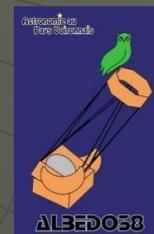


# Miscellanées autour de l'optique du téléscope de Newton

## 2éme partie



Jean-luc Mainardi  
Décembre 2021  
Albedo 38

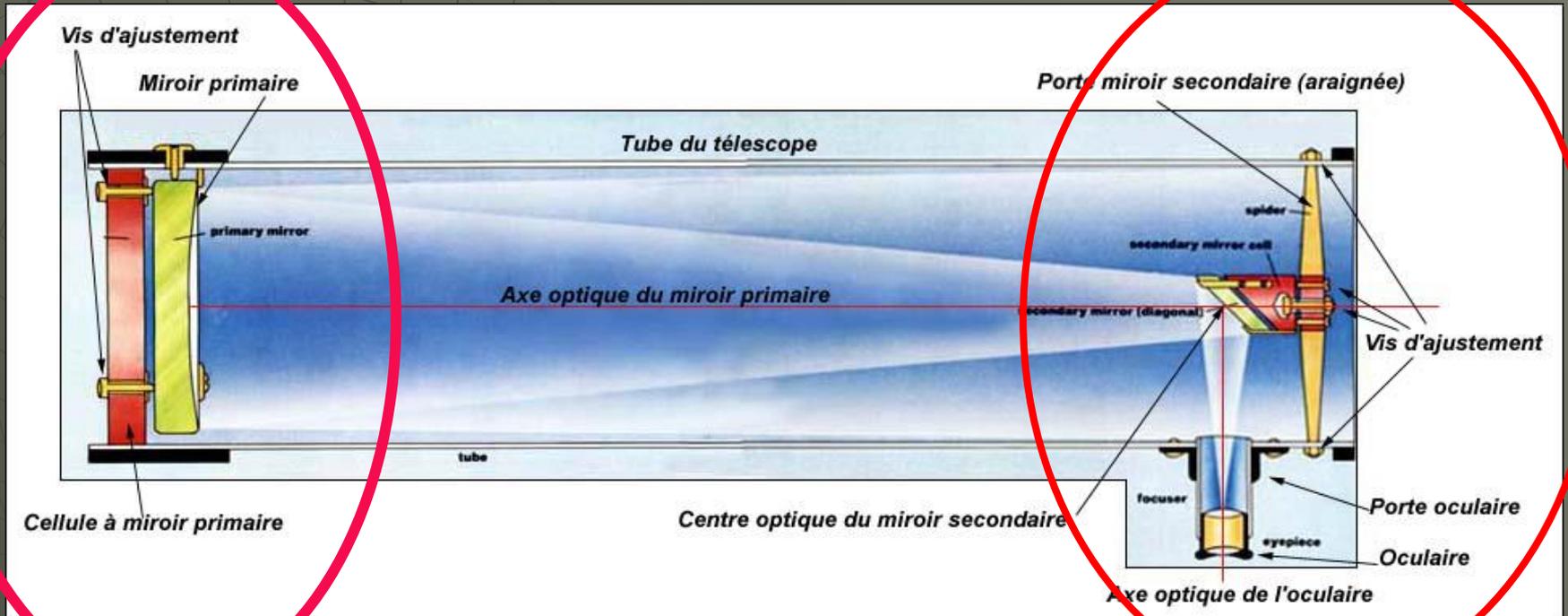
# Télescope de Newton = Instrument d'optique pour observer des objets lointains, petits et généralement peu lumineux

- En utilisant un télescope on veut avoir accès :
  - à la détection visuelle de l'objet : sa géométrie et/ou sa forme
  - aux détails éventuels de sa surface et/ou ses variations de contraste
- C'est en examinant l'image donnée par l'optique *plus ou moins* parfaite du télescope que nous pourrions atteindre ces deux objectifs .
- C'est cette image que nous allons agrandir et examiner visuellement à l'aide d'une loupe de bonne qualité : l'oculaire (dont on ne parlera pas)

Ce qu'on observe, c'est pas l'objet céleste réel c'est son image !

Toute l'information est contenue dans l'image

# 2ème Partie



Partie 1  
Le Miroir Primaire

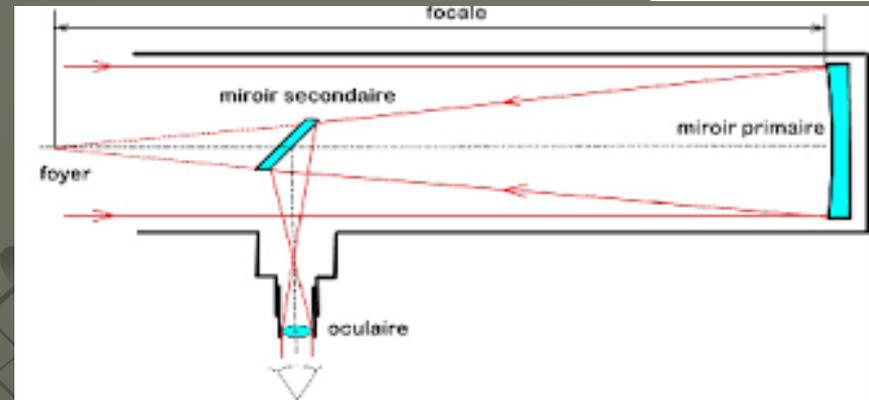


Partie 2  
Le miroir secondaire et l'araignée  
L'obstruction et les contrastes  
Rapport Focal F/D - Porte oculaire  
Collimation et offset

# Le Miroir secondaire diagonal



Rôle = replier à  $90^\circ$  le faisceau optique issu du miroir principal de façon à ce que le foyer soit sur le côté du tube (déport latéral du foyer)



Dans un Newton le miroir secondaire ne modifie pas les caractéristiques optiques du télescope (à la différence du secondaire d'un Cassegrain, d'un Schmidt-Cassegrain ou d'un Maksutov)

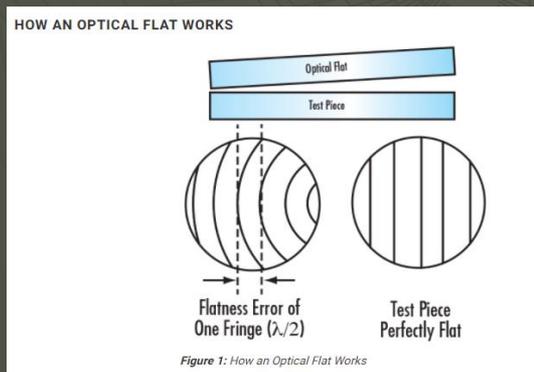
MAIS 3 points à considérer :

- 1- La qualité de la surface réfléchissante du miroir secondaire va influencer sur la surface d'onde issue du miroir principal
- 2- le champ de pleine ouverture accessible au foyer va dépendre de la dimension du miroir (important en astrophotographie)
- 3- le miroir secondaire est positionné dans l'ouverture du miroir principal ==> modification et altération de la PSF

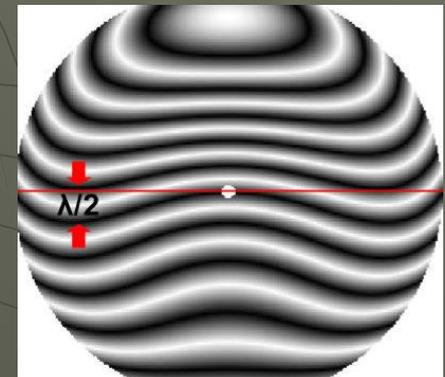
# 1-Qualité du secondaire et impact sur le faisceau issu du miroir primaire

==> la réflexion du faisceau sur la surface optique du miroir:

- Perte de luminosité du fait que le coefficient de réflexion de la couche d'aluminium déposée n'est pas égal à 100 %
- Altération de la surface d'onde issue du miroir principal du fait de la non-planéité du miroir secondaire :
  - précision sur l'onde :  $\lambda/4$  (qualité minimale) à  $\lambda/20$  (qualité supérieure)
  - Présence (fréquente) d'un bord rabattu
  - Contraintes mécaniques sur le miroir secondaire (collage-griffes de retenue)



Fringe de  $\frac{1}{2}$  longueur d'onde

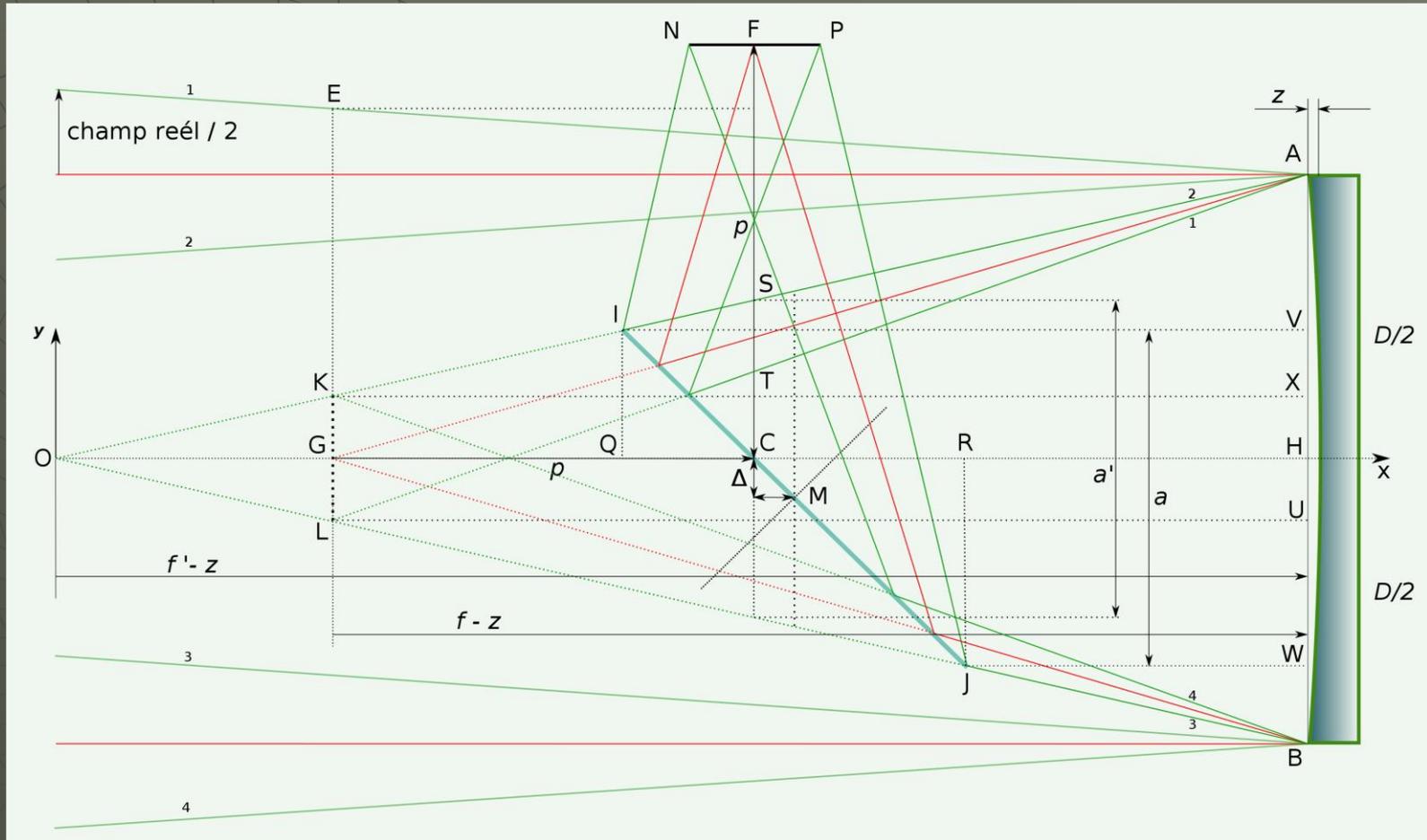


# Bord rabattu du secondaire

- Assurer une planéité à  $\lambda/10$  d'un miroir plan est extrêmement difficile (hors de portée d'un astronome amateur ?)
- Le défaut géométrique donc optique caractéristique de la grande majorité des secondaires est le bord rabattu .
- Pour se mettre à l'abri de ce défaut il est bon de laisser au moins 2 mm entre le bord du miroir secondaire et l'image du miroir primaire donc avoir un secondaire # 4 mm plus grand que nécessaire



# 2-Le champ de pleine lumière (surtout pour l'astrophotographie)



**==> la dimension IJ du miroir secondaire va déterminer la dimension NP du champ disponible au niveau du porte oculaire donc le champ de pleine lumière – La dimension IJ va dépendre de la conicité du faisceau (F/D )** 7

# Champ de pleine lumière et vignettage

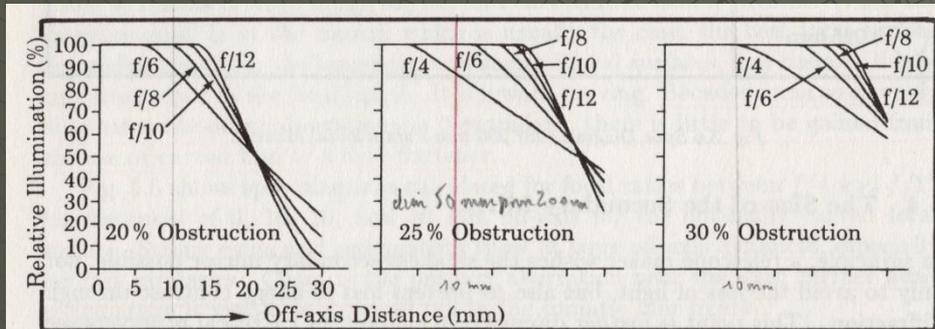
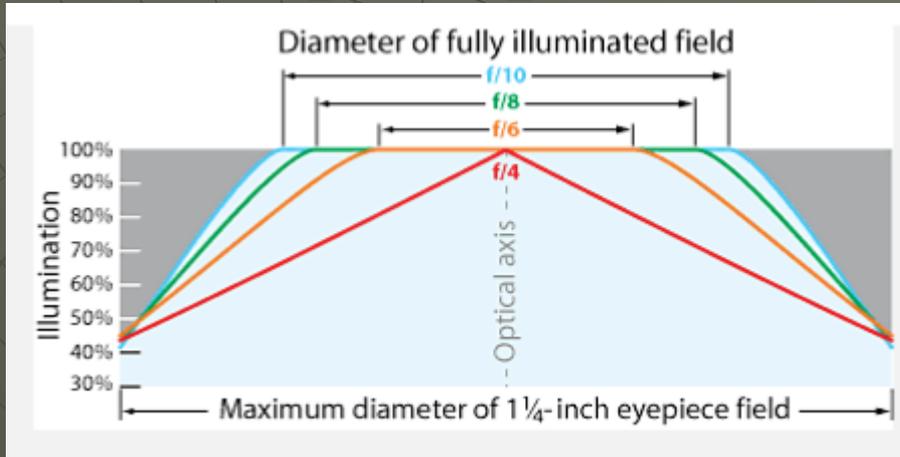
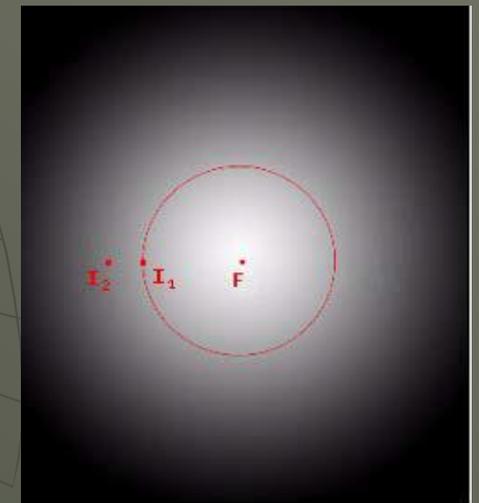


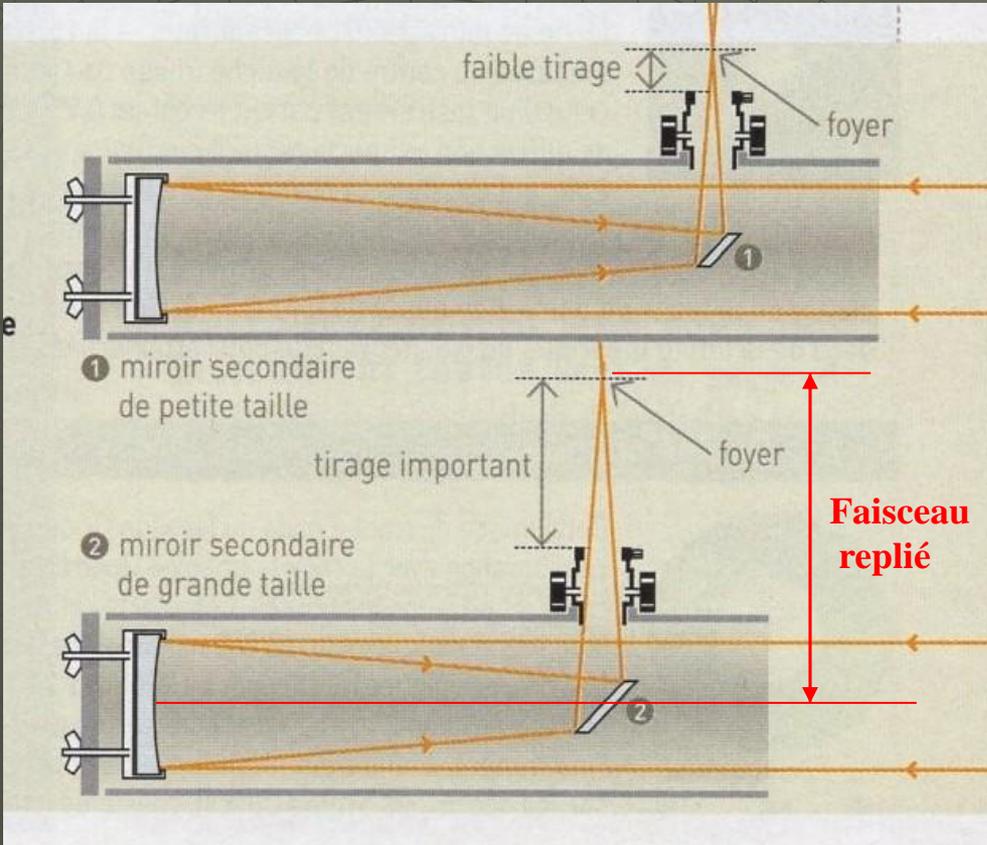
Fig. 5.8 Illumination in the Focal Plane of a 200 mm Newtonian.

**Problème Offset= décalage du secondaire sur Dobson très ouverts**

**Le champ de pleine lumière dépend de façon drastique du rapport F/D et de la dimension de miroir secondaire**



# Dimension du miroir secondaire et sortie du foyer (Tirage - back-focus - front-focus)



## Calcul du faisceau replié :

On retrouve l'influence du rapport d'ouverture  $N = F/D$ . en plus se pose la question de l'espacement entre le bord du miroir et le tube (afin d'éviter les mouvements thermiques lors de la mise en température)

## *Règle pratique :*

Longueur du faisceau replié

#  $0,9$  à  $1,2 D_{\text{miroir}}$

Mais attention au besoin de tirage

Diam mini miroir secondaire  
= Faisceau replié /  $N$

# 3-Altération de la PSF par le miroir secondaire (et l'araignée)- Notion d'Obstruction

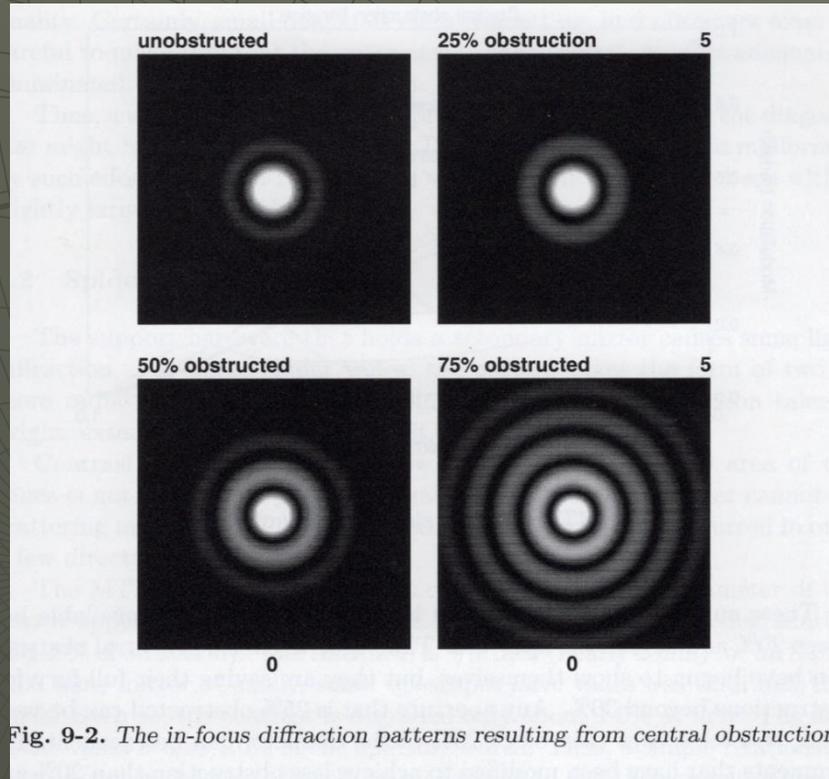
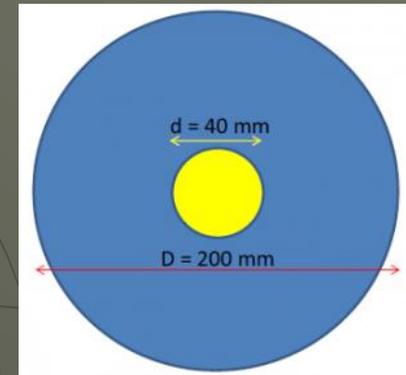


Fig. 9-2. The in-focus diffraction patterns resulting from central obstruction.

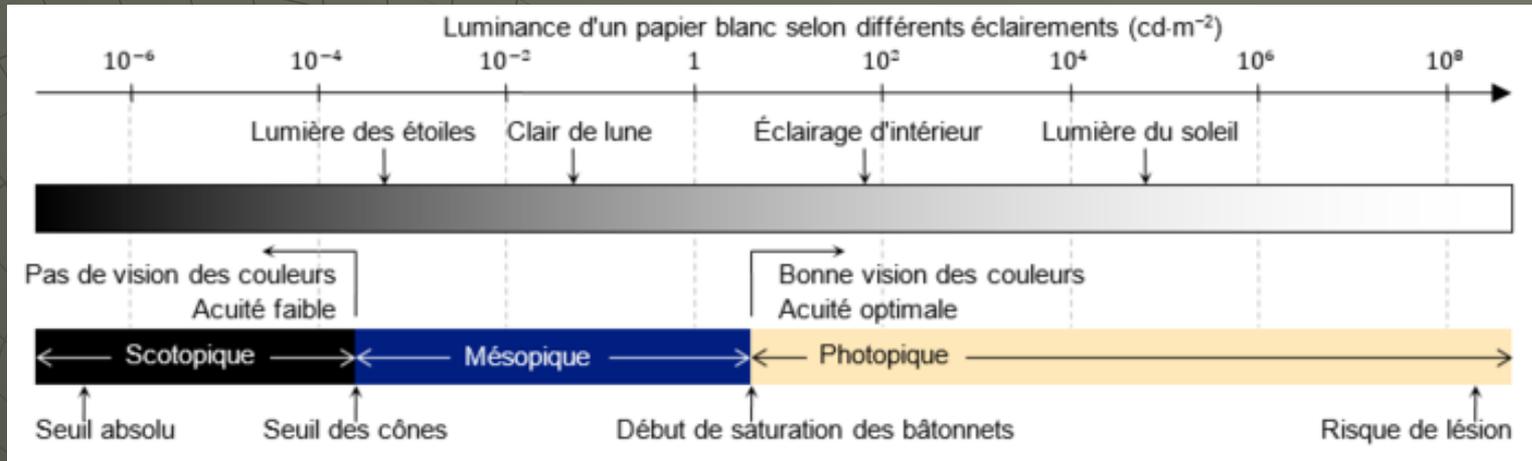


**Obst secondaire=20%**

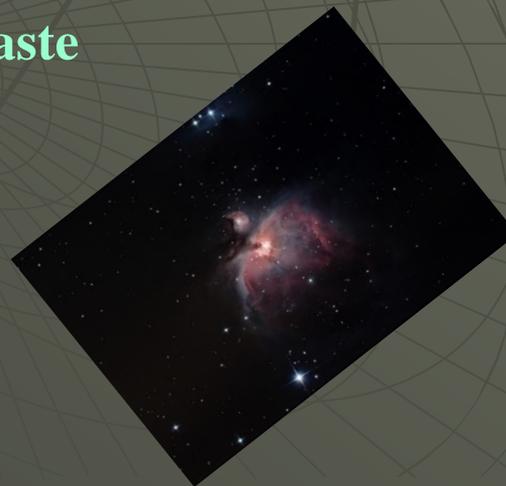
**Obstruction= diamètre hors-tout du secondaire / diamètre optique du primaire  
(et l'obstruction de l'araignée # 1,5 % de la surface du miroir primaire)**

# Observation visuelle

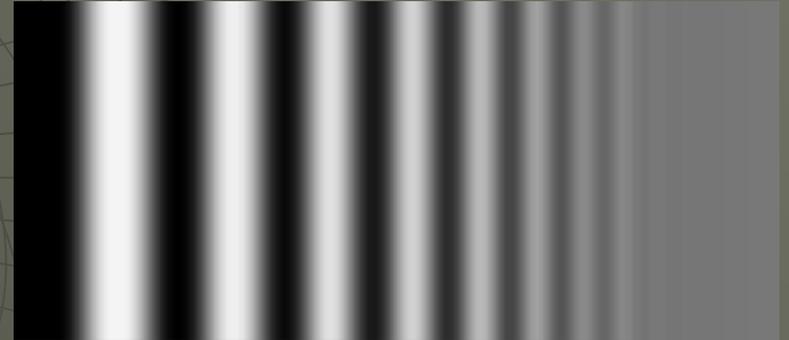
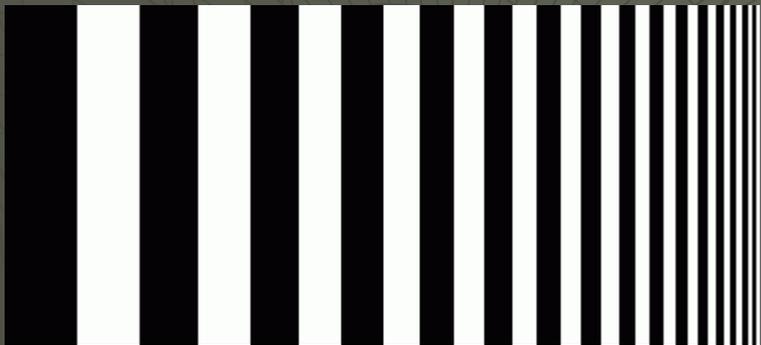
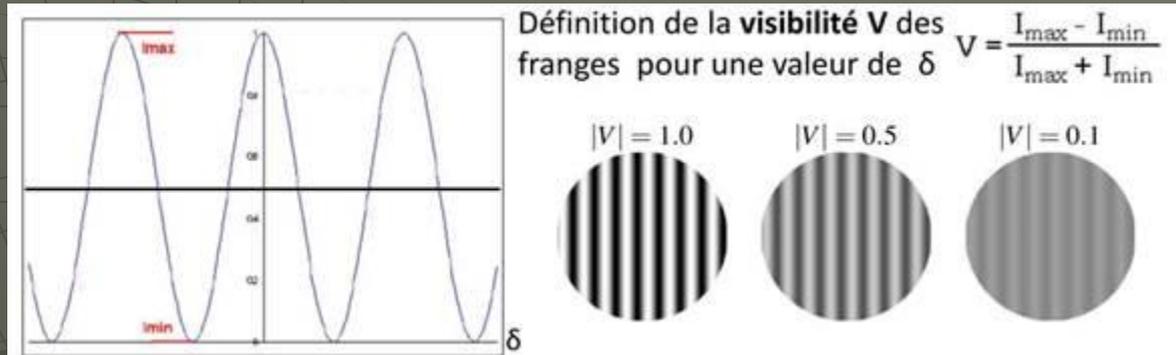
## Contraste et Résolution



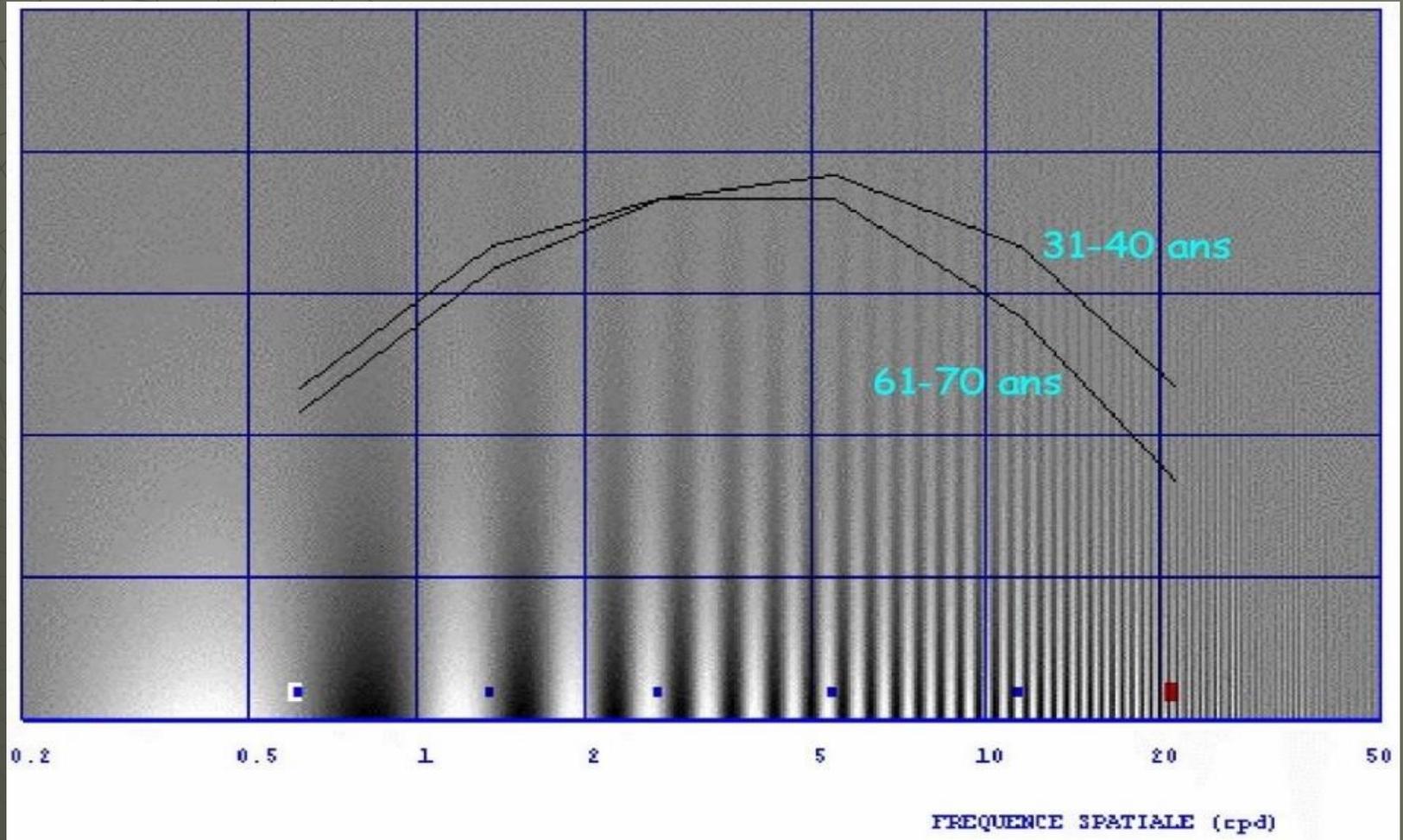
**La vision Mésopique et Scotopique fait appel aux bâtonnets qui sont sensibles aux contrastes et peu à la couleur ==> à l'oculaire l'œil fonctionne essentiellement comme un détecteur de contraste**



# Notion de contraste



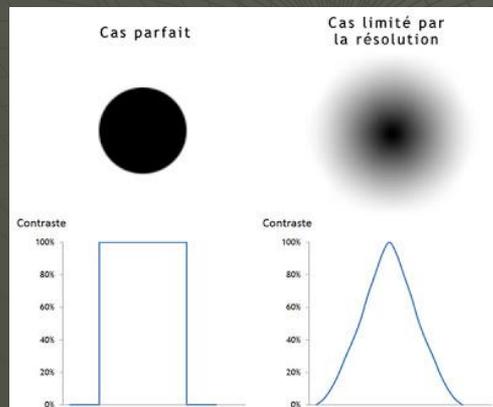
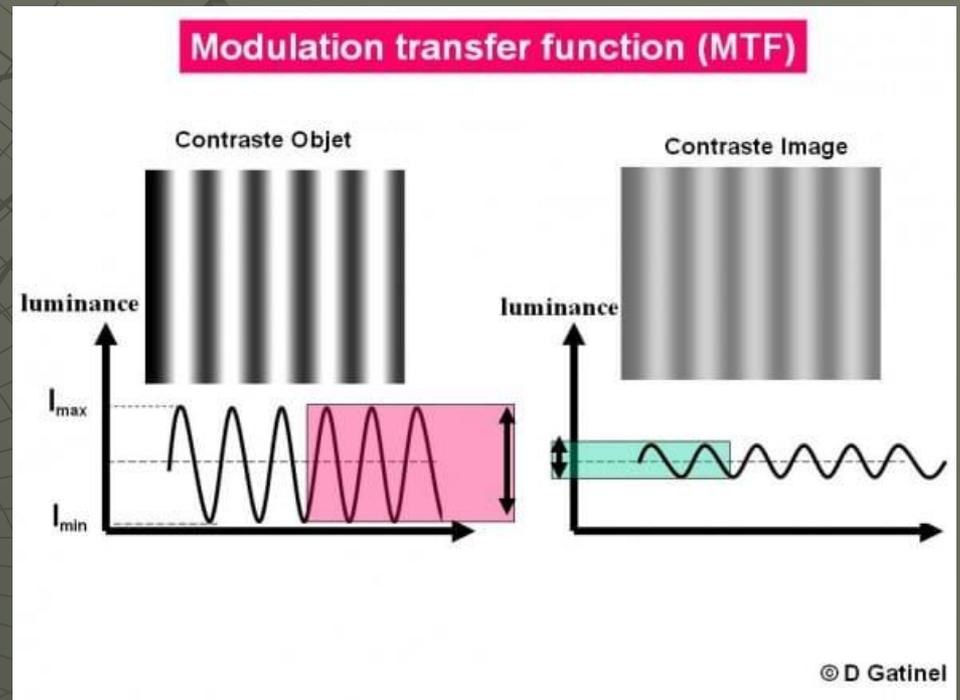
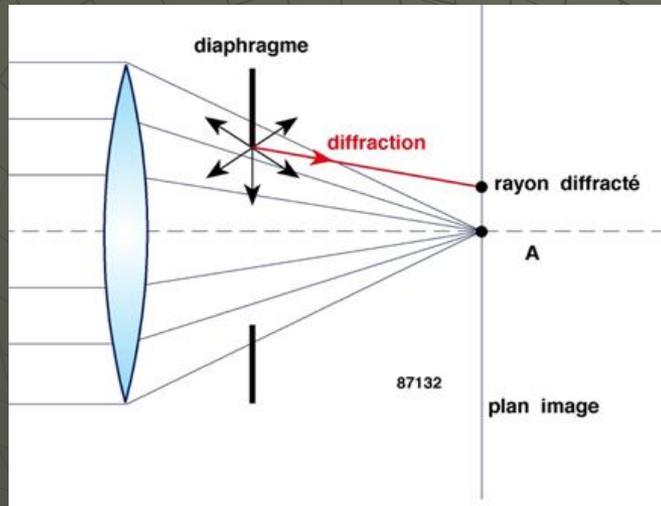
# Réponse de l'oeil aux contrastes : Fonction de modulation (FTM) de l'oeil



↑  
Contraste  
de + en +  
faible

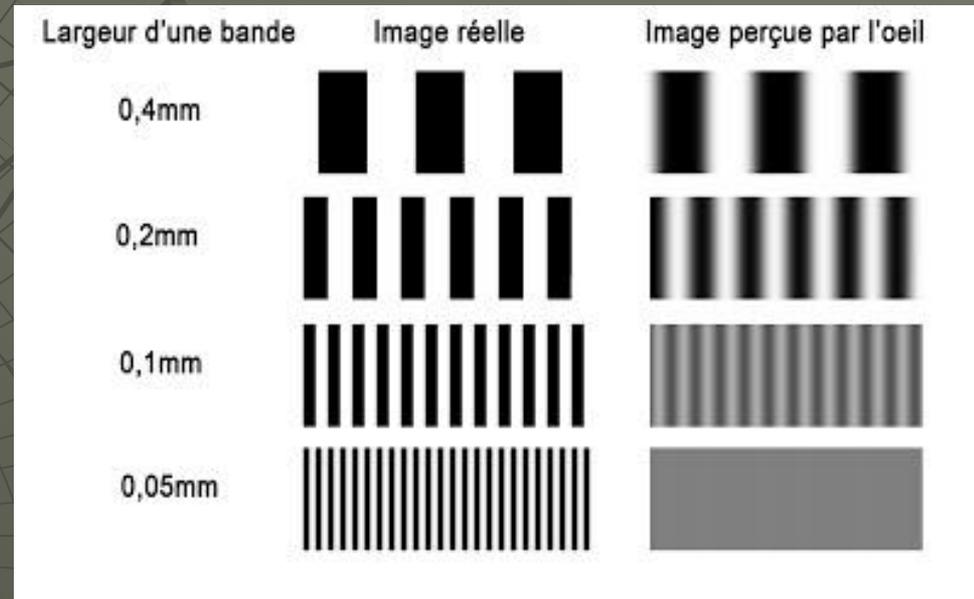
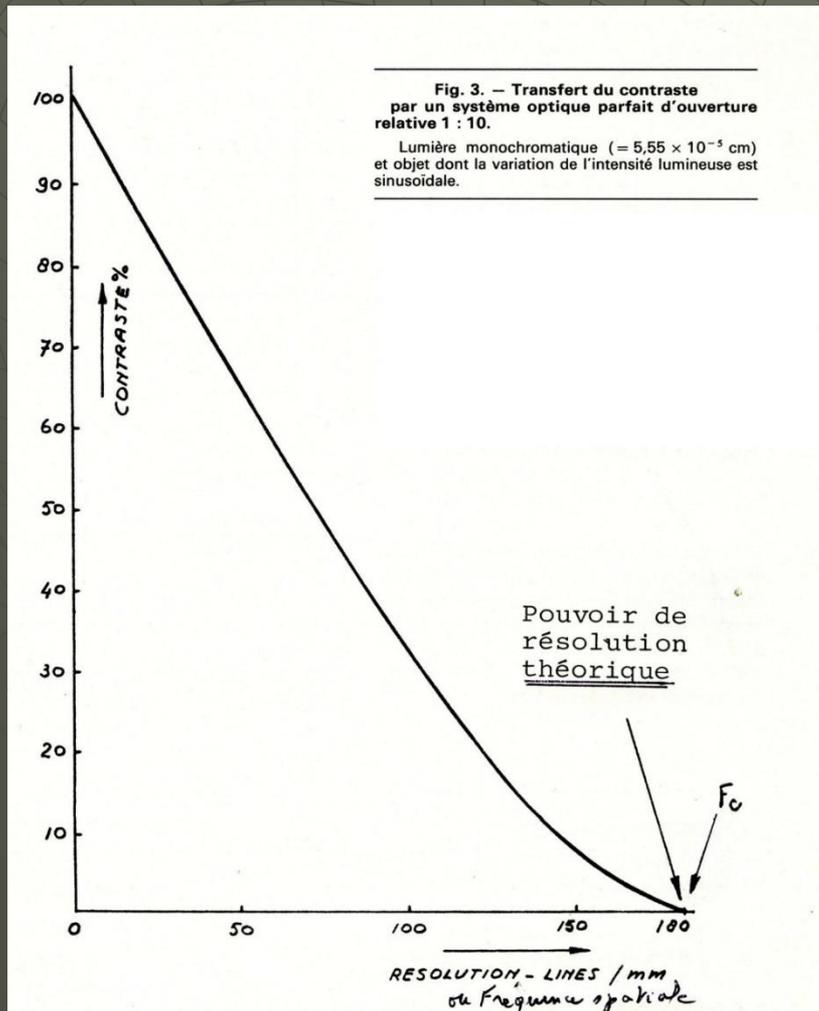
Plus le détail est petit plus son contraste doit être grand pour que l'œil le perçoive  
==> la résolution dépend du contraste

# La transmission des contrastes par l'optique du Télescope



# La Fonction de transfert de modulation de l'instrument (FTM)

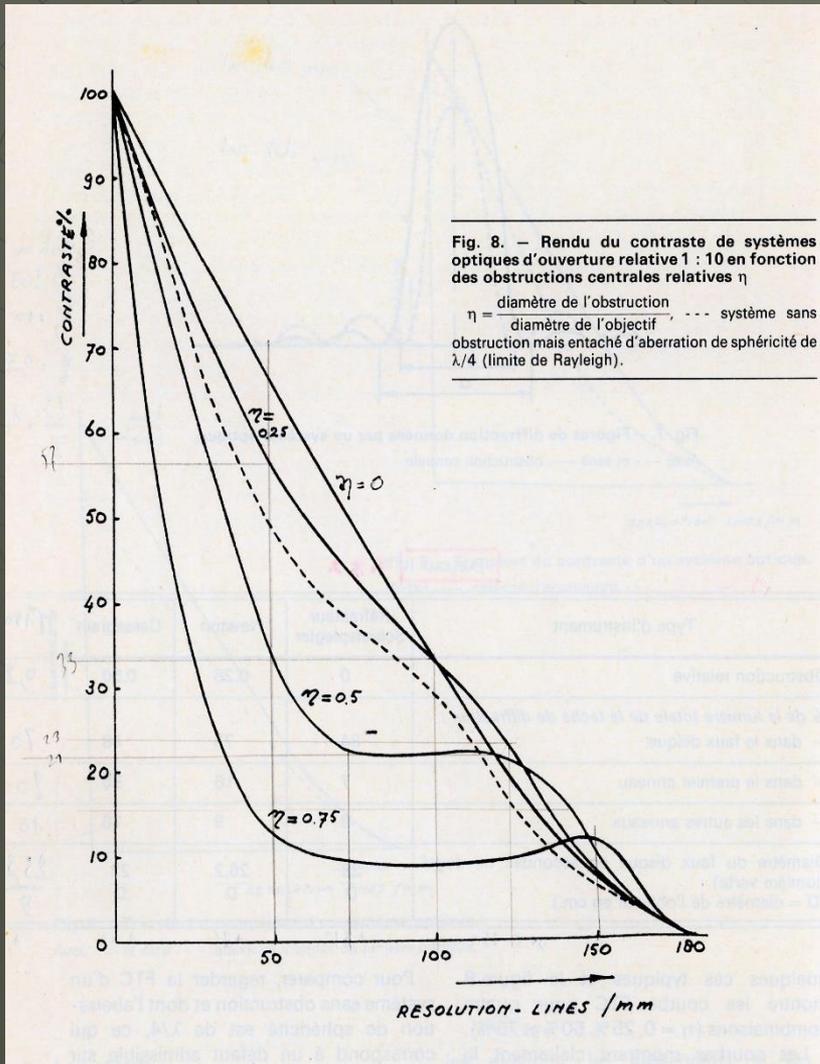
L'optique du télescope, même parfait va diminuer les contrastes de l'image



Fréquence de coupure  
(en lignes/mm dans le plan focal) :  
 $F_c = (D/F) \cdot (1/\lambda)$

FTM d'un instrument parfait

# L'obstruction due au miroir secondaire modifie la FTM de l'instrument : importance pour les observations planétaires



L'obstruction centrale dégrade la FTM:  
Elle abaisse le contraste de l'image  
==> l'image dans un Newton est donc moins contrastée que l'image donnée par une lunette

## Contraste des détails planétaires :

Lune : très contrastée

Jupiter : bandes moyennement contrastées

Saturne : Division de Cassini très contrastée-

Bande nuageuse : faiblement contrastée

Mars : les contrastes dépendent de la pureté de l'atmosphère de Mars (vent de poussières)

Etoiles Doubles:

détection des compagnons faibles impactée

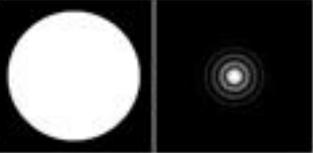


# Alors quelle obstruction ?

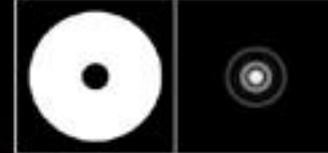
- En dessous de 20 % ==> pas de dégradation de l'image mais problème de backfocus et de champ de pleine lumière-sensibilité à l'aberration de sphéricité en cas de sous-corrrection (cas des télescopes hors équilibre thermique )
- Entre 20% et 33 % ==> dégradation très légère de la transmission des contrastes de l'image (pratiquement indétectable surtout si turbulence)
- A 50% ==> la dégradation devient très visible à l'œil nu

**Pour observations visuelles, obstruction entre 20 % et 30 % = OK**

**( Remarque: on s'aperçoit que laisser 2 mm pour se mettre à l'abri d'un éventuel bord rabattu du secondaire ne porte pas à conséquence)**



0%



20%



33 %



50 %



# Les aigrettes dues à l'Araignée



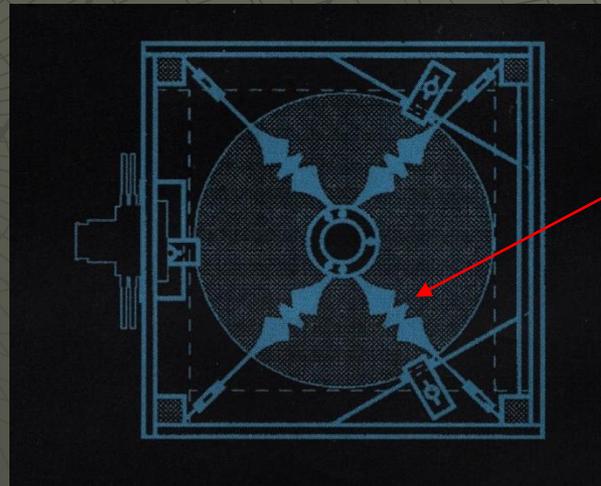
*(Diffraction-Principe de Babinet)*



**==> peu important en observation visuelle**

**Mais l'araignée peut également amener de la turbulence thermique à l'entrée du télescope et des réflexions lumineuses parasites (couleur des branches de l'araignée : noires ou brillantes ? )**

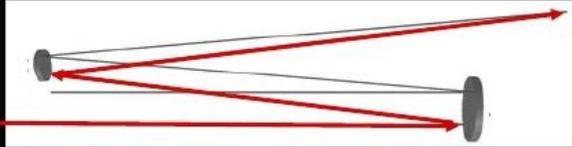
# Les supports *exotiques* du miroir secondaire pour éviter les aigrettes



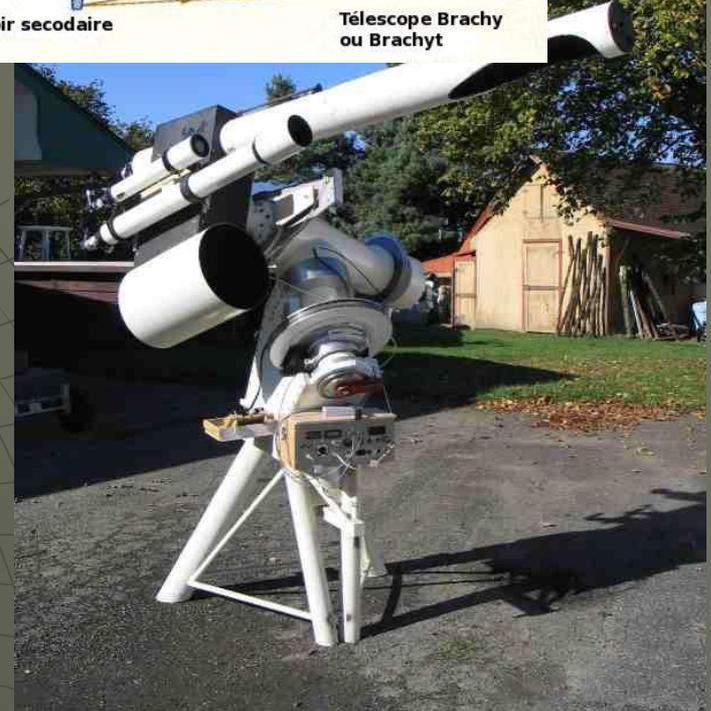
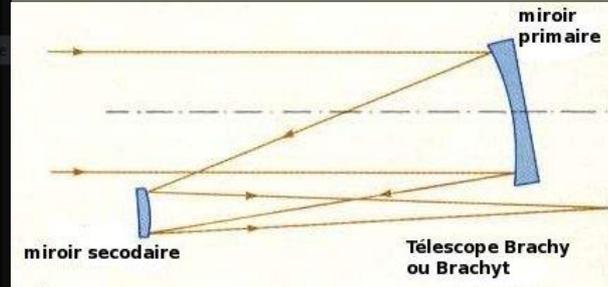
Caches disposés sur les branches d'araignées-  
obst= 7% mais aigrettes supprimées  
(S Bertorello)

# Télescope sans obstruction-Schiefspiegler

## Schiefspiegler



- Exotic tilted (oblique) component scope
- Only mirrors & eyepiece
- No central obstruction, improving contrast
- Often  $f/28+$
- Invented by Anton Kutter ~1950



Observ.  
planétaires

# La collimation : pourquoi ?

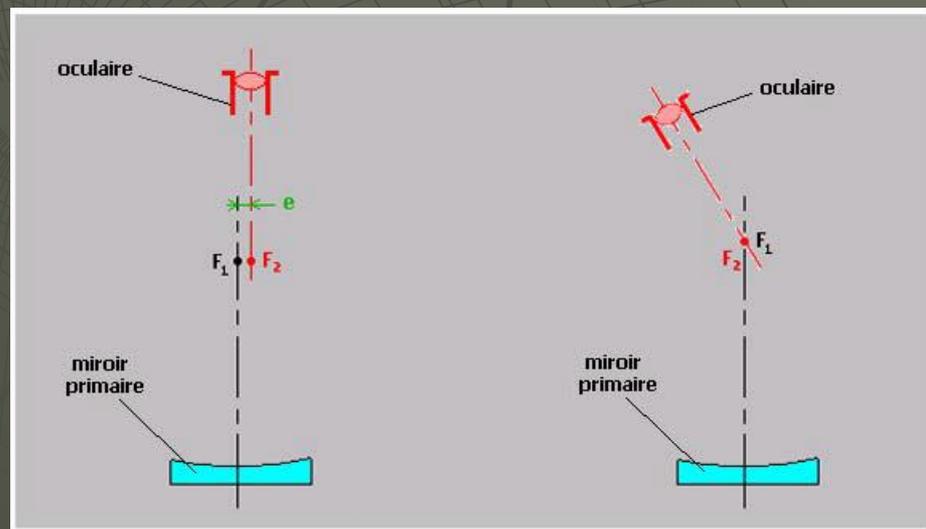
L'axe du miroir principal définit l'axe optique de l'instrument

L'oculaire possède également un axe optique

Les deux axes peuvent être décalés et faire un angle entr'eux

*==> Collimater le télescope c'est aligner et faire coïncider les deux axes optiques : celui du miroir principal et celui de l'oculaire*

(Attention à ne pas confondre l'axe optique de l'instrument et l'axe géométrique du tube)



# Coma et tolérance de collimation du Newton

Une collimation défailante fait que l'axe de l'oculaire (qui détermine le point que l'on vise) impacte le miroir principal selon un axe incliné en dehors du centre du miroir

==> apparition de l'aberration de Coma (très sensible pour les Newton)

*La longueur  $l$  de l'aigrette de Coma a pour expression, pour un Newton:*

$$l = (3/16) \cdot [1 / (F/D)^2] \cdot \alpha$$

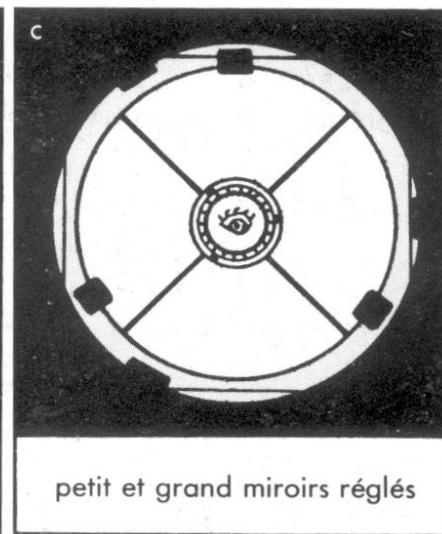
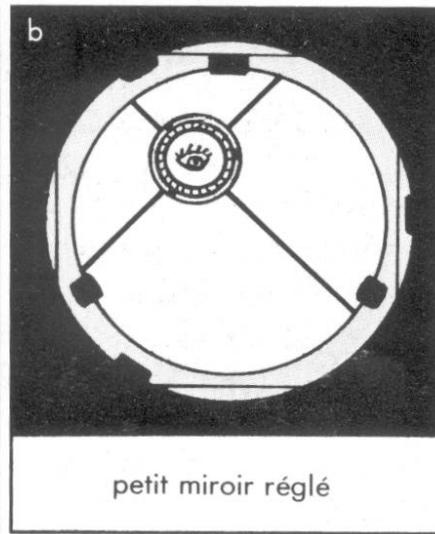
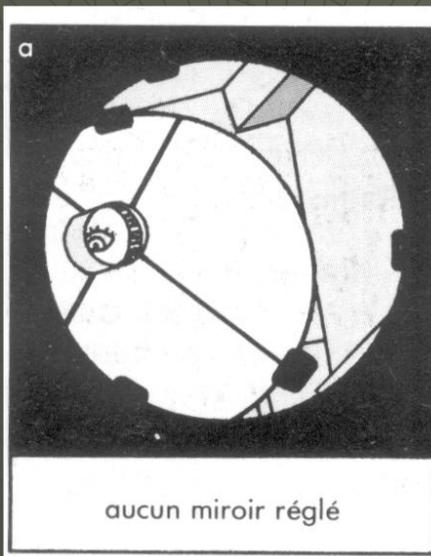
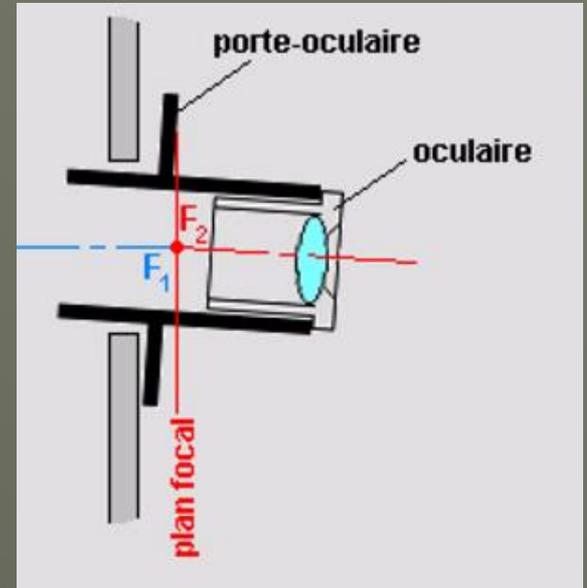
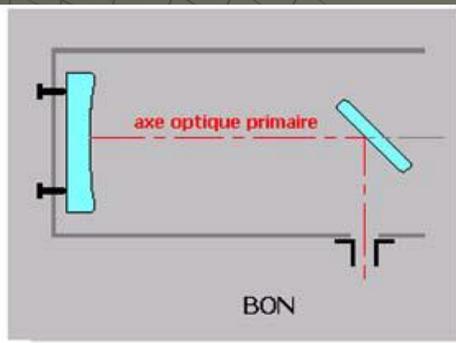
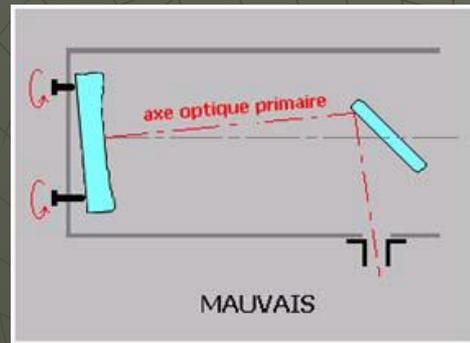
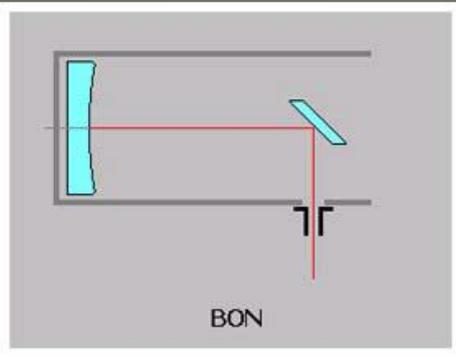
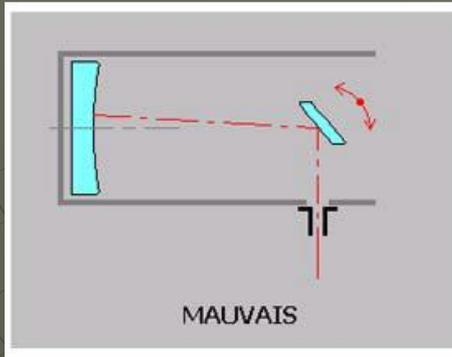
*où  $\alpha$  est l'angle d'inclinaison ( $\alpha$  = angle axe miroir-axe secondaire-axe oculaire) - dépend de la précision de collimation)*

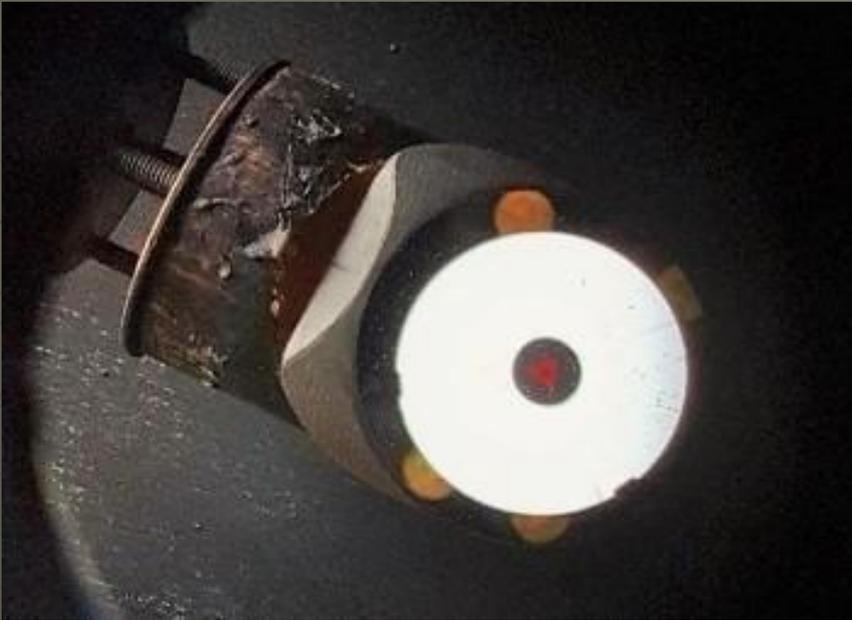
**Cette relation montre que la précision de collimation va dépendre de l'inverse de  $(F/D)^2$  :**

**Plus  $(F/D)$  est petit plus la collimation doit être précise ( $\alpha$  petit)**

**Un télescope ouvert à 4,5 doit être collimaté plus précisément qu'un télescope ouvert à 6 (problème pour les Dobson très ouverts et transportables)**





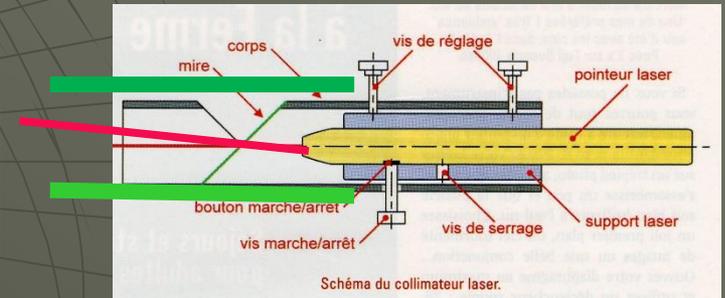
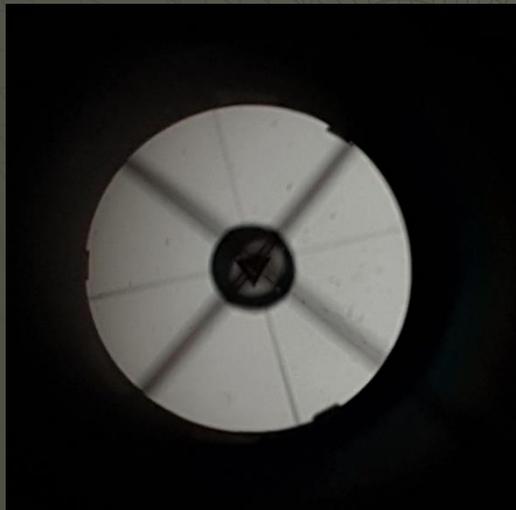


## Utilisation d'un laser:

2 précautions à prendre

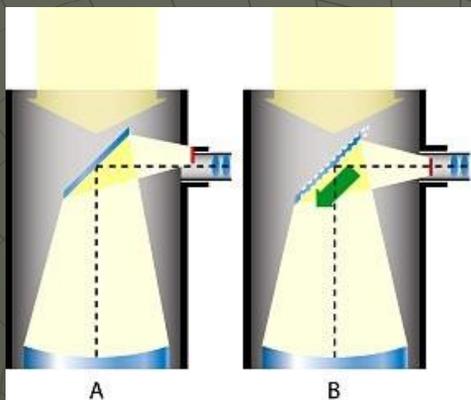
1-Parallélisme faisceau/tube du laser

2-Jeu entre tube du laser et porte-oculaire



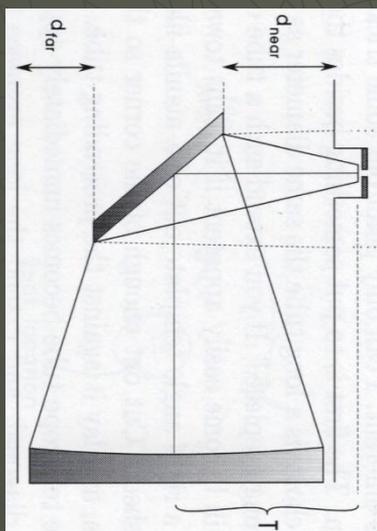
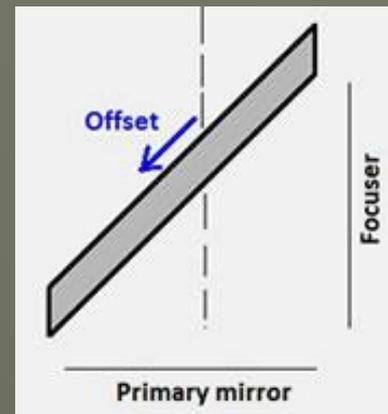
**Collimateur Cheshire**

# Offset = décalage du miroir secondaire



==>Centrage optique versus centrage géométrique

==>important pour les télescopes très ouverts ( $F/D < 5$ ) si photographie (champ de pleine lumière)



Diameter(mm)	T	Focal Ratio							
		4	4.5	5	6	7	8	10	
75	90	2.8	2.2	.8	1.2	0.9	0.7	0.4	
110	110	3.5	2.7	.2	1.5	1.1	0.9	0.6	
150	140	4.4	3.5	2.8	2.0	1.5	1.1	0.7	
200	180	5.6	4.4	3.6	2.5	1.8	1.4	0.9	
250	210	6.7	5.3	4.3	3.0	2.2	1.7	1.1	
320	260	8.1	6.4	5.2	3.6	2.6	2.0	1.3	
360	290	9.0	7.1	5.8	4.0	2.9	2.3	1.4	
400	320	10.0	7.9	6.4	4.4	3.3	2.5	1.6	
450	350	10.8	8.6	6.9	4.8	3.5	2.7	1.7	
500	390	12.2	9.7	7.8	5.4	4.0	3.1	2.0	
600	460	14.4	11.4	9.2	6.4	4.7	3.6	2.3	

Tableau d'offset selon Harold.R Suiter( Star testing Astronomical Telescopes)

==>Impact sur la conception de l'araignée

# L'Atmosphère: la plus mauvaise partie de l'instrument (Danjon)

Comment  
intervient  
l'atmosphère

Transparence : aérosols-poussières-humidité

Turbulence : mouvement dans les couches de l'atmosphère-  
position du jet-stream –air-mass

En général le niveau de turbulence en ville est plus faible  
que celui de la campagne avoisinante

Luminosité / brillance du fond du ciel : aérosols –conditions  
du site -éclairage public

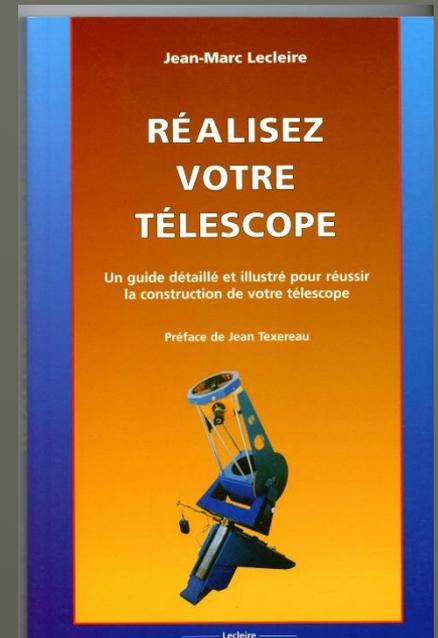
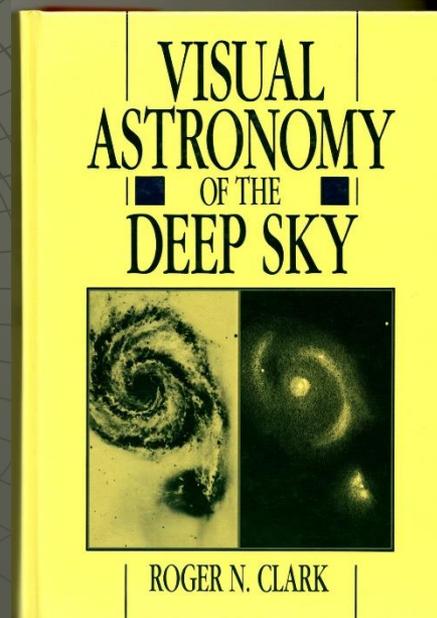
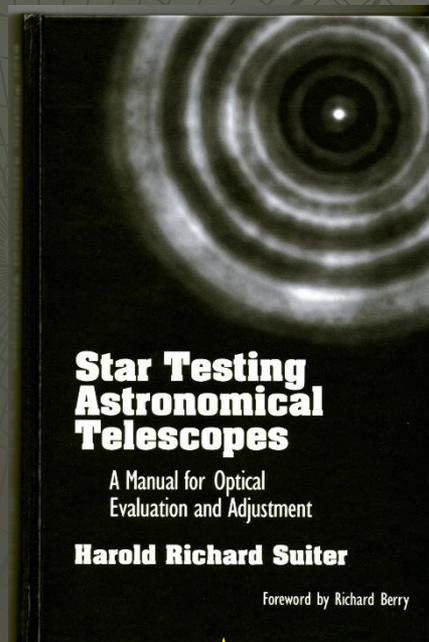
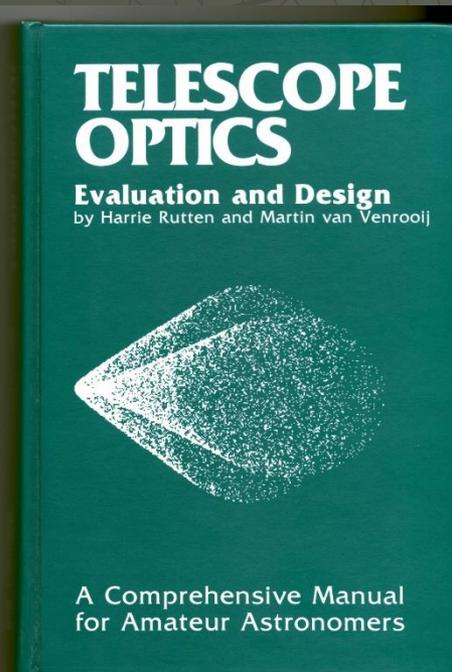
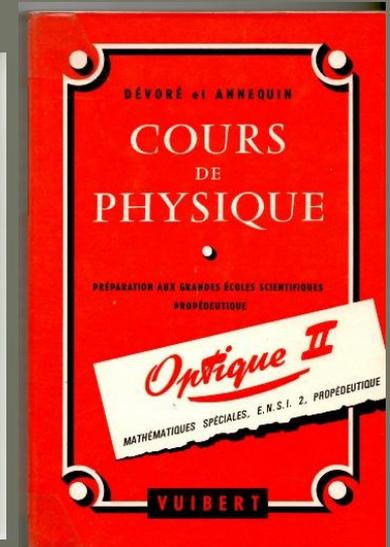
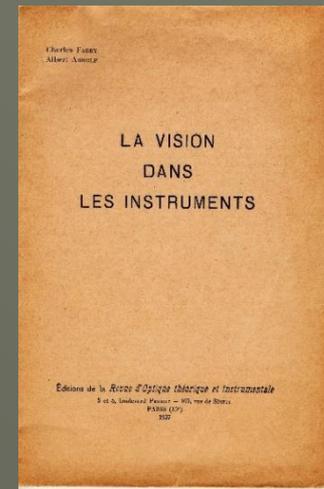
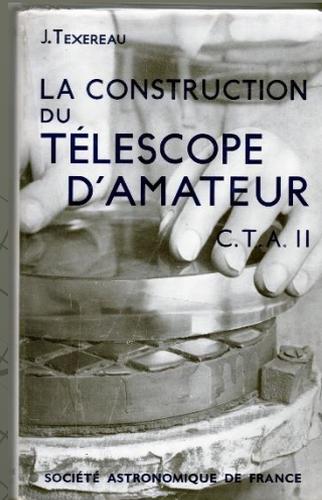
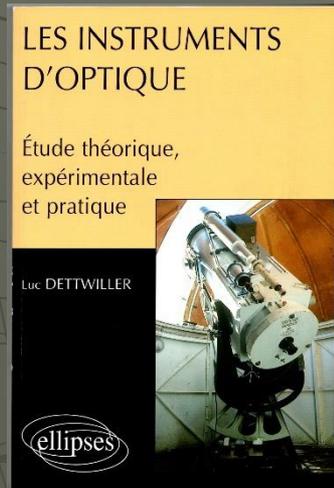
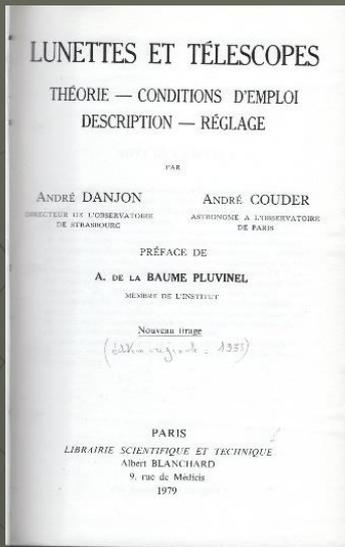
La luminosité n'est pas un problème pour le planétaire

Dispersion chromatique =Hauteur sur l'horizon-air-mass  
-colorations marquées plus marquée au ras de l'horizon



*Bon courage et succès à ceux qui entreprennent la construction d'un  
Télescope Newton*

# Ressources documentaires



# Ressources Internet

- **Astrosurf :** [astrosurf.com](http://astrosurf.com)
- **Site de Serge Bertorello :** [serge.bertorello.free.fr](http://serge.bertorello.free.fr)
- **Télescope Optics.net :** <https://www.telescope-optics.net>