La capture en photo planétaire

Olivier Désormière

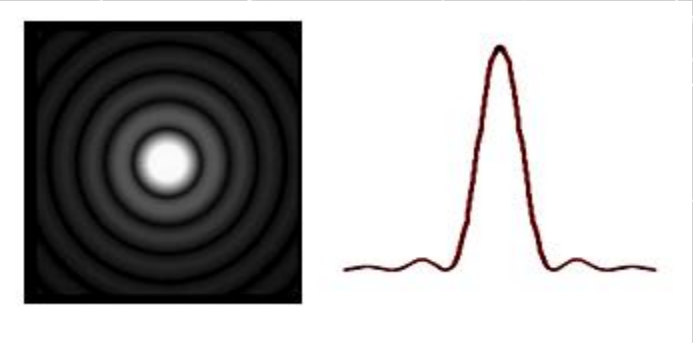
Janvier 2014

Plan

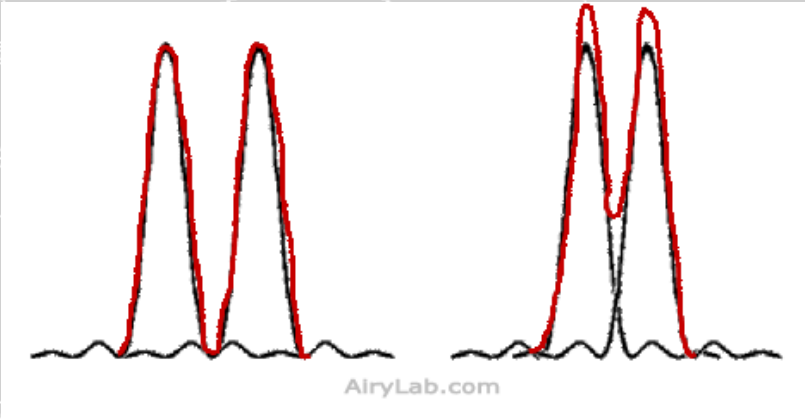
- pouvoir séparateur
- échantillonnage
- filtres
- réfraction de l'atmosphère / ADC

Le pouvoir séparateur

- **Le pouvoir séparateur**
  - **Le pouvoir séparateur d'un instrument est proportionnel au diamètre.**
  - **On l'exprime en seconde d'arc (= 1°/3600).**
  - **En planétaire on cherche à exploiter tout le pouvoir séparateur de l'instrument**
  - **Le pouvoir séparateur est limité par la taille de la tache de diffraction ou tache d'Airy**



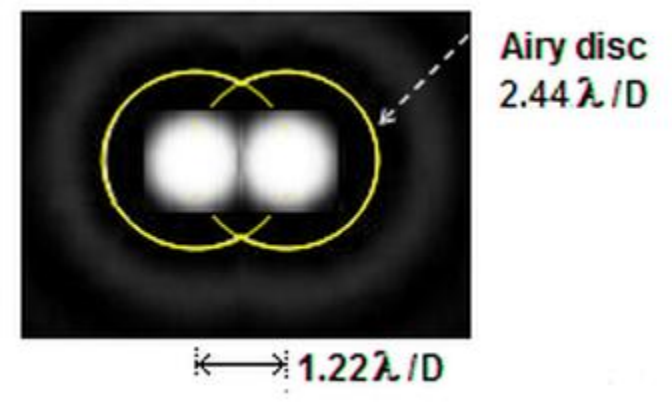
tache d'Airy une étoile

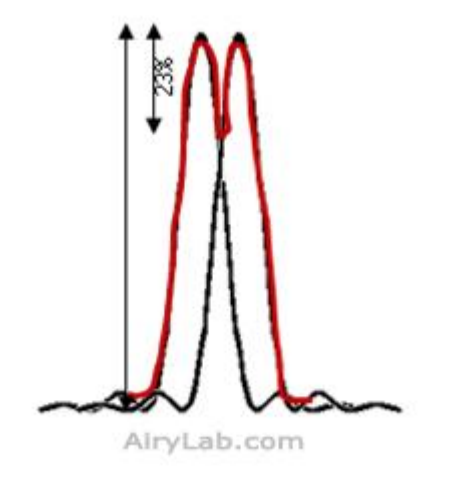


deux étoiles

Le pouvoir séparateur

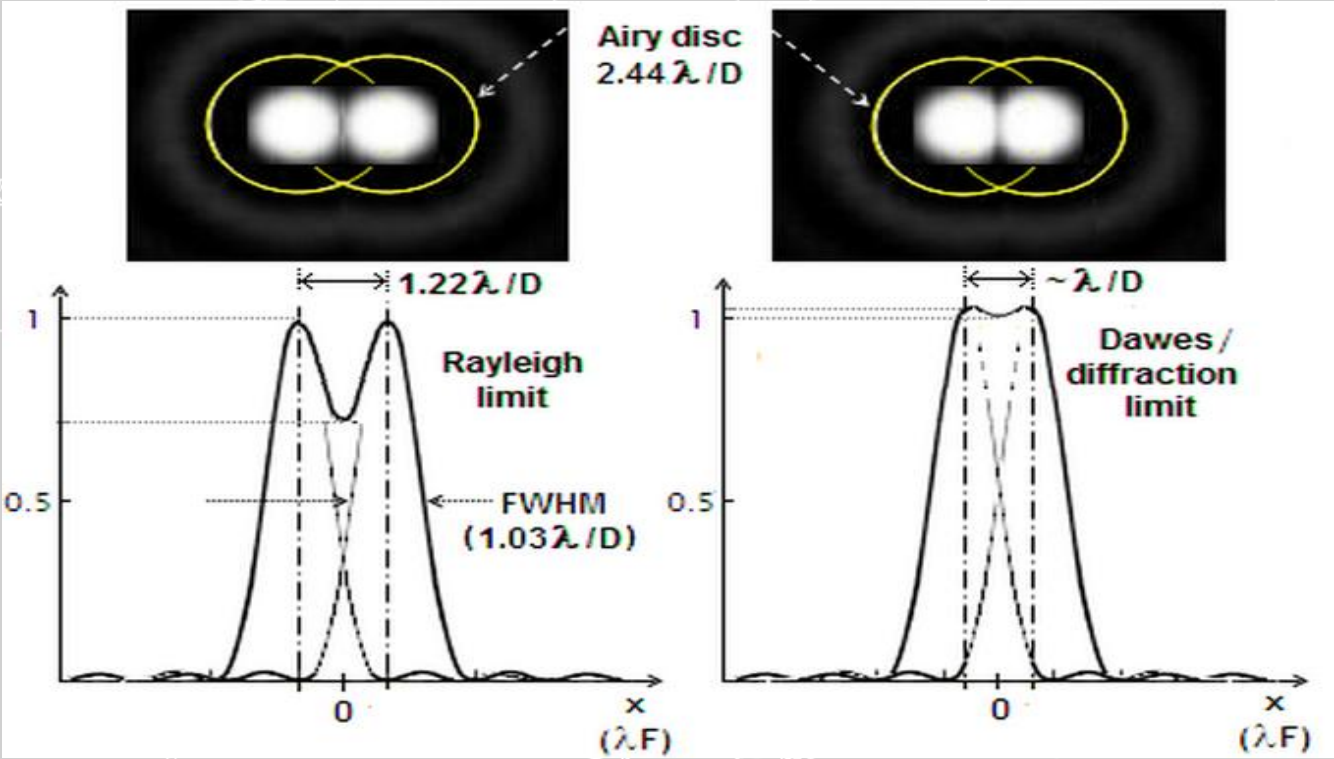
- **Critère de Rayleigh**
  - **Les 2 étoiles sont à une distance égale à la moitié du disque central de la tache d'Airy**
  - **cette distance correspond à une séparation angulaire sur le ciel de**
    - **$1.22\ \lambda / D$**
    - **C'est le critère de Rayleigh**
    - **λ longueur d'onde en mètres**
    - **D diamètre en mètres**
    - **Angle en radians***
    - ***(2π radians = 360°)**
  - **Le « creux de luminosité » entre les 2 étoiles est de 23%, c'est bien en visuel**





Le pouvoir séparateur

- **D'autres critères de limite de résolution**
  - **La limite de diffraction conventionnelle λ / D -> creux 2%**
  - **La limite de Dawn : limite empirique de séparation de 2 étoiles blanches 1.03 λ / D (= FWHM)**
  - **La limite de Sparrow : fusion des 2 étoiles -> creux 0%**



Le pouvoir séparateur

- **Comparaison dans le vert**
  - **Le critère de Rayleigh 138 / D**
  - **La limite de Dawes 116 / D**
  - **La limite de diffraction conventionnelle 113.4 / D -> 2%**
  - **La limite de Sparrow 107/D -> 0%**

- **Limite de Rayleigh dans le bleu 120/D**
  - **C'est la limite souvent donnée pour le pouvoir séparateur d'un instrument**
  - **Adapté pour le visuel, mais en photo moderne on peut aller plus loin:**
    - **-> Les logiciels actuels permettent de pousser les contrastes**
    - **-> 120/D est calculé pour 478nm (bleu) mais les capteurs, les filtres et les optiques vont jusqu'à 400nm**

L'échantillonnage

- **Critère de Shannon / Nyquist**
  - **Il faut échantillonner plus de 2 fois plus serré que le plus petit détail qu'on veut reproduire**

- **Formule de l'échantillonnage**
  - $$e = (206 / F) \times P$$
    - **e en arcsec**
    - **F focale en mm**
    - **P taille d'un pixel en microns**

- **Le plus petit détail discernable dépend de la longueur d'onde**
  - **La limite de diffraction conventionnelle λ / D -> creux 2%**

L'échantillonnage

- **Echantillonnage maximum (il faut être strictement inférieur)**
  - **On applique Shannon/Nyquist à la formule de diffraction**
  - **e = (λ / D) / 2 en radian -> e = λ / 8,7D en arcsec**

- **Formule simplifié du père Déso***
  - **e = λ / 10D**
    - **e en arcsec**
    - **λ longueur d'onde la plus petite du signal**
    - **D diamètre en mm**
  - **Légèrement plus serré que la limite de diffraction conventionnelle λ / D, mais légèrement inférieur à la limite de Sparrow -> correspond à un creux de 1%**

*** c'est moi ;)**

L’échantillonnage

- **Procédure de calcul**
  - **1. on regarde la longueur d’onde la plus courte que laisse passer le filtre et l’optique -> Lamda**
  - **2. connaissant le diamètre D de l’instrument, on calcule l’échantillonnage maximum avec la formule e=Lamda/10D**
  - **3. connaissant la taille P des pixels on calcule la focale minimale nécessaire avec la formule e=(206/D) x P**
  - **4. on en déduit la barlow minimum qu’il faut ajouter**

remarque : bien sur il est tout a fait possible de faire de photos à une résolution inférieure si on n’a pas le matériel ou qu’on veut plus de champ ou que la turbu est trop mauvaise

L’échantillonnage

- **Longueurs d’ondes usuelles**
  - **Photo Planétaire:**
    - **Filtre de luminance ou Ir cutt : 400nm -> à choisir pour la couleur**
    - **Filtre Calcium : 396nm**
    - **21A : 510nm**
    - **22A : 530nm**
    - **23A : 550nm**
    - **25A : 580nm**
    - **29A : 600nm**
    - **Baader coloré rouge : 610nm**
    - **Baader Ir pass 680nm**
    - **Astronomik pro planet Ir pass : 742nm**
  - **Photo solaire :**
    - **Filtre Hydrogène Alpha (Halpha) : 656nm**
    - **Filtre Calcium : 396nm**

L’échantillonnage

- **Exemples**
  - **Exemple 1 : photo planétaire avec un C9**
  - on veux faire une image de Jupiter avec un C9 et une QHY5L-II couleur et un filtre Ircut ou un filtre de luminance pour couper les Ir.

    - filtre L -> c'est un passe bande qui laisse passer les longueurs entre 700 et 400nm
    - -> **lamda = 400nm**
  -

    - le C9 a un diamètre **D = 235mm**

    -> l'échantillonage à adopter est donc de **e = 40/235 = 0,17" par pixel**

    - la QHY5L-II a des pixels de taille **p = 3,75µ**

    on utilise la formule de l’échantillonnage (cf rappel ci dessous) pour calculer la focale minimale nécéssaire:

    F = 206 x p / e = 206 x 3,75 / 0,17 = **4544mm**

    Le C9 ayant une focale F = 2350mm on prendra donc une barlow d'au moins 4544 / 2350 = x 1,93 -> on prendra une **barlow X2**

L’échantillonnage

- **Exemples**
  - **Exemple 1 : photo planétaire avec un C9**
  - on veux faire une image de la lune avec un filtre orangé 21A (pour atténuer la turbu) avec un C9 et une QHY5L-II mono.

    - filtre 21A -> c'est un passe bas qui laisse passer les longueurs d'ondes plus grandes que 530nm -> lamda = 530nm
    - le C9 a un diamètre D = 235mm

    -> l'échantillonage à adopter est donc de e = 53/235 = 0,226" par pixel

    - la QHY5L-II a des pixels de taille p = 3,75µ

    on utilise la formule de l’échantillonnage (cf rappel ci dessous) pour calculer la focale minimale nécéssaire:

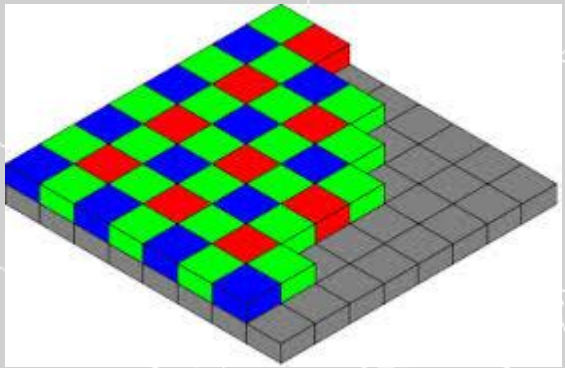
    F = 206 x p / e = 206 x 3,75 / 0,226 = 3418mm

    Le C9 ayant une focale F = 2350mm on prendra donc une barlow d'au moins 3418 / 2350 = x 1,454

    (on n'a donc pas intérêt à prendre une x2, mais essayer de trouver une barlow x1,5 qui donnera des poses plus courtes et un échantillonnage suffisant et plus de champ)

Impact des capteurs couleurs

- **La matrice de bayer**
  - **Chaque pixel a un petit filtre rouge, vert ou bleu**
  - **il y a 2 fois plus de pixels verts que de bleus ou rouges**
  - **4 motifs possibles répétés sur tout le capteur**



- **Débayérisation**

  Pour retrouver la composante en Rouge Vert et Bleu de chaque pixel, les logiciels utilisent les pixels adjacents et font une interpolation i.e. une « moyenne » pour les 2 autres couleurs.

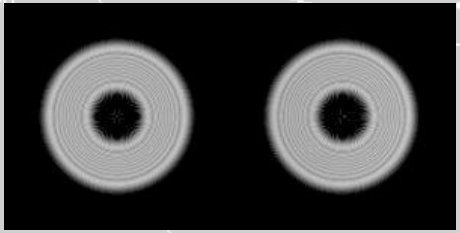
Impact des capteurs couleurs

- **Conséquence de la matrice de bayer sur l'échantillonnage**
  - **Les pixels rouges et bleus sont 2 fois moins serrés que les pixels d'un capteur monochrome**
  - **Les pixels verts sont au mieux 1.4 fois moins serrés que les pixels d'un capteur monochrome**
  - **-> il faudrait grossir 2 fois plus qu'avec un capteur monochrome pour échantillonner correctement des détails monochromatique (que bleu ou rouge ou vert)**
  - **-> en pratique on a très souvent un mélange de RVB, pas besoin de sur échantillonner beaucoup, sauf peut être sur Mars**

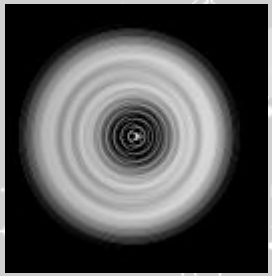
La collimation

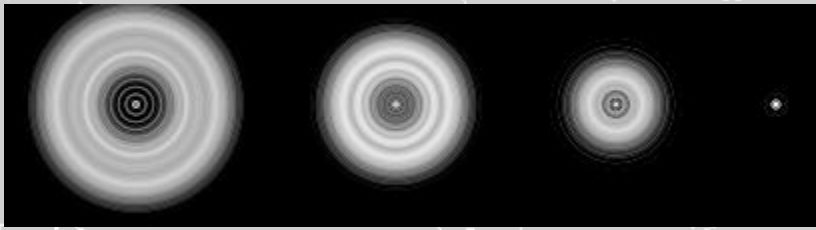
- **La collimation se fait en 3 étapes**

- **Etape 1 : défocalisé** **(pour voir l'ombre du secondaire)**
  - **On dégrossit avec un laser, un cheshire**
  - **ou à l'œil avec un grossissement de x100**



- **Etape 2 :**



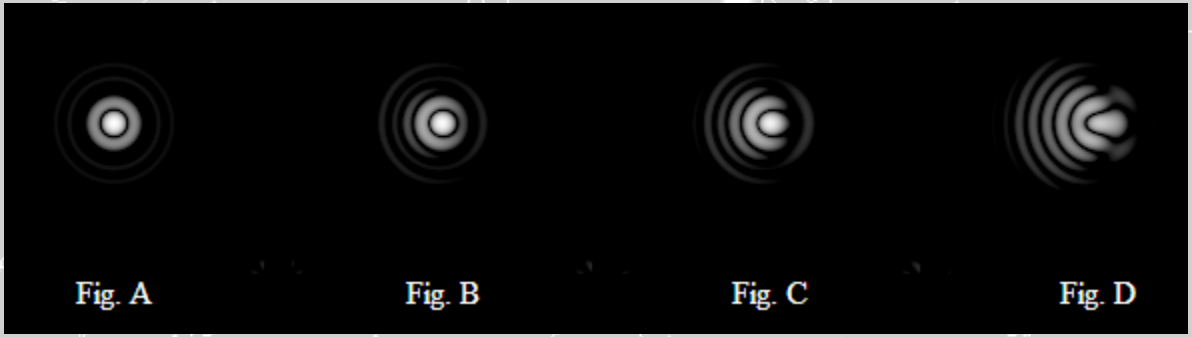


  - **Très peu défocalisé en intra ou extra, là où on voit le mieux**
  - **On grossit beaucoup en commençant à 1x le diamètre et jusqu'à 3x le diamètre (x600 pour un 200mm)**

La collimation

- **La collimation se fait en 3 étapes**

- **Etape 3 : La figure d'Airy**
  - **On grossit 2 à 3 fois le diamètre**
  - **Visible que si la mise au point est parfait**
  - **Il faut très peu de turbulence**
  - **On visse une étoile près de la cible, le plus haut possible**



Réglage du logiciel d'acquisition

- **Lucky imaging**

- **On va faire de très nombreuses photos, de courte durée. Le but est d'avoir quelques photos nettes dans les trous de turbu.**
- **On a donc intérêt a avoir un maximum de débit d'image de courte durée**
- **D'un autre coté, chaque image est affectée par le bruit de lecture du capteur. Plus on réduit le temps de pose, plus le rapport signal à bruit se dégrade**
- **En pratique on règle le temps de pose**
  - **8 à 16ms pour Mars suivant les couleurs**
  - **20 à 25ms pour Jupiter**
  - **35ms pour Saturne**

Réglage du logiciel d'acquisition

- **Réglage du temps de pose et gain**

- **En pratique on règle le temps de pose**
  - **8 à 16ms pour Mars suivant les couleurs**
  - **20 à 25ms pour Jupiter**
  - **35ms pour Saturne**

- **Puis on règle le gain de manière à ce que l'histogramme soit rempli à 80% environ**

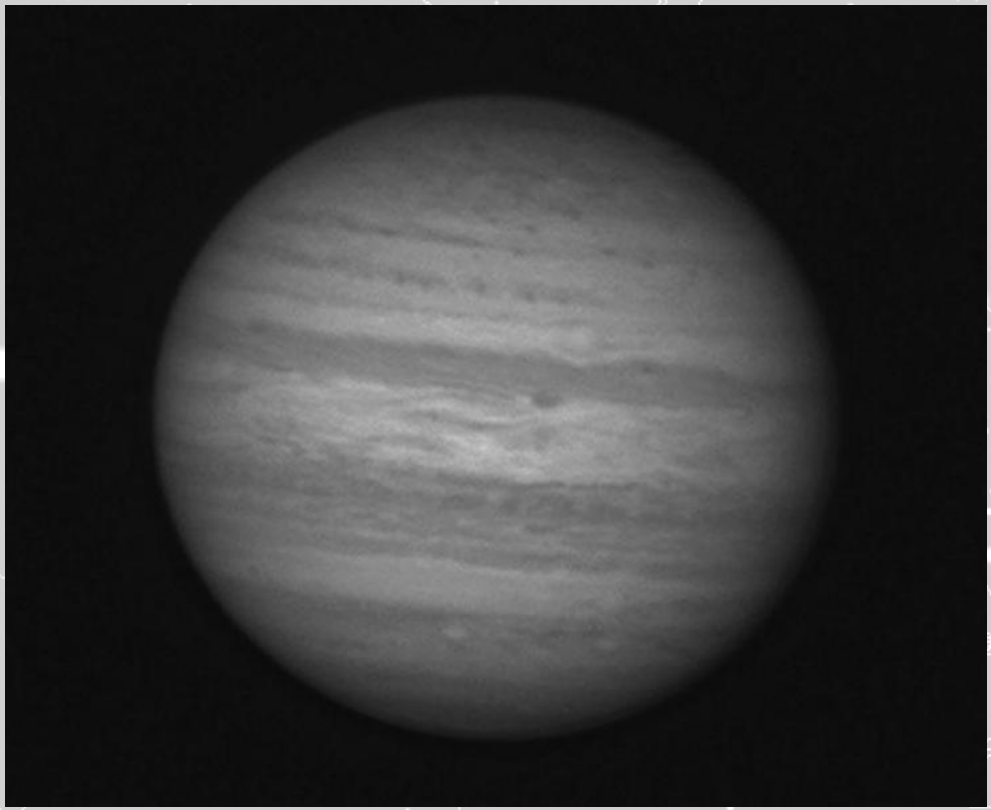
Intérêt des filtres

- **Couleur**
- **Avec un capteur couleur il faut utiliser un filtre pour couper au moins les infrarouges**

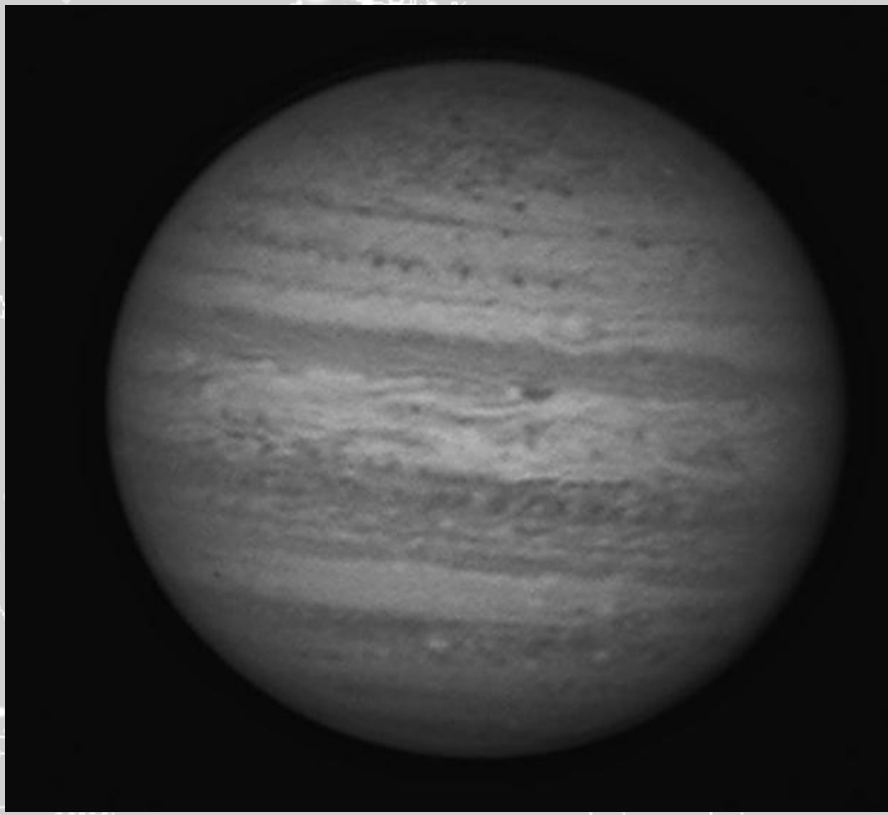
- **Monochrome**
- **Avec un capteur monochrome, on peut utiliser des filtres pour luter contre la turbulence ou alors faires des images « scientifiques » dans certaines bandes (CH4 sur Jupiter)**

  - **Pour luter contre la turbulence**
  - **Filtre 23A**
  - **Filtre rouge baader**
  - **Filtre Ir pass baader 680nm**
  - **Filtre Ir pass Astronomi 742nm**

Intérêt des filtres



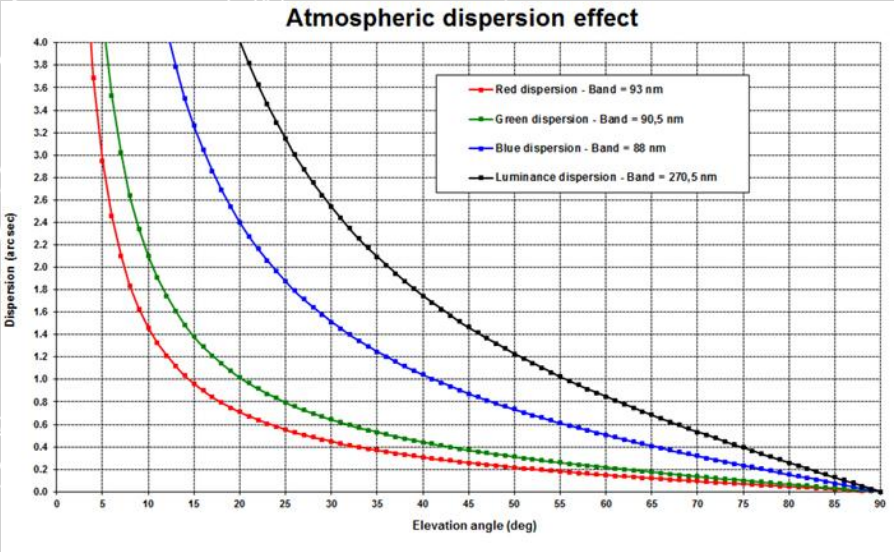
Filtre rouge



Filtre Ir pass 680nm

Diffraction de l'atmosphère ADC

- **Diffraction de l'atmosphère**
- **L'atmosphère fait un effet de prisme : elle sépare les couleurs verticalement**
- **D'autant plus sensible que la planète est basse et que l'atmosphère est humide et la longueur d'onde petite**



- **ADC**
- **Correcteur de dispersion atmosphérique : 2 prismes qui génère un chromatisme inverse de celui de l'atmosphère**
- **Doit rester bien parallèle à l'horrizon**

Conseils pratiques

- **Les clés de la réussite d'une image en haute résolution**

- **Les plus important : une très bonne collimation, au moins l'étape 2 à 3fois le diamètre**
- **Une bonne mise en température du télescope, ça prends en général 2h**

- **Imager la planète le plus haut possible, i.e. près du méridien**

- **Imager les jours de faible turbulence : surveiller le scintillement des étoiles. Les jours de pollution aux particules sont favorables, c'est un peu jaune, mais super stable**

- **Éviter la turbulence locale : pas de source de chaleur (maison, voiture, humains ou autres animaux)**

Annexe 2

- **Lien intéressants**

La Collimation par Thierry Legault http://legault.perso.sfr.fr/collim_fr.html

La difraction de l'atmosphère http://www.astrosurf.com/prostjp/Dispersion.html