

LA COLLIMATION DES TÉLESCOPES ET LE TEST OPTIMAL SUR UNE ÉTOILE BRILLANTE

Par Denis Bergeron

http://www.astrosurf.com/d_bergeron/astronomie/Bibliotheque/collimation/collimation.htm#T%E9lescope%20parfaitement%20collimat%E9

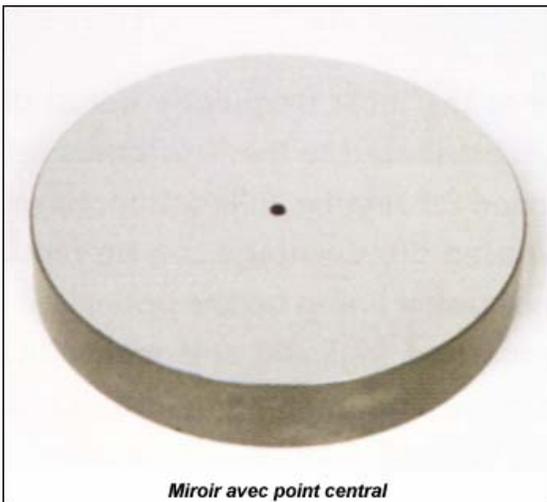
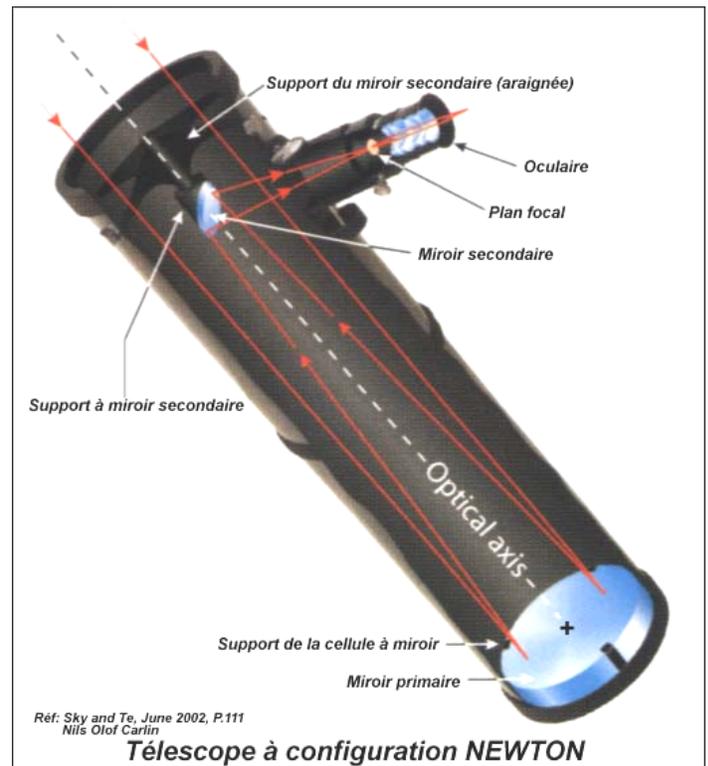
Introduction

La collimation des composantes optiques d'un télescope devrait faire partie intégrante des habitudes des astronomes amateurs. Il est essentiel et obligatoire d'apprendre à collimater parfaitement ses instruments si on veut profiter au maximum des performances optiques de ceux-ci. S'il est un sujet qui suscite tant de débat, c'est bien celui-là. Pourtant, en y pensant bien, elle est relativement facile à réaliser.

Avant de procéder, il est important de comprendre comment fonctionne un télescope. Dans le présent dossier, il sera question de la collimation des télescopes de configuration Newton et Schmidt-Cassegrain de type Meade ou Celestron qui sont les plus populaires sur le marché. La dernière section expliquera en détail comment effectuer une collimation OPTIMALE sur une étoile brillante fortement grossie et comment analyser l'aspect des anneaux de diffraction en position extra et intra focus pour déceler quelques anomalies et défauts optiques.

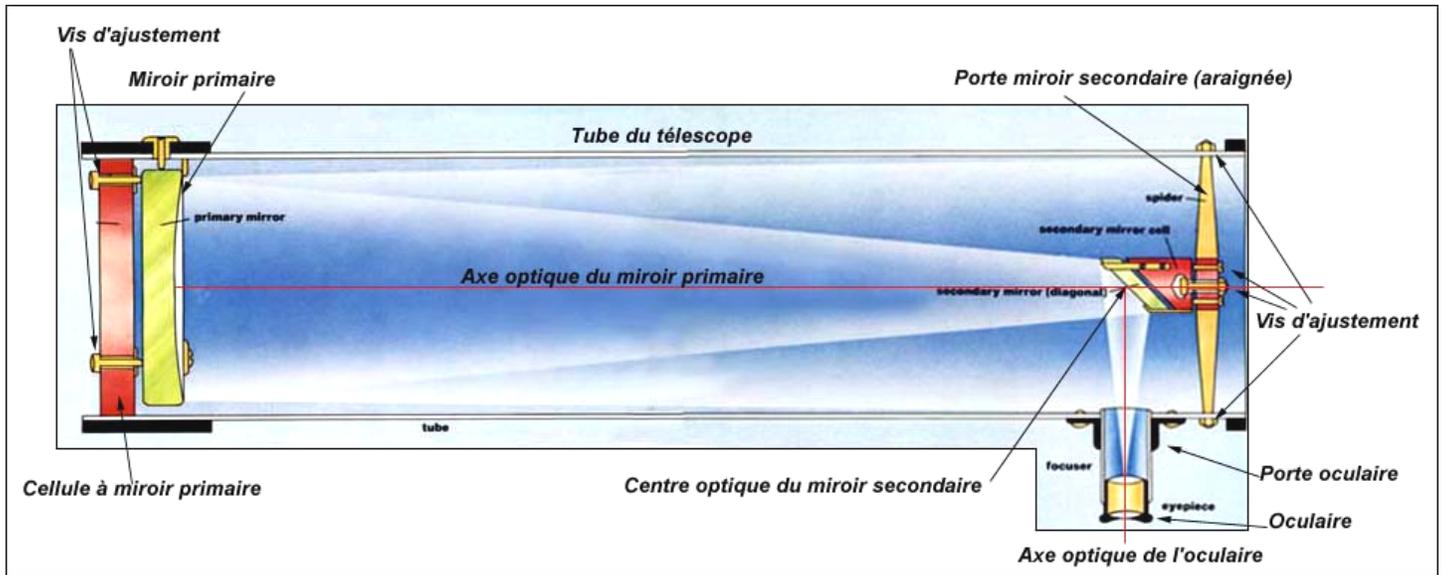
Principe de fonctionnement des télescopes de configuration Newton

La plupart des télescopes que l'on retrouve sur le marché sont de configuration Newton. C'est le type de télescope qui est le plus simple à fabriquer et à utiliser. La lumière provenant de l'infini entre par l'ouverture à l'avant puis est réfléchi sur le miroir primaire. Ce miroir primaire dont la courbure est parabolique possède un certain diamètre avec une longueur focale précise et converge les rayons réfléchis vers le foyer dont la dimension est un disque de diffraction de quelques microns de diamètre. Pour être en mesure de pouvoir voir l'image, un miroir secondaire plan d'un diamètre (petit axe ou minor axis) calculé est fixé sur un support en forme d'araignée retenue par une, trois ou quatre lames. Sur le dessus du télescope, un porte oculaire de 1.25" ou 2" à tube coulissant est fixé perpendiculairement au tube principal. C'est à cet endroit que l'on insère les différents oculaires qui donneront les grossissements et les champs nécessaires pour observer nos objets célestes. Le miroir principal repose dans une cellule ajustable et le porte miroir secondaire (araignée) possède également des vis d'ajustement. En aucun cas, la pression exercée par les attaches qui retiennent ces composantes ne doit être excessive. Sinon, on risque de déformer la courbure de ces composantes (pinched mirror) qui dégraderait sérieusement l'image (astigmatisme).

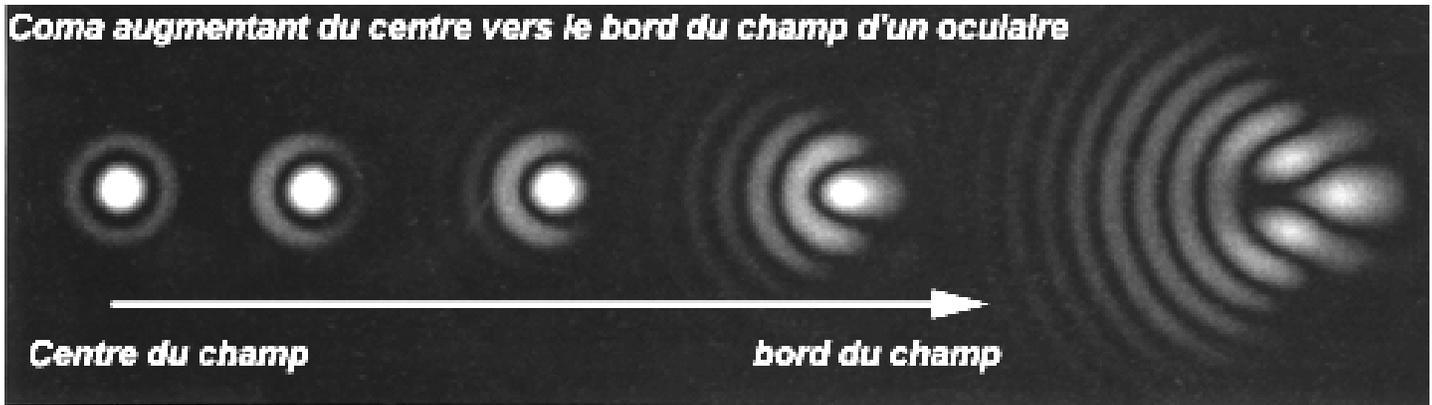


La procédure de collimation est grandement facilité si nous traçons un point noir au centre du miroir. Il suffit de mesurer exactement le diamètre du miroir et avec un compas, on dessine sur un morceau de papier, un carton ou un acétate un cercle du même diamètre en prenant soin de percer un trou d'environ 1 à 2mm de large au centre. On découpe soigneusement notre patron et on le place sur le miroir. Ce patron doit épouser parfaitement la forme de votre miroir. A l'aide d'un crayon feutre noir indélébile, on trace notre point au centre du miroir. Ce point central doit être bien visible. Il est primordial à ce que le miroir dans sa cellule arrive parfaitement au centre du tube du télescope.

La collimation consiste à aligner parfaitement l'axe optique du miroir primaire au centre du porte oculaire. Pour être encore plus explicite, l'axe optique du miroir primaire doit arriver au centre optique du miroir secondaire qui lui doit être parfaitement centré au milieu du porte oculaire. Le schéma ci-dessous explique très clairement le trajet des rayons lumineux réfléchis par le miroir primaire.



Un point important à souligner ici est la présence de coma (étoiles ressemblant à de petites comètes) à mesure qu'on s'éloigne de l'axe optique.



Même pour un miroir parabolique d'une très grande précision, la coma dépend uniquement du rapport focal du miroir primaire. Plus le rapport focal FL/D sera petit, plus la coma sera importante. Pour illustrer cette aberration, on détermine par des formules mathématiques le diamètre libre de coma selon le rapport focal du miroir primaire. Le tableau suivant montre très bien que plus notre rapport focal est petit, plus le diamètre sans coma diminue.

Diamètre linéaire de la zone sans coma autour de l'axe optique du miroir principal		
F4	0.06 pouces	1.4mm
F4.5	0.08 pouces	2.0mm
F5	0.11 pouces	2.8mm
F6	0.19 pouces	4.8mm
F8	0.44 pouces	11mm
F10	0.44 pouces	11mm

A mesure qu'on s'éloigne de la zone sans coma, la présence de coma se fait de plus en plus visible. Le seul moyen d'éliminer cette aberration, c'est d'employer des oculaires de très grande qualité (Plossl ou Nagler) ou une lentille de correction de coma (coma corrector). En faisant la collimation finale du télescope sur une étoile, il est essentiel de toujours maintenir celle-ci au centre de l'oculaire pour demeurer dans la zone sans coma.

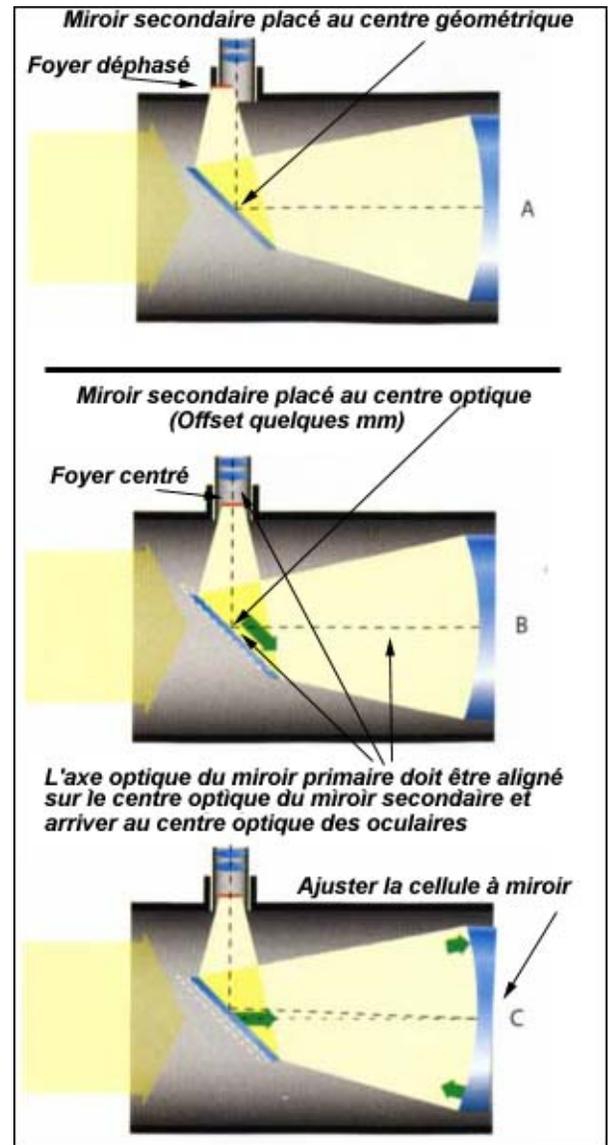
Un autre point important à souligner est la position du CENTRE OPTIQUE du miroir secondaire. C'est celui-ci qui doit arriver au centre du porte oculaire et être parfaitement aligné sur l'axe optique du miroir primaire. Il ne faut pas le confondre avec le centre géométrique de l'ellipse du miroir secondaire. Il existe des formules pour calculer le OFFSET, c'est à dire la distance en millimètre qu'il faut déplacer le miroir secondaire pour le placer au centre optique.

$$\text{OFFSET (mm)} = (\text{DIMENSION DU PETIT AXE DU MIROIR SECONDAIRE (mm)}) / (4 \times (\text{FL/D}))$$

Par exemple, pour un miroir secondaire dont le petit axe (minor axis) est de 50mm et dont le rapport focal du miroir primaire est de F4, on retrouvera un offset de 3.125mm entre le centre géométrique et le centre optique. L'utilisation du Cheshire qu'on verra plus loin permet de placer parfaitement le miroir secondaire au centre optique sans le besoin de calculer l'offset.

Il est cependant nécessaire d'expliquer ici pourquoi il est important de placer le miroir secondaire au centre optique et non au centre géométrique. Si on place le miroir secondaire au centre géométrique de l'ellipse (figure A dans l'image de droite), le foyer arrivera décalé au centre du porte oculaire. On arrive plus au centre optique des oculaires. On perd donc de la lumière. La figure B illustre la position du foyer si on place le miroir secondaire au centre optique. Le foyer arrive parfaitement au centre optique des oculaires ou au centre du porte oculaire. Par contre, on doit ajuster les vis d'ajustement de la cellule à miroir (figure C du schéma de gauche) pour aligner l'axe optique du miroir primaire au centre optique du miroir secondaire.

Pour effectuer la collimation, il existe sur le marché des outils facilitant cette fonction. A mon avis et de l'avis de nombreux astronomes, le meilleur outil de collimation est le TUBE DE VISÉE appelé CHESHIRE. Cet outil consiste en un tube de 1.25" de diamètre par 5" (12cm) de long percé à une extrémité d'un petit trou situé au centre et à l'autre extrémité, on y retrouve une croix métallique (mire). Sur le côté, on y retrouve une ouverture pour y laisser passer la lumière. Le CHESHIRE permet de collimater parfaitement tout type de télescope. Durant la nuit, il est possible de vérifier la collimation du télescope en éclairant l'ouverture placée sur le côté permettant de voir la mire du Cheshire. Cet outil est très utile et peu dispendieux (environ \$40 US). D'autres outils comme le COLLIMATEUR LASER peuvent être utilisés pour aligner le centre optique du primaire sur l'axe optique du secondaire mais il nous est impossible d'aligner le miroir primaire comme nous le verrons plus loin. Le CHESHIRE est donc l'outil de collimation par excellence.



La collimation d'un télescope à configuration NEWTON

La collimation des composantes optiques d'un télescope Newton se résume en trois étapes logiques avec le Cheshire. Il est important de comprendre le principe puis d'appliquer les étapes de collimation. Vous devez connaître les principales composantes de votre télescope et comprendre leurs rôles dans le fonctionnement de l'instrument.

La partie précédente explique le fonctionnement du télescope Newton. La collimation de ce type de télescope consiste à aligner l'axe optique du miroir primaire sur le centre optique du miroir secondaire qui lui arrivera parfaitement au centre du porte oculaire par conséquent au centre optique des oculaires. Voilà le but recherché.



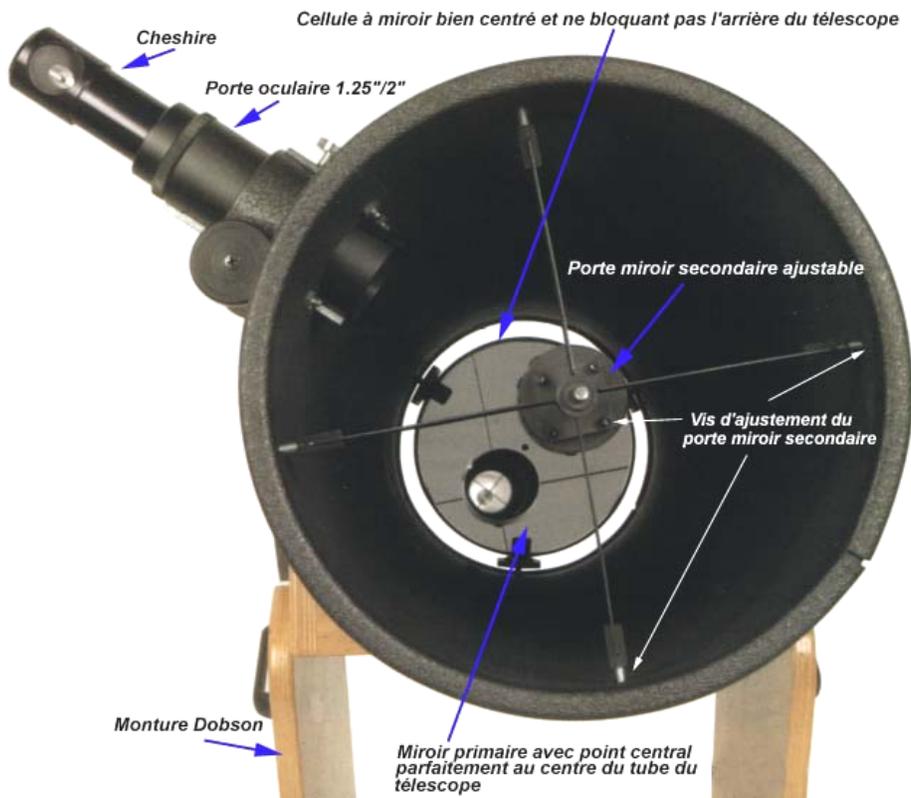
Avant de débuter les étapes de la collimation, il est important d'apprendre à reconnaître les différentes composantes optiques du télescope lorsqu'on regarde à travers le tube du porte oculaire (sans oculaire). L'image de droite montre ces composantes.

Il est important de reconnaître le miroir secondaire et son support, la réflexion du miroir secondaire sur le miroir primaire, les lames du support du porte miroir secondaire et le point central dessiné sur le miroir primaire.

Une fois que l'on reconnaît facilement ces composantes, nous pouvons commencer les étapes de collimation. Avant de débuter, il est primordial de s'assurer que le miroir arrive parfaitement au centre intérieur du tube ainsi que le porte miroir secondaire (araignée). Le porte oculaire doit être bien fixé et parfaitement perpendiculaire au tube du télescope. A cette condition, vous pouvez commencer la collimation.

Première étape: Centrer le miroir secondaire au centre du porte-oculaire

On commence par insérer le Cheshire dans le porte oculaire (image ci-dessous). On ressort complètement le tube coulissant du porte oculaire. Ce dernier devrait être bien construit pour ne pas que le tube coulissant bouge transversalement lorsqu'on fait la mise au point.



Vue des composantes du télescope à travers le tube du porte oculaire (sans oculaire)

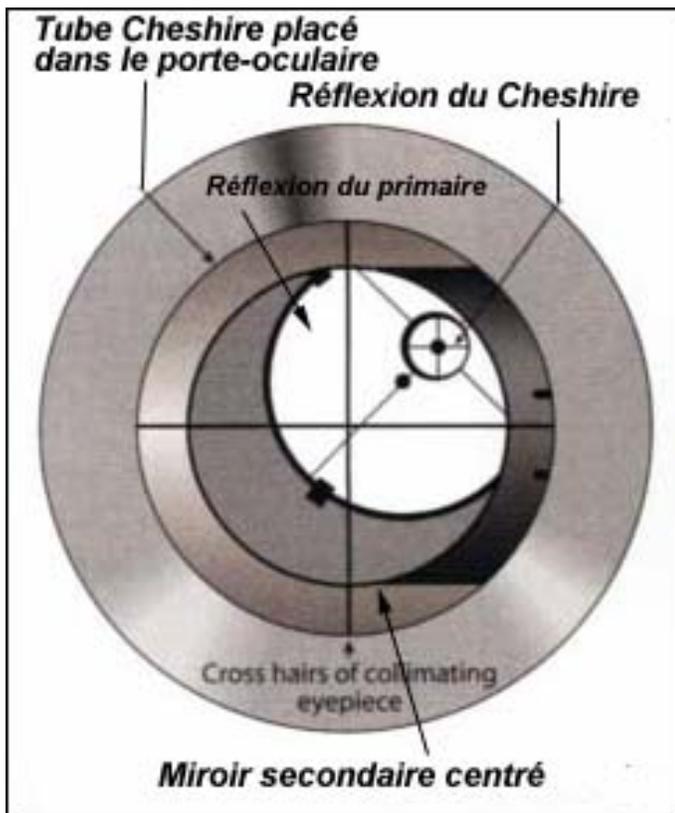
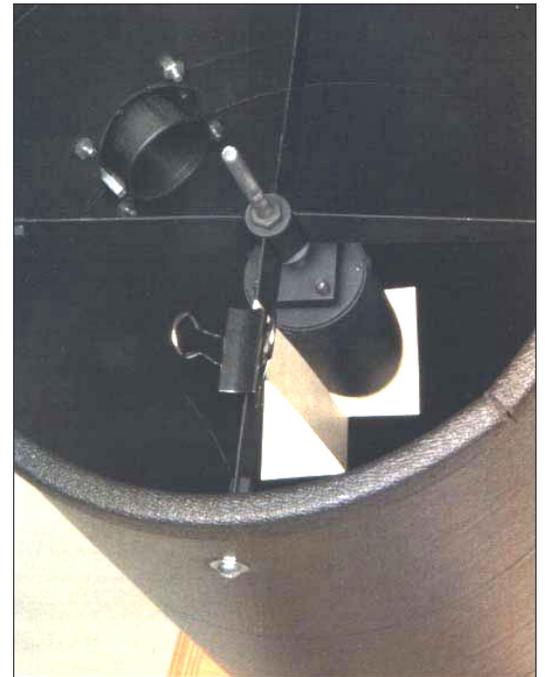
Certains portes oculaires de qualité possèdent de petites vis de pression qui permettent un dégagement uniforme du tube coulissant lors de la mise au point. On regarde à travers le petit trou du Cheshire et on regarde si le miroir secondaire est bien centré.

Si ce n'est pas le cas, on centre le miroir secondaire en se servant des vis d'ajustement du porte miroir secondaire (araignée). On peut avancer ou reculer le miroir secondaire ou le tourner sur son axe.

Pour aider au centrage du miroir secondaire, on peut mettre un petit carton pour cacher la réflexion du miroir primaire comme le montre l'image de droite. En plaçant le miroir secondaire centré dans le Cheshire, on place automatiquement le centre optique de celui-ci au centre optique du porte oculaire.

Si on doit coller le miroir secondaire, il faut le faire à cette étape. Attention de n'utiliser que de la colle blanche en mettant un petit carton mince entre la plaque métallique du porte secondaire et le miroir secondaire. L'utilisation de colle contact directement sur le métal peut créer un stress pouvant déformer la surface du miroir secondaire et créer de l'astigmatisme. On verra cet aspect plus loin dans le document.

L'aspect du miroir secondaire vu à travers le Cheshire devrait être un beau cercle bien rond (image ci-dessous) et non une forme ovale. Il faut parfois ajuster l'angle du porte miroir secondaire pour pouvoir centrer le miroir au centre du porte oculaire.



Il est recommandé de faire de petites fentes au lieu de trous nets aux extrémités du support là où il est fixé au tube du télescope (image à droite).

Lorsque le miroir secondaire apparaîtra bien rond et centré dans le Cheshire et que toutes les vis d'ajustement du support du miroir secondaire seront bien serrées, on peut passer à la seconde étape.



Deuxième étape: Centrer l'axe optique du miroir primaire sur le centre optique du miroir secondaire

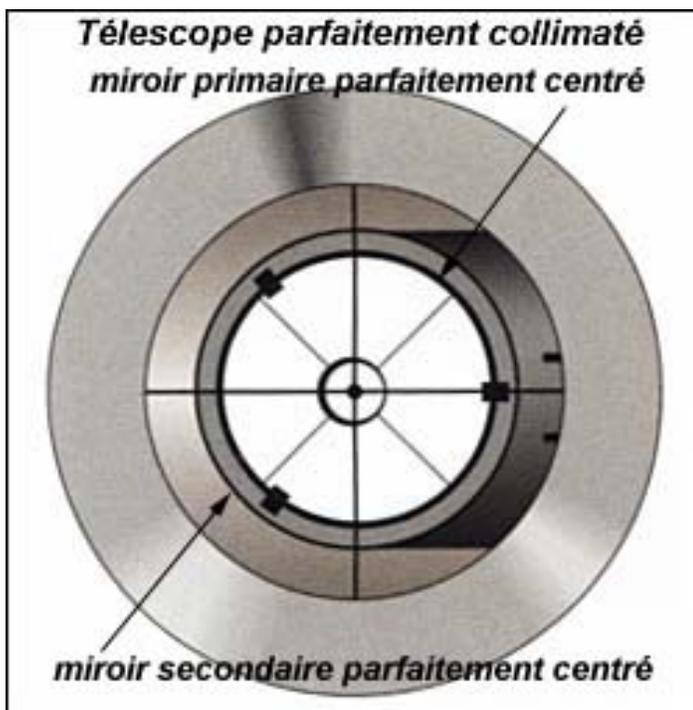
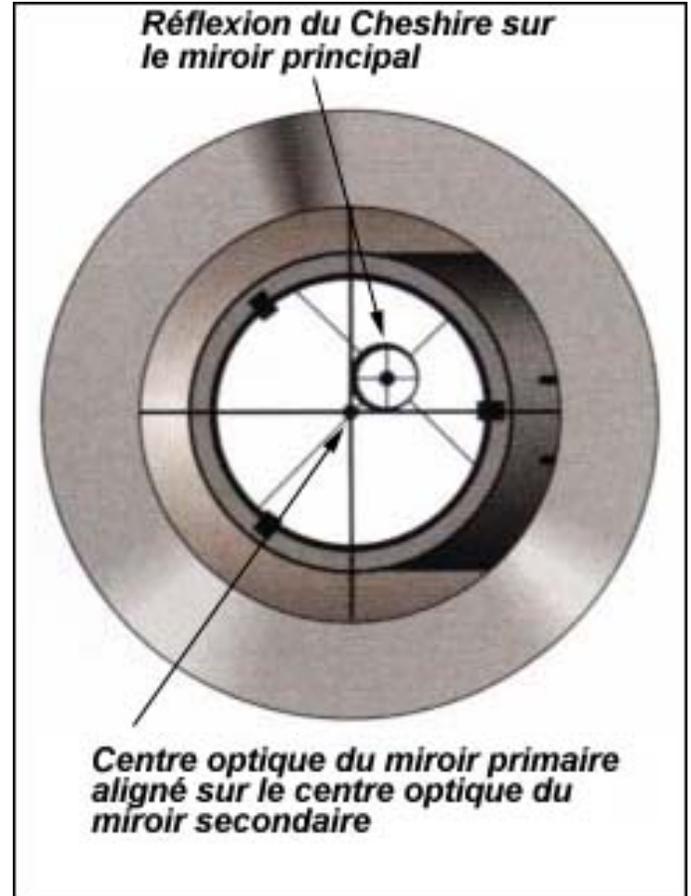
Dans cette seconde étape, il faut ajuster l'angle du miroir secondaire pour centrer l'axe optique (point central) du miroir primaire sur le centre optique du miroir secondaire. Le centre optique du miroir secondaire correspond au centre de la croix du Cheshire.

En ajustant l'angle du miroir secondaire par les vis d'ajustement du porte secondaire, il faut amener le point central du miroir primaire au centre de la réticule du Cheshire comme le montre l'image de droite. C'est à cette étape qu'un collimateur laser peut être utile.

Troisième étape: Ajuster l'angle du miroir primaire pour le centrer sur l'axe optique de toutes les composantes optiques du télescope

La troisième étape consiste à ajuster l'angle du miroir primaire de manière à le centrer sur l'axe optique de toutes les composantes optiques du télescope (miroir primaire, miroir secondaire et oculaire). Autrement dit, l'axe optique du miroir principal doit arriver sur le centre optique du miroir secondaire et au centre optique de l'oculaire. On ajuste donc en dernier lieu l'angle du miroir principal par les vis d'ajustement de sa cellule.

Si votre cellule du miroir primaire est munie de vis de blocage, vous devez en premier lieu desserrer ces trois vis. En regardant à travers le Cheshire, il faut centrer la réflexion de celui-ci exactement au milieu comme le montre l'image de gauche. C'est cette étape que vous devrez refaire à l'occasion car le miroir principal étant plus lourd a tendance à se désajuster durant le transport.



Remarquez bien que l'image du Cheshire semble légèrement décalé (offset) vers la droite dans l'ombre du miroir secondaire. Ceci est parfaitement normal à cause du léger offset entre le centre géométrique et optique du miroir secondaire.

Si vous voyez exactement ce que montre l'image de gauche dans votre Cheshire, votre télescope est parfaitement collimaté. Il ne vous restera plus qu'à faire l'ajustement optimale sur une étoile.

Si on se place devant le télescope et qu'on regarde par l'ouverture, on doit constater que la réflexion du miroir secondaire doit arriver au centre du miroir primaire comme le montre l'image de droite.



Les COLLIMATEURS LASERS sont très bien adaptés pour accomplir la deuxième étape soit d'aligner le centre optique du miroir secondaire sur le centre optique du miroir primaire. Lorsqu'on insère le laser dans le tube 1.25" du porte oculaire, la laser envoi son rayon sur le miroir secondaire qui lui, le réfléchit sur le miroir primaire. On remarque très souvent que le point réfléchi du laser sur le primaire arrive offset. Plusieurs facteurs expliquent ce qui peut se produire.

Premièrement, rien n'est assuré que le miroir secondaire est parfaitement centré comme nous l'avons vu dans l'étape 1.

Deuxièmement, si le tube coulissant du porte oculaire bouge sur son axe, le rayon réfléchi sur le miroir primaire arrivera à côté du centre optique de celui-ci.

Troisièmement, est-ce que le miroir secondaire est bien placé au centre optique? Finalement, le collimateur laser ne peut effectuer l'étape 3 qui consiste à aligner l'angle du miroir primaire sur l'axe optique de toutes les composantes du télescope.

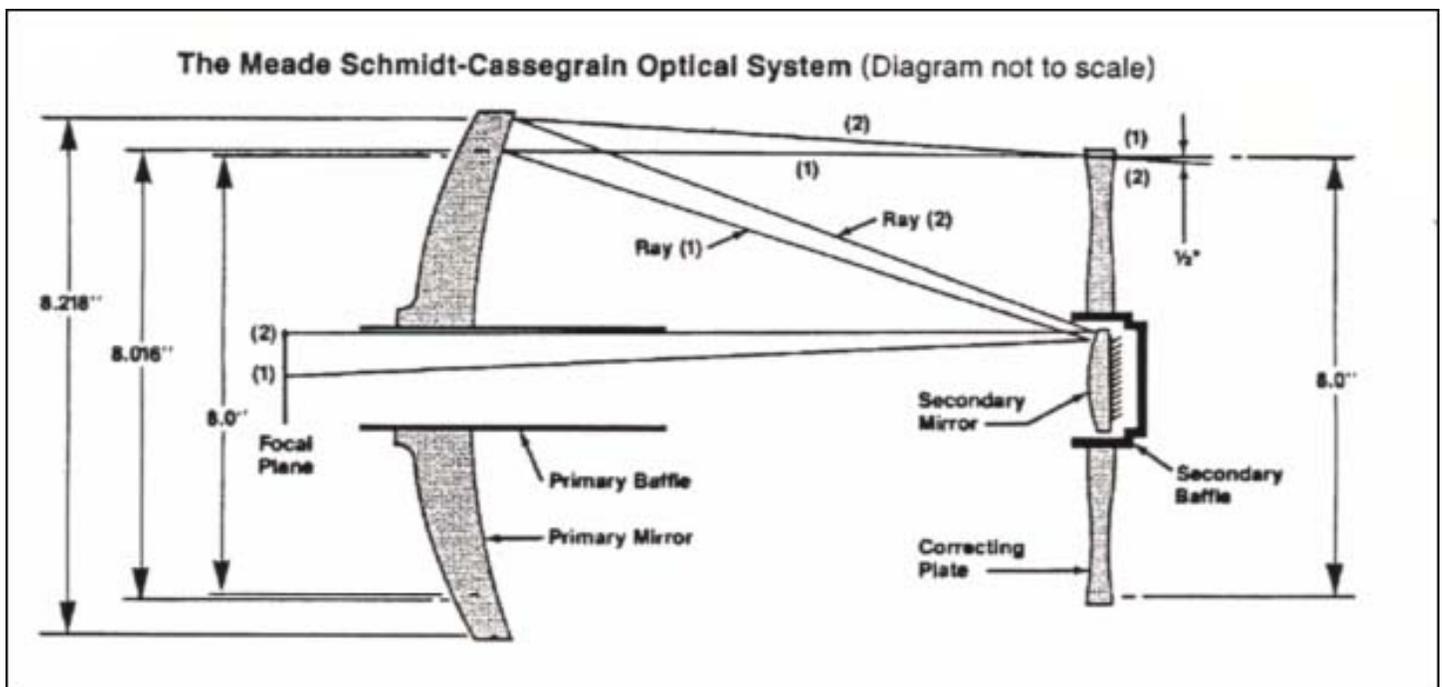
En résumé, l'outil idéal pour la collimation est sans contredit le Cheshire. En comprenant le fonctionnement des composantes optiques du télescope et en visualisant avec le Cheshire ce que nous devons obtenir à chacune des étapes, vous obtiendrez une collimation parfaite et vous n'aurez que très peu d'ajustement à faire lorsque viendra le temps de faire l'ajustement optimal de votre télescope sur le disque de diffraction d'une étoile fortement grossie. Vous verrez toute la différence.

Principe de fonctionnement des télescopes de type SCHMIDT-CASSEGRAIN (Meade ou Celestron)

Un autre type de télescope très populaire à cause de ses fonctions et de sa portabilité est le télescope de configuration SCHMIDT-CASSEGRAIN comme ceux des compagnies Meade et Celestron. La lumière venant de l'infini entre par une lentille correctrice située à l'avant du tube (schéma de droite). Les rayons sont légèrement réfractés vers le miroir primaire dont la focale est d'environ F2.

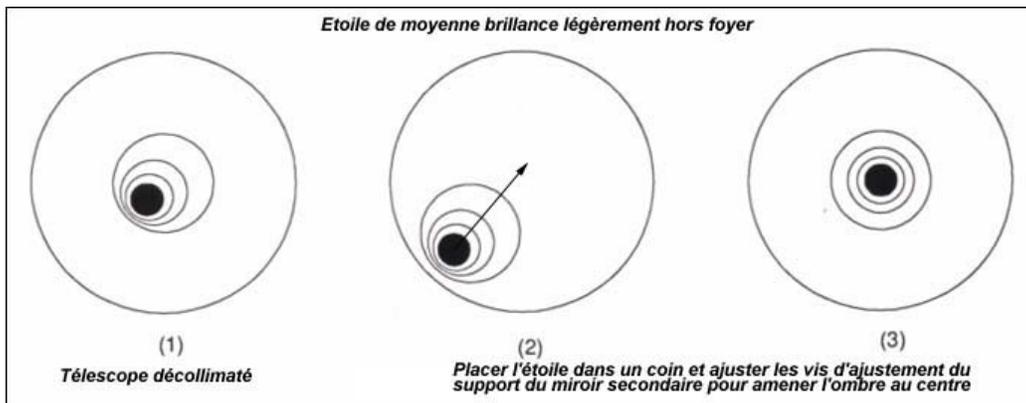
Le miroir primaire réfléchit les rayons vers un miroir secondaire convexe possédant un facteur multiplicateur de l'ordre de 5X ce qui donne un rapport focal résultant de F10. La lumière est dirigé vers un porte oculaire placé à l'extérieur au centre du miroir primaire percé. Le foyer se forme à l'extérieur du tube du télescope.

La mise au point se fait par un mécanisme qui fait que le miroir principal avance et recule sur son axe principal. Les télescopes SCT possèdent une obstruction de l'ordre de 33% diminuant très fortement le contraste de l'image.



Collimation des télescopes de configuration Schmidt-Cassegrain

Les télescopes SCT ne sont pas munis de cellule à miroir doté de vis d'ajustement. Pour collimater ce type de télescope, il suffit simplement d'ajuster les trois vis qui supportent le miroir secondaire convexe en observant une étoile de moyenne brillance placée assez haute dans le ciel (étoile polaire) et avec un grossissement moyen de l'ordre de 150X à 200X. Il faut maintenir l'étoile constamment dans le centre de l'oculaire (axe optique) et observer son apparence en mettant l'étoile légèrement hors foyer. On devrait voir un disque noir (ombre du miroir secondaire) à l'intérieur d'un autre disque brillant plus large.

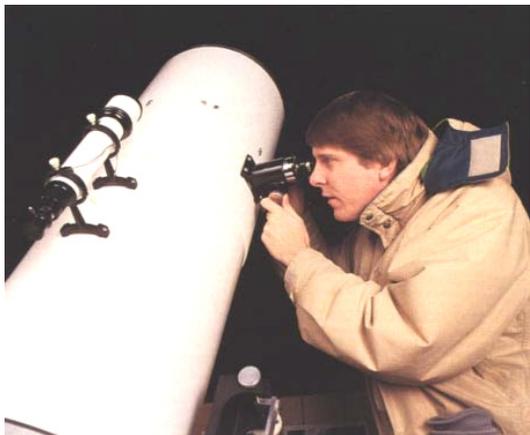


Un télescope SCT parfaitement collimaté devrait présenter un beau beigne comme le montre l'image de droite. Il faut y aller très lentement afin de ne pas perdre l'étoile. Il ne faut pas trop serrer les vis d'ajustement non plus pour ne pas endommager le mécanisme. On raffinerait ensuite la précision de la collimation sur le disque de diffraction de cette étoile mais grossie 500X.

Collimation OPTIMALE sur une étoile brillante

L'utilisation d'un outil de collimation comme le Cheshire permet d'obtenir une très grande précision de l'ordre de 98%. La collimation optimale d'un instrument doit se faire sur une vraie étoile dont la lumière provient de l'infini. L'étoile idéale est l'étoile Polaire (alpha polaris) qui brille au nord à la magnitude +2. Cette étoile est double mais on se sert uniquement de la composante principale la plus brillante. Cette étoile est placée à environ 45° au dessus de l'horizon et elle ne bouge pratiquement pas car elle est située près du pôle nord céleste. C'est donc l'étoile idéale à se servir pour obtenir une collimation optimale.

Cette étape demande un ciel stable avec une turbulence la plus faible possible. Le télescope doit être à l'extérieur depuis au moins 1 heure ou deux et même plus dépendant de la grosseur de l'instrument afin que sa température soit stabilisée avec le milieu ambiant. On évite d'observer au dessus des sources de chaleur comme les toits des maisons, des chemins asphaltés, le sable, etc. Les meilleurs endroits sont les sites dégagés en milieu forestier ou les terrains dégagés recouvert de gazon. En général, le ciel passé minuit est beaucoup plus stable et vers 3 ou 4 h du matin.



Ceux qui ont une monture motorisée peuvent choisir une étoile brillante près du zénith mais cela rend difficile l'accès aux vis d'ajustement du miroir secondaire pour ceux qui utilisent un télescope de configuration Schmidt-Cassegrain (SCT). Il est fortement recommandé d'utiliser un **FILTRE JAUNE** ou **VERT** pour isoler la longueur d'onde de la lumière la plus sensible à l'œil qui est le jaune-vert. L'emploi de tel filtre est essentiel pour tester les réfracteurs y compris les apochromatiques. L'utilisation d'un filtre vert ou jaune aide aussi à mieux interpréter les détails des figures de diffraction dans les télescopes à miroirs.

On utilise un oculaire de qualité de courte longueur focale de manière à obtenir un grossissement de l'ordre de 3X par mm de diamètre du miroir afin de dépasser la limite théorique de l'instrument. Par exemple, pour un miroir de 6" (150mm), on doit atteindre un grossissement de l'ordre 450X à 500X. On peut utiliser une lentille de Barlow de qualité pour atteindre un tel grossissement mais autant que possible, il vaut mieux éviter l'ajout de lentille et utiliser un oculaire de très courte focale. Il faut toujours garder l'étoile au centre de l'oculaire (axe optique) afin d'éviter la coma. Si le ciel est stable et que notre étoile est parfaitement au foyer, vous observerez non pas un point net mais un disque de diffraction avec un point central entouré d'un premier anneau moins brillant suivi d'un second anneau encore moins brillant. En pratique, on voit très bien le point central et le premier anneau mais pas les autres. Ce test sur une étoile brillante fortement grossie ne sert pas uniquement à raffiner la collimation mais aussi à interpréter les détails dans les anneaux de diffraction de l'étoile légèrement hors foyer qui nous donneront une foule d'informations sur le système optique en entier et pas juste sur la qualité de l'objectif. Si on met l'étoile légèrement hors foyer, on devrait la voir comme un beigne, c'est à dire que l'ombre du miroir secondaire doit être parfaitement centré dans le disque lumineux. On y percevra de petits anneaux de diffraction et ce sont l'interprétation de ces anneaux qui nous renseigneront sur une foule de données intéressantes.

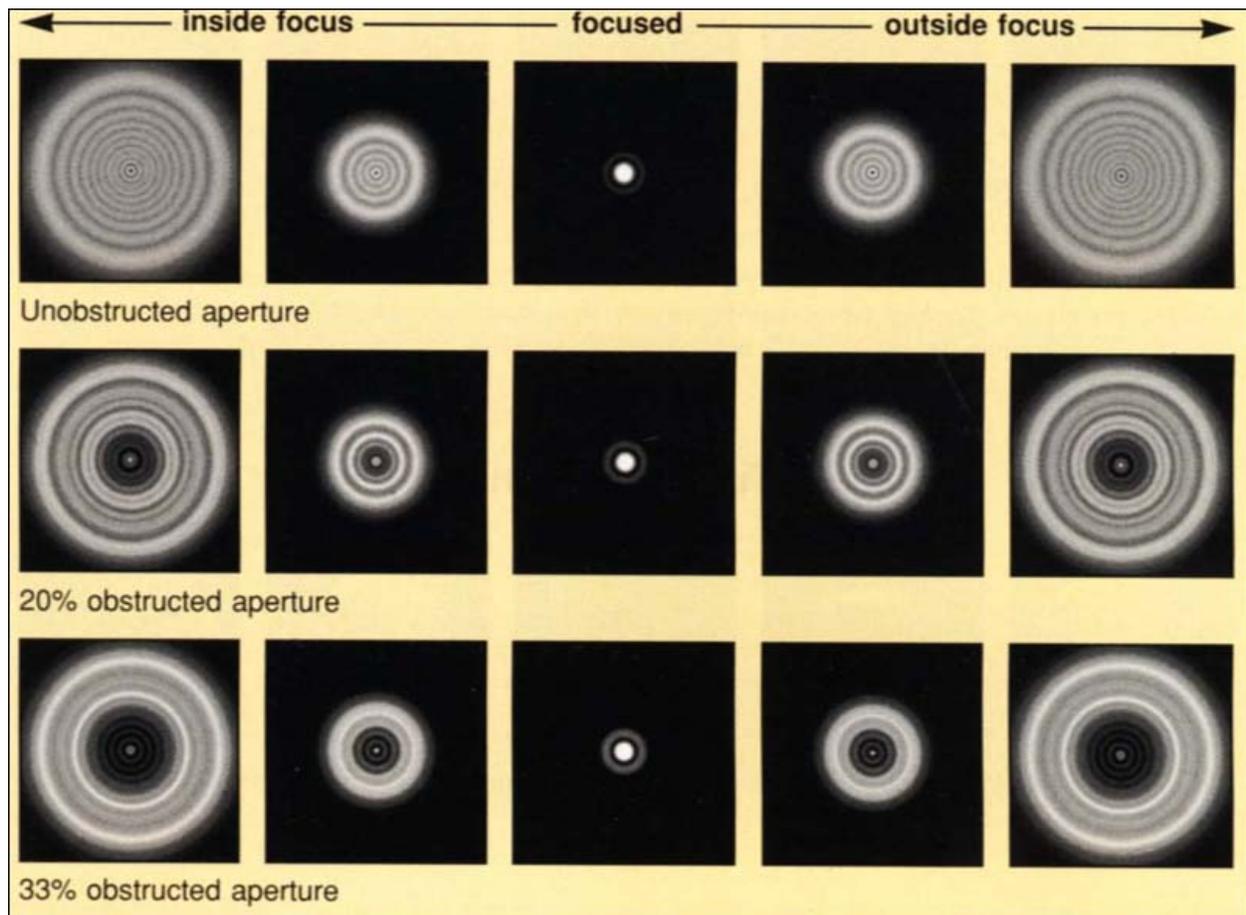


Télescope parfaitement collimaté

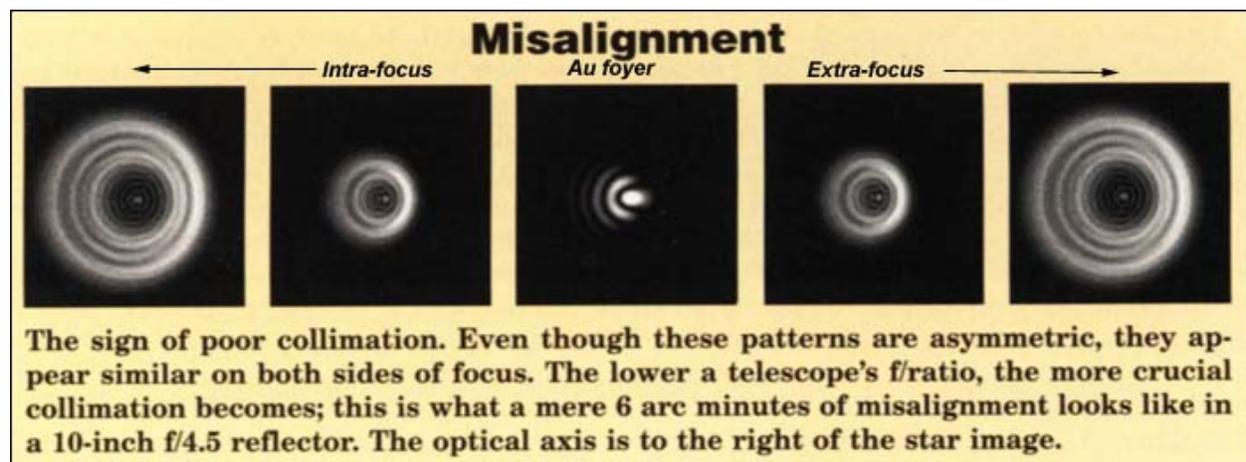
NOTE: Lorsqu'on parle de mettre l'étoile brillante hors foyer en glissant l'oculaire vers le miroir par rapport au foyer, on dit qu'on se dirige à l'intérieur du foyer dont **INTRA-FOCAL (INTRA-FOCUS)**. De même, si on met notre étoile hors foyer en remontant l'oculaire (par rapport au foyer) donc en s'éloignant de l'objectif, on dit que nous sommes en position **EXTRA-FOCAL (EXTRA-FOCUS)**.

L'image de la page suivante représente l'aspect d'une étoile brillante fortement grossie dans trois types de télescope dont l'optique est parfaite. En haut, on a un télescope n'ayant aucune obstruction comme par exemple les lunettes astronomiques. Au milieu, on a un télescope présentant une obstruction d'environ 20% (Newton, Maksutov, Ritchey-Chrétien, etc). En bas, on retrouve l'exemple type d'un télescope Schmidt-Cassegrain ayant une obstruction de 33% parfaitement collimaté. On remarque que l'ombre du miroir secondaire est parfaitement centré à l'intérieur du disque brillant et l'image des anneaux de diffraction est parfaitement identique que l'on soit en position intra-focus ou extra focus.

Au foyer, on remarque que le disque de diffraction de l'étoile présente un point central où est concentré le maximum d'énergie suivi d'un anneau de diffraction bien concentrique. C'est la preuve d'un système optique parfait et bien collimaté. On verra plus loin comment analyser la qualité des systèmes optiques des télescopes par l'interprétation des anneaux de diffraction d'une étoile brillante légèrement hors foyer.



Si votre système optique présente un aspect comme celui-ci:



Votre système n'est pas parfaitement collimaté et il faudra ajuster les vis du miroir principal pour les télescopes de type NEWTON ou les vis du porte secondaire pour les télescopes de type SCHMIDT-CASSEGRAIN pour ramener l'ombre au centre du disque brillant comme le montre l'image de gauche. Allez y très lentement et observez toujours l'aspect de l'étoile au centre de l'oculaire.

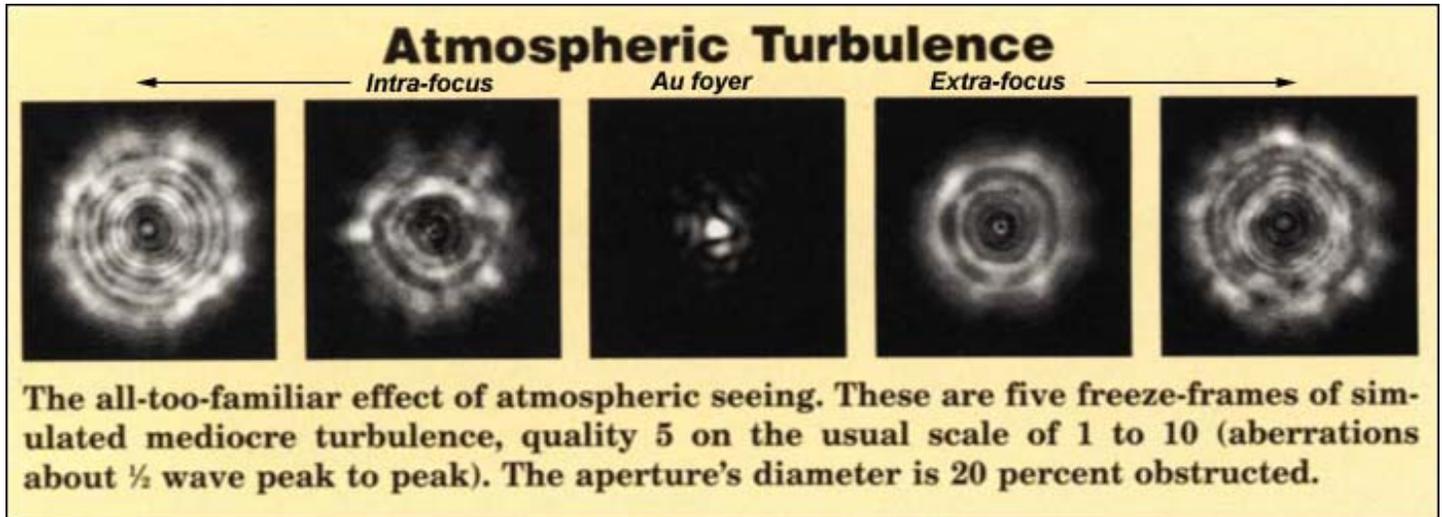
Une fois que les anneaux du disque de diffraction seront parfaitement concentriques, votre télescope sera collimaté à 100% et vous obtiendrez une image de qualité exceptionnelle autant en visuel qu'en photographie. Comme tout bon musicien sait accordé son instrument, un astronome devrait rechercher la même approche avec son télescope.



Interprétation de l'aspect des anneaux de diffraction intra et extra focus

Une fois le télescope parfaitement collimaté, vous pouvez analyser l'apparence des anneaux de diffraction qui vous renseignera sur plein de choses. Le test sur une étoile brillante vous renseigne non seulement sur la performance optique de vos instruments mais également sur les conditions atmosphériques externes et à l'intérieur de votre instrument. Vous pouvez détecter également certaines anomalies qui affectent la figure de diffraction de votre instrument comme le montre les images suivantes:

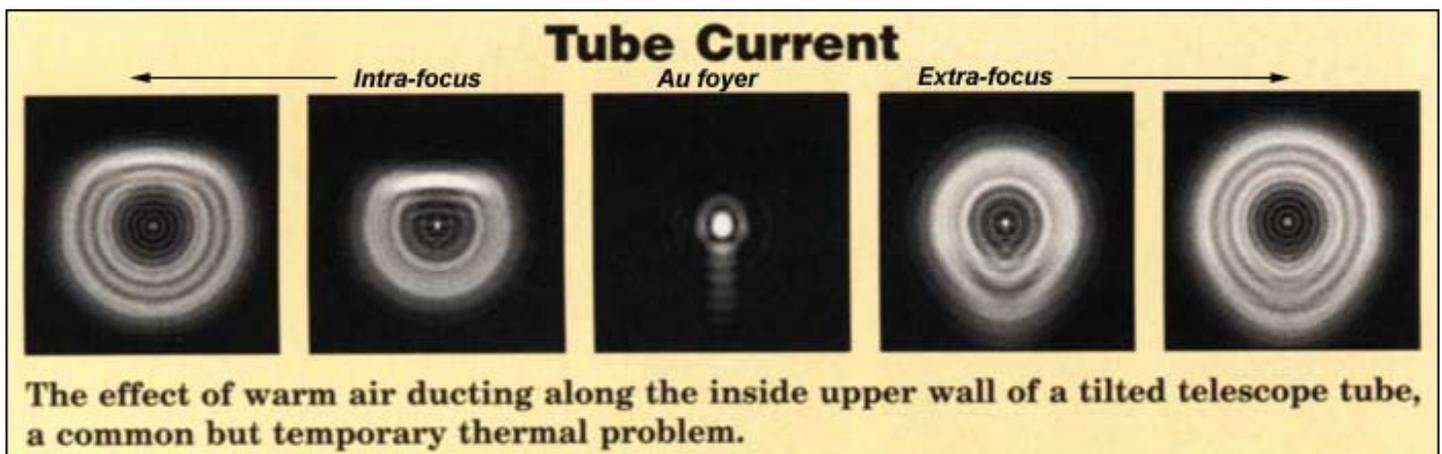
Turbulence atmosphérique



C'est probablement, après la collimation, le problème le plus fréquent que vous remarquerez. En mettant votre étoile brillante légèrement hors foyer, vous verrez que les anneaux de diffraction de l'étoile légèrement hors foyer font des vagues aléatoirement. Vous pouvez utiliser ce test pour évaluer la qualité du seeing et de la turbulence du ciel.

Si le bouillonnement est intensif, vous aurez beaucoup de difficultés à voir les anneaux de diffraction autour de l'étoile au foyer. Il est peu probable que vous serez en mesure de voir les fins détails des planètes et les autres objets célestes comme séparer les étoiles doubles ou résoudre certains amas globulaires. Il vous faudra attendre plus tard dans la soirée que le ciel se stabilise. Habituellement, après minuit et les heures précédant l'aurore le matin, le ciel est beaucoup plus stable. Après le crépuscule le soir, la turbulence est très forte à cause du dégagement de la chaleur par l'environnement (toit des maisons, asphalte, sable, etc). Évitez d'observer près des sources de dégagement de chaleur dans votre environnement local.

Dégagement de chaleur à l'intérieur du tube du télescope

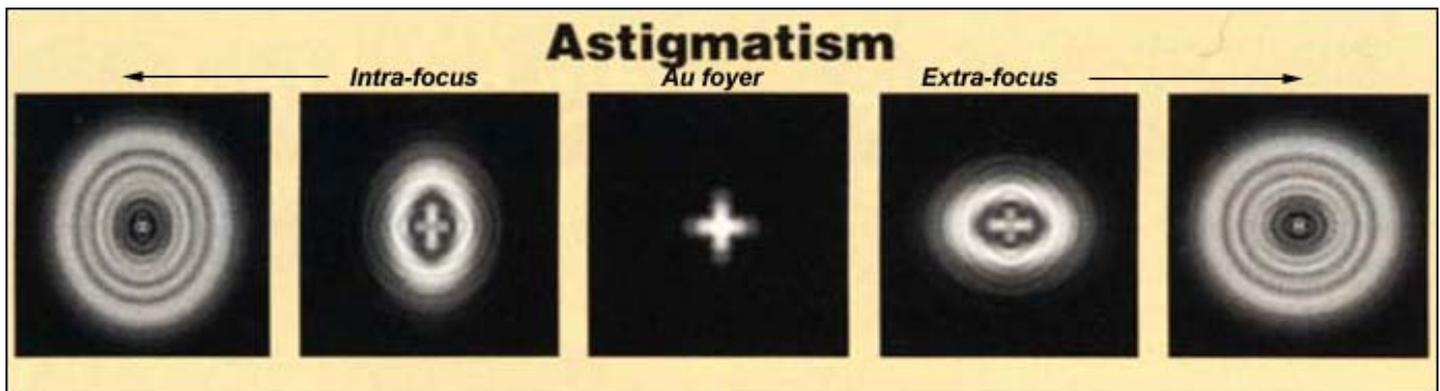
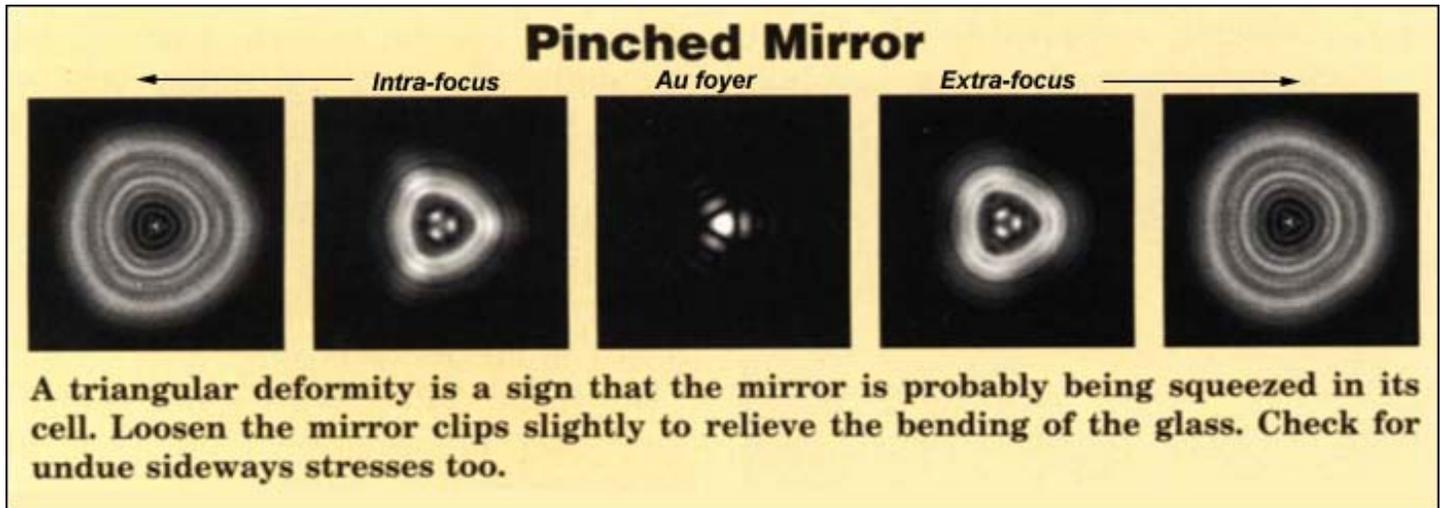


Les composantes internes d'un télescope comme le miroir primaire, un tube pare-buée chauffant, etc, peuvent dégager des courants chauds qui affectent le disque de diffraction d'une étoile brillante. En observant les anneaux de diffraction d'une étoile brillante légèrement hors foyer, on observe ce phénomène par une déformation du disque de diffraction vers le haut ou vers le bas. Cela signifie qu'il se produit un dégagement de chaleur à l'intérieur du tube.

En observant soigneusement, vous verrez les ondes de chaleur monter légèrement et déformer les anneaux de diffraction de l'étoile brillante légèrement hors foyer. La solution serait d'attendre plus longtemps que votre instrument soit stabilisé à la température ambiante ou d'installer dans le tube du télescope près du miroir ou derrière la cellule à miroir, un petit ventilateur comme celui utilisé sur les processeurs d'ordinateurs. Le ventilateur produira un léger courant d'air qui aidera l'air chaud à se dissiper plus rapidement.

J'ai personnellement installé trois petits ventilateurs disposés à 120° à l'intérieur de mon tube pare-buée chauffant de mon télescope Meade SCT 25cm et cela aide énormément à la stabilisation de l'air ambiante à l'intérieur de celui-ci.

Miroir primaire ou secondaire pincé (pinched)



Un miroir primaire ou un miroir secondaire installé dans sa cellule retenu avec des supports trop serrés produit une déformation de sa courbure qui produit une déformation de l'image. On remarque que le disque de diffraction présente un aspect triangulaire ou vertical présentant de l'astigmatisme.

La solution c'est de ne mettre aucune pression sur les miroirs que ce soit au niveau des supports de retenu et même la colle qui retient le miroir secondaire sur son support. On recommande de mettre un petit carton mince entre la plaque de métal et le miroir secondaire et d'utiliser de la colle à bois blanche et non de la colle contact. En durcissant, la colle contact peut produire un stress qui déforme la surface optique du miroir secondaire.

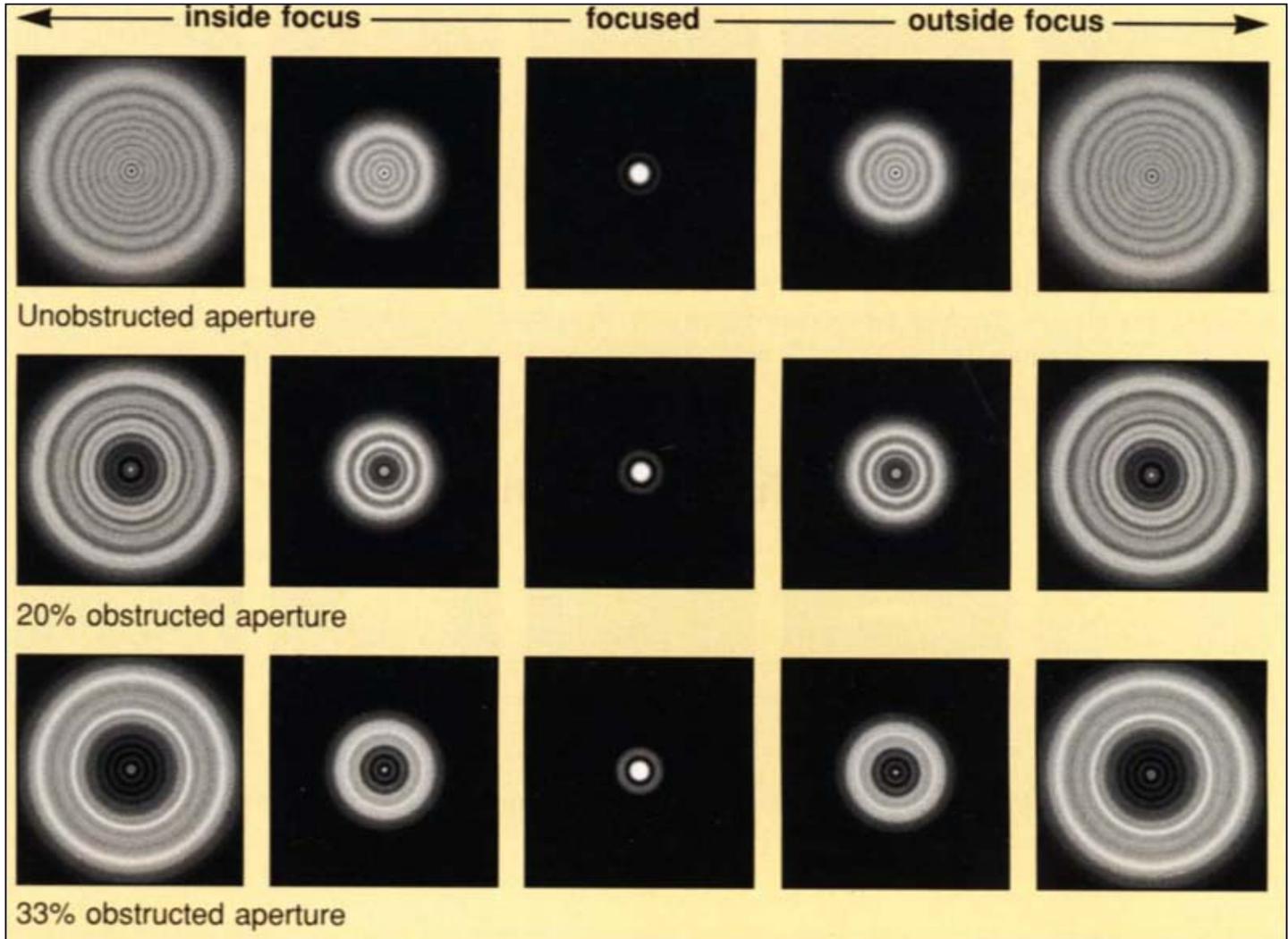
Il ne faut pas oublier que la parabole d'un miroir concave est de l'ordre du micron et qu'un miroir mince mal supporté dans une cellule n'ayant pas suffisamment de points flottants ou qui serait pour trop serré ou encore mal appuyé peut voir sa courbure affecté et par conséquent son image déformée. L'astigmatisme peut aussi être causé par un miroir secondaire légèrement convexe ou concave. Si l'ellipse de l'image de l'étoile est alignée vers le tube du télescope, c'est probablement la source du problème. Il faut vérifier si votre miroir secondaire subit un stress ou s'il est de mauvaise qualité optique. Encore ici, la qualité d'un bon miroir secondaire devrait être de l'ordre de $1/8 \lambda$ dont le coût évidemment sera supérieur.

Il est aussi possible d'évaluer la qualité optique des télescopes et même de déterminer qu'elles sont leurs défauts. Les amateurs ayant des connaissances en optique ou en fabrication de miroirs de télescopes seront beaucoup plus en mesure de comprendre la signification de ces défauts optiques. Pour ceux intéressés à mieux comprendre ces interprétations de défauts, je vous réfère à mon dossier complet sur la fabrication des miroirs de télescopes dans la section des défauts de courbure et de la parabolisation.

Détermination de la qualité optique des télescopes

Déterminer la qualité optique d'un télescope par l'interprétation des anneaux de diffraction d'une étoile brillante fortement grossie et légèrement hors foyer est relativement facile. Auparavant, il convient d'expliquer clairement ce qu'on devrait voir dans un télescope dont l'optique correspond aux normes minimales de qualité.

Examinons l'image suivante:



Ces trois images représentent ce qu'on devrait observer dans trois types de télescopes dont l'optique est parfaite et collimaté. La première rangée représente un télescope n'ayant aucune obstruction comme les lunettes astronomiques. L'étoile au foyer se présente sous la forme d'un disque de diffraction dont le point central reçoit environ 83% de l'énergie suivi d'un premier anneau qui lui reçoit environ 7% de l'énergie. Le reste de l'énergie lumineuse est réparti dans d'autres anneaux que l'on ne voit pratiquement jamais. Ainsi, en absence d'obstruction, l'énergie lumineuse se concentre principalement dans le point central.

La rangée du milieu montre l'aspect des anneaux de diffraction de l'étoile brillante pour un télescope ayant une obstruction de l'ordre de 20% comme par exemple les configurations Newton, Maksutov, Ritchey-Chrétien, ect. Étant donné l'obstruction, on remarque que l'aspect de l'étoile au foyer présente un anneau légèrement plus brillant au détriment du point central. Il y a donc perte d'énergie lumineuse dans le point central au profit du premier anneau. Cela affecte légèrement le contraste de l'image. L'aspect des anneaux de diffraction de l'étoile brillante légèrement hors foyer montre un ombrage du miroir secondaire au centre.

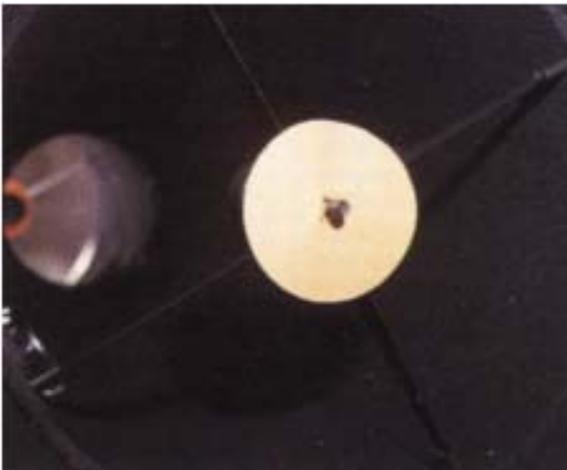
Finalement, la rangée du bas montre l'aspect de l'étoile brillante pour un télescope ayant une forte obstruction de l'ordre de 33% comme l'ensemble des télescopes de type Schmidt-Cassegrain (Meade ou Celestron). On remarque que l'énergie du premier anneau est encore plus forte au détriment du point central. En mettant l'étoile hors foyer, on remarque que l'ombrage du miroir secondaire est plus large et contrastée au centre du disque lumineux. Il y a donc une importante perte de contraste à cause de l'obstruction.

On remarque donc que l'augmentation de l'obstruction a un effet important sur le contraste de l'image et qu'on doit autant que possible chercher à obtenir le minimum d'obstruction pour avoir le maximum de contraste dans l'image. La diminution du contraste n'est pas un défaut d'optique en soi. Ce qu'il faut observer ici c'est l'aspect des anneaux de diffraction de l'étoile brillante fortement grossie lorsqu'on passe en position intra-focus et extra-focus. Voici ce qu'il faut retenir:

"Un télescope collimaté dont l'optique est parfaite doit présenter le même aspect dans les anneaux de diffraction que l'on soit en position extra focale ou intra focale."

Observez bien l'image de la page précédente et comparez l'aspect des anneaux de diffraction de l'étoile en mode intra-focus et extra-focus, elles sont exactement identiques. Si vous observez une différence d'aspect des anneaux de diffraction lorsque vous passez d'une position intra focus à la position extra focus, c'est que la qualité optique du système ne correspond pas aux normes. Le test de l'étoile est extrêmement précis au point qu'il nous renseigne même sur le défaut comme tel.

Identification des défauts optiques des télescopes



Pour pouvoir interpréter les défauts de l'optique de votre instrument, il suffit d'examiner soigneusement l'aspect des anneaux de diffraction de l'étoile légèrement hors foyer en position intra focus et extra focus. Pour aider à l'analyse, on installe temporairement un cache circulaire en carton sur le devant du télescope afin de créer une obstruction de 33% (si votre instrument possède un obstruction inférieure à cette valeur). L'emploi d'un filtre jaune ou vert aide énormément en isolant la longueur d'onde de la lumière la plus sensible à l'œil.

L'image de la page suivante montre l'aspect d'un télescope qui souffre d'ABERRATIONS SPHÉRIQUES, c'est à dire qu'il n'a pas une parabole qui correspond aux normes minimales. La norme minimale d'un miroir parabolique devrait être inférieure à 1/8 de longueur d'onde si on tient compte de la réflexion des rayons lumineux provenant de l'infini sur le miroir primaire et secondaire.

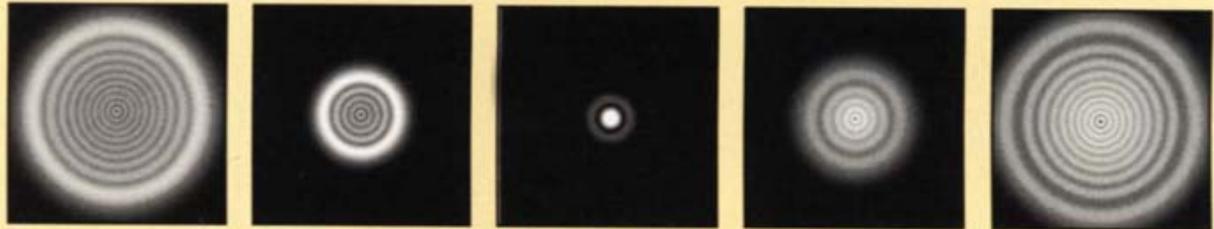
Les normes minimales dites DIFFRACTION LIMITED concernant la précision du miroir principal indiquent que le plus grand défaut de la courbure de doit pas s'éloigner de plus de 1/4 de la longueur d'onde de la lumière jaune (appelé LAMBDA et qui vaut 0.56 micron ou .000022 pouce) soit 0.14 micron sur le verre.

Si on tient compte du miroir secondaire, on recommande une précision minimale du miroir primaire de l'ordre de 1/8 de LAMBDA soit 0.07 micron sur le verre. Le test de l'étoile brillante permet de mettre en évidence la précision de l'ensemble de l'optique de l'instrument de l'ordre de 1/8 lambda.

Spherical Aberration, Unobstructed Aperture



$\frac{1}{8}$ - wave error

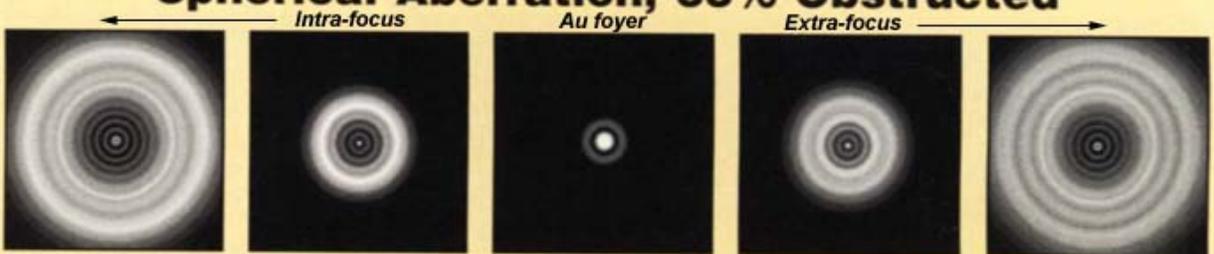


$\frac{1}{4}$ - wave error



$\frac{1}{2}$ - wave error

Spherical Aberration, 33% Obstructed



$\frac{1}{8}$ - wave error



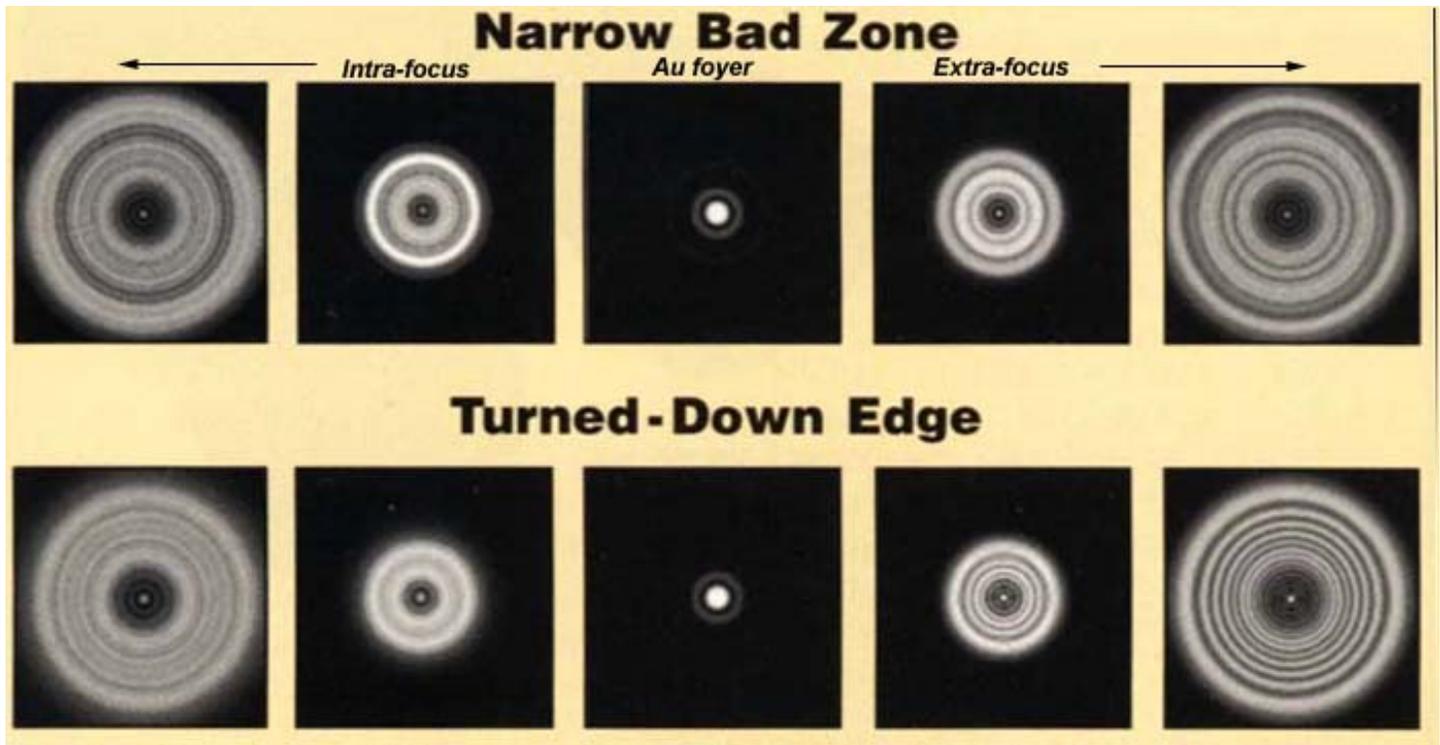
$\frac{1}{4}$ - wave error



$\frac{1}{2}$ - wave error

Dans l'image de la page précédente, on met en évidence des défauts de l'ordre de $1/8$ lambda soit la limite minimum des performances de l'instrument. Compte tenu de nos conditions d'observations, un défaut de $1/8$ lambda ou $1/4$ lambda est tout à fait acceptable. Par contre, un défaut de l'ordre de $1/2$ lambda (0.28 micron sur le verre) modifie sérieusement le disque de diffraction. Par conséquent, l'image est fortement altérée. On remarquera que la dispersion de l'énergie lumineuse ne se fait plus principalement dans le point central mais dans les anneaux autour. L'aspect des anneaux de diffraction en position intra focus diffère complètement de l'aspect en position extra focus. On remarque une apparence moins contrastée et plus floue des anneaux de diffraction en position extra focus très évident pour un miroir ayant un sérieux défaut de l'ordre de $1/2$ lambda.

L'image suivante présente des défauts de zonage sur la surface du miroir comme une zone trop haute ou un bord trop rabattu. Souvent les compagnies fabriquent les miroirs à la machine qui introduit des défauts de zonage. Sachant que peu d'amateurs sont capables de déceler les défauts optiques d'un télescope, plusieurs compagnies mettent tout de même en marché un miroir défectueux. Tout comme les défauts d'aberrations sphériques, les défauts de zonage d'un miroir ou une surface optique très rugueuse déforme la qualité du disque de diffraction et par conséquent l'image. Un bon testeur de Foucault pourraient faire ressortir tous ces défauts. Encore ici, on remarque que l'aspect des anneaux de diffraction de l'étoile diffère en position intra et extra focus.



Ceux qui sont familier avec le test de Foucault peuvent également vérifier la présence de défauts optiques de leur télescope en plaçant un couteau (lame de rasoir) transversalement sur le porte-oculaire et en essayant de couper les rayons d'une étoile brillante parfaitement au foyer (sans oculaire). En coupant les rayons transversalement, on voit l'image du miroir s'éteindre uniformément sans la présence d'aucune ombre à la surface du miroir. C'est le même effet qu'on verrait si on observait un miroir parfaitement sphérique sans aucun défaut de courbure au testeur de Foucault.



Conclusion

La collimation d'un télescope est extrêmement importante et elle est pourtant très négligé. Il faut apprendre à la faire correctement et s'habituer à la vérifier de temps à autre. L'outil par excellence pour effectuer une collimation précise est le Cheshire. Malgré tout, il faut idéalement vérifier la collimation avec une étoile brillante fortement grossie et légèrement hors foyer et vérifier l'aspect des anneaux de diffraction en position intra et extra focus. Au foyer, si la turbulence est calme, on devrait voir un point central entouré d'un faible anneau bien concentrique. L'examen des anneaux de diffraction de l'étoile en position intra et extra focus peut aussi nous renseigner sur la qualité optique de nos télescopes ainsi que déceler différentes anomalies affectant le disque de diffraction. S'habituer à collimater parfaitement son instrument permettra de l'utiliser à sa pleine performance. La qualité d'image en sera rehaussé et votre plaisir à admirer ou à photographier vos objets préférés feront de votre hobby une véritable passion.

Références

Article "HOW TO COLLIMATE YOUR NEWTONIAN REFLECTOR" de Nils Olof Carlin, Sky and Tel, Juin 2002, page 111

Article " STAR-TEST YOUR TELESCOPE" de Alan M. MacRobert, Sky and Tel, Mars 1995, page 42