

# La collimation : L'alignement des optiques et la recherche de la qualité d'image

Par Pierre STROCK le 4 juin 2004

*Collimater un télescope: Aligner les éléments optiques du télescope sur l'axe de l'instrument.*

*Collimatage ou alignage: Action de collimater.*

*Collimation ou alignement: Résultat de l'alignement optique. La qualité de la collimation se juge à la qualité des images restituées.*

*N.B. : La langue française reconnaît surtout les mots "collimateur" et "collimation". Le collimateur est le dispositif optique alignant des rayons divergents en rayons parallèles. C'est typiquement la lentille de Fresnel qui produit le faisceau des phares côtiers. Le mot "collimater" est maintenant d'usage courant en astronomie amateur. Le mot "collimatage" n'est pas usité.*

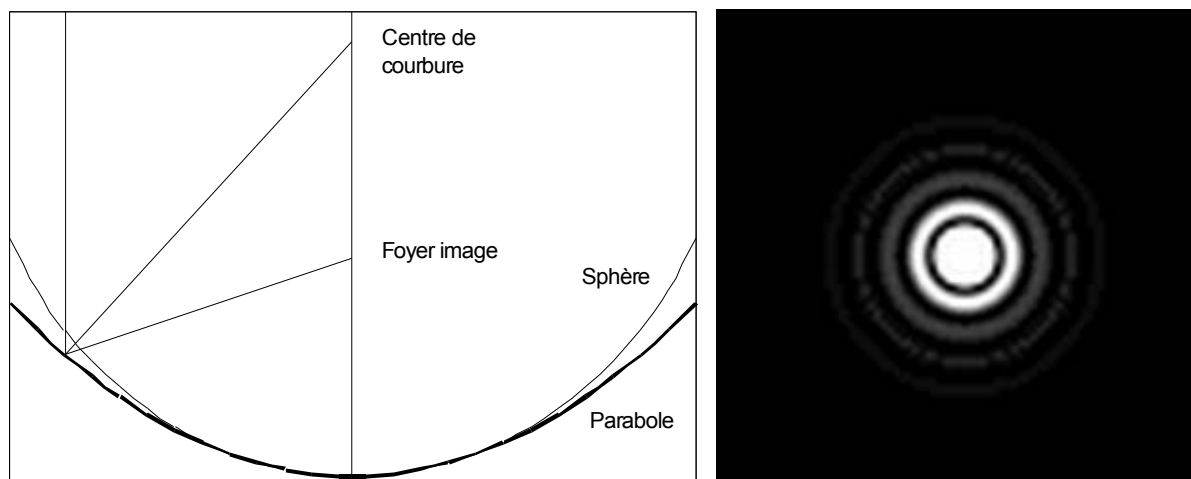
*Dans la pratique: La collimation vise à obtenir la meilleure qualité d'image possible pour un instrument donné et pour les conditions atmosphériques du site et du moment d'observation. On ne peut donc parler de collimation sans parler de ce qui influe sur la qualité des images.*

## Pourquoi collimater les instruments d'astronomie

Tout système optique bien conçu et bien réalisé donne une bonne image sur l'axe de l'optique. Mais l'image se dégrade dès que l'on s'éloigne de l'axe. Il faut donc que l'optique soit bien centrée pour que la zone où l'image est bonne se situe au centre de l'oculaire.

Par exemple pour un télescope Newton, la qualité de l'image réclame que le miroir soit parabolique. Si le miroir est bien fait, il est parabolique autour de l'axe qui va du centre du miroir au centre de l'image. Pour une étoile au centre de l'image, la qualité est assurée. Mais dès que l'on s'éloigne du centre de l'image, la surface du miroir n'est plus parabolique ni sur l'axe miroir - étoile, ni sur l'axe miroir - image de l'étoile.

### Schéma théorique et image de diffraction théorique au centre d'un Newton sans miroir secondaire :



Une image de qualité est indispensable pour observer les fins détails planétaires et les faibles colorations à très fort grossissement, pour distinguer les faibles contrastes en ciel profond à grossissement moyen, pour obtenir de bonne image en photographie à grossissement nul, etc.

Peu de système optique reste réglé comme le constructeur les a livrés. Il faut donc savoir reprendre les réglages soit même.

## Quoi régler pour obtenir la meilleure qualité

Il faut aligner les optiques de tous les télescopes. Les seules exceptions étant les lunettes et les Maksutov-Cassegrain qui bénéficient au moins de la réputation de ne jamais se dérégler significativement.

Par exemple dans un télescope de type Newton, il faut pouvoir régler l'inclinaison du miroir primaire et l'inclinaison du miroir secondaire. Parfois l'inclinaison du porte oculaire. Exceptionnellement, si le miroir secondaire n'est pas bien positionné à la construction, il faut aussi pouvoir régler son éloignement du porte oculaire, son éloignement du miroir primaire et sa rotation autour de l'axe du télescope.

### L'instrument

Un télescope de type Newton donne de la coma dès que l'on s'éloigne de l'axe. Les défauts de coma d'un Newton s'observent très bien avec les oculaires Panoptique qui sont de très bonnes qualités. La coma est une déformation de l'image de diffraction en forme de comète ; les anneaux de diffraction sont étirés d'un seul côté. Voir les simulations.

Chaque type de d'instrument a ses défauts : coma, vignettage (assombrissement de l'image sur les bords), chromatisme (mise au point différente selon la couleur), déformation (image déformée comme une mappemonde), planéité (plan focale non plan), ...

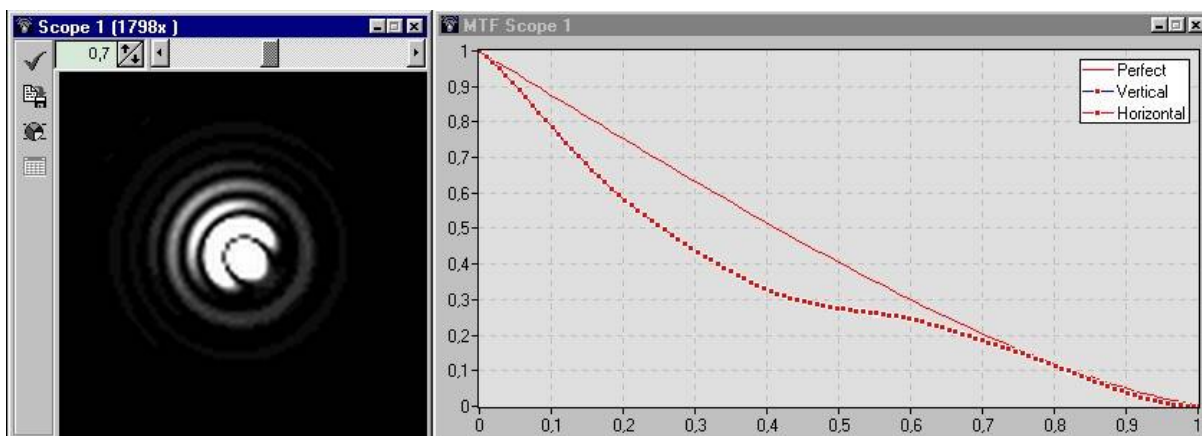
Pour un Newton utilisé en visuel, l'image est bonne dans un petit disque au centre dont la taille est donnée dans le tableau suivant. Elle dépend de l'ouverture et elle est indépendante de la taille de l'instrument.

Ouverture ( F/D)	Diamètre de l'image correcte
4	1,4 mm
4,5	2,0
5	2,8
6	4,8
8	11,3

Par exemple le diamètre de l'image vue dans un oculaire de type Nagler de 2,5 mm de focale est de 3,6 mm. Un télescope ouvert à 5 donne une image dépourvue de coma sur 2,8 mm soit 75% de la largeur de l'image. C'est donc une bonne image en planétaire. Encore faut-il que la zone de qualité soit bien centrée dans l'oculaire.

La simulation de l'image de diffraction en bordure de la zone de qualité donne un premier anneau de diffraction discontinu. Dans les mêmes conditions la simulation de la courbe de FTM donne une perte de 40% du contraste pour les images de contraste moyen (0,2 perdu sur 0,5 de limite théorique idéale). Cette dégradation amène l'instrument au niveau d'une lunette parfaite de 150 mm de diamètre.

**Figure de coma d'un Newton obstrué à 20% et ouvert à 5 ; image à 1,4 mm de l'axe optique.**



Attention, la luminosité des anneaux est fortement exagérée dans les simulations présentées.

## L'oculaire

Il n'y a pas de réglage sur les oculaires du commerce. On ne peut donc pas corriger les défauts d'un oculaire mal monté ou de mauvaise qualité. Pour obtenir des images de qualité, il faut des oculaires de qualité donnant des images fines, pas de chromatisme, un champ étendu, peu de déformation au bord, pas de reflet, etc.

La plupart des oculaires produisent des défauts en bord d'image ; c'est une raison de plus de bien centrer la zone de qualité.

## Le porte oculaire

La taille du porte oculaire dépend de la taille des objets que l'on souhaite observer à faible grossissement c'est-à-dire à forte luminosité. C'est un point important pour le ciel profond. Mais la taille du porte oculaire impose la taille du miroir secondaire qui influe sur l'obstruction centrale ; donc sur la qualité de l'image : Plus l'obstruction est forte et plus l'image est dégradée.

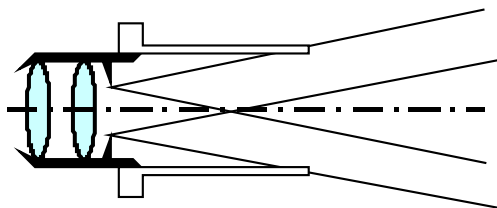
Les oculaires donnant le plus grand champ, tout en restant en coulant de 31,75 mm, sont listés dans le tableau suivant avec la taille des images pour le cas du strock-250 :

Type	Champ apparent	Focale	Champ stellaire	Champ au foyer	Pupille
Nagler	82°	16 mm	1,05°	22 mm	3 mm
Panoptique	68°	24 mm	1,30°	28 mm	5 mm
Plössl	50°	32mm	1,25°	27 mm	6 mm

Pour les objets de plus grande taille que un degré il faut un coulant de 50,8 mm et un plus grand miroir secondaire.

Comme un oculaire de coulant 31,75 réclame environ 2 mm de matière de chaque côté des lentilles pour les tenir, il n'est pas possible d'exploiter un champ à l'oculaire de plus de 28 mm. Encore faut-il ne pas vignetter l'image avec le tube du porte oculaire ou avec le secondaire.

### Exemple de porte oculaire vignettant l'image dans un télescope très ouvert (ici F/D 5) :



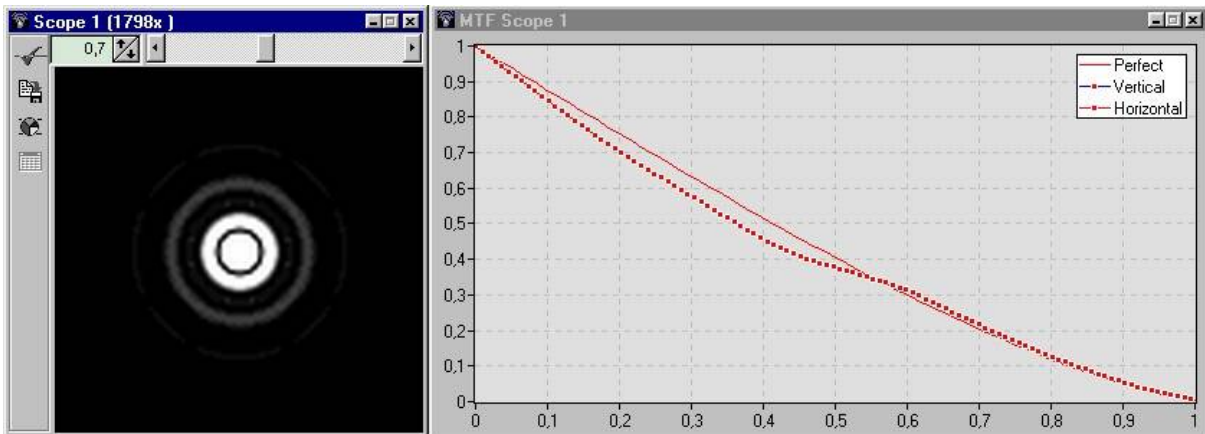
Le porte oculaire possède parfois un réglage de son inclinaison sur le tube du télescope. Il est parfois nécessaire d'agir sur celui-ci pour aligner l'axe de déplacement du porte oculaire sur le centre du miroir secondaire. L'inclinaison du porte oculaire n'est pas nécessaire si elle est bien faite par construction ou s'il y a suffisamment de réglage sur le miroir secondaire.

Les deux premières qualités mécaniques d'un porte oculaire sont de ne pas dévier l'oculaire de son axe lors de la mise au point et de ne pas avoir trop de jeu entre le porte oculaire et l'oculaire.

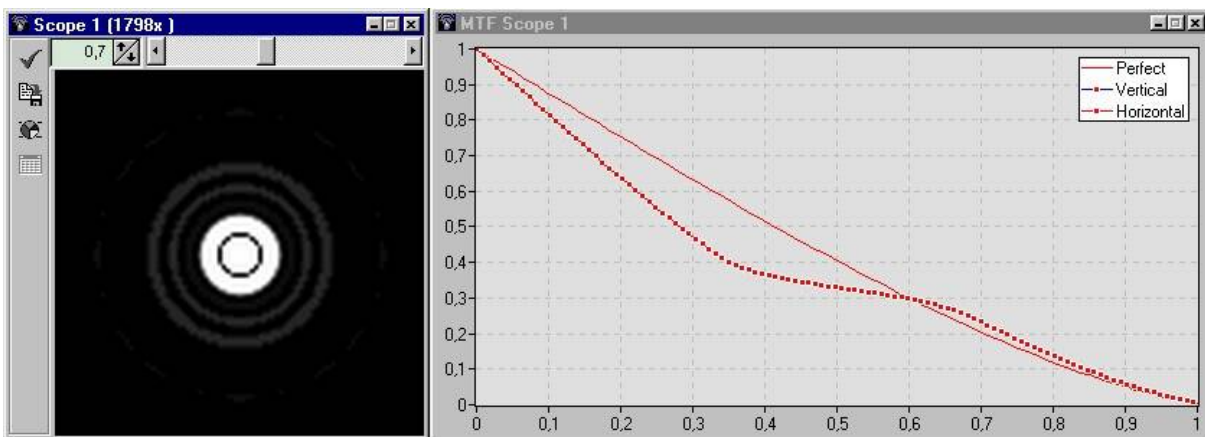
## Le miroir secondaire

La taille du secondaire est un optimum entre la dégradation de l'image due à l'obstruction centrale pour un grand miroir secondaire et le vignettage en bord de champ avec un petit miroir. Parmi les facteurs qui influencent ce choix, il faut aussi citer l'éloignement du foyer par rapport au tube du télescope, le coulant du porte oculaire, la qualité des bordures des miroirs secondaires et enfin l'ouverture relative de l'optique.

### Newton obstrué à 20% :



### Newton obstrué à 33%:

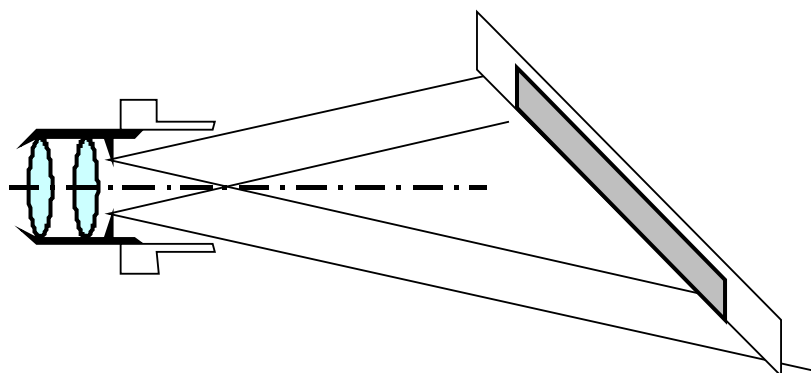


Par exemple pour le Strock250, un miroir secondaire de 50 mm, une focale de 1250 mm, une ouverture relative de 5 et un foyer à 200 mm de l'axe du tube donnent un éclaircissement maximum de 96% du centre de l'image jusque sur un diamètre de 12 mm. Et 70% sur un diamètre de 35 mm. Il y a donc un peu de vignettage.

Il faut noter pour les puristes qu'au centre de l'image ce n'est pas 100% mais environs 96% de la lumière qui entre dans le tube compte tenu de l'obstruction du secondaire. Sans les pertes de réflexion sur le primaire.

Par ailleurs, 70% est une limite très acceptable de perte en bord de champ. Elle correspond à un tiers de magnitude. Elle n'est pas gênante sauf pour les variabilistes qui comparent la magnitude des étoiles à l'œil et qui ont besoin de distinguer le dixième de magnitude sur tout le champ de vision.

### Exemple de vignettage en fonction de la taille du miroir secondaire :



Avec 50 mm de secondaire dans les Strock250 on utilise une largeur de secondaire de 40 mm pour le centre de l'image. Il y a donc 5 mm de chaque côté du secondaire pour les défauts de fabrication des miroirs plans, pour le diaphragme du porte secondaire ou pour ses pattes et pour des défauts de positionnement.

Pour bien régler un instrument il faut pouvoir régler l'inclinaison du miroir secondaire. Plus rarement, si le miroir secondaire n'est pas bien positionné à la construction, il faut aussi pouvoir régler son excentrement (éloignement du porte oculaire et rapprochement du primaire) et sa rotation autour de l'axe du télescope. La bonne position du miroir secondaire au centre du tube du télescope, permet de profiter de toute la taille du tube et de ne pas vignetter l'image par les bords du tube.

## Quand collimater

Il faut collimater un instrument avant de s'en servir.

Il faut vérifier la qualité de la collimation sur une étoile en cours d'observation. Par exemple si l'instrument présente des flexions, il faut refaire la collimation pour passer d'une observation à l'horizon à une autre au zénith.

Pour les grands télescopes, la collimation ne peut pas toujours se contrôler sur une étoile du fait de la turbulence. Car il faut pouvoir observer une image de diffraction non déformée. À défaut c'est la qualité du réglage sans étoile qui permet de profiter au maximum de son instrument.

Par exemple ce n'est pas dans les « trous de turbulence » que l'on a le temps d'affiner la collimation sur une étoile. Pour profiter de ces courts instants, il faut donc que le télescope soit suffisamment bien réglé avant.

## Avec quoi collimater

Il y a différents outils, mais il faut noter que presque toutes les méthodes nécessitent de coller un œillet au centre optique du miroir du primaire. L'œillet est typiquement fait avec une gommette de renfort des perforations des feuilles des classeurs scolaires. Il faut utiliser une gommette à l'eau (plutôt qu'autocollante) pour ne pas abîmer la protection de l'aluminure. Et à défaut d'une mesure du centre optique du miroir, il faut centrer précisément la gommette sur le miroir.

### À l'œil

C'est la méthode traditionnelle. Elle nécessite patience, confort, attention et pratique.

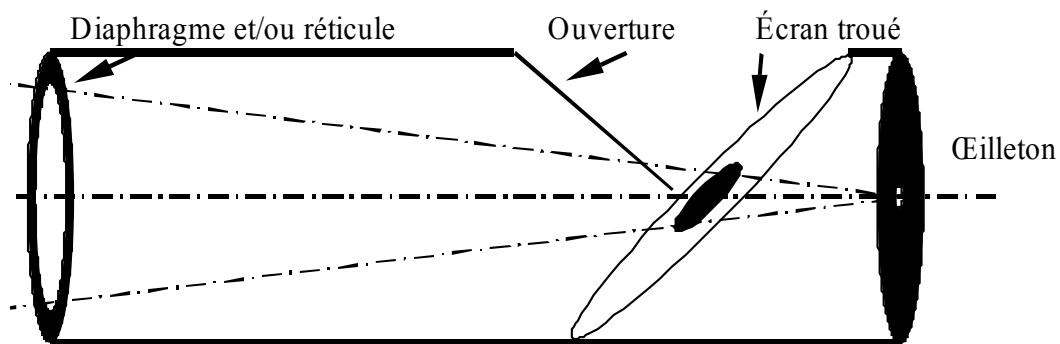
C'est la seule méthode qui ne réclame pas d'outil. Il n'y a pas besoin de mettre une gommette sur le primaire.

La méthode permet d'aligner précisément le primaire mais pas le secondaire. Toutefois le réglage du secondaire est moins exigeant que celui du primaire.

### Avec un collimateur

C'est la méthode pratique et peu coûteuse. Elle nécessite un peu d'attention et de pratique.

#### Schéma éclaté du collimateur type :



Il faut un tube de coulant 31,75 à insérer dans le porte oculaire. Le tube doit posséder un réticule et/ou un diaphragme bien visible et bien centré au fond et un trou d'épingle comme œilleton pour observer dans le tube avec l'œil bien au centre. Un intérieur de tube blanc et légèrement éclairé facilite le travail.

## Avec un laser

C'est la méthode en vogue. Toutefois elle nécessite un matériel plus coûteux et très précisément réglé. La méthode pêche par ce point, car tout le monde ne connaît pas ses petits défauts.

Il faut un laser parfaitement au centre et coaxial avec un tube de coulant 31,75. Il est bon qu'il y ait un écran blanc autour de la sortie du faisceau laser et que cette extrémité soit visible en observant l'intérieur du tube du télescope. Il peut aussi être nécessaire de placer un écran blanc sur le secondaire en cours de travail pour bien aligner le secondaire sur le faisceau.

## Avec un laser à Barlow

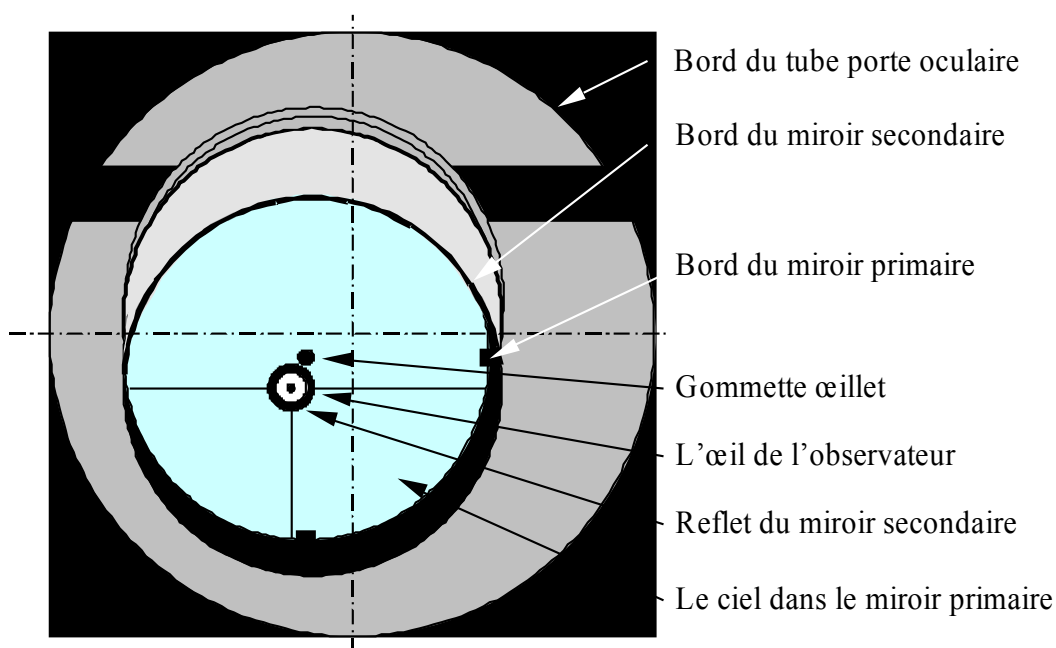
C'est la dernière méthode découverte par un amateur l'année dernière. Elle corrige certains défauts de la méthode laser traditionnelle. Elle est très précise et peu exigeante pour l'opérateur.

Il faut aussi un laser parfaitement au centre et coaxial avec un tube de coulant 31,75. Il faut en sus une lentille de Barlow amovible au bout du laser ou une Barlow dans laquelle on place le laser.

Il est bon qu'il y ait un écran blanc autour de la sortie du faisceau laser de la Barlow et que cette extrémité soit visible en observant l'intérieur du tube du télescope. Il peut aussi être nécessaire de placer un écran blanc sur le secondaire pour aligner celui-ci sur le faisceau.

## Comment collimater

Schéma de ce que l'on observe dans le porte oculaire (cas des strock-250) :



Les méthodes consistent toutes à centrer tout ce que l'on observe par le porte oculaire. Mais il faut le faire dans l'ordre. Les méthodes doivent être suivies étape par étape. Et si une étape ne donne pas satisfaction, il faut incriminer la qualité du réglage précédent dans bien des cas.

## La position du secondaire

Elle doit être bonne par construction car il est assez difficile de détecter et de corriger un défaut de position du secondaire. Il est donc préférable de faire le contrôle à l'atelier avant d'utiliser le télescope.

Un miroir secondaire elliptique doit être excentré sur l'axe du télescope (qui deviendra l'axe optique après collimation). L'excentrement est constitué d'un éloignement du porte oculaire et d'un rapprochement du miroir primaire de quelques millimètres. Il y a des logiciels pour calculer exactement l'excentrement.

La valeur suffisamment précise est donnée par la formule :  $e = d / (4 F/D)$  avec  $d$  le petit diamètre du secondaire. Comme il faut un excentrement identique dans deux directions, la valeur totale dans le plan du miroir secondaire est donc :  $1,4142 \times e$ .

### À l'œil

1. On observe au travers la position du secondaire par rapport au bord du porte oculaire. On ajuste avec les réglages du support du secondaire. Ceci n'est à faire que si le secondaire n'est pas bien placé.
2. Puis le bord du miroir primaire par rapport au bord du secondaire en usant de l'inclinaison du secondaire.
3. Puis la position de l'image du secondaire (ou de l'œil) au centre du miroir primaire avec l'inclinaison du miroir primaire.
4. Enfin on travaille sur une étoile de forte luminosité avec un oculaire grossissant en dérégulant la netteté : on s'approche progressivement de la mise au point tout en symétrisant (à l'aide des réglages du primaire) de plus en plus finement l'image de l'ombre du secondaire puis l'image de diffraction.

Difficulté : Il faut tout centrer y compris l'œil ce qui demande de la pratique et de l'attention. Il faut affiner sur une étoile : Impérativement !

### Avec le collimateur

1. On observe la position du secondaire par rapport au bord du tube collimateur et on centre le secondaire avec les réglages de son support. Ceci n'est à faire que si le secondaire n'est pas bien positionné.
2. Puis le bord du miroir primaire par rapport au bord du secondaire (ou le centre du miroir primaire par rapport au réticule). On utilise les réglages d'inclinaison du secondaire.
3. Enfin la position de l'image du secondaire (ou de l'œil) au centre du réticule avec les réglages du primaire.

Difficulté : Il faut tout (sauf l'œil) centrer à l'œil ce qui demande de la pratique et de l'attention. L'intérêt du collimateur réside dans les repères qu'il procure pour faciliter le centrage. Il est préférable d'affiner sur une étoile.

### Avec le laser seul

1. On aligne le secondaire sur le faisceau avec les réglages du support du secondaire. Ceci n'est à faire que si le secondaire n'est pas bien positionné. Il faut placer un écran blanc bien à plat sur le miroir secondaire pour être certain de bien le centrer. Ce réglage n'est pas primordial sauf gros décalage du miroir.
2. Puis le faisceau au centre du primaire (centre de la gomme) avec l'inclinaison du secondaire. Si cette étape a nécessité des réglages importants, il peut être nécessaire de revenir à l'étape 1.
3. Enfin le rayon réfléchi (la gomme doit être évidée au centre) au centre du porte oculaire (c'est-à-dire pile sur la sortie du faisceau du laser) avec les réglages du miroir primaire.

Difficultés :

1. Si le laser n'est pas parfaitement coaxial dans le porte oculaire (ce qui peut survenir du fait des jeux de serrage ou de fabrication), le rayon n'est pas sur l'axe. Centrer le rayon sur l'ocillet donne alors un miroir secondaire mal aligné.
2. Si le faisceau n'est pas exactement au centre de l'ocillet, le faisceau de retour est parallèle à l'axe optique. Le centrer sur la source du faisceau conduit à un primaire mal aligné.
3. Si l'ocillet n'est pas exactement au centre optique du miroir, c'est-à-dire au centre du paraboloïde pour un Newton, alors le faisceau revient parallèle à l'axe et la collimation produit un primaire mal réglé.
4. Il est difficile de régler le faisceau de retour juste sur le faisceau de départ. C'est un défaut de la méthode.

Dans l'ensemble il y a moins de défaut avec un réglage par laser qu'à l'œil ou au collimateur. C'est de base une méthode précise sans qu'il soit besoin de contrôler sur une étoile si l'outil est bien fait.

### Avec le laser et la Barlow

1. Identique à l'étape 1 de la méthode laser. Il ne faut pas mettre la lentille de Barlow.
2. Identique à l'étape 2 de la méthode laser. Il ne faut pas mettre la lentille de Barlow.
3. Enfin on place la lentille de Barlow. Elle étale le faisceau et permet d'éclairer plus largement que la gomme. L'image qui retourne vers l'oculaire est l'ombre de la gomme. On la centre sur l'écran qui

entoure la sortie du faisceau sur la lentille de Barlow. Il n'y a pas besoin que la gomette soit évidée en son centre.

C'est la méthode la plus fiable du moment. Elle évite les difficultés numéro 2 et 4 de la méthode laser. C'est de base une méthode très précise sans qu'il soit nécessaire de contrôler sur une étoile si l'outil est bien fait...

## Comment vérifier ou affiner sur une étoile

En défocalisant fortement l'image d'une étoile (ou d'une planète) pour observer l'ombre du secondaire au centre des anneaux de diffractions qui sont l'image du miroir primaire. On peut alors centrer l'ombre du secondaire au centre de l'image du primaire.

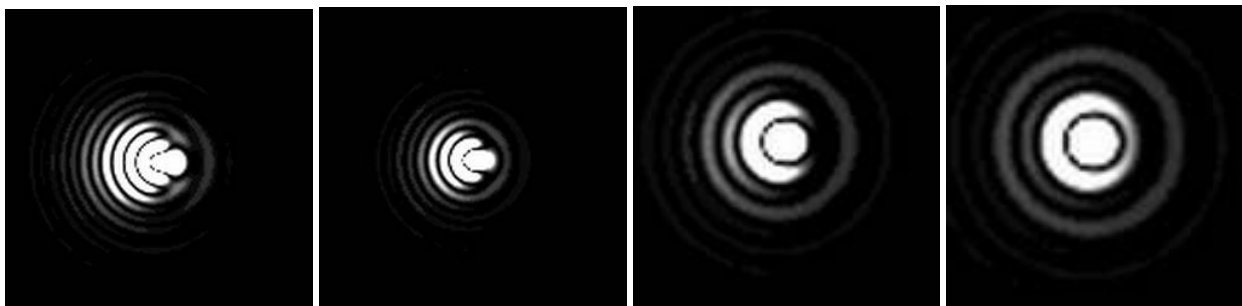
*Images obtenues à différentes distances de la mise au point lorsque l'alignement est parfait :*



Il faut approcher peu à peu de la mise au point et aligner de plus en plus finement le miroir primaire en jouant sur ses réglages.

Proche de la mise au point, il faut travailler sur l'image de diffraction d'une étoile moyenne. Un oculaire de fort grossissement est indispensable et il faut pouvoir obtenir l'image de diffraction. Ce qui impose de grossir entre une et deux fois la taille du miroir exprimée en millimètre. Cela ne peut se faire que si les turbulences atmosphériques et instrumentales ne détériorent pas l'image de diffraction.

*Images excentrées de 3 mm, 2 mm, 1 mm et 0,5mm dans le cas du Strock250:*



Pour régler le miroir primaire avec de petits défauts d'alignement, il faut que l'étoile soit bien au centre de l'image.

Pour une étoile au centre de l'image dans l'oculaire, lorsque les anneaux de diffractions sont par exemple à gauche (Comme sur l'exemple ci-dessus), il faut déplacer l'image vers la gauche avec les réglages du primaire. Puis il faut recentrer l'image en déplaçant le télescope cette fois-ci; et recommencer.

C'est une méthode très précise à la condition de pouvoir centrer l'étoile avec précision dans l'oculaire et à condition que la turbulence permette de grossir suffisamment...