mise en station ne peut être parfaite car l'angle entre l'axe horaire et l'axe de rotation de la Terre ne peut être exactement nul. Cet angle va entraîner un lent déplacement des objets situés dans le champ de la lunette, qui sera perfectible au bout d'un certain temps. Par exemple, en astrophotographie les étoiles seront représentées par des taches ovales et non circulaires pour des temps de pose suffisamment longs. Plus la mise en station sera précise, plus le temps de pose maximal sans défauts de suivi sera élevé. La précision de la mise en station est limitée par la qualité des instruments et de la monture équatoriale utilisée. La précision maximale peut cependant être approchée, si on réalise l'étape précédente d'alignement du viseur polaire et les étapes suivantes de la mise en station avec la plus grand soin.

Étape 7 :

- Orienter le pied marqué par N au nord à l'aide d'une boussole.
- Régler l'horizontalité du plateau avec un niveau selon deux directions orthogonales en modifiant la hauteur des pieds comme indiqué dans l'étape 1.

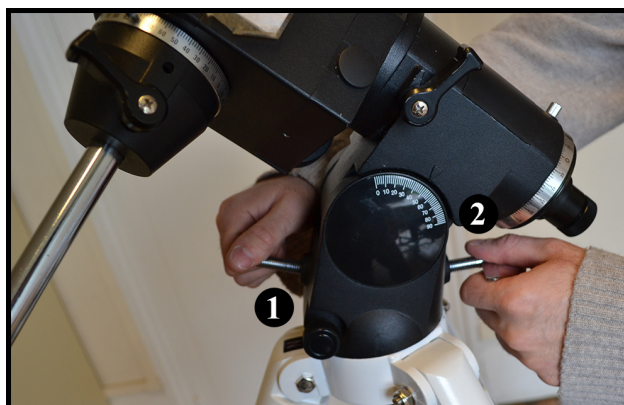


⚠ À partir de maintenant ne plus déplacer les pieds de la monture. Tout déplacement des pieds ruinerait la mise en station. Il faut aussi prendre garde à ne pas buter dans les pieds, ce qui risquerait de les déplacer légèrement.

Si on utilise une boussole magnétique, ne pas l'approcher trop près de la monture métallique lors de l'orientation du pied au nord pour ne pas la perturber.

Étape 8 :

- Relever la latitude du lieu d'observation et régler la monture sur celle-ci à l'aide des vis de réglage de la hauteur ❶ et ❷.
- Dévisser légèrement la vis ❶ puis resserrer la vis ❷ pour diminuer la latitude.
- Pour augmenter la latitude, dévisser la vis ❷ et resserrer la vis ❶.



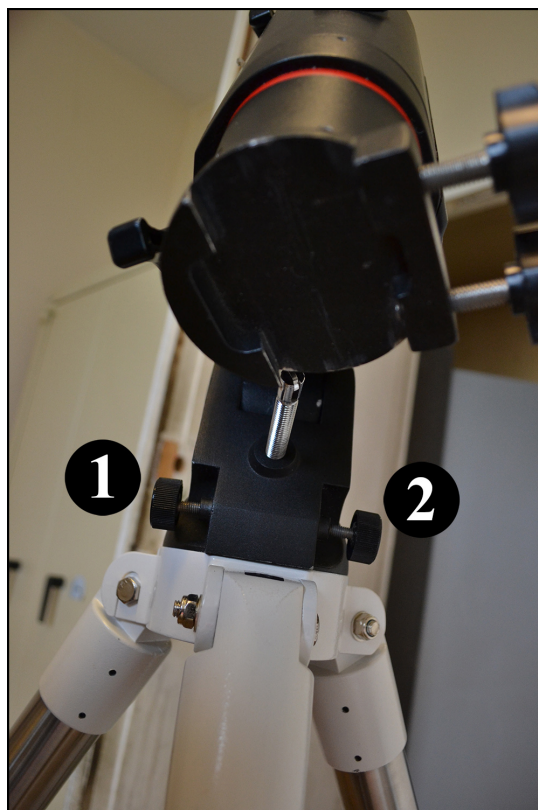
Lors de la manipulation des vis de réglage de la hauteur et de l'azimut, il est plus aisé de dévisser l'une des deux vis puis de serrer l'autre immédiatement après afin de ne pas avoir les deux vis desserrées en même temps.

Pour un lieu d'observation donné sur la Terre, la hauteur par rapport à l'horizon du pôle nord céleste est égale à la latitude du lieu. L'étape précédente place ainsi le champ du viseur polaire à la bonne hauteur. En plaçant le viseur polaire au nord, on s'est placé proche de l'azimuth du pôle nord céleste, qui est 0° . On a réglé approximativement la hauteur et l'azimuth du viseur polaire sur ceux du pôle nord céleste. L'étoile Polaris située à proximité du pôle devrait alors apparaître dans le champ du viseur polaire.

Le pôle nord géographique de la Terre et le pôle nord magnétique ne sont pas confondus. Si on ne corrige pas de la déclinaison magnétique, il faudra effectuer une correction en tournant les vis de réglage de l'azimuth pour avoir Polaris à proximité du centre du champ du viseur polaire.

Étape 9 :

- Observer dans le viseur polaire. On doit apercevoir l'étoile Polaris. Sinon il faut utiliser les vis de réglage de la hauteur et de l'azimuth pour la faire apparaître dans le champ du viseur.
- Pour augmenter l'azimuth, il faut dévisser la vis ❶ et resserrer la vis ❷.
- Pour diminuer l'azimuth, il faut à l'inverse dévisser la vis ❷ et resserrer la vis ❶.



⚠ Le viseur polaire inverse les images. Ainsi tout mouvement de la monture réalisé par les vis de réglage de la hauteur et de l'azimuth correspondra à un mouvement inversé dans le viseur polaire.

Pour cette monture, on observe dans le viseur les dessins des constellations de la Grande Ourse et Cassiopée. Le champ du viseur polaire est cependant trop petit pour contenir ces deux constellations. Elles permettent de vérifier rapidement si le viseur polaire est bien orienté. Cependant si le viseur polaire inverse les images, les dessins de ces deux constellations dans le viseur ne le sont pas. Il faudra ainsi juste vérifier que l'orientation des deux constellations dans le ciel est identique à celle des dessins observés dans le viseur polaire.

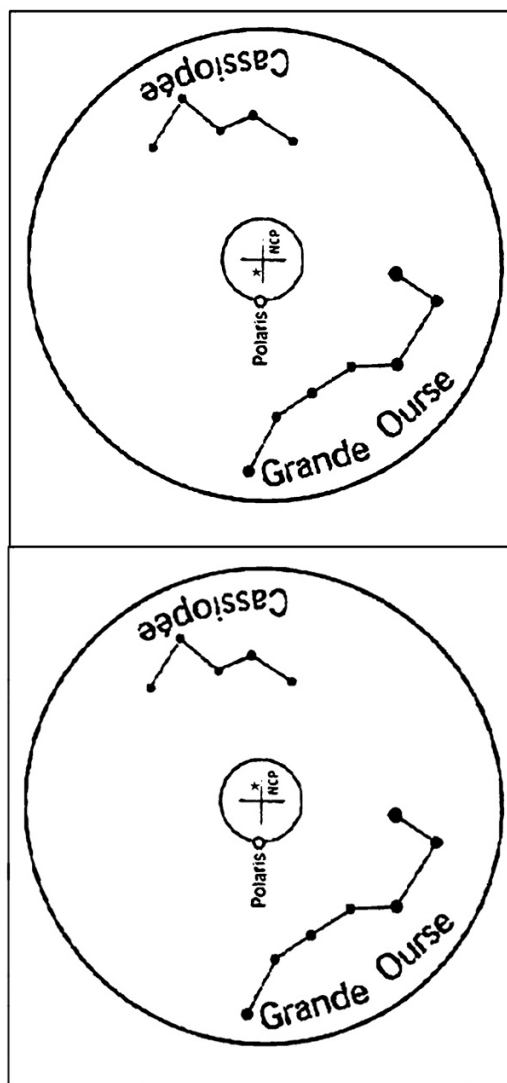
Dans le viseur polaire, on observe aussi une croix centrale légendée par l'indication « NCP » (*north celestial pole* en anglais). Le centre de la croix représente le pôle nord céleste. Le grand cercle autour de la croix représente la trajectoire apparente de l'étoile Polaris vue de la Terre. Cette trajectoire circulaire est parcourue en 23h 56min 4s à cause de la rotation de la Terre. Le petit cercle légendé « Polaris » représente la position actuelle de l'étoile Polaris sur sa trajectoire. La mise en station va consister à régler la monture pour que Polaris soit à l'intérieur de ce petit cercle. Cependant, il faut d'abord connaître sa position sur le grand cercle. Sans cela, on commet

au maximum une erreur angulaire sur la position du pôle nord céleste égale à deux fois le rayon du grand cercle soit une erreur d'environ 1.3° . Cette erreur est trop importante pour réaliser de l'astrophotographie en longue pose.

L'angle horaire permet de repérer la position des astres par rapport au méridien sud du lieu d'observation. La donnée de l'angle horaire nous donne ainsi la position de l'étoile Polaris sur sa trajectoire. On part d'abord de la position pour laquelle l'angle horaire est nul. Polaris est alors sur le méridien sud. Cela correspond à la position où le petit cercle est en haut sur le grand cercle. Cependant comme le champ du viseur polaire est inversé, cela correspond à la position où le petit cercle est en bas. Pour vérifier que le petit cercle est bien en bas, on réalise la procédure suivante.

Étape 10 :

- Tourner l'axe horaire afin de placer le petit cercle situé sur le grand cercle entourant la croix centrale en bas dans le champ du viseur en mettant un des deux axes de la croix dans la position la plus verticale possible.
- À l'aide des vis de réglage de l'azimuth et de la hauteur, approcher l'étoile Polaris de l'axe vertical de la croix.
- Déplacer verticalement l'étoile Polaris à l'aide uniquement des vis de réglage de la hauteur.
- Vérifier que l'étoile Polaris se déplace alors parallèlement à la barre verticale de la croix.
- Si cela n'est pas le cas, il faut tourner légèrement l'axe horaire et vérifier de nouveau et cela jusqu'à ce qu'elle se déplace bien parallèlement à l'axe vertical.

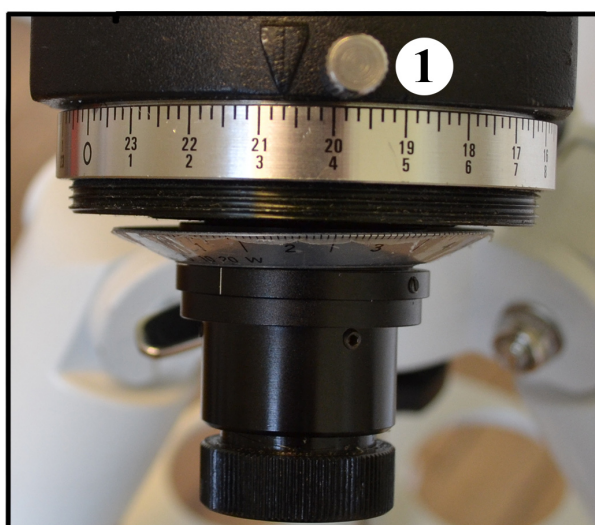
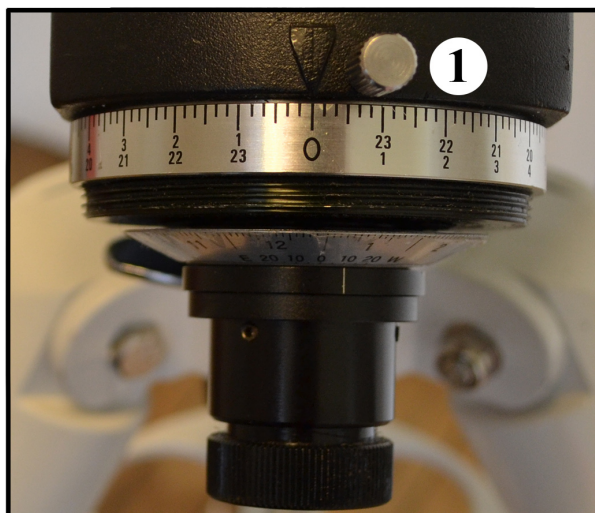


Si le petit cercle est bien en bas, une des barres de la croix doit être verticale. Si on déplace verticalement le viseur polaire, on doit alors observer dans le viseur que le déplacement de l'étoile Polaris est parallèle à la croix. S'il ne l'est pas, cela signifie que le petit cercle n'est pas exactement en bas et il faut le réajuster.

Lorsque le petit cercle est en bas, l'angle horaire de Polaris est nul. Il faut alors régler la monture équatoriale pour avoir un angle horaire nul. L'étoile Polaris tourne dans le sens trigonométrique autour du pôle nord céleste et l'angle horaire augmente alors. On tourne ainsi ensuite dans le sens trigonométrique l'axe horaire de la valeur de l'angle horaire, qui dépend de la date et du lieu d'observation comme indiqué dans la suite.

Étape 11 :

- Dévisser la vis **❶** à droite du repère et tourner la couronne graduée jusqu'à ce que la graduation 0 soit en face du repère.
- Relever alors la valeur de l'angle horaire de l'étoile Polaris pour le lieu et l'heure locale d'observation. On peut utiliser par exemple le logiciel Stellarium.
- Tourner l'axe horaire jusqu'à ce que les graduations du bas de la couronne graduée indiquent au niveau du repère la valeur de l'angle horaire. Sur le graphique l'angle horaire est 3h20min.



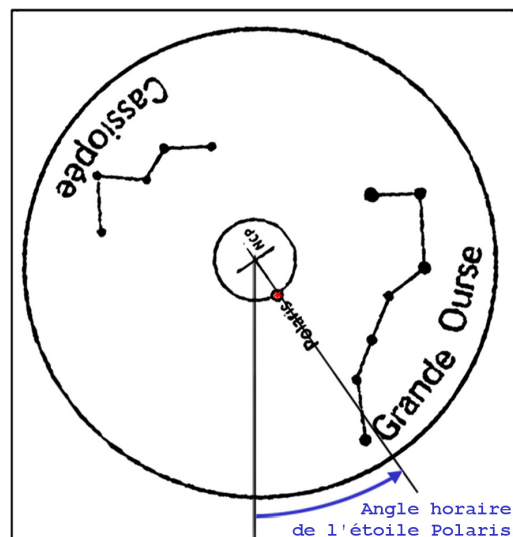
⚠ Ne pas s'opposer au mouvement de la couronne graduée. Sans cela il faut recommencer à partir de l'étape 10. Desserrer la vis de la couronne graduée permet de la rendre solidaire de l'axe horaire. On sait alors de quel angle il a tourné.

Les graduations du bas sur la monture HEQ5 utilisée ici correspondent à celles de l'hémisphère nord et celles du haut à celles de l'hémisphère sud. Cependant les graduations sont inversées pour certaines montures ! Le raisonnement suivant peut permettre de retrouver facilement quelle graduation utiliser. Lorsque l'on observe vers le nord, l'étoile Polaris tourne autour du pôle nord céleste dans le sens trigonométrique. Ainsi lorsque l'on est dans l'hémisphère nord, il faut prendre les graduations pour lesquelles l'angle horaire augmente lorsque l'on tourne l'axe horaire dans le sens trigonométrique.

On connaît maintenant la position de l'étoile Polaris par rapport au pôle nord céleste. Il reste alors à la disposer dans le petit cercle pour faire coïncider le centre de la croix avec le pôle nord céleste.

Étape 12 :

- En utilisant les vis de réglage en hauteur et en azimuth, placer l'étoile Polaris en rouge sur la figure au centre du petit cercle.
- Remettre les caches sur le viseur polaire.

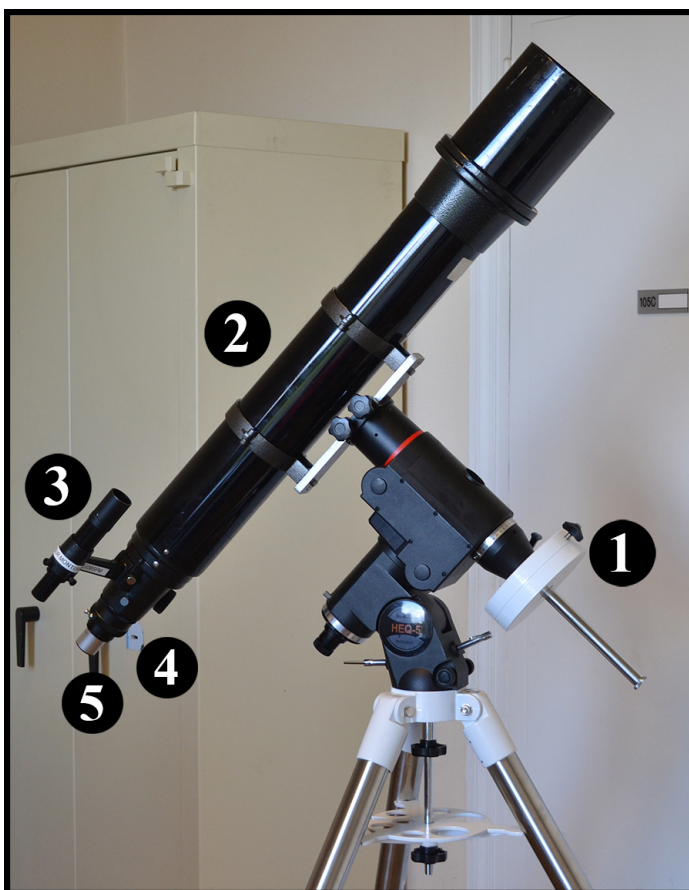


La mise en station est maintenant terminée. L'axe horaire de la monture est parallèle à l'axe de rotation de la Terre. Il ne faut plus déplacer la monture, ni toucher aux vis de réglage de la hauteur et de l'azimuth, sinon l'axe horaire n'est plus parallèle à l'axe de rotation de la Terre. Si on déplace la monture, il faudra reprendre la mise en station depuis l'étape 7. Si on modifie la hauteur ou l'azimuth avec les vis, il faudra reprendre depuis l'étape 10.

3.2 Montage de la lunette**Étape 13 :**

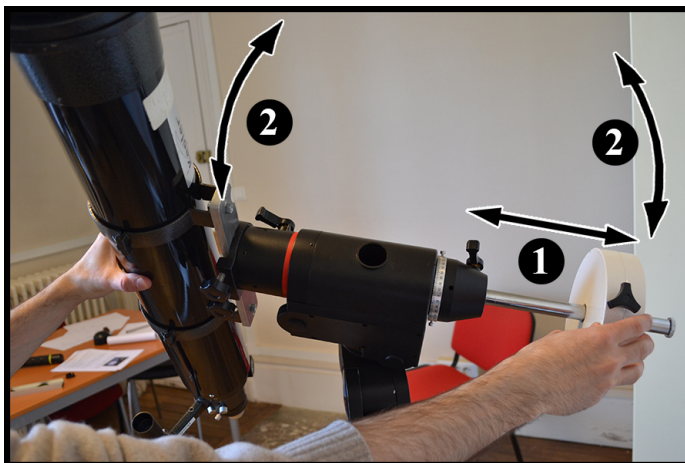
Monter dans l'ordre :

- ❶ le contreponds : dévisser la vis se situant à l'extrémité de la tige de contreponds puis le faire coulisser jusqu'à ce qu'il soit le plus proche de l'axe horaire. Revisser ensuite la vis.
- ❷ la lunette : insérer la queue d'aronde de la lunette sur la monture puis serrer les deux vis.
- ❸ le chercheur : fixer le chercheur sur la lunette.
- ❹ l'adaptateur : fixer l'adaptateur au bout de la lunette.
- ❺ l'oculaire : insérer l'oculaire sur l'adaptateur et bien serrer la vis de maintien.



Étape 14 :

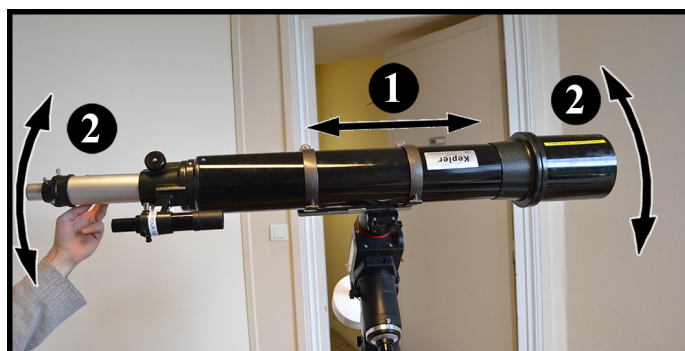
Équilibrer l'axe horaire : déplacer le contre-poids sur l'axe ❶ jusqu'à ce que toute position autour de l'axe horaire ❷ donne lieu à une position d'équilibre quand le frein de l'axe horaire est desserré.



En fonction du poids de la lunette ou du télescope ajouté sur la monture équatoriale, il peut être nécessaire d'ajouter un deuxième contre-poids.

Étape 15 :

Équilibrer l'axe des déclinaisons : faire coulisser la queue d'aronde selon l'axe ❶ jusqu'à ce que toute position autour de l'axe des déclinaisons ❷ donne lieu à une position d'équilibre quand le frein de l'axe des déclinaisons est desserré.

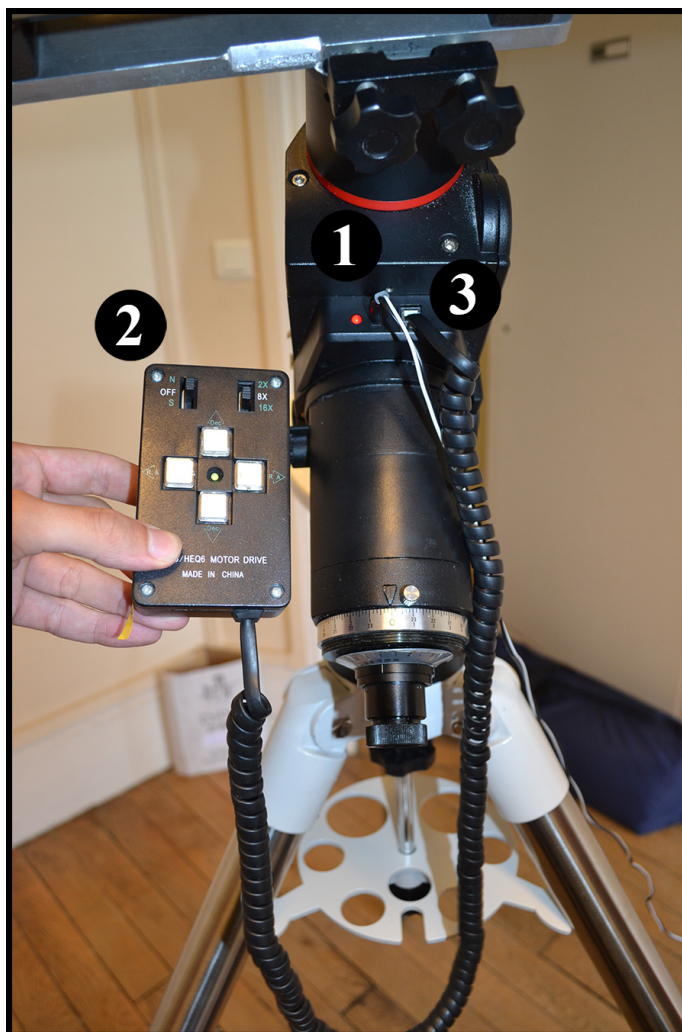


L'équilibrage de l'axe horaire consiste à placer le barycentre sur l'axe horaire. La gravité n'exerce plus aucun couple sur l'axe qui reste en équilibre pour toute position. L'équilibrage de l'axe des déclinaisons repose sur le même principe.

Pour pointer un objet manuellement, on doit déplacer les deux axes et donc desserrer les deux freins. Il est alors nécessaire que toute position soit fixe. Sans cela le pointage manuel est nettement plus difficile. Si l'équilibrage des deux axes n'est pas réalisé correctement, le moteur peinera à réaliser le suivi et à se déplacer selon les deux axes.

Étape 16 :

- Brancher la sortie du transformateur sur la monture en ❶.
- Brancher la raquette de commande ❷ sur la monture en ❸.
- Brancher le transformateur sur le secteur ou sur une batterie.
- Allumer le moteur de la monture équatoriale avec la raquette en passant de « OFF » à « N ». Un voyant rouge s'allume sur la monture et un voyant vert s'illumine sur la raquette.
- Pour que le suivi soit effectif, il faut serrer les deux freins : le frein de l'axe des déclinaisons et le frein de l'axe horaire.
- Appuyer sur les touches R.A. pour augmenter ou diminuer l'ascension droite et sur les touches Dec pour augmenter ou diminuer la déclinaison.

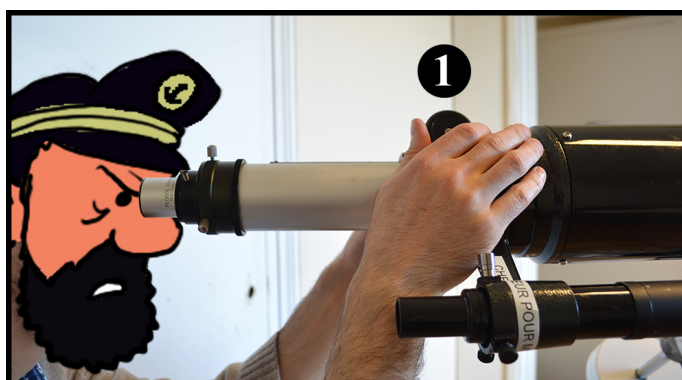


Les indications N et S sur la raquette correspondent respectivement aux hémisphères nord et sud. Pour le réglage N, la monture tournera à la vitesse de rotation de la Terre dans le sens trigonométrique. Pour le réglage S, elle tournera à la même vitesse mais dans le sens horaire.

La raquette présente trois vitesses de déplacement $\times 2$, $\times 8$ et $\times 16$ lorsque l'on utilise les touches R.A. et Dec.

Étape 17 :

- Pour faire la mise au point à la sortie de l'oculaire, il faut pointer une étoile brillante dans le champ de l'oculaire puis tourner la molette ❶ jusqu'à ce que l'étoile apparaisse la plus petite possible dans l'oculaire.
- Refaire l'équilibrage de l'axe des déclinaisons si besoin.



La mise au point dépend de l'observateur. Pour deux observateurs différents, les images sont nettes pour deux positions différentes de l'oculaire. Cependant, l'écart est normalement assez faible entre les observateurs et il faut seulement tourner légèrement la molette de réglage.

Étape 18 :

Il faut réaliser la procédure suivante pour que l'axe de visée du chercheur soit parallèle à celui de la lunette.

- Pointer une étoile brillante dans le champ du chercheur.
- Centrer l'étoile dans le champ de la lunette à l'aide de la raquette.
- Tourner les deux vis jusqu'à ce que l'étoile apparaisse exactement au centre du réticule du chercheur.



On peut maintenant réaliser des observations avec la lunette. Pour pointer un objet on procède comme suit. On pointe l'objet dans le champ du chercheur en tournant manuellement les deux axes de la lunette. On serre ensuite les deux freins. À l'aide de la raquette, on pointe l'objet au centre du réticule du chercheur. Si le chercheur a bien été réglé, il devrait apparaître au centre du champ de l'oculaire. On peut ensuite le pointer plus précisément si besoin au centre du champ de l'oculaire à l'aide de la raquette.

⚠ Lors de la manipulation de la lunette, il faut veiller à ce que la lunette soit toujours au dessus du contrepoids. Cela permet d'éviter que la lunette ne vienne buter dans les pieds.

4 Astrophotographie

Il est possible de retirer l'objectif d'un appareil photographique numérique réflex et de le remplacer par la lunette. Dans cette section, on présente la mise en place et les réglages de l'appareil, ainsi que les prises de vue à réaliser pour le prétraitement des images.

4.1 Mise en place

Pour disposer l'appareil photographique à la sortie de la lunette, il faut disposer d'un adaptateur nommé « bague T » et réaliser les réglages suivants.

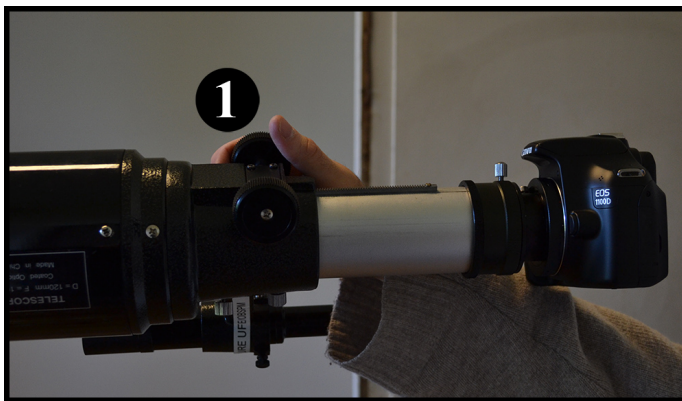
Étape 19 :

- Insérer la bague T à la place de l'objectif de l'appareil photographique de telle sorte que les deux points rouges ❶ et ❷ soient accolés comme sur la figure ci-contre.
- Tourner la bague T jusqu'au clip-sage.



Étape 20 :

- Visser l'appareil sur l'adaptateur de la lunette à l'aide de la bague T.
- Pour faire la mise au point, pointer une étoile brillante au centre du réticule du chercheur. Observer ensuite dans le viseur de l'appareil photographique. Tourner la molette ❶ jusqu'à ce que l'étoile apparaisse la plus petite possible. Affiner ensuite la netteté avec le mode *live* de l'appareil en tournant la molette ❶ pour que l'étoile apparaisse la plus petite possible.
- Refaire l'équilibrage de l'axe des déclinaisons si besoin.



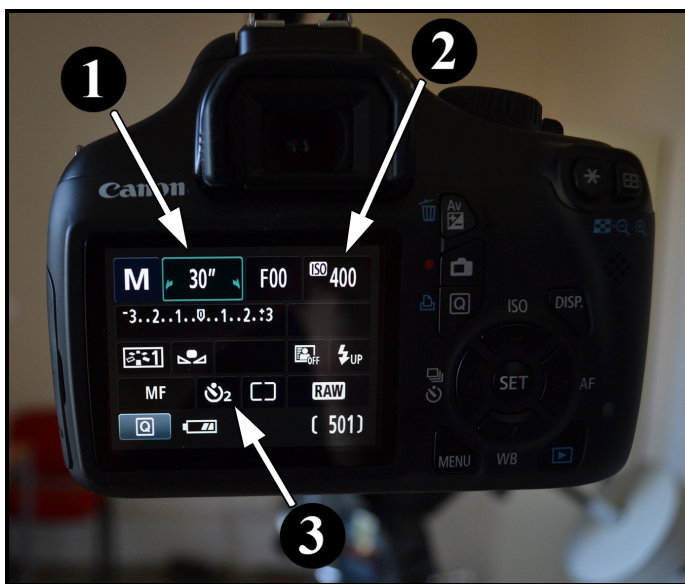
Il est important de choisir une étoile très brillante. En effet, le mode *live* est assez peu sensible et les étoiles qui ne sont pas assez lumineuses n'apparaissent pas sur l'écran.

La mise au point doit être réalisée de la façon la plus précise possible. Sans cela les photographies prises par la suite seront floues.

Étape 21 :

Il reste à choisir les paramètres de l'appareil pour la prise de vues.

- Se mettre en mode manuel.
- Choisir le temps de pose ❶.
- Choisir la sensibilité ISO ❷.
- Mettre un retardateur de plusieurs secondes ❸.



Il est nécessaire de mettre un retardateur car la pression du bouton de prise de vues provoque des vibrations de l'appareil et donc de la lunette pendant quelques secondes, ce qui nuit à la qualité des photographies.

Le dispositif est prêt pour photographier les astres souhaités. Il est conseillé de prendre une dizaine de clichés de chaque objet observé. En sommant ensuite les différents clichés, on augmentera le signal reçu. Pour les objets nébuleux, il faut prendre le temps de pose le plus élevé possible. Cependant il faut vérifier pour les longues poses qu'il n'y ait pas de défauts de suivi en regardant la forme des étoiles dans le champ. Ces dernières doivent être représentées par une tache circulaire et non ovale. Si les taches sont ovales, cela signifie que le temps de pose

est trop long par rapport à la qualité de la mise en station et il faut alors diminuer le temps de pose. Pour la monture utilisée ici, une mise en station correcte permet normalement d'utiliser un temps de pose de 30s. Au delà, des défauts de suivi peuvent apparaître. Pour les objets nébuleux, la prise d'une dizaine de clichés permet d'augmenter le signal sans être dérangé par les défauts de suivi apparaissant pour les longs temps de pose.

⚠ Ne pas changer l'orientation de l'appareil. Si on prend une série de photographies du même objet et que l'on change l'orientation de l'appareil au cours de cette série, on ne pourra pas faire l'addition des images.

4.2 Flat, dark, offset

Les flats, darks et offsets doivent être réalisés à la même température que les photographies à traiter. Il est conseillé de les réaliser immédiatement une fois les observations finies sur le même lieu juste avant le rangement du matériel. Il faut réaliser pour les trois une série d'une dizaine de prises.

Le flat ou PLU (pour plage de luminosité uniforme) permet de corriger les défauts de luminosité du dispositif optique (appareil photographique et lunette) dus par exemple à la présence de poussière sur les lentilles de la lunette ou sur le CCD de l'appareil. Ainsi les flats doivent être faits pour une orientation de l'appareil et une mise au point strictement identiques à celles utilisées pour les photographies à traiter. La seule façon de vérifier cela est de ne pas modifier l'orientation de l'appareil et la mise au point entre les photographies des objets et les flats.

Si l'on a pris une série de photographies d'un objet et que l'on souhaite changer l'orientation de l'appareil ou la mise au point, il est impératif avant de changer l'orientation de prendre une série de flats avec l'orientation de l'appareil et la mise au point actuelles, sinon on ne pourra pas traiter les images prises auparavant. Il n'est en effet pas possible de replacer manuellement l'appareil exactement dans son orientation passée. La précision qu'on pourra atteindre sera alors de l'ordre du millimètre et sera très inférieure à la précision d'un pixel d'appareil photographique numérique de l'ordre du micromètre. De même il ne sera pas possible de reproduire exactement la mise au point passée. Un changement de mise au point va modifier le trajet des rayons lumineux. Chaque pixel sera atteint alors par des rayons lumineux différents qui n'auront pas eu le même trajet au sein de la lunette.

Étape 22 :

- Placer la boîte à flat **❶** sur la lunette.
- Éclairer le plus uniformément possible la boîte à flat avec une lampe.
- Prendre une dizaine de photographies pendant un temps de pose de quelques secondes.



Étape 23 :

- Pour être exploitable le flat ne doit pas saturer et la dynamique doit être bien répartie.
- La majorité des pixels doit ainsi se situer entre $1/2$ et $2/3$ de la dynamique.
- On peut faire apparaître l'histogramme des valeurs des pixels en appuyant sur la touche *disp* de l'appareil. Sur l'histogramme, on observe l'évolution du nombre de pixels en fonction de leur valeur. Sur la figure ci-contre, on peut voir que la majorité des pixels se situe un peu au-dessus de la moitié de la dynamique.
- Si la majorité des pixels se situe au delà de $2/3$ de la dynamique sur l'histogramme, il faut diminuer le temps de pose du flat ou l'éclairement.
- Si la majorité des pixels se situe en dessous de $1/2$ de la dynamique, il faut augmenter le temps de pose ou l'éclairement.



Il est possible de réaliser des flats juste avant la nuit d'observation sur le fond du ciel au crépuscule, qui est alors uniforme. Cependant cela est délicat, car il faut éviter la présence d'étoiles sur le flat. Il faut alors se dépêcher de les réaliser avant que la nuit ne tombe.

Le dark ou noir permet de corriger les images du bruit thermique et doit être réalisé à la même température avec le même temps de pose que les photographies à traiter. Si on a pris des photographies avec différents temps de pose, il faudra réaliser une série de darks pour chaque temps de pose utilisé.

L'offset ou bias permet de corriger les images du bruit de lecture dû à la mise sous tension du capteur CCD. Il doit être réalisé à la même température avec le temps de pose le plus petit possible permis par l'appareil.

Étape 24 :

- Mettre le cache ❶.
- Pour le dark : prendre une dizaine de photographies avec un temps de pose égal à celui des photographies à traiter.
- Pour l'offset : prendre une dizaine de photographies avec le plus petit temps de pose possible permis par l'appareil.



Il n'est pas nécessaire de laisser l'appareil sur la lunette pour réaliser les darks et les offsets. On peut tout à fait prendre les darks et offsets avec l'appareil seul, recouvert de son cache.

5 Rangement

Il faut ensuite procéder au rangement en démontant les éléments du dispositif dans l'ordre inverse du montage. Il faudra particulièrement veiller lorsque l'on démontera la lunette et le contrepoids à garder les freins des deux axes serrés. En effet, lorsque l'on enlève des éléments, on rompt l'équilibrage des axes, qui peuvent basculer immédiatement si les freins ne sont pas serrés. Si on enlève un contrepoids, la lunette ou l'appareil photographique pourraient buter dans les pieds ce qui risquerait de les endommager. Pour éviter cela, il faut garder les freins serrés et démonter la lunette en premier.