

La collimation consiste à aligner les axes optiques des différents miroirs d'un télescope.

Ce texte doit être complété par une manipulation sur le terrain, afin de bien comprendre les subtilités et les difficultés de la méthode.

Pourquoi collimater son instrument ?

Les performances d'un télescope sont données par le constructeur pour des réglages parfaits de son instrument, pour un ciel parfaitement transparent et une turbulence nulle. On entend parler de résolution de 0,6 secondes d'arc pour un 200 mm, ou de la possibilité d'un grossissement de 2 ou 2,5 fois le diamètre (400 à 500 fois pour un 200 mm de diamètre).

Ces valeurs peuvent être atteintes facilement en orbite autour de la Terre avec un bon réglage des optiques, mais la totalité des astronomes amateurs circule sur le plancher des vaches, et est enveloppée d'une atmosphère qui certes nous permet de respirer, mais qui nous empêche la plupart du temps d'obtenir des images à 0,6" d'arc de résolution. Une turbulence réputée bonne brouille les images à 1 seconde d'arc.

Quant au grossissement maximum réellement utilisable, il est fonction de la qualité du ciel, mais aussi, comme la résolution limite, des réglages du télescope ou de la lunette.

Dans l'éternel dilemme du choix entre un télescope et une lunette, ma réponse est claire : le diamètre est le principal facteur à prendre en considération. Un télescope de 200 mm sera toujours meilleur en termes de résolution qu'une lunette de 150 mm, à condition que le premier soit parfaitement collimaté (et que son obstruction ne soit pas trop importante).

Collimater quoi ?

En règle générale, les instruments composés d'éléments optiques à faces sphériques (ou asphériques) transparentes comme les lunettes, sont alignés en usine et ne possèdent pas de réglages de collimation, sauf pour le très haut de gamme.



Les télescopes, quelle que soit leur formule optique, comportent au moins deux éléments optiques (2 miroirs) dont les axes optiques doivent être alignés, afin que la lumière arrive sur notre fragile rétine dans les meilleures conditions, via un bon oculaire. Plusieurs réglages sont nécessaires selon le télescope.



Quand collimater ?

Tout dépend de l'utilisation faite du télescope. Dans tous les cas, chaque mise en station doit être suivie au pire par un contrôle de la collimation, afin d'évaluer la qualité des images que l'on va observer.

Si le télescope est planté pour une observation publique, ou pour initier des personnes non spécialistes, la première des deux phases décrites ci-après et le début de la deuxième peuvent être réalisées.

Si au contraire on cherche la meilleure qualité d'image possible avec le ciel disponible, alors une collimation complète doit être effectuée, non seulement à chaque mise en station, mais aussi pour chaque direction d'observation, l'ultime étape de la collimation étant sensible à la position du miroir. Mais là, on cherche à s'approcher de la perfection.



Où collimater ?

La première phase, l'alignement grossier d'un Newton, peut être réalisée au chaud, à la maison.

La deuxième phase doit se faire sur un bon site d'observation, à l'aide d'une étoile bien choisie, et en respectant un certain nombre de règles décrites plus loin.



Qui peut collimater un instrument ?

Une collimation correcte est à la portée de tous, à condition de suivre à la lettre quelques préceptes. Le résultat en vaut la peine car une bonne collimation peut transfigurer un télescope.



Comment collimater ?

L'alignement des axes optiques des miroirs d'un télescope se fait en deux temps : un alignement grossier, et un alignement fin.

On s'assurera d'abord que le miroir secondaire renvoie bien la lumière vers l'oculaire. Pas de problème de ce côté avec un Schmidt-Cassegrain, cet alignement grossier est permanent et l'on pourra passer directement à la phase 2. Pour un Newton, la hauteur et l'orientation du miroir plan vers l'oculaire est un jeu d'enfant si le télescope est bien conçu. La phase 2 permet le réglage fin de l'alignement et nécessite une étoile.

Un petit mot sur la manipulation des vis de réglage de collimation. Elles sont poussantes, tirantes ou tirantes-poussantes (deux jeux de vis) selon les modèles.

Poussantes



Tirantes-poussantes

De nombreux miroirs secondaires (en particulier les Schmidt-Cassegrain) possèdent 3 vis poussantes, orientant le miroir autour d'un axe central fixe.

Pour modifier l'orientation du miroir, il faut commencer par dévisser une ou deux vis, avant de serrer les deux autres, ou l'autre, ceci afin d'éviter les contraintes sur le support du miroir.

Autre remarque : les vis ne doivent pas être complètement serrées ou complètement desserrées. Les ajustements de réglages se font sur des fractions de tours de vis. Si trois tours sont nécessaires en phase 2, vous êtes sur un gros problème !

Phase 1 : alignement grossier des miroirs primaire et secondaire.

Cette phase est nécessaire dans le cas d'un Newton, les deux miroirs primaire et secondaire étant réglables séparément.

Cette première phase se décompose en plusieurs étapes :

Etape 1-1 : Déjà décrite précédemment, cette étape consiste à faire ressortir la lumière par l'oculaire et dans son axe. Le réglage se fait en hauteur et en orientation.

Etape 1-2 : En application du principe du retour inverse de la lumière, deux miroirs alignés dans le sens : étoile, primaire, secondaire et oculaire, sera aussi aligné dans le sens inverse : oculaire, secondaire, primaire, étoile.

C'est ce deuxième trajet qui nous sera utile ici. En positionnant l'œil à la place de l'oculaire, au milieu du porte-oculaire, le miroir primaire doit être vu totalement, et centré.

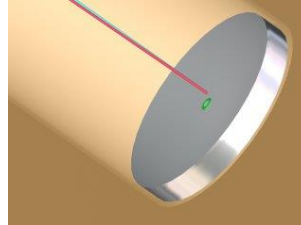
Afin de faciliter le centrage de l'œil dans le porte-oculaire, on peut utiliser une boîte de cartouche de film 135 mm (24x36) sans bouchon, et dont le fond est percé d'un trou centré d'environ 1 mm de diamètre. L'ustensile est inséré en lieu et place de l'oculaire, et l'on

regarde la position du miroir primaire par l'orifice pratiqué. Ce petit objet facilement réalisable, est vendu sous le nom d'accessoire de collimation.

Une autre solution consiste à utiliser un appareil à laser.

Il est composé d'une source laser de faible puissance, type crayon de conférencier. L'appareillage est placé dans le porte-oculaire et émet un rayon laser parfaitement dans l'axe de l'oculaire, vers le miroir secondaire, puis le primaire.

A cette étape, il s'agit d'envoyer la lumière du laser, en réglant les vis du miroir secondaire, au centre du miroir primaire.



Secondaire mal positionné

Ce centre peut être préalablement repéré en confectionnant un calque en papier du diamètre exact du miroir primaire, et en repérant le centre tranquillement à son bureau. Une règle et un compas suffisent. Une fois le centre repéré sur le calque, on peut aisément le reporter sur le miroir en collant par exemple un œillet de renfort de feuilles perforées (matériel de bureau de moins en moins courant). Ne pas cacher le centre exact, sinon la lumière du laser ne s'y réfléchit plus et on en a besoin pour l'étape suivante.

Etape 1-3 : Il s'agit d'orienter le miroir primaire de façon à renvoyer la lumière sur le miroir secondaire. En utilisant la boîte de film 24x36 percée, il faut, en utilisant les vis de réglage du primaire, obtenir le centrage de l'image du miroir secondaire. On doit observer deux cercles parfaitement concentriques.

L'appareil à laser simplifie l'évaluation du centrage. Il s'agit de renvoyer le faisceau d'où il vient, c'est-à-dire au niveau de l'émetteur de lumière. Le réglage se fait également en jouant sur les vis du miroir primaire.



Le trajet parfait du laser est alors : centre du porte oculaire, centre du secondaire, centre du primaire, re-centre du secondaire, et retour au centre du porte-oculaire.

Phase 2 : alignement fin à l'aide d'une étoile.

Cette phase est réalisée à l'aide d'étoiles (deux en général) choisies pour leur position dans le ciel et pour leur luminosité. Comme pour la phase 1, nous diviserons cette phase en plusieurs étapes. Pour l'ensemble de ces points, les règles suivantes sont à respecter, et ce d'autant mieux que l'on se rapproche du réglage ultime, de la collimation parfaite :

- Le télescope doit être en station et pouvoir suivre une étoile sans correction pendant les contrôles.
- Le télescope doit être en température. Un écart supérieur à 1 °C entre la masse du miroir primaire et l'ambiante suffit à provoquer des turbulences instrumentales telles que les derniers réglages sont impossibles. Grossièrement, mettre en température un miroir de 200 mm prend au moins 1 heure, et il faut compter 2 à 3 heures pour un 300 mm. Ces chiffres approximatifs varient selon la masse et la nature du verre composant le miroir et la différence initiale de température entre le miroir et l'ambiante.
- La turbulence doit être réduite au minimum. Malheureusement, nous n'y pouvons rien, sauf en ce qui concerne la turbulence instrumentale et locale (ne pas fumer dans l'axe de visée !).

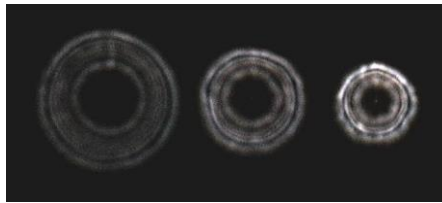


Plus sérieusement, éviter les habitations, les voitures ou les télescopes des copains dans l'axe de visée... Si la turbulence atmosphérique est trop forte, les anneaux de diffraction ne seront pas visibles, l'image sera instable.

- La collimation doit se faire avec le montage optique qui sera utilisé par la suite. Si les observations de la soirée se font à l'aide d'un renvoi coudé, il faut l'utiliser pour collimater. Si la soirée est consacrée à l'imagerie sans renvoi coudé, effectuer la collimation sans cet accessoire. Si le renvoi coudé est utilisé, il faudra tenir compte du renversement de l'image lors des réglages.

Etape 2-1 : Centrage par défocalisation

- a - L'étoile servant au test est brillante (magnitude de 0 à 2) et haute dans le ciel, afin de réduire au minimum la turbulence, et aussi près de l'objet à observer que possible. On commence par un oculaire donnant un grossissement de la moitié environ du diamètre de l'instrument en mm (100 fois pour un 200 mm). A noter que si l'on n'utilise pas de renvoi coudé sur un Schmidt-Cassegrain, la position haute de l'étoile engendre des positions peu confortables pour le pauvre astronome amateur... Si un renvoi coudé est utilisé, lui conserver toujours la même orientation, ce qui facilite le repérage des corrections à apporter. Pour simplifier, le télescope regardant vers le nord, placer le renvoi coudé dans le plan du méridien.
- b - Décaler la mise au point de façon à obtenir, au centre du champ, un cercle de lumière clair, avec à l'intérieur (au centre ou pas si l'instrument est très décollimaté...) un cercle sombre qui n'est autre que l'image du miroir secondaire. Plus le décalage de la mise au point est important, plus l'image des miroirs est grande et moins lumineuse.



Le cercle brillant doit occuper environ le quart du champ en diamètre.

- c - Centrer le cercle brillant au milieu du champ de l'oculaire.
- d - Evaluer l'orientation du décentrement du cercle sombre par rapport au cercle brillant. On utilise généralement la notation horaire : la droite est à 3h, le bas à 6h, etc...
- e - Agir sur les vis de collimation du miroir secondaire sur un Schmidt-Cassegrain, ou sur celles du primaire sur un Newton, de façon à déplacer l'image dans la direction du renflement du décentrement.



Ne pas oublier de d'abord dévisser avant de visser les autres vis. Repérer par tâtonnement les vis sur lesquelles agir selon la correction à effectuer, et l'amplitude des corrections. Commencer par un maximum d'un quart de tour de l'une des trois vis, en notant laquelle, et dans quel sens.

- f - L'action sur les vis a déplacé l'image de l'étoile dans l'oculaire. Il est impératif de la ramener au centre avec la raquette de commande.

La collimation se juge au centre du champ.

À ce moment seulement on peut estimer l'effet de l'action précédente.

- g - Procéder ainsi par approches successives jusqu'au centrage exact du cercle sombre à l'intérieur du cercle brillant.
- h - Changer d'oculaire et grossir jusqu'à 1 fois le diamètre. L'image plus grossie montre mieux un éventuel décentrement résiduel non vu avec un oculaire de plus longue focale. Reprendre les réglages au point c.

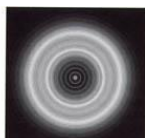
Etape 2-2 : Image intra et extra focale

Ici, il ne faut pas hésiter à grossir beaucoup (2 fois le diamètre ou plus).

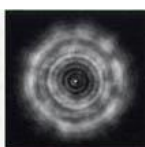
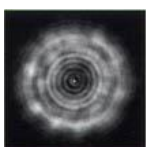
Amener l'étoile au centre du champ et ajuster la mise au point. Tourner la molette de mise au point dans un sens et dans l'autre pour défocaliser en intra et en extra focale.

Les images des miroirs grossissent et rapetissent avec les mouvements de mise au point. Les images doivent être parfaitement symétriques dans les deux sens (intra et extra focale). Les rectifications sur les vis de collimation sont ici très faibles, largement moins d'un huitième de tour.

Cette étape permet également de repérer l'astigmatisme de l'optique, lorsque les images intra et extra focales sont dissymétriques. Se rapprocher de la mise au point permet de mieux évaluer les décentrement.



Bonne collimation (images théoriques)



Images intra et extra focales (images réelles)



Astigmatisme

Lorsque le résultat est obtenu, passer à l'étape suivante, la plus difficile, mais la plus spectaculaire quant aux résultats.

Etape 2-3 : Les anneaux de diffraction

Le miroir est en température, la turbulence (instrumentale, locale et atmosphérique) est très faible voire nulle. Si ce n'est pas le cas, cette étape est irréalisable...

L'étoile doit être changée. Nous avons besoin maintenant d'une étoile de magnitude entre 2 et 4. Le test se fait avec le plus gros grossissement possible, image toujours centrée dans le champ, et mise au point optimale.

L'image d'un objet ponctuel (une étoile) vue à travers un système optique n'est malheureusement pas un point, mais un cercle brillant de taille non nulle, entouré de plusieurs cercles brillants concentriques. C'est la « tache de diffraction ».

Dans le cas d'un instrument parfaitement collimaté, les cercles autour de la tache centrale sont concentriques. Cette remarque va nous servir. Il suffira (mais la tâche est ardue...) de visualiser les anneaux de diffraction, et de les centrer autour de la tache centrale pour terminer notre collimation.

La même technique de travail sur les vis de collimation est utilisée, mais avec des mouvements extrêmement délicats, de très, très faible amplitude. Les spécialistes de cette technique parlent de torsion de clé (ou de tournevis). La vis ne semble pas bouger...

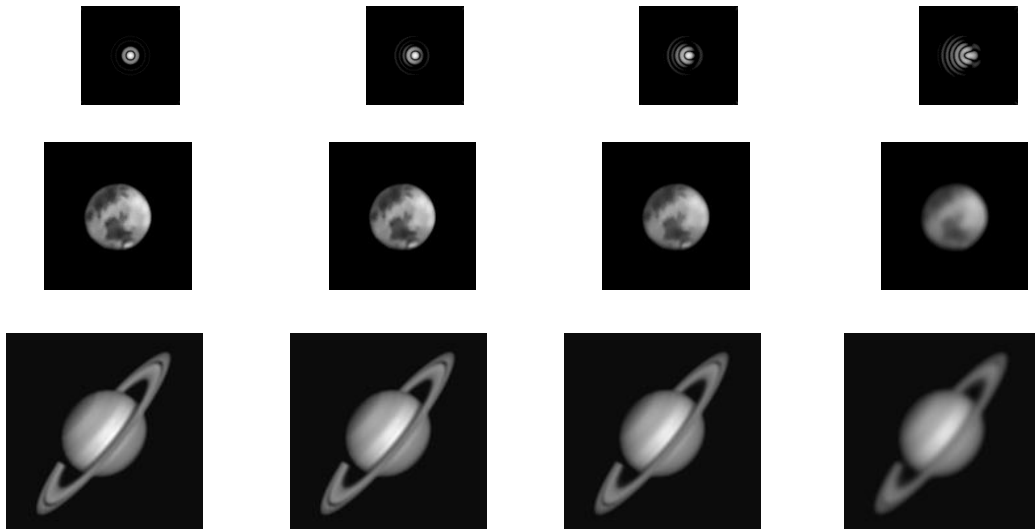
On peut décomposer l'obtention de l'image parfaite en 3 stades :

- Les anneaux de diffraction apparaissent, mais d'un côté seulement. On peut parler d'« arcs de diffraction ».
- Les anneaux sont complets visuellement, mais plus brillants d'un côté.
- Les anneaux sont complets et uniformes tout autour de la tache centrale. La collimation est parfaite.



Même si la turbulence est très faible, le fort grossissement engendre des mouvements de l'image de diffraction, ce qui rend l'évaluation de la collimation très difficile et nécessite une bonne expérience.

Les résultats :



A noter que l'étoile, objet ponctuel par excellence, et de plus située à l'infini (ou pas loin...) peut être remplacée par une bille en acier de 3 à 5 mm de diamètre, fortement éclairée, placée aussi loin que possible de l'instrument à collimater. On peut assimiler la lumière réfléchie par la bille à un objet ponctuel. Cette méthode est à éviter si l'on observe ou photographie après la collimation (rien ne vaut une vraie étoile). Elle a en revanche l'avantage de ne pas être soumise à la turbulence, et de bien montrer les anneaux de diffraction. Très didactique et utile pour apprendre la méthode.