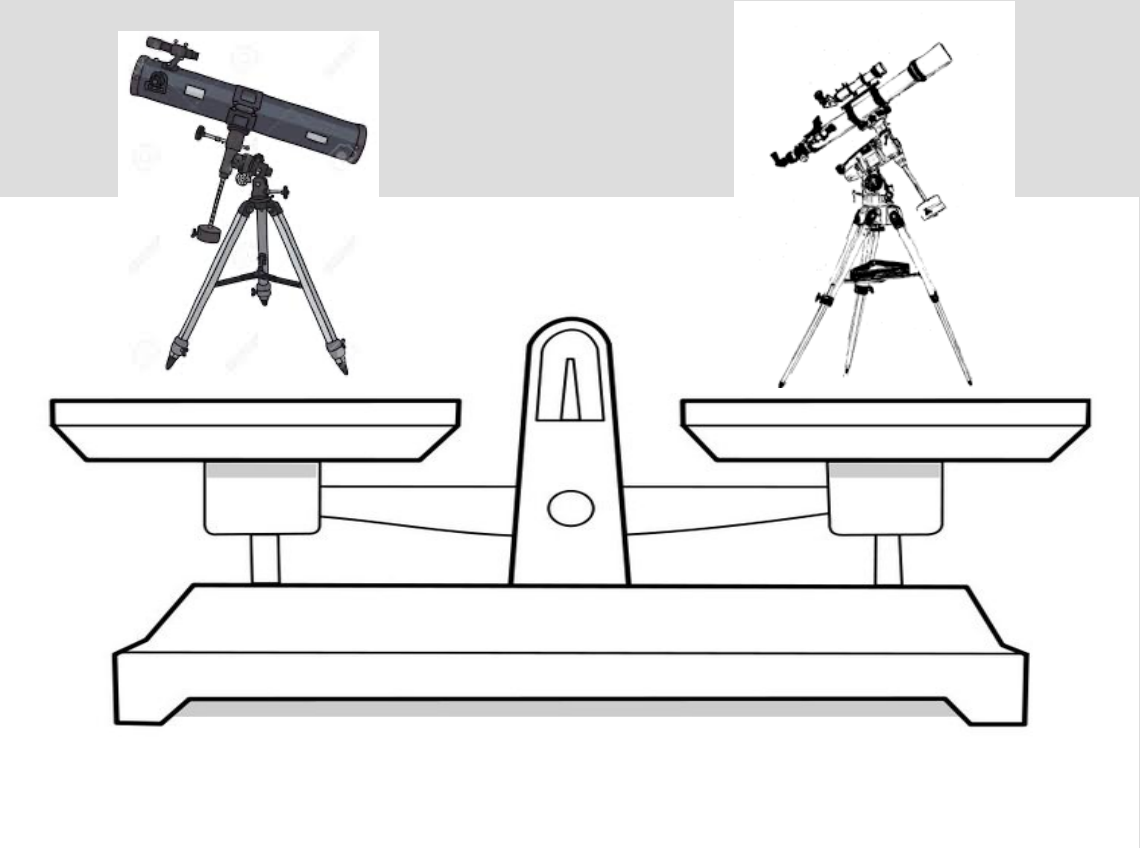
Imagerie Planétaire HR
Lunettes versus Télescopes



Guillaume Blanchard RCE 11/2021

La présentation

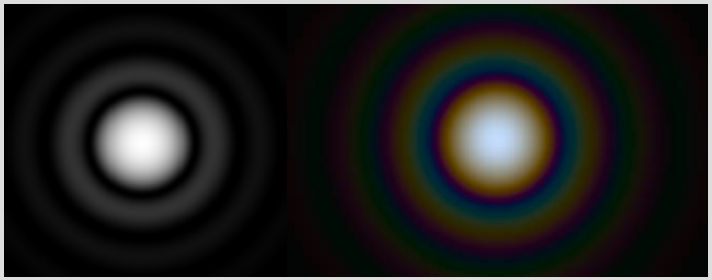
- Intro
  - Lunette vs Télescope 300 ans de confrontation
- On va aller Crescendo
  - Rappels de base
  - Simulations optiques
  - Avantages et inconvénients
- Conseils

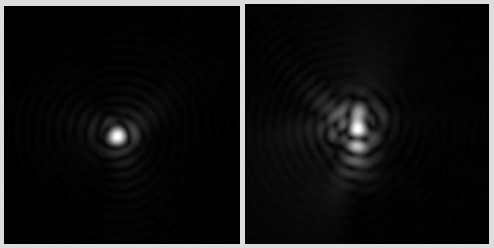
Rappels

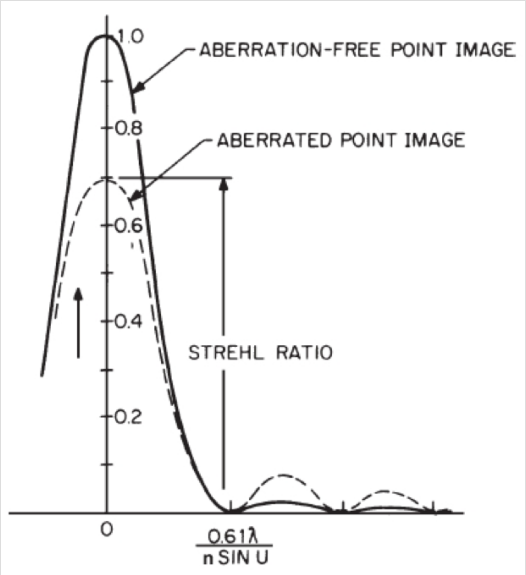
- L'instrument
  - La limite de diffraction
  - La conception La fabrication
  - Le réglage : collimation et focalisation
- Les capteurs : Oeil – CCD - APN
- L'atmosphère
  - La turbulence
  - La réfraction atmosphérique
- Les astres bougent
  - Suivi, Vibrations
  - La rotation des planètes

Limite de diffraction

- La tache d'Airy
  - Monochromatique
  - Polychromatique
- La PSF (Point Spread Function)
  - Monochromatique
  - Polychromatique
  - L'obstruction centrale
- Rapport de Strehl







Le type d'instrument conception

- Lunette => la correction Chromatisme
  - Doublet achromatique
  - Doublet semi-apochromatique
  - Triplet apochromatique
- Télescope => La qualité des surfaces la collimation
  - Newton
  - Cassegrain - Dall Kirkham
- Les systèmes mixtes
  - Schmidt Cassegrain
  - Maksutov

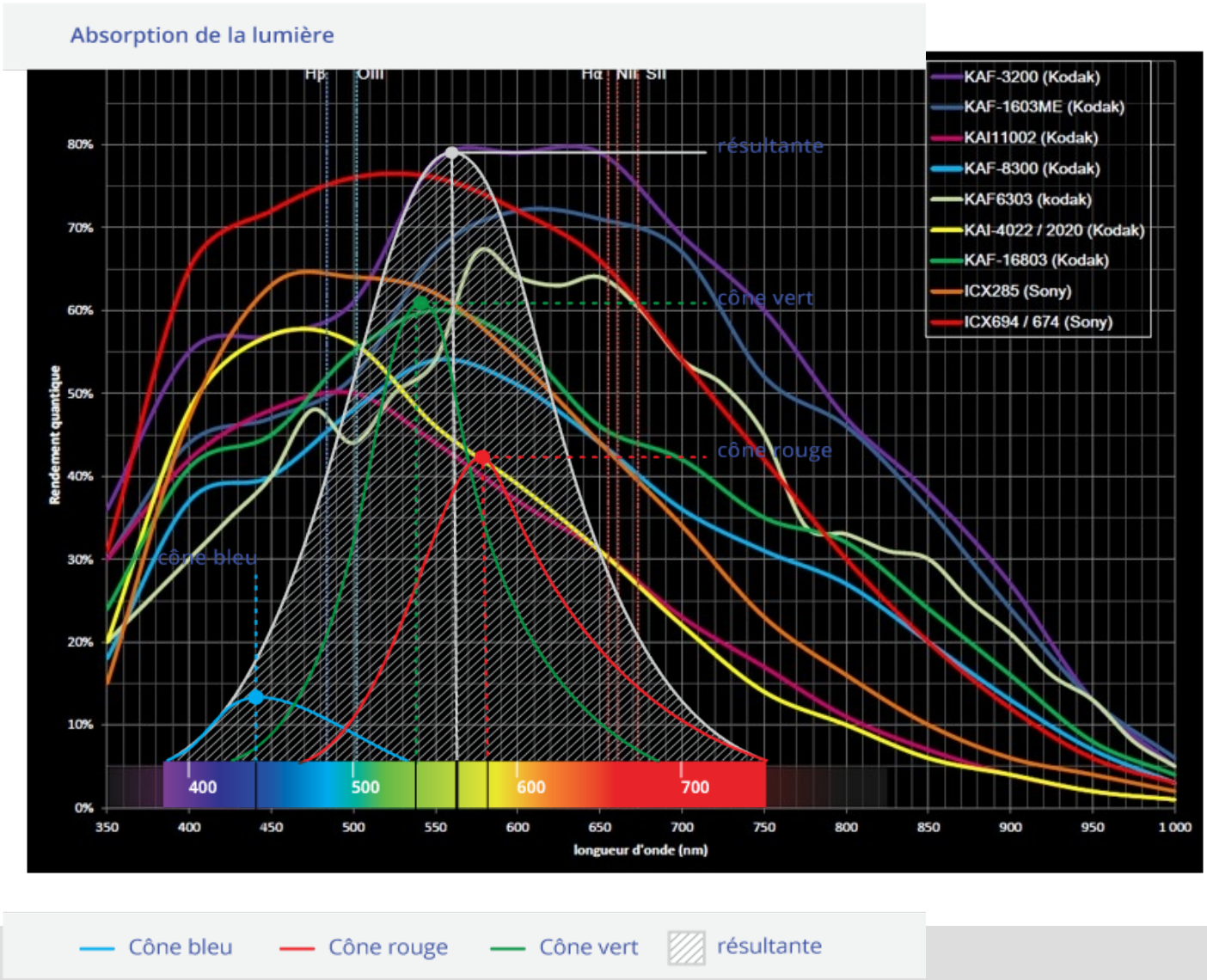
La fabrication

- Choix des matériaux
  - Qualité des verres
  - Dilatation des tubes
  - Qualité de la mécanique
  - Qualité de l'électronique
- La qualité du polissage
  - La forme de la surface
  - Un mot sur le super polissage
- Le supportage des miroirs
-

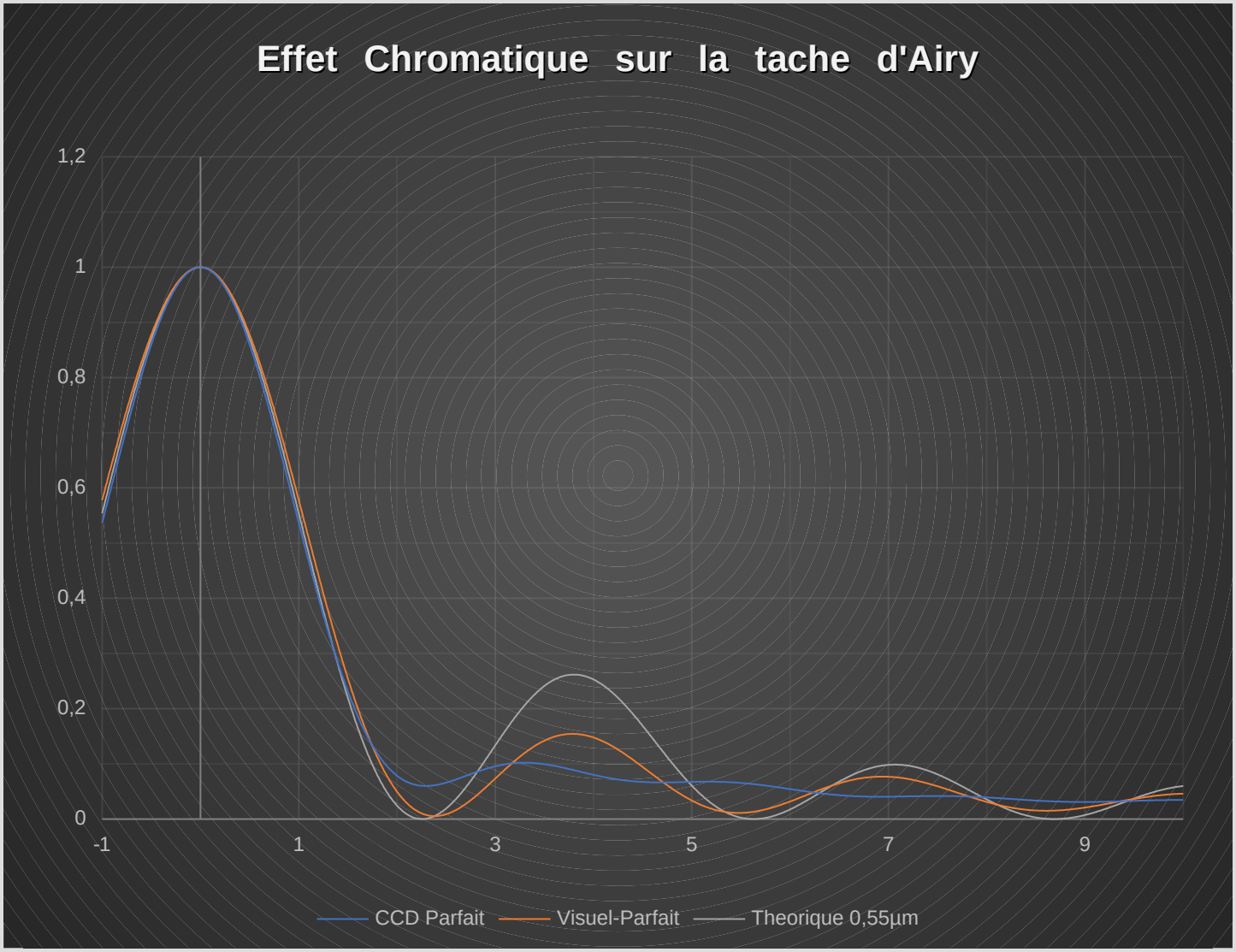
La collimation-La focalisation

- Collimation
  - Impact de la turbulence lors de la collimation
- Focalisation
  - Profondeur de champ
  - Les aspects thermiques
- Choix de la longueur d'onde pour collimater
  - Lambda petit permet de voir plus d'aberration

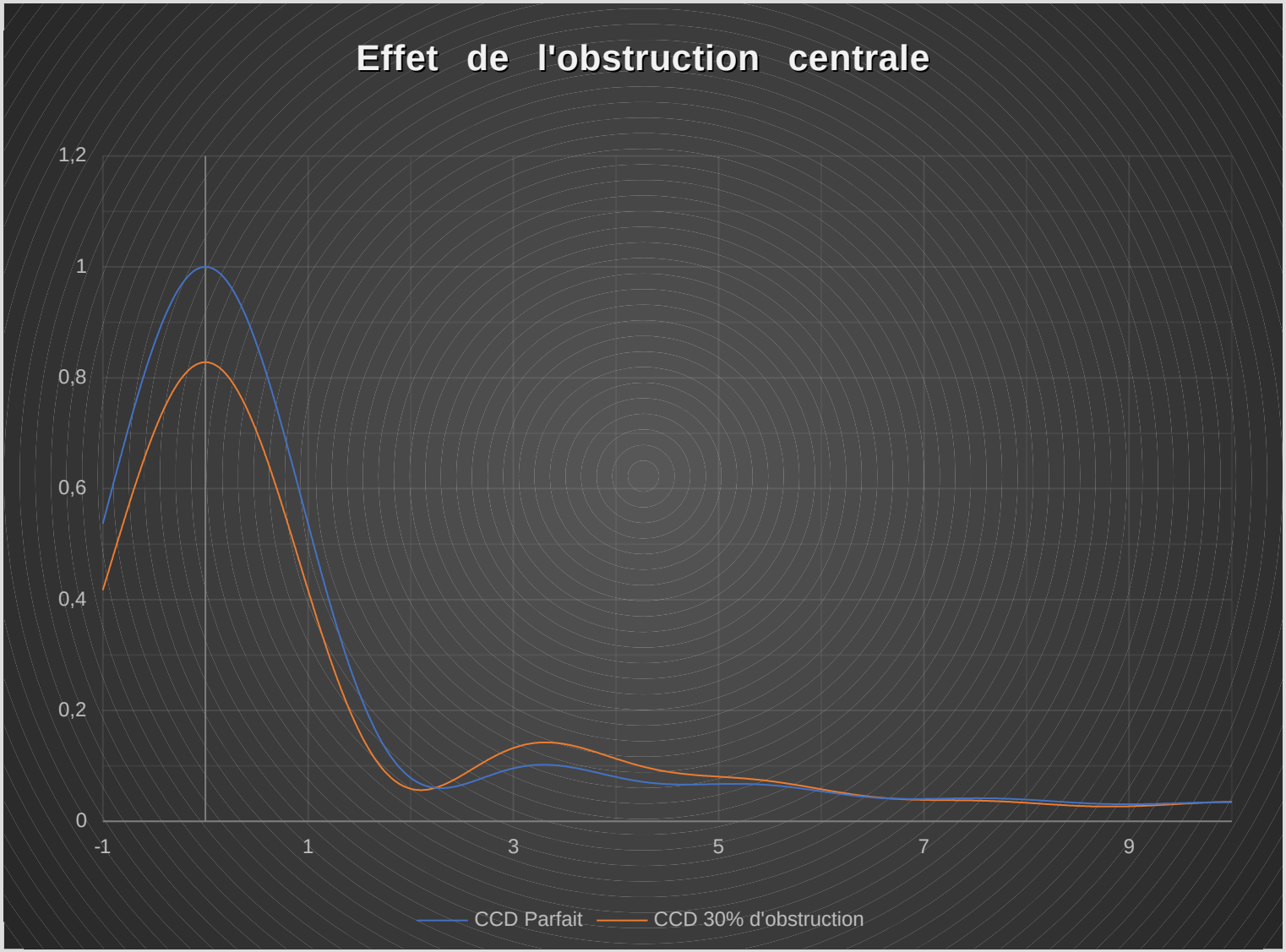
Oeil Versus CCD



Effet sur la tache de diffraction

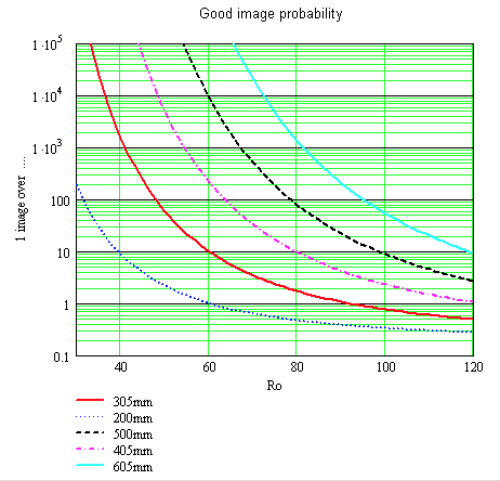


Effet sur la tache de diffraction



L'atmosphère

- Pour lutter contre la turbulence
  - Un bon site
  - Le lucky imaging
  - L'optique active
    - Tip/Tilt mais limité
- Pour lutter contre la réfraction
  - Les correcteurs de réfraction
  - La trichromie – Les filtres passe bande



Rotation des planètes

- Ne pas négliger la rotation des planètes dans le cas d'une séance d'acquisitions
  - Mars 0.034" par minute
  - Jupiter 0,16" par minute
  - Saturne 0,063" par minute
  - Soleil 0,09" par minute

Pré-Conclusion

- Indépendant du choix Télescope/Lunette
  - Le site et la turbulence extérieur au tube
  - La latitude
  - La qualité de fabrication
  - La qualité de la monture
  - Les accessoires (Correcteur de réfraction, Filtres, Barlow, etc)
  - La technique d'observation
- Dépendant du Choix Télescope/Lunette
  - Le type d'instrument (Combinaison)
  - La turbulence interne au tube
  - La collimation (technique différente en fonction des combinaisons)

Les différentes combinaisons

- La résolution étant donnée par le diamètre on compare des instruments de même diamètre
  - Choix de 200 mm un peu arbitraire mais représentatif pour les instruments utilisés en imagerie planétaire
  - Comparaison d'instrument de même focale si possible
- Les conclusions sont valables pour des instruments plus petits ou plus grand à condition de comparer des diamètres semblables.

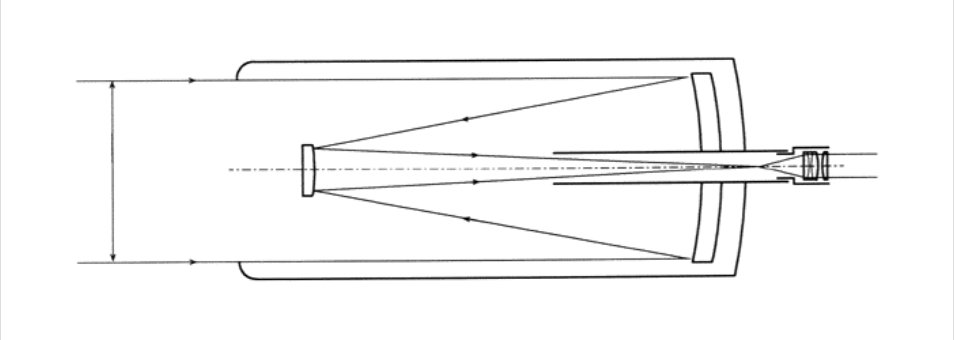
Le télescope de Newton

- Rapport F/D donne une profondeur de champ différente :
  - Profondeur = 2x Dpixel x F/D
  - Ordre de grandeur 35 microns / 120 microns
- Les télescopes de Newton ont des focales courtes et sont moins adaptés à l'observation planétaire uniquement de ce fait.
- Un Newton avec F/D équivalent à un Cassegrain se comporte de la même façon

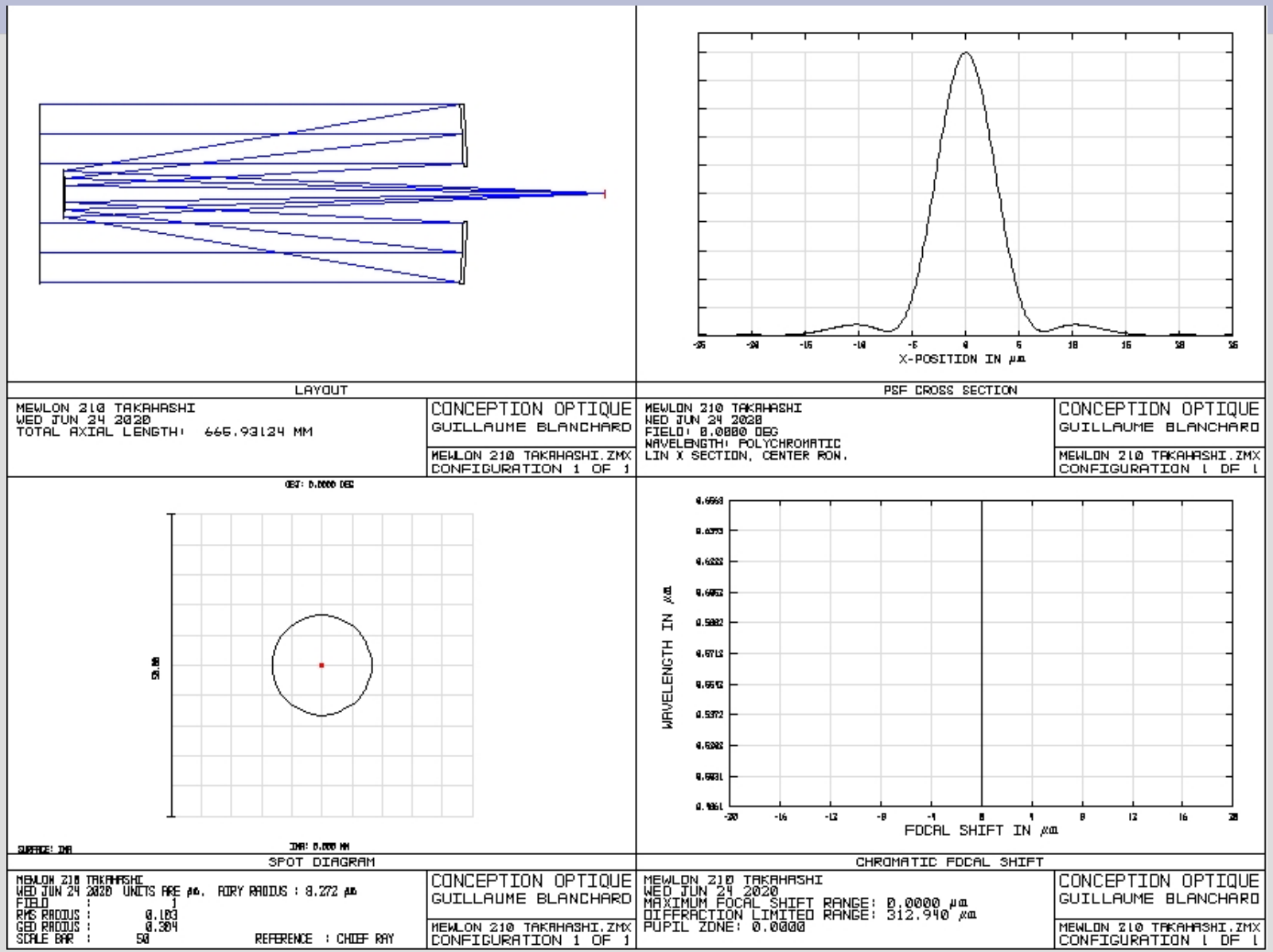
=> Nous ne l'analyseront pas

Le télescope de Cassegrain et le Dall Kirkham

- Ex : Mewlon de 210
- F/D 11,5
- Focale 2415
- Champ de 18 mm
- Primaire 220 mm F/2.9)
- Diamètre du secondaire 65 mm
- Longueur du tube 700 mm
- Secondaire sphérique primaire elliptique

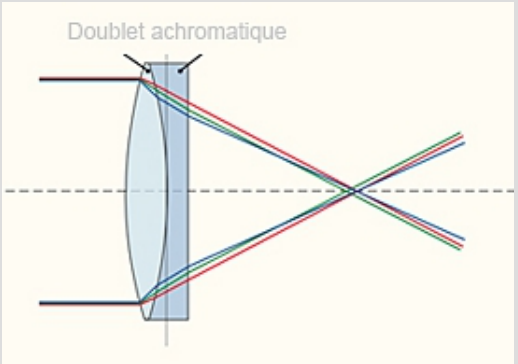


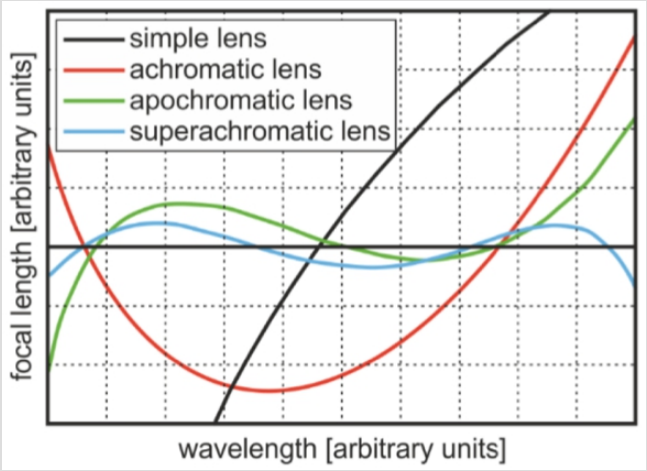
Simulations Polychromatique



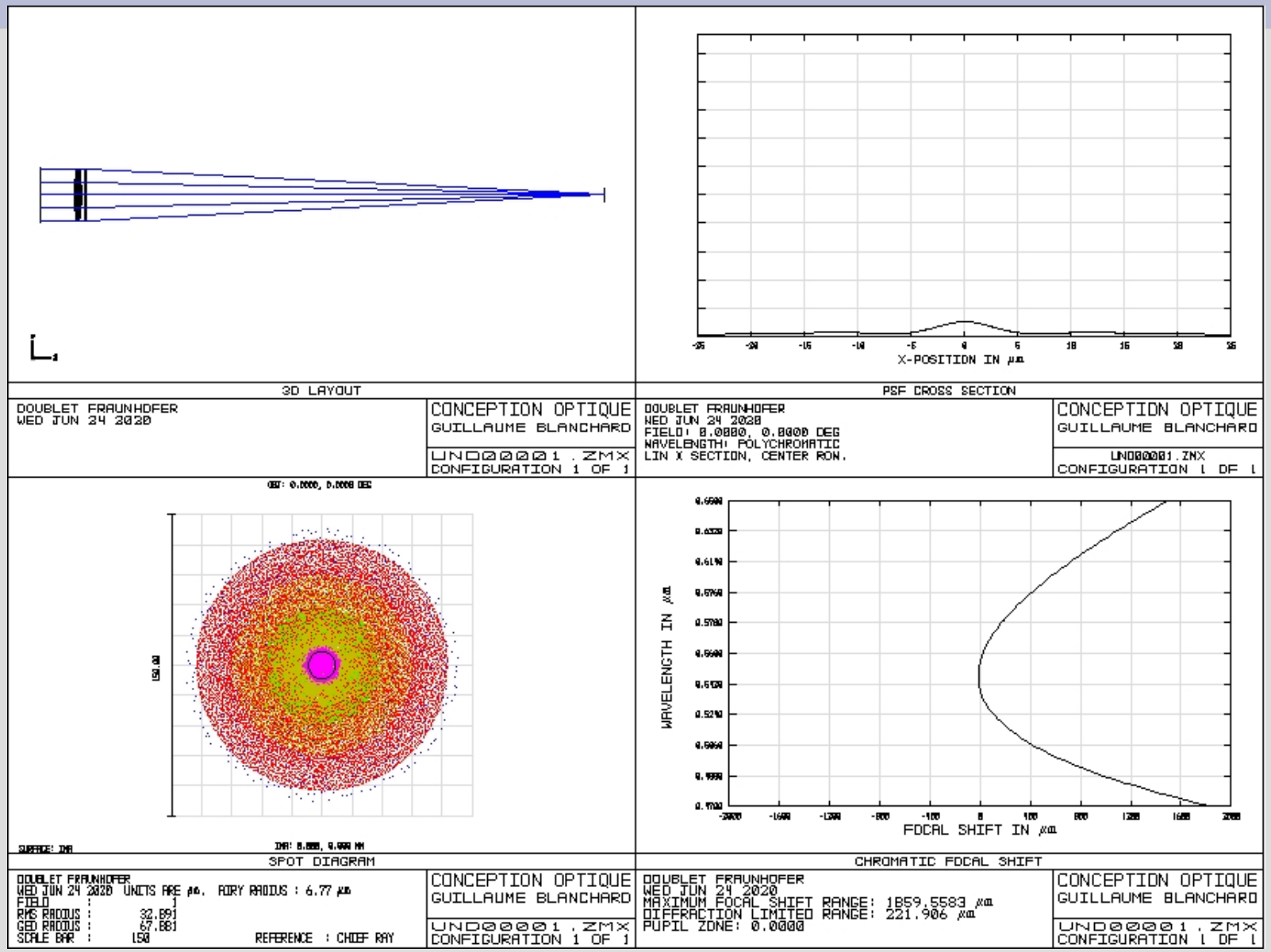
Lunette achromatique

- Correction pour deux longueurs d'Onde
- Aberration chromatique longitudinale
- La variation de grandissement pour la focale



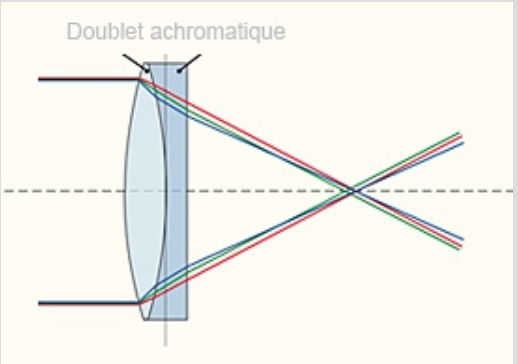


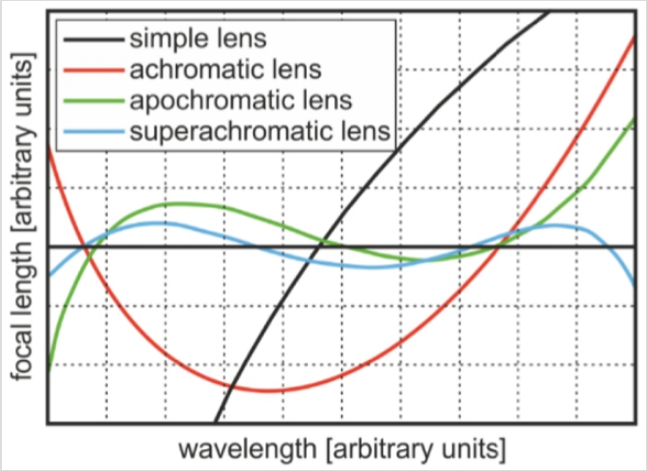
Simulations Poly-chromatique



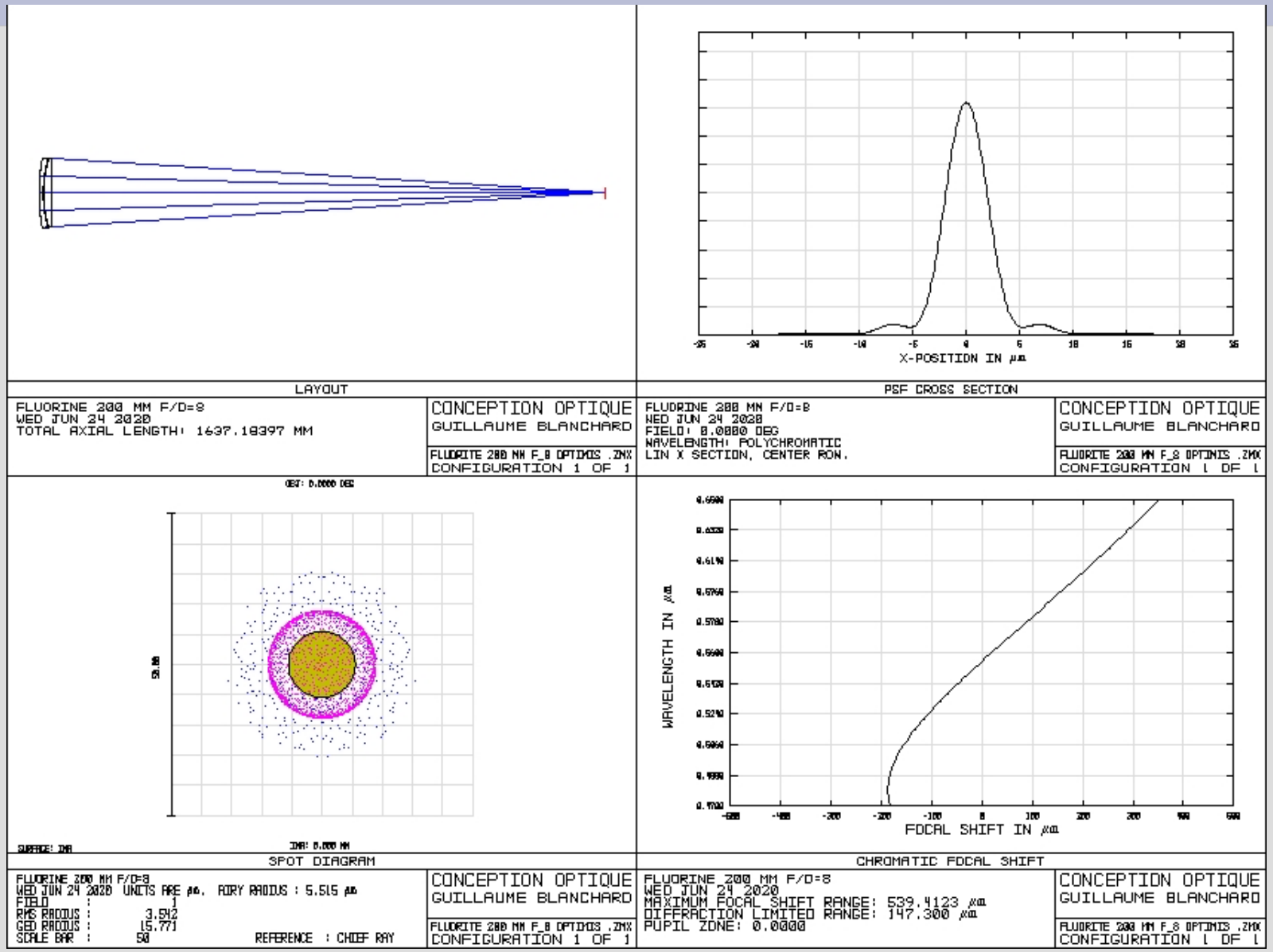
Lunette semi apo

- Correction pour deux longueurs d'onde
- Minimisation du spectre secondaire par le choix du couple de verre.



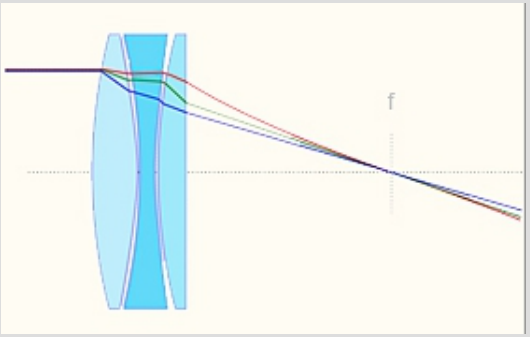


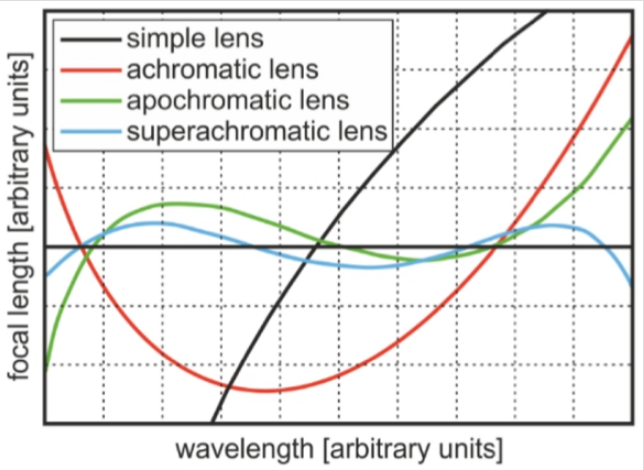
Simulations Polychromatique



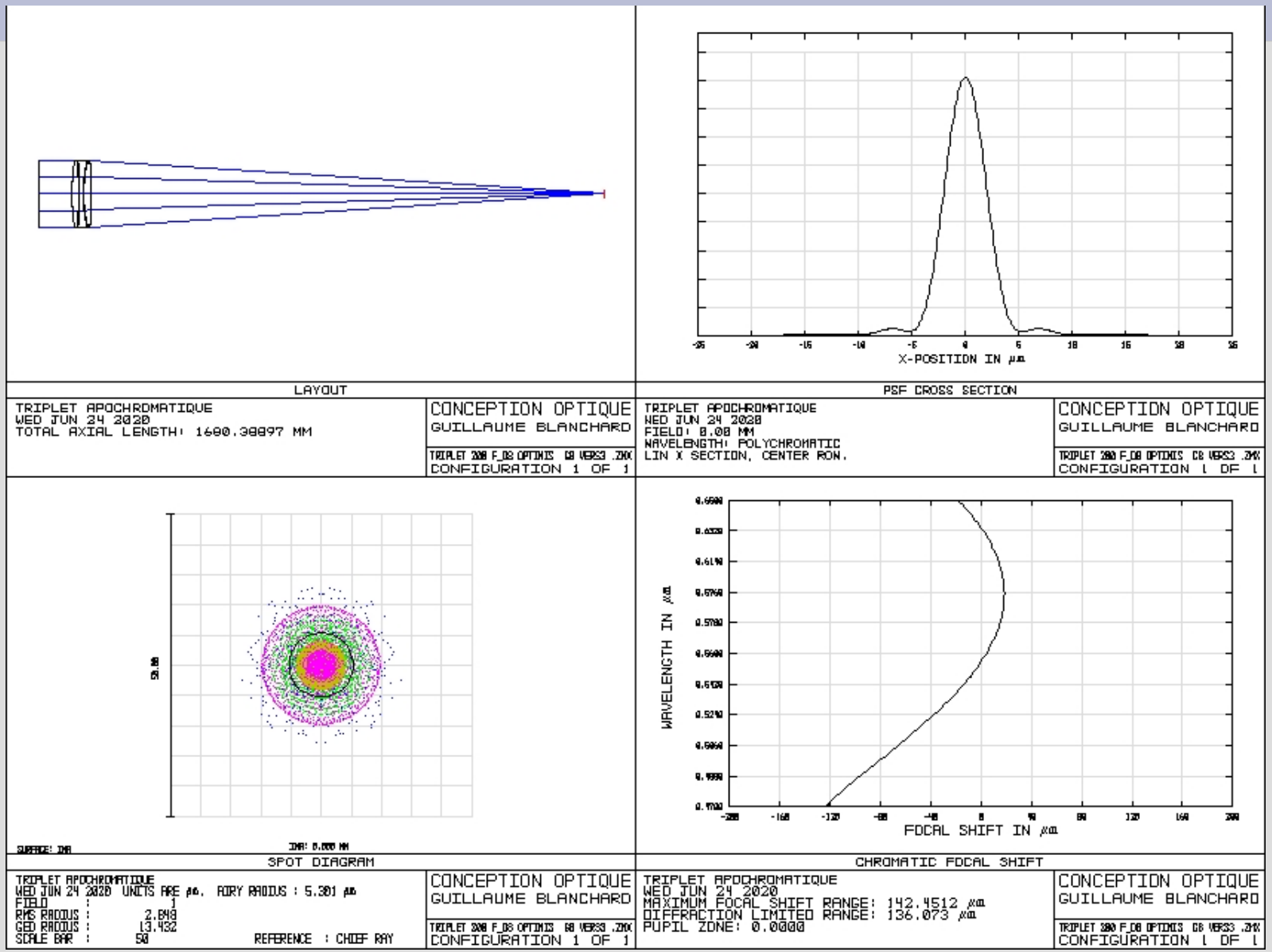
Triplet apochromatique

- Correction pour 3 longueurs d'ondes



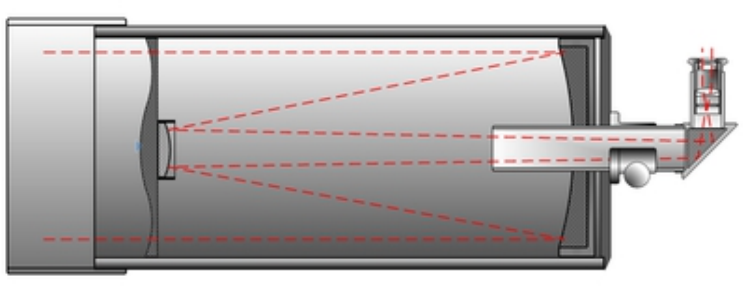


Simulations Polychromatique

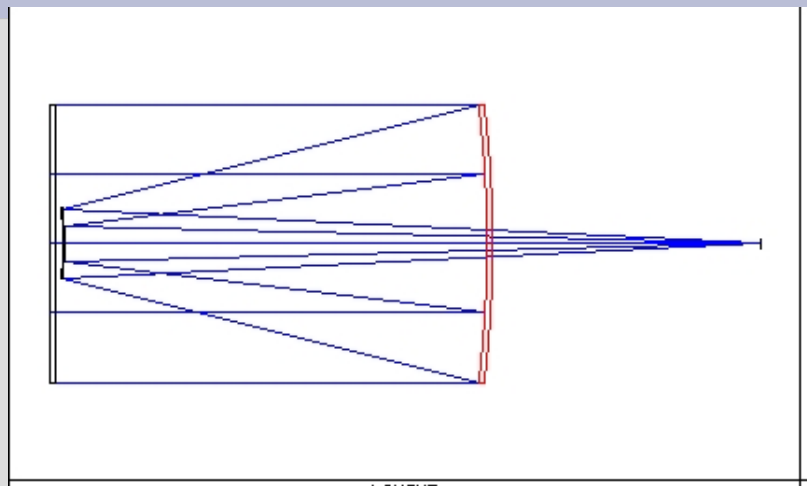


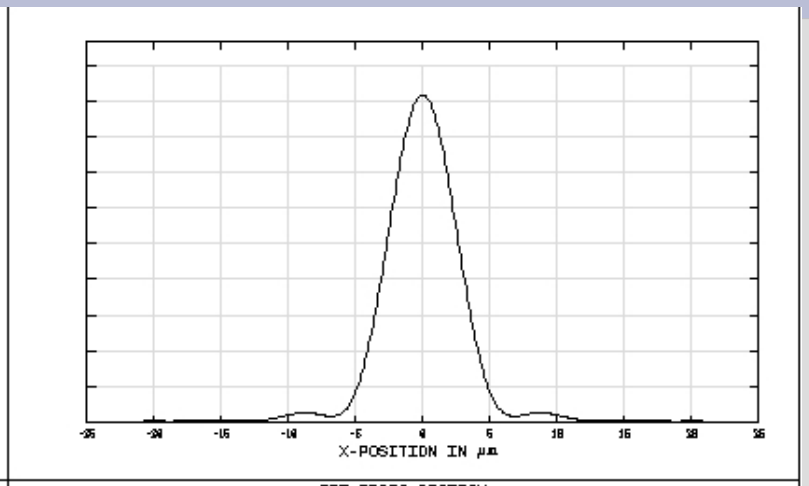
Schmidt - Cassegrain

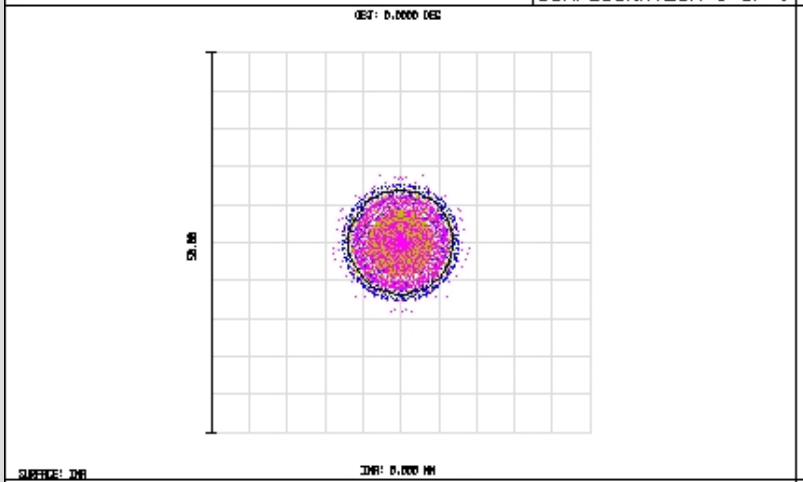
- Chromatisme résiduel

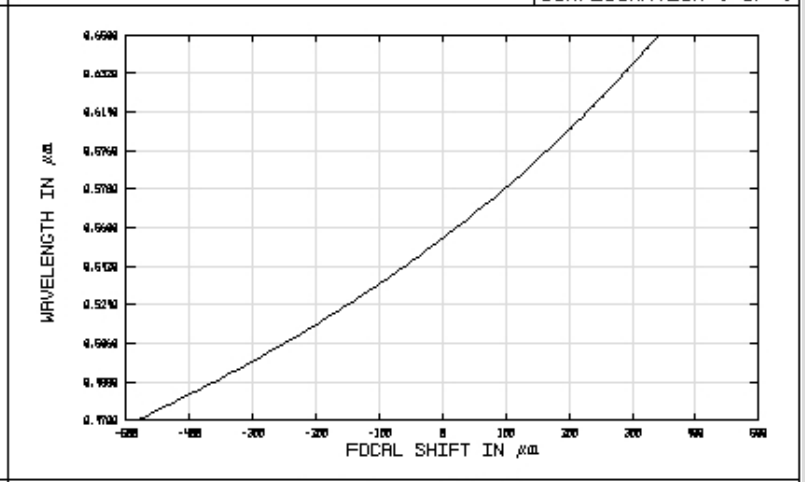


Simulations Polychromatique



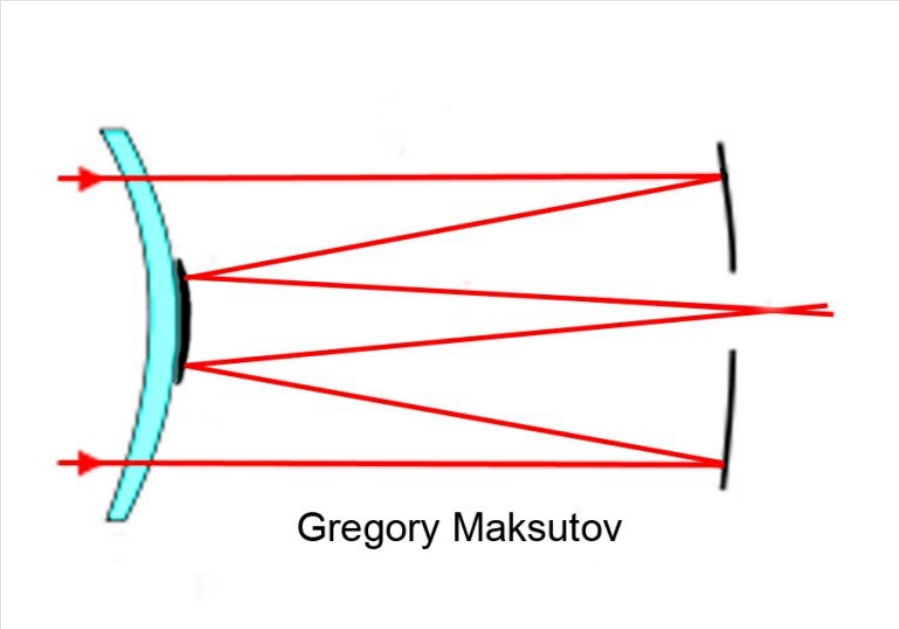






Maksutov 200 mm F/D=10

- Chromatisme résiduel



Simulations Polychromatique

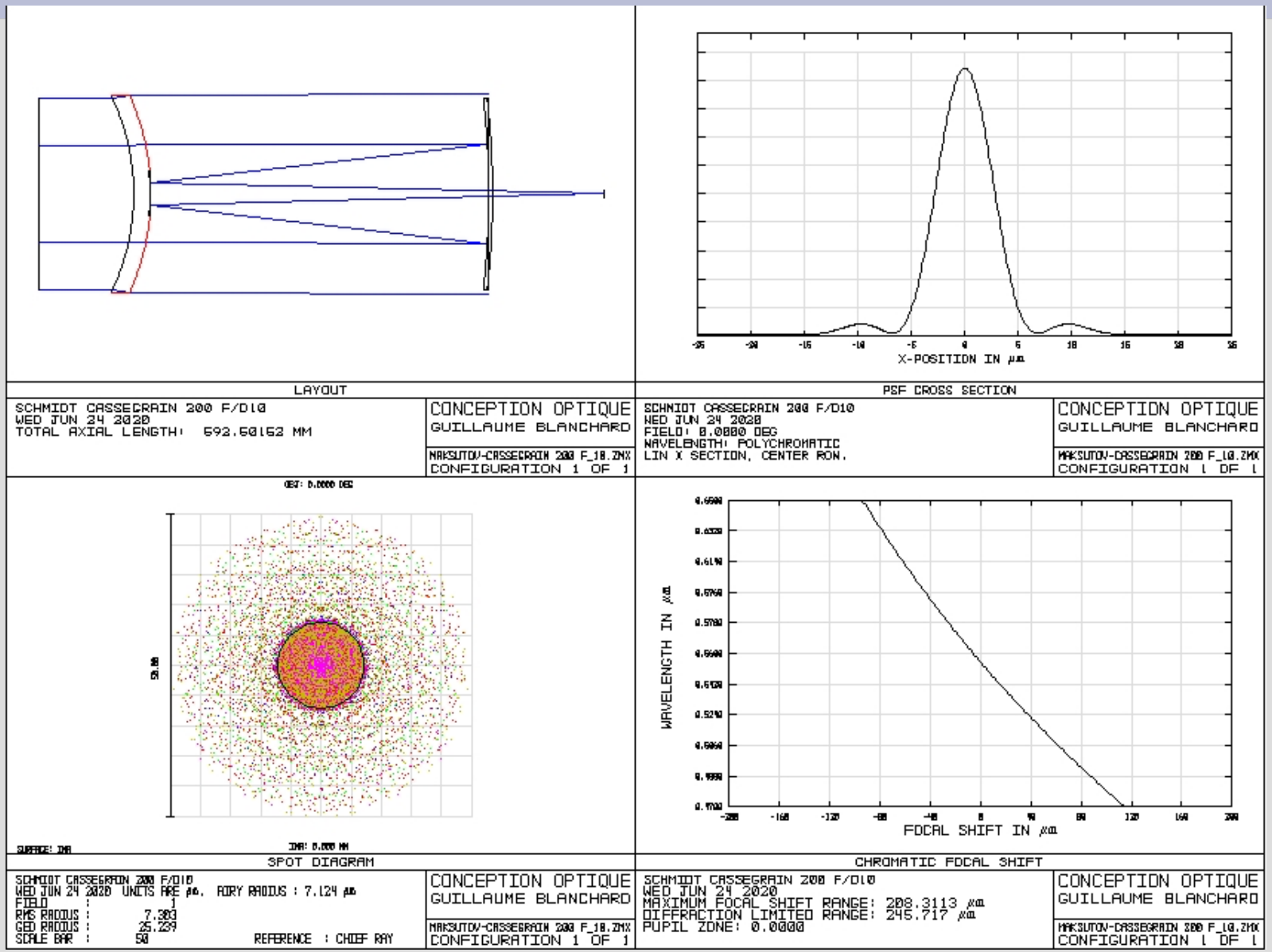


Tableau de synthèse

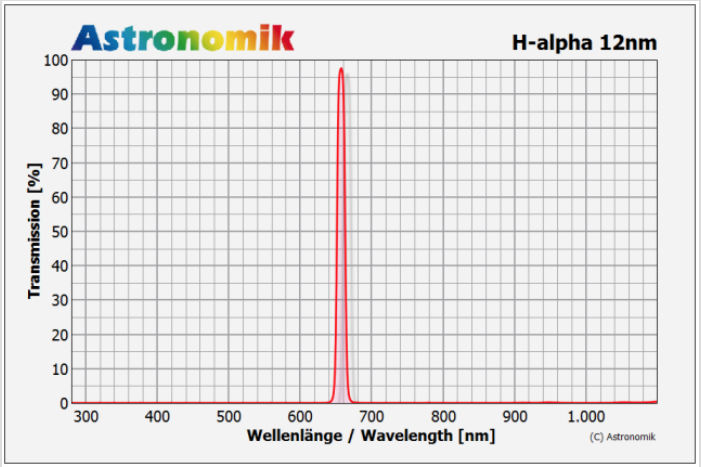
Télescope	F/D	SR 550 nm	SR Visuel 450-650	SR CCD 400-750	Obstruction	Correction	Chro Visuel	Chro CCD	
Mewlon	12	1 (0,80)	1 (0.80)	1 (0.80)	31%	0,80	0	0	***** CCD
SC	10	0,997 (0.80)	0,909 (0.73)	0,782 (0.62)	33%	0,79	825	1985	*** CCD
Maksutov	10	0,945 (0.77)	0,943 (0.77)	0,927 (0,75)	29%	0,81	208	487	*** CCD
Doublet	10	0,611	0,325	0,011	0%	1	1859	10373	* Halpha
Semi-Apo	8	0,993	0,825	0,302	0%	1	539	915	** CCD
Apo opt visuel	8	0,904	0,878	0,648	0%	1	142	1049	***** Visuel
Apo opt CCD	8	0,924	0,844	0,769	0%	1	444	566	*** CCD

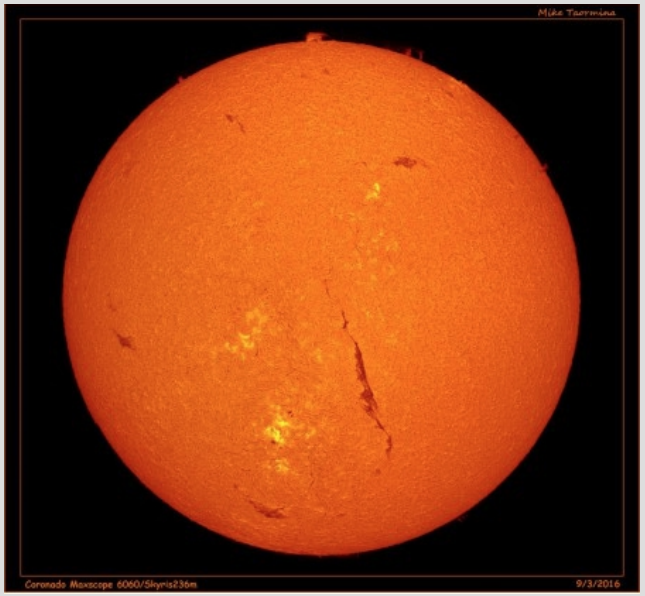
A ce stade- Premier bilan

- Le télescope à miroir
  - le chromatisme est nul
  - Obstruction
  - Sensible a la collimation (distance entre M1-M2)
  - Sensible aux turbulences interne au tube
- Les Lunettes
  - Défaut de Chromatisme
  - Stabilité de la collimation
  - Moins de turbulence dans le tube
- Les combinaisons mixtes (SC...)
  - Un compromis : Tube fermé, chromatisme limité mais stabilité à la collimation équivalente au télescope
  - Obstruction

Les solutions

- La solution pour réduire le chromatisme :
  - La trichromie
  - Filtre bande étroite pour le soleil



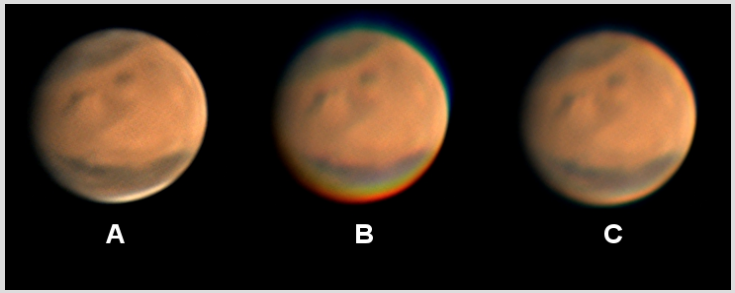


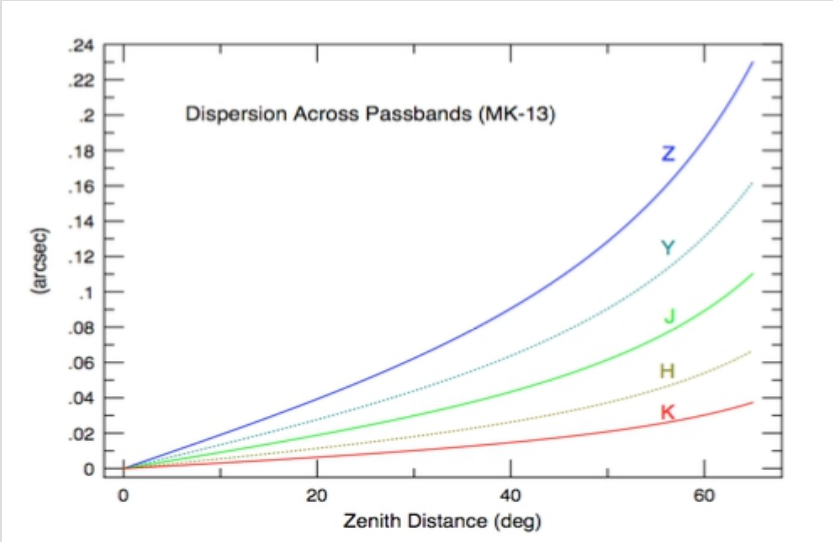
Les ADC – Les filtres

- Epaisseur des prismes dans le faisceau
- Epaisseur
  - Lunette avec Chromatisme
    - Refocalisation plusieurs 1/10000 de la focale
  - Télescope à miroirs :
    - Filtre d'épaisseur optique égale sur roue porte filtre
    - Ecart de 0.1 mm sur un filtre donne une défocalisation de 0.05 mm

Correcteur de réfraction simple

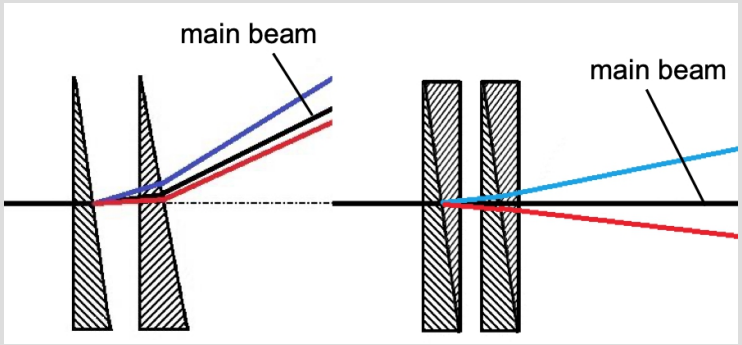
- Nombre d'Abbe 90 pour l'air proche des verre ED (BK7 =64)
- Inclinaison du capteur de plusieurs degrés
  - Sur une planète peu sensible sur la défocalisation
  - Sur la lune un capteur de 20 mm
    - On parle de centaines de micron sur le bords





Les correcteurs de réfraction atmosphérique

Fonctionnement du correcteur de réfraction



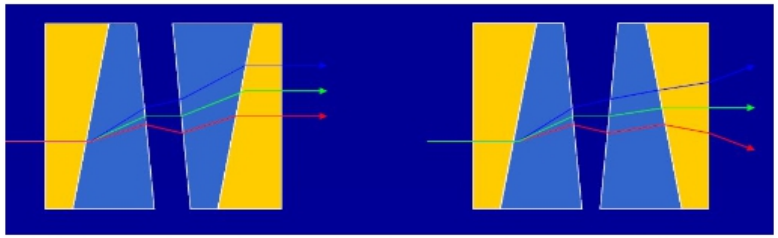
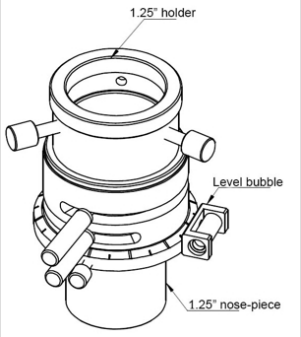
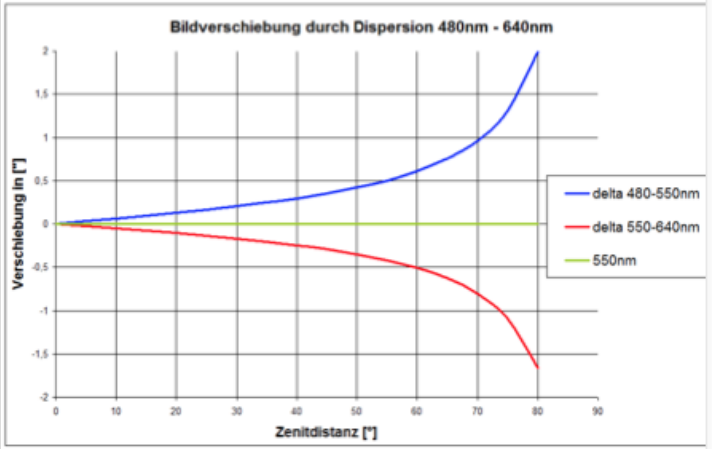


Figure 5. Schematic of crossed Amici prisms, showing null configuration (left) and maximum dispersion (right) [2].

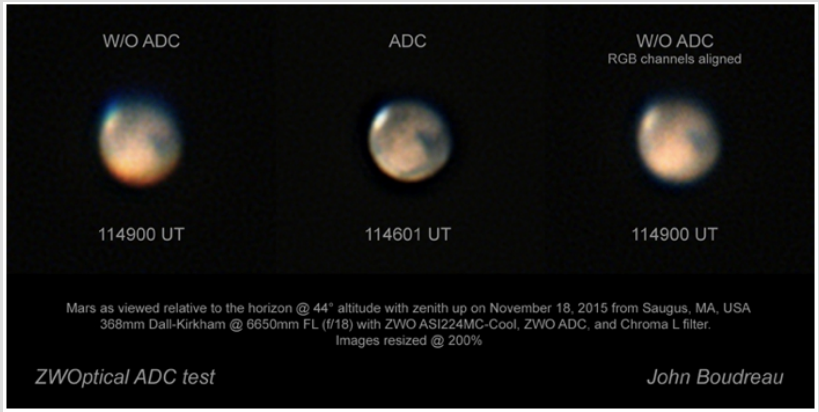


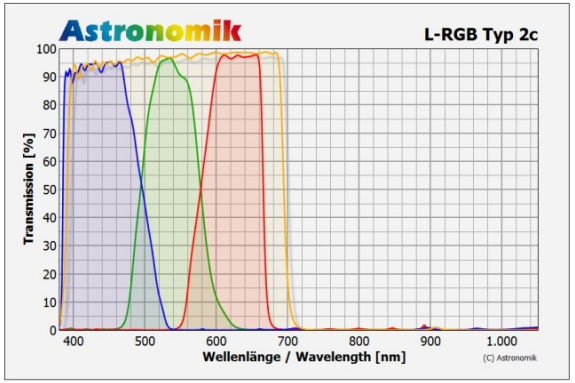


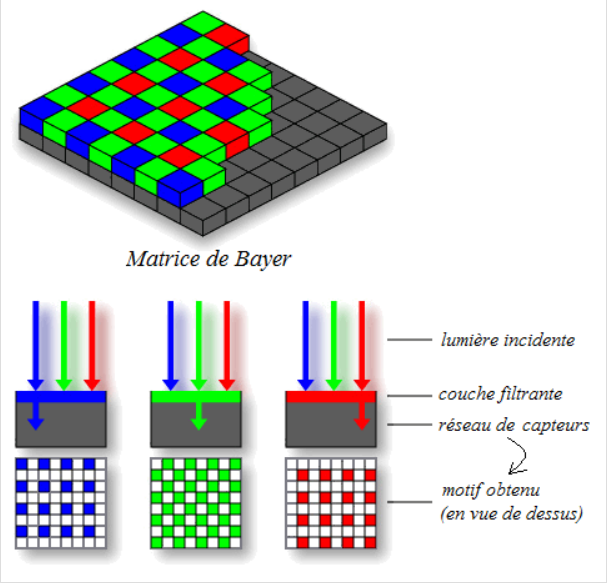
Les filtres- La trichromie

- Le filtre Halpha Bande passante étroite
- Les filtres RVB : Largeur spectrale

  Il faudrait des filtres plus étroits dans le Bleu que dans le Rouge : Typiquement 50 nm







Conclusion

- Les combinaisons à 2 miroirs sont supérieurs
  - La réfraction atmosphérique demande l'utilisation d'ADC ou de filtre
- Chromatisme résiduel sur les SC et Maksutov
- Lunette avec filtre permet de gagner sur le résultat final mais filtre 50 nm dans le bleu
- La qualité des images brutes
- Le traitement : Doit être la dernière étape pour obtenir des bonnes images.
  - Si la prise des images brutes est mauvaise, le résultat ne sera jamais optimum !