

---

# La photographie planétaire et lunaire à haute résolution

**Avec les contributions de :**

Marc Delcroix, Daniele Gasparri, Marc Patry, Damian Peach, Isac Flavius, Jean-Marc Leclaire, Pascal Bayle,  
Yan LeGall, Franck Melein, Christophe Pellier, Jean Jacques Poupeau, Jean-Pierre Prost, Régis Benedictis, Teva Chene  
<http://www.sonnen-filter.de>



# Sommaire

---

- La revue des planètes : de Mercure à Uranus
- La lune
- Complément sur l'acquisition des images
- Traitement d'images de base : sélection, recentrage, addition
- Questions



---

Venus ...



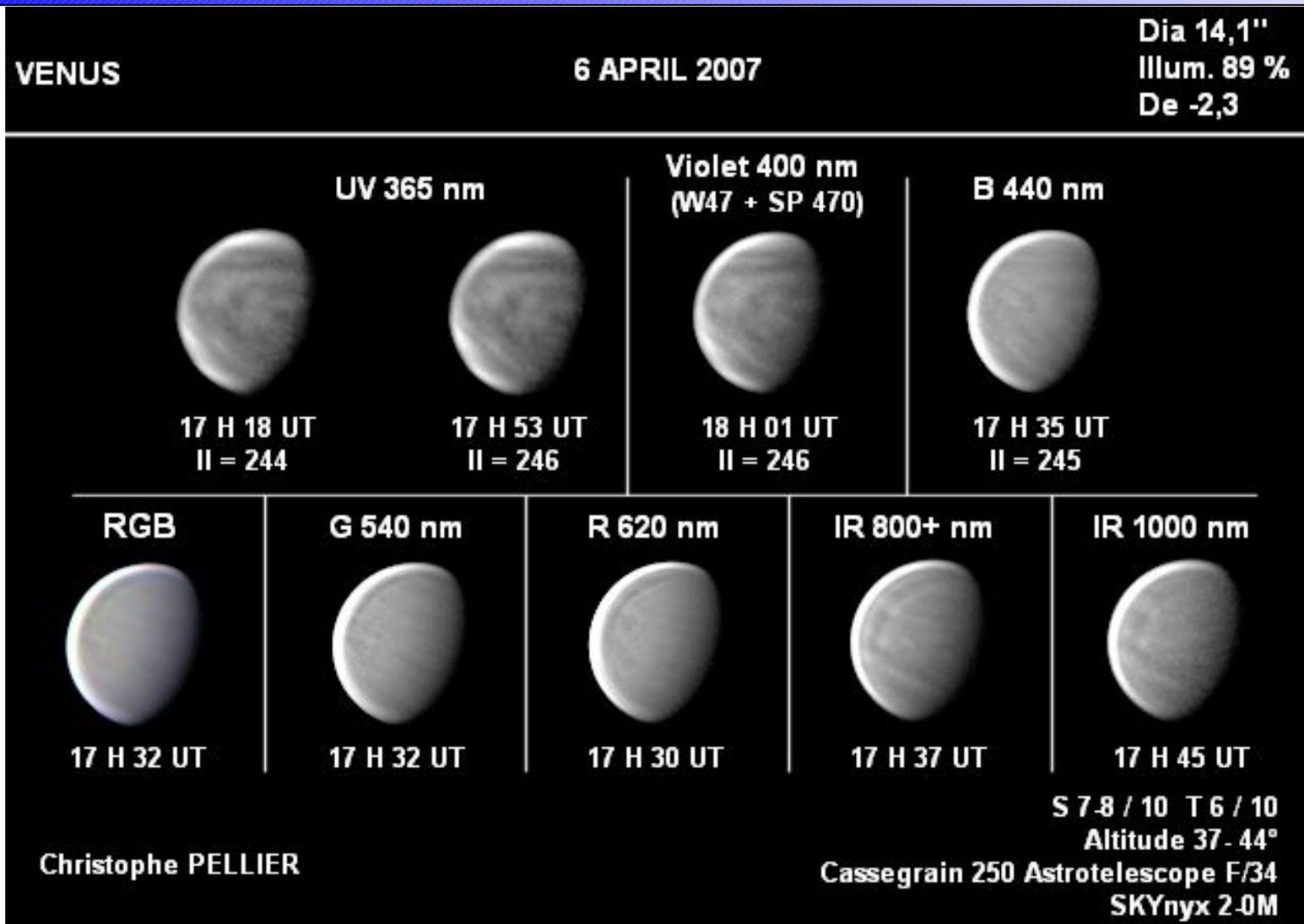
# Vénus

Principale difficulté : élongation (max 48°) et hauteur en général relativement faibles

- Travailler à la tombée de la nuit ou au lever du jour, voire en plein jour.
- Si site mobile : mise en station (boussole + niveau à bulle), puis se caler par rapport au soleil.
- Tube optique blanc de préférence et/ou protégé par couverture survie.
- Éventuellement prolongé par pare soleil si faible élongation.



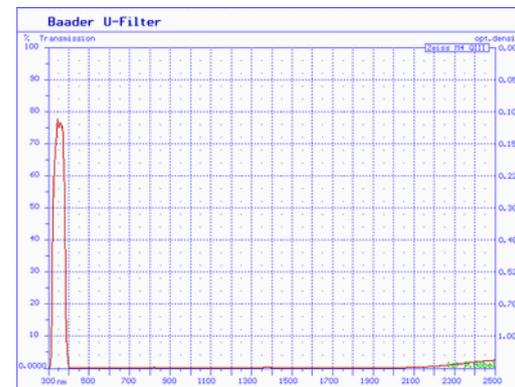
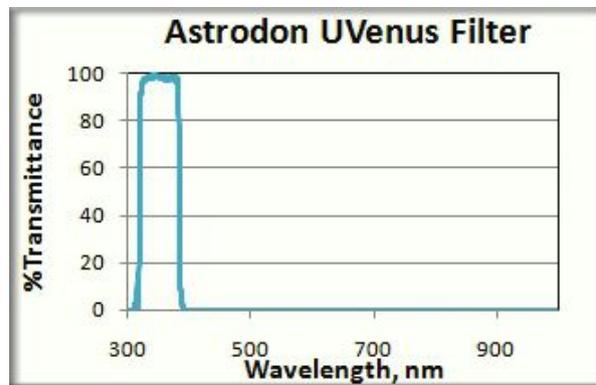
# Vénus de l'UV à l'IR



# Vénus en UV

## Filtres et visibilité des formations nuageuses :

→ Contraste maximal en UV : Astrodon, Schuler, Baader, ou W47 + IR-cut



→ Intérêt de monter en altitude : meilleure transmission UV et ciel plus noir.

→ Rotation en 4 jours et 5 heures du système atmosphérique (système II) : permet des durées d'acquisition longues, autant en profiter ... mais sans excès (problème rotation champ, variation transparence ciel).

Période rotation = 6120 mn

Diamètre apparent = 20 secondes

Limite = pouvoir séparateur / 2

Diamètre (cm) =	10	15	20	25	30	35	40
Durée acquisition max (mn) =	58,5	39,0	29,2	23,4	19,5	16,7	14,6

→ F/20 à 25 : pour des pixels de 5.6 microns.

→ Pose 10 ms – 25 ms pour diminuer les effets de la turbulence



# L'imagerie en UV

## Aberrations optiques dans l'UV :

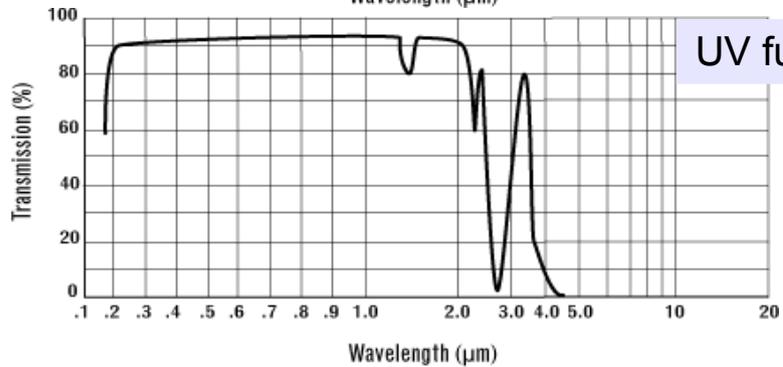
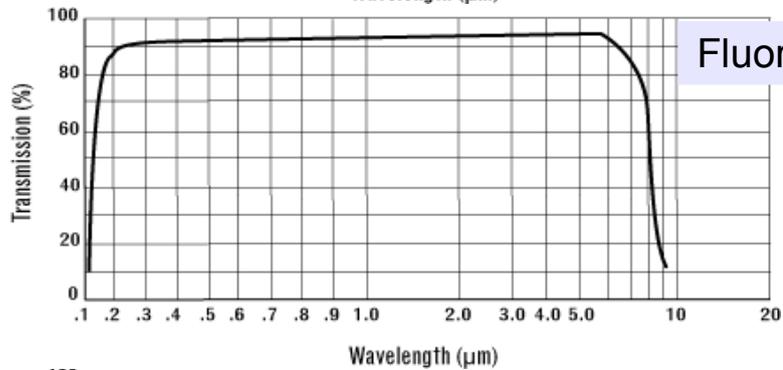
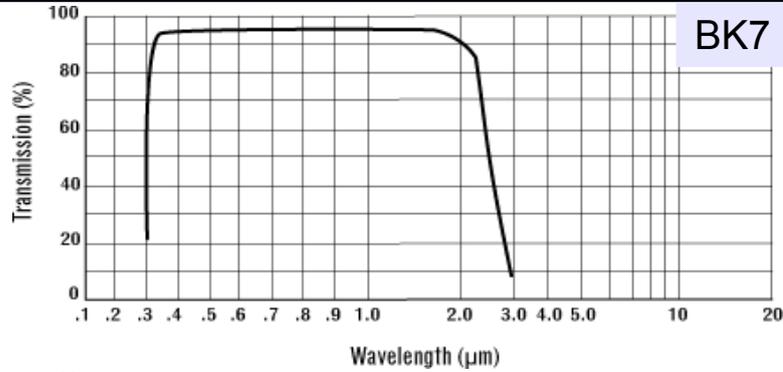
- Pas favorable aux lunettes (sauf APO, TOA), ni au Schmidt Cassegrain (aberration de sphéricité dans UV).
- Optiques à miroirs seuls préférables (Newton, Cassegrain).

## Attention à l'absorption de l'UV par l'optique :

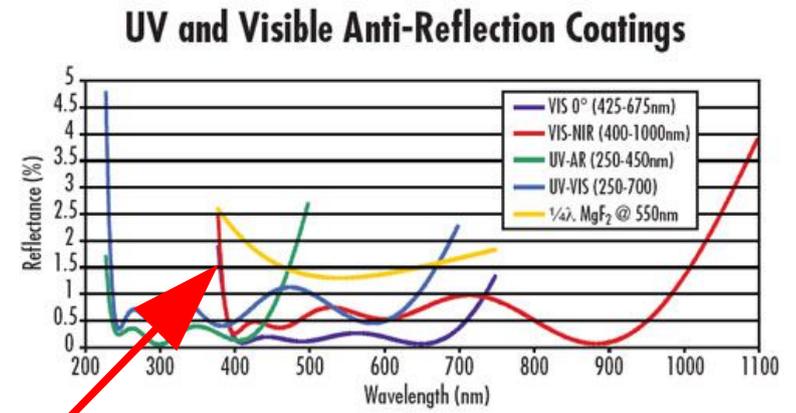
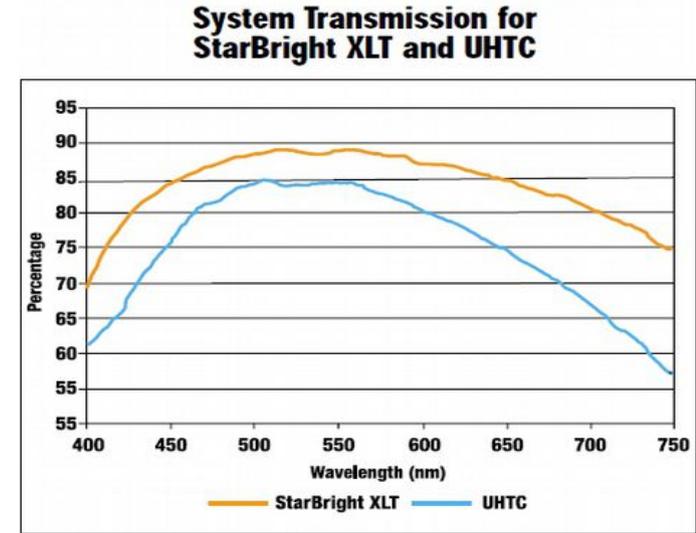
- Surtout par les traitements anti-reflets
- Éventuellement par les matériaux optiques utilisés :
  - Tester différentes Barlow, ou fabriquer une Barlow à partir d'une lentille simple en silice (FSS : voir Edmund Optics)
  - Lame de fermeture : BK7, B1664 (transparent à proche UV)



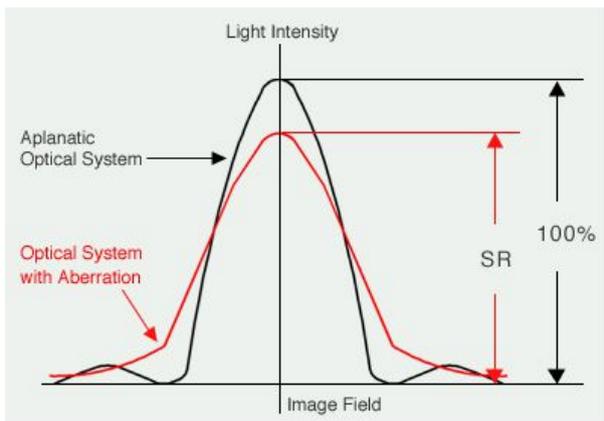
# Transmission de quelques verres optiques et traitements Anti-Reflets



Le problème vient surtout des traitements anti-reflets

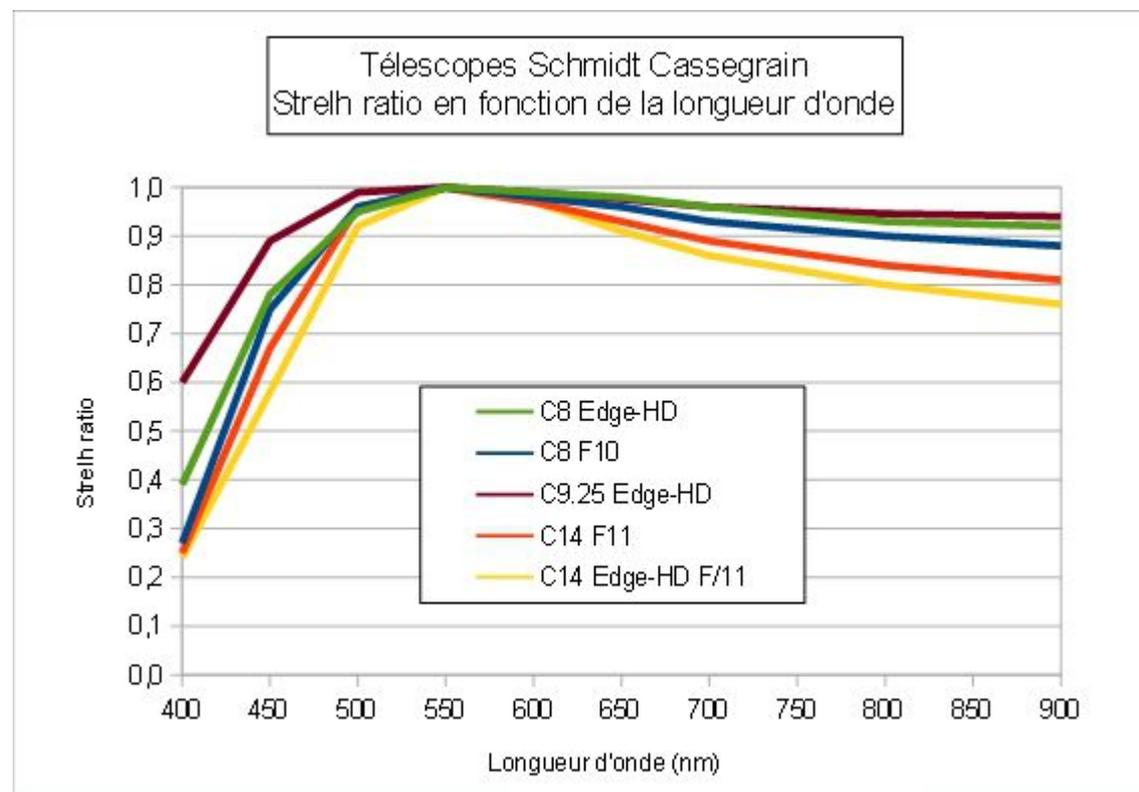


# Performances théoriques des Schmidt-Cassegrain en fonction de la longueur d'onde



Optique limitée par la diffraction (critère de Rayleigh) :

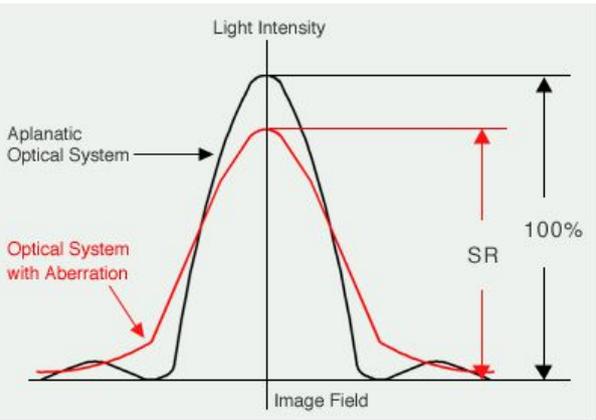
P-V =  $\lambda / 4$   
 Strehl = 0.8  
 rms =  $0.07 \lambda$



Corrigés à partir de 486 nm



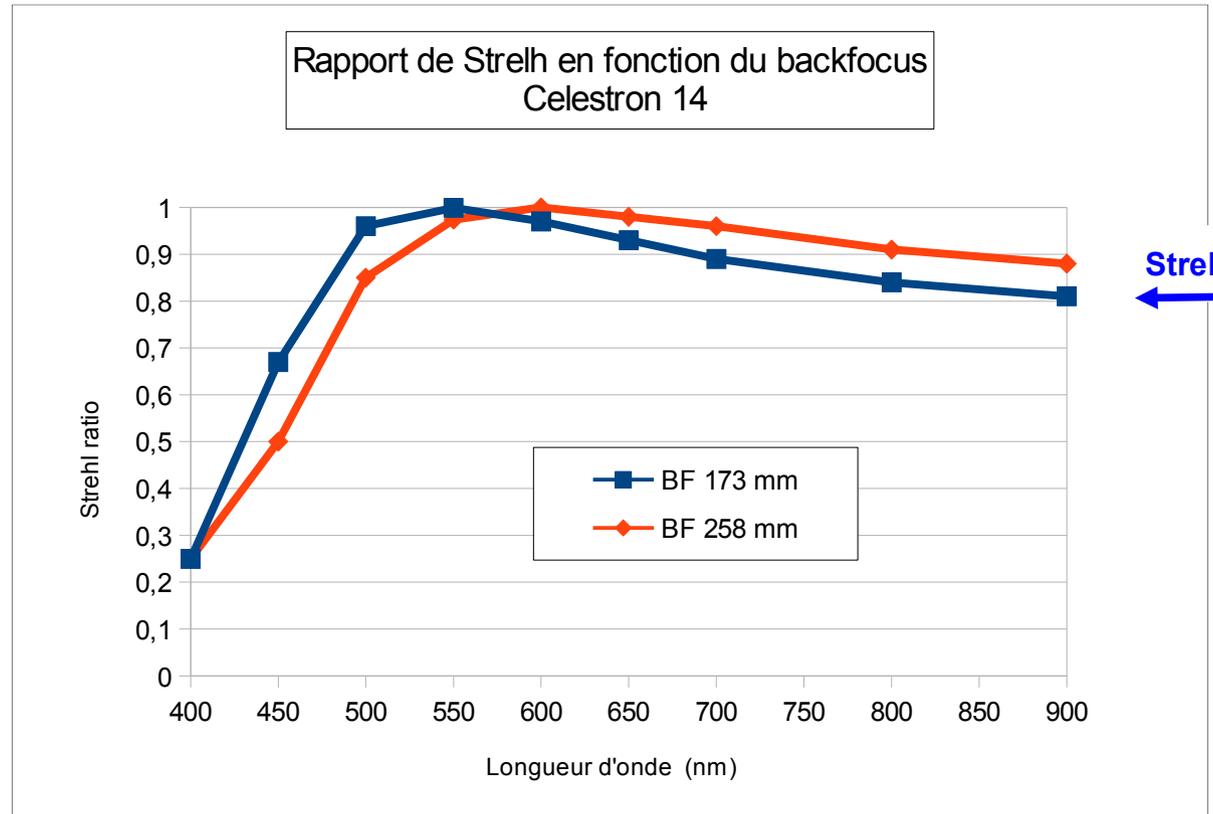
# Influence du backfocus sur performances C14



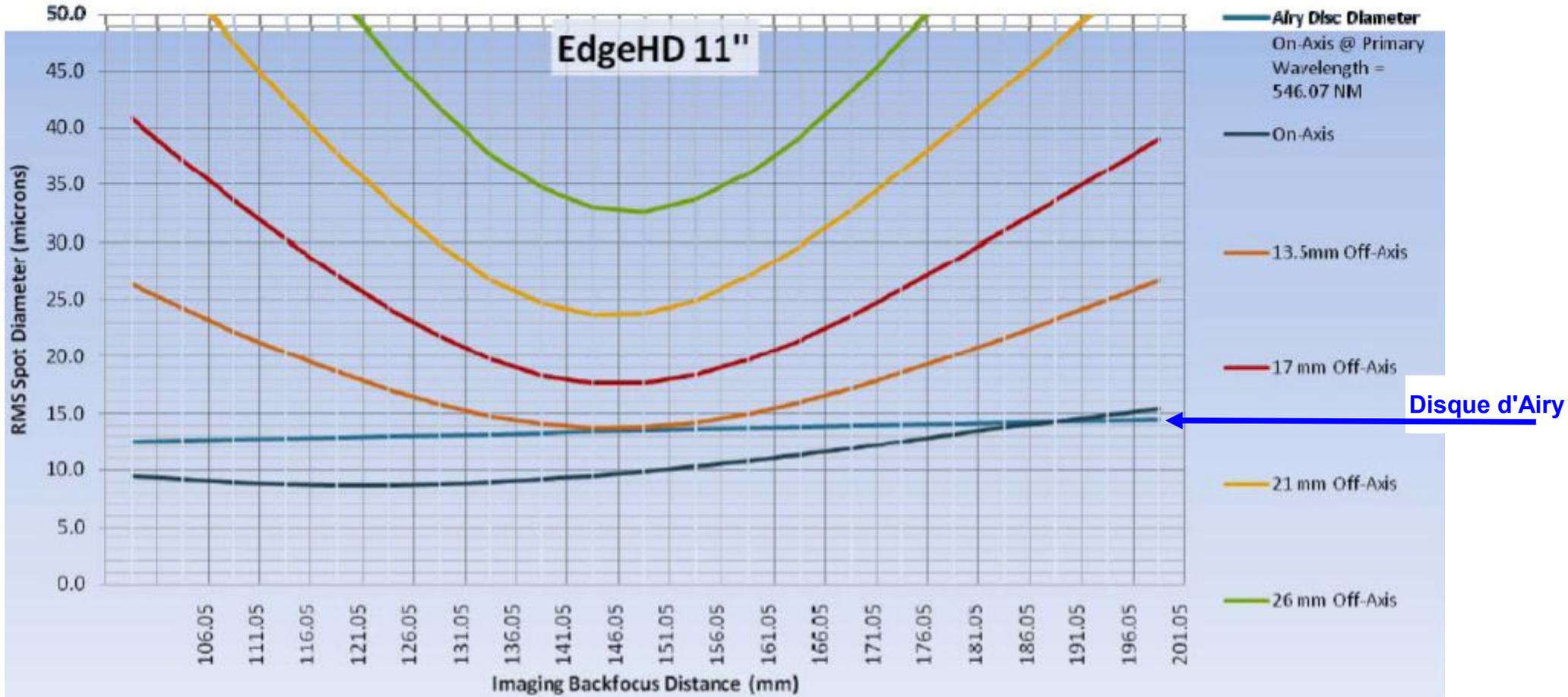
Optique limitée par la diffraction (critère de Rayleigh) :

P-V =  $\lambda / 4$   
 Strehl = 0.8  
 rms =  $0.07 \lambda$

Augmenter backfocus :  
 Décale la correction vers le rouge

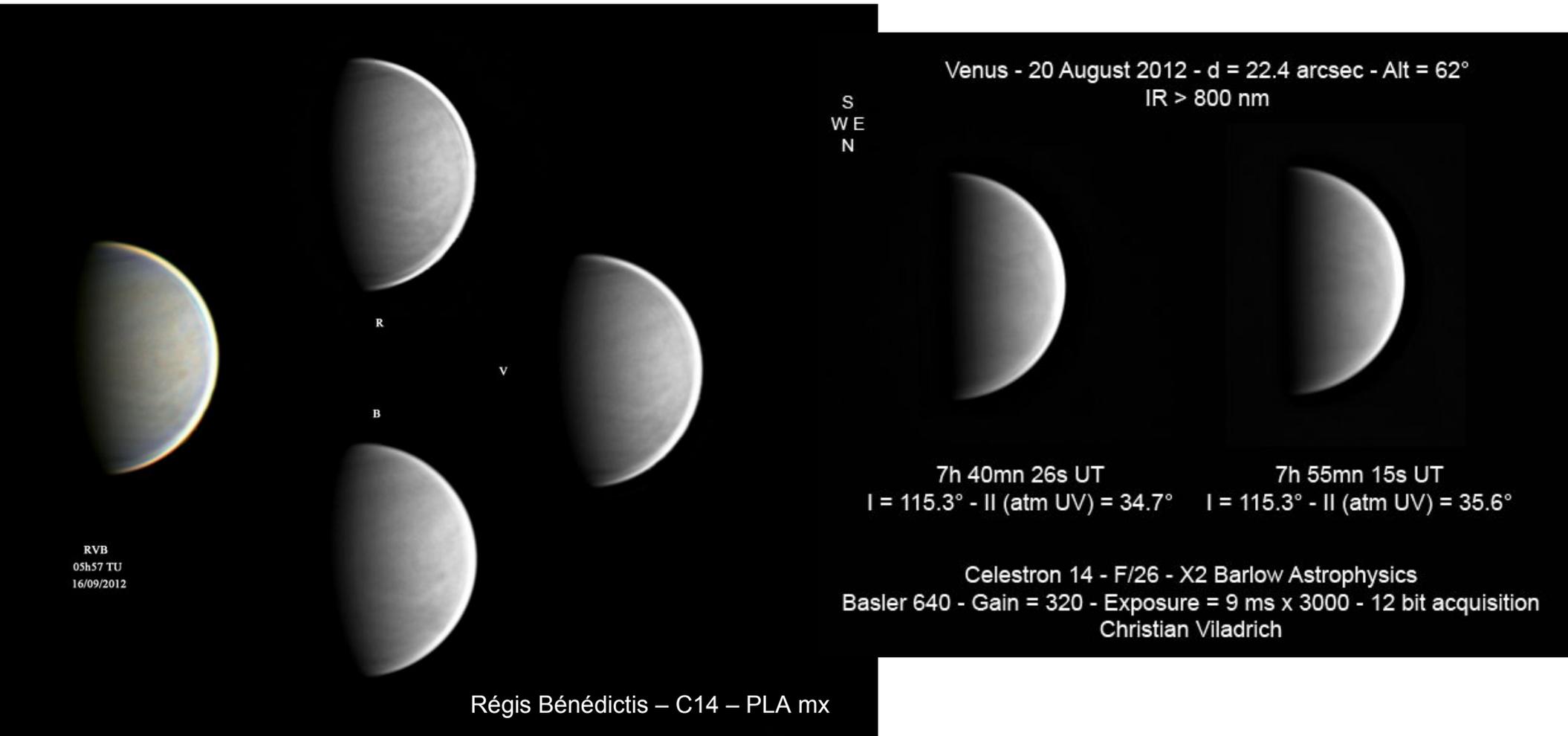


# Influence du backfocus sur performances C11 EdgeHD



# Vénus en visible et en IR 800

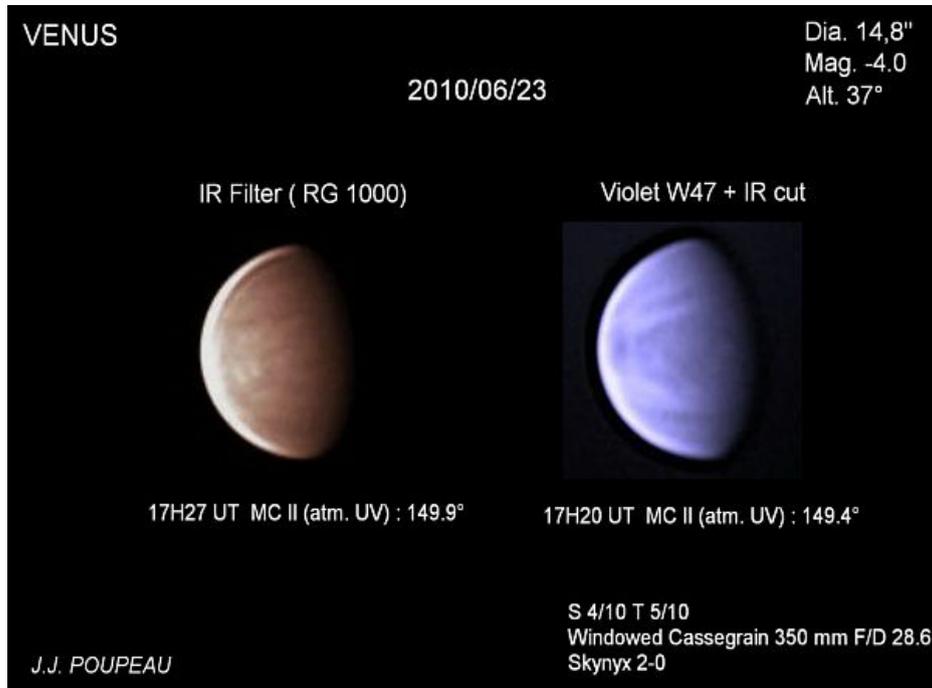
Les formations nuageuses apparaissent difficilement dans le visible :



# Vénus en IR

Les formations nuageuses apparaissent aussi en IR mais avec moins de contraste:

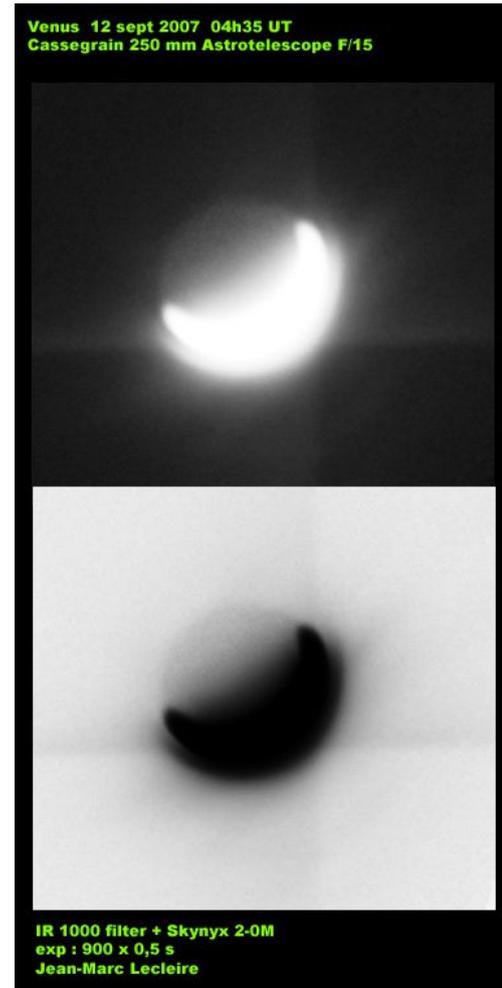
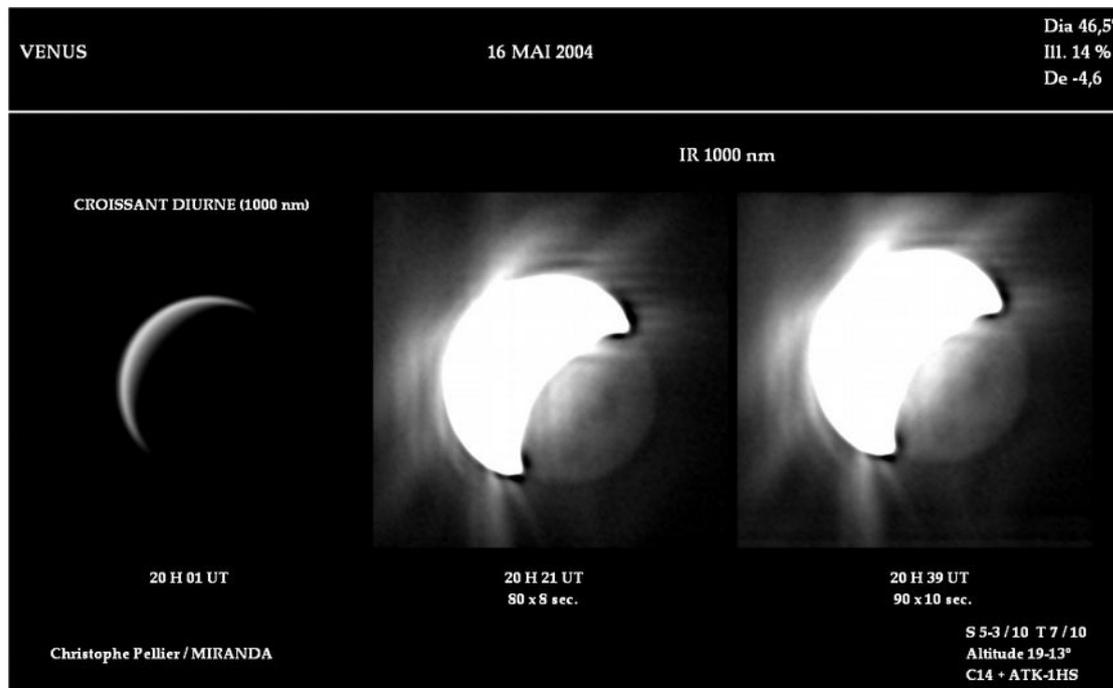
- Permet de travailler plus facilement en plein jour (et réduit les effets de la turbu).
- IR = 650 à 1000 nm. Optimum lumière / résolution / fond de ciel vers 800 nm ?
- Ne pas hésiter à additionner un grand nombre d'images : 10 000 à 20 000 images ...



# Vénus en IR 1000 nm

## Émission thermique de la surface IR 1 micron:

- Attention : IR 1 micron arrêté par certains traitements de surface (ex TOA)
- Pose individuelle longue: 0.5 s ou plus (prévoir dark selon capteur)
- Durée d'acquisition longue assez longue : 5 à 10 mn.
- Déplacer la planète dans le champ pendant l'acquisition ?



---

Mars ...



# Mars

- Beaucoup de lumière, ce qui permet de travailler à des rapports F/D élevés.
- Autour de F/40 avec capteur ICX618 (pixels de 5.6 microns).
- Travailler en RVB ou LRVB.
- Éviter R R G B, et encore plus le IR R G B, qui même s'ils sont flatteurs ne correspondent à rien.
- IR 685 en complément et / ou quand turbulence.

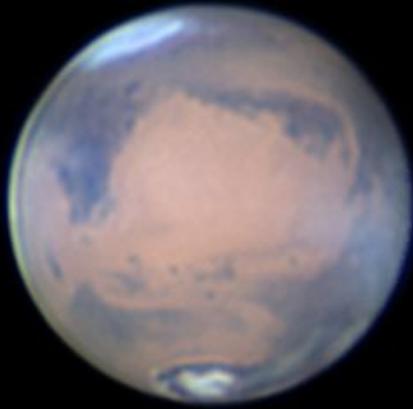
→ Durée max d'acquisition sans correction rotation ni morphing pour la séquence entière :

Période rotation=	1 440 mn	Limite = pouvoir séparateur / 2					
Diamètre apparent =	20 seconde						
Diamètre (cm) =	10	15	20	25	30	35	40
Durée acquisition max (mn) =	13,8	9,2	6,9	5,5	4,6	3,9	3,4

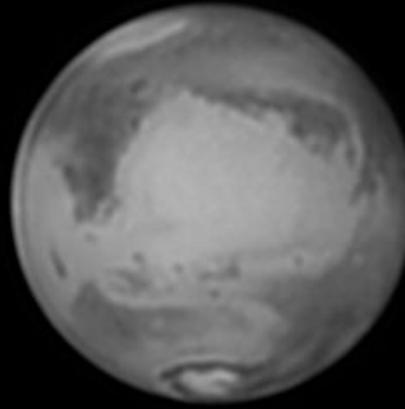
- Autostakkert (morphing) et surtout WinJupos permettent d'accroître la durée d'acquisition max
- Allonger la durée d'acquisition dans le bleu (car moins de lumière).
  - Par exemple : R = 60 s, V = 90 s, B = 120 s
- Poses individuelles typiques : R et V : autour de 20 à 25 ms, B : jusqu'à 50 ms ?



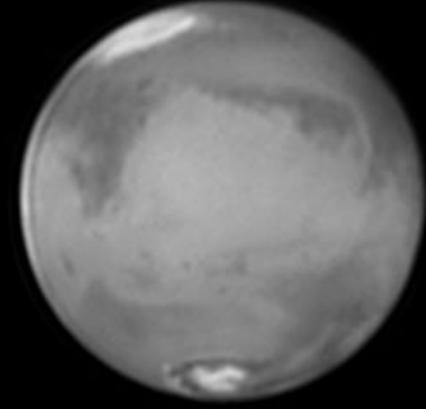
Mars 17 April 2014 - d = 15.1 arcsec - Alt = 39°



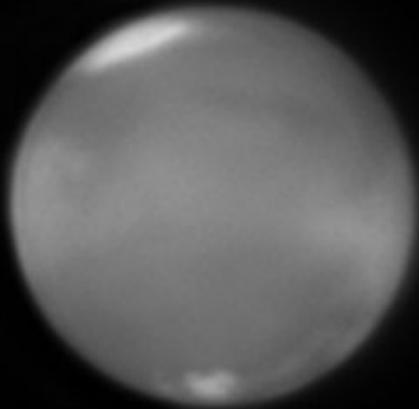
RGB  
CM = 328.2°  
22h22,2mn UT



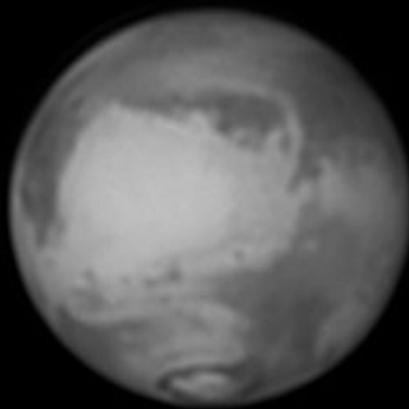
R  
CM = 328.2°  
22h22,2mn UT



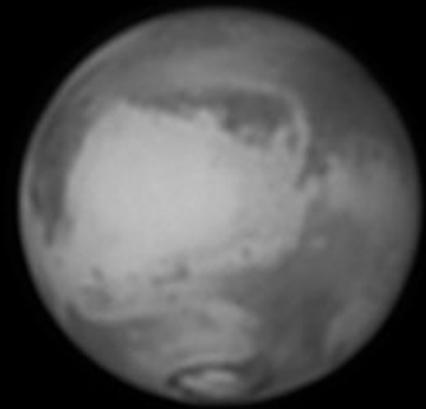
G  
CM = 329.2°  
22h26,2mn UT



B  
CM = 330.2°  
22h30,3mn UT



IR > 650 nm  
CM = 350.0°  
23h51,4mn UT

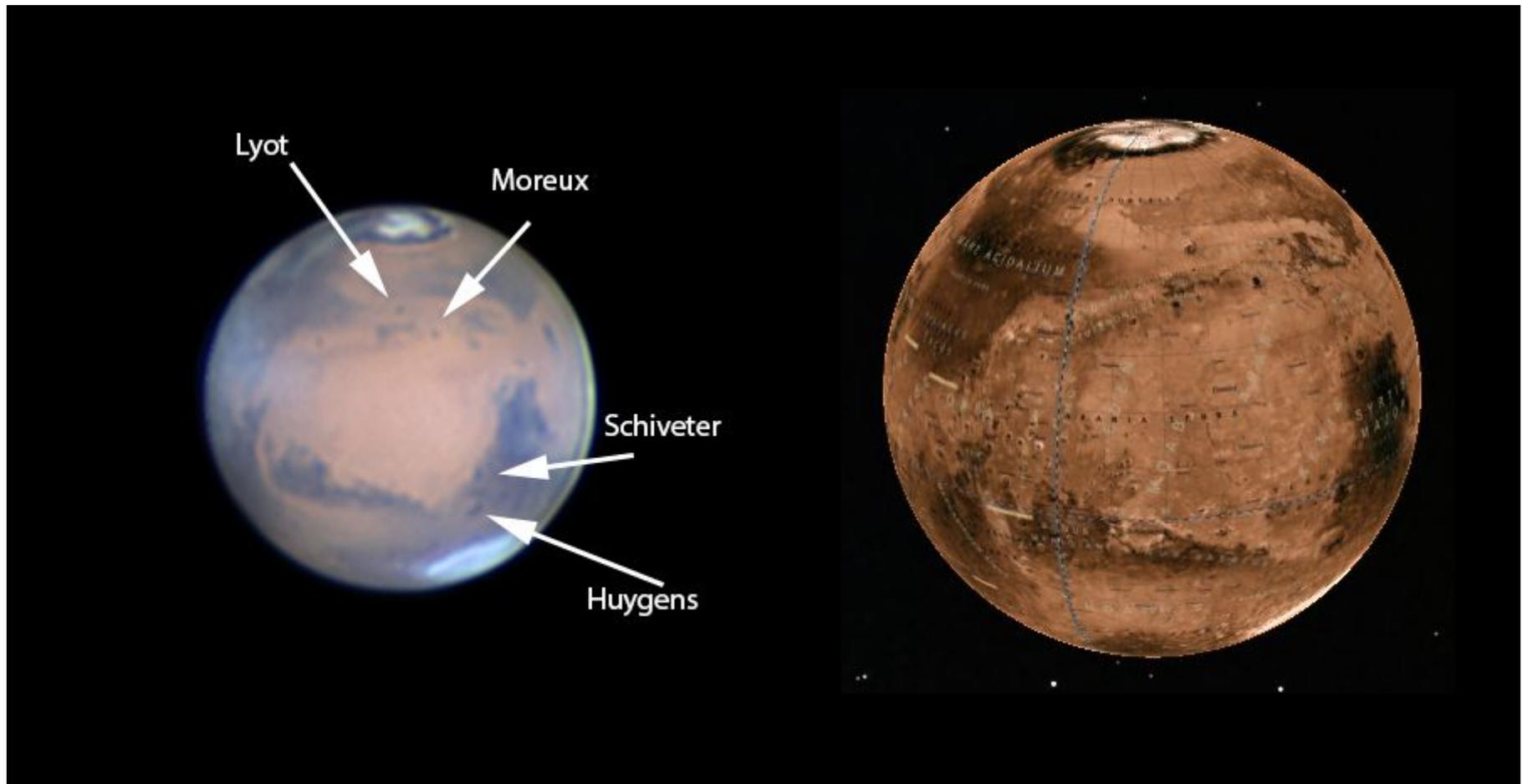


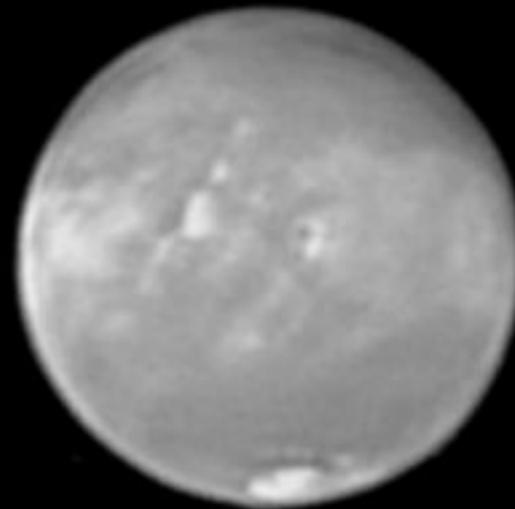
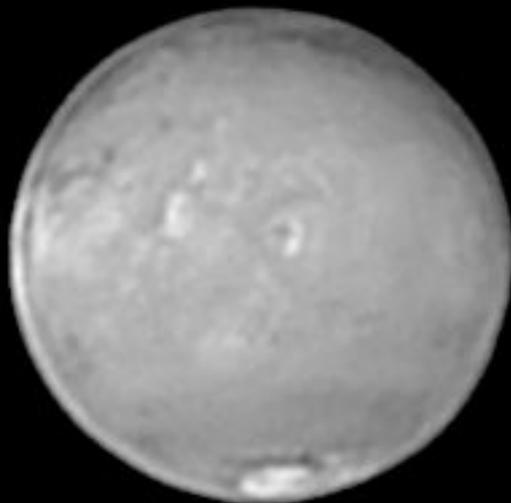
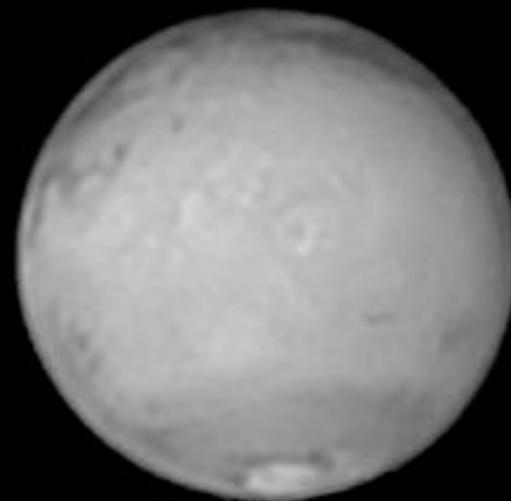
IR > 650 nm  
CM = 350.7°  
23h54,5mn UT

Celestron 14 F/35 - X2 Astrophysics Barlow lens - Basler 640 camera - ASH ADC  
Exposure time and gain : 25 ms / 400 for R, 25 ms and 600 for G, 30 ms and 770 for B, 25 ms and 360 for IR  
Acquisition duration : 240 s for RGB, 180 s for IR  
Christian Viladrich

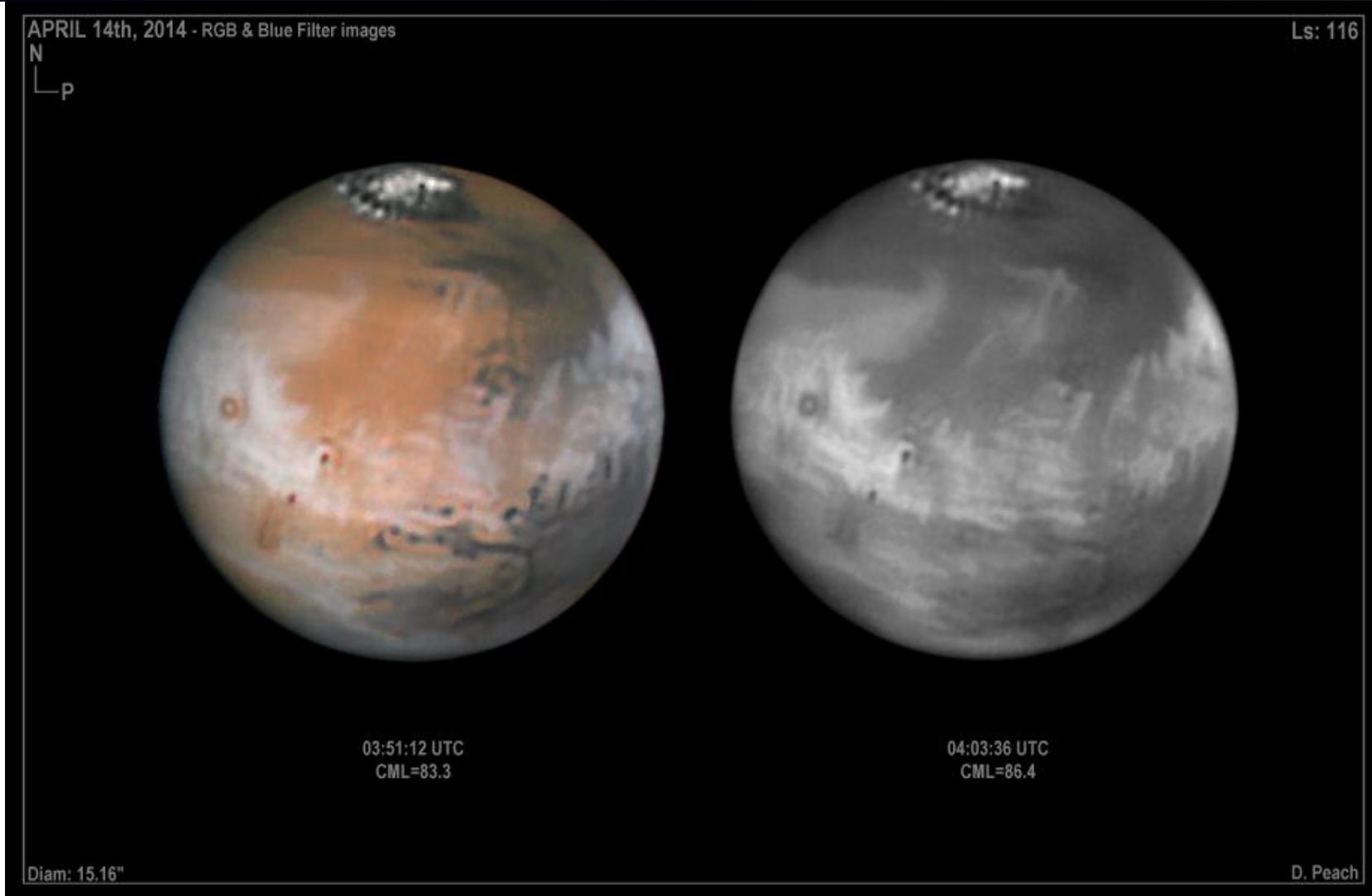


# Mars : R V B

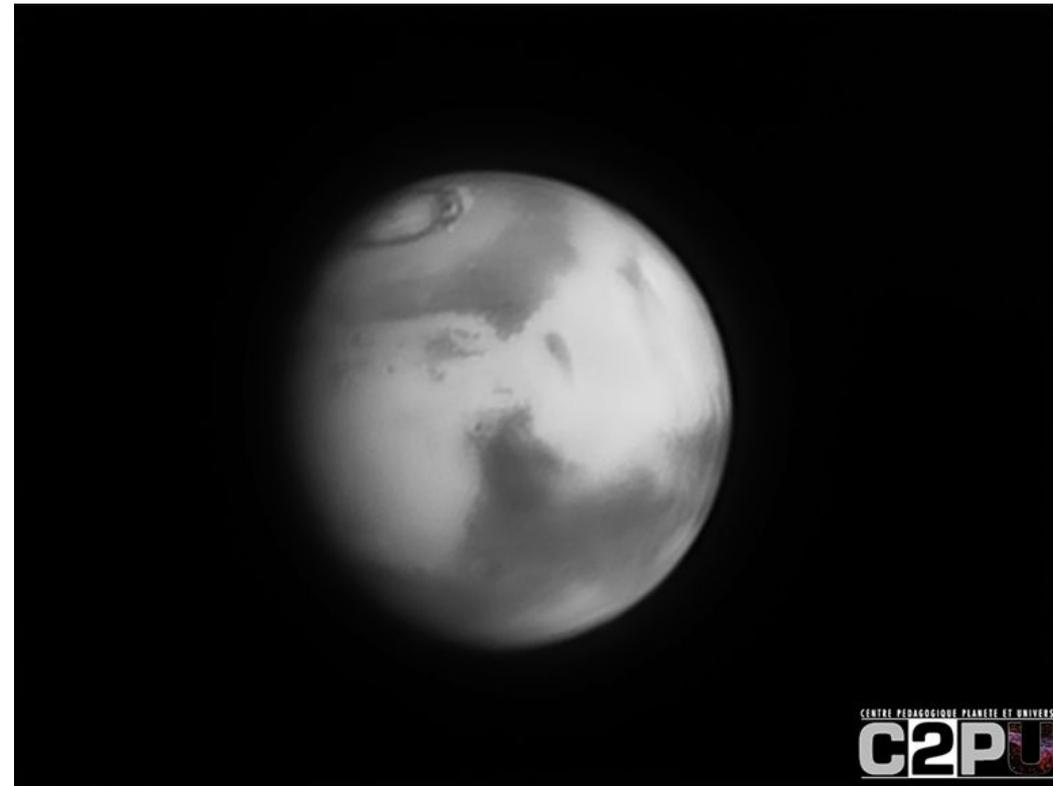




# Et l'influence du site ...



## Et l'influence du diamètre ...



---

Jupiter ...



# Jupiter

- Viser F/D 25 avec ICX618 (pixels 6.5 microns).
- Deux stratégies : RVB ou LRVB.
- Rotation rapide => intérêt roue à filtres motorisée pilotée par séquenceur du logiciel d'acquisition.
- Autres filtres intéressants : IR 685 (si turbulence) et CH4 (pour gros diamètres)
- Durée max d'acquisition sans correction rotation ni morphing pour la séquence entière:

Période rotation= 600 mn  
Diamètre apparent = 50 seconde

Limite = pouvoir séparateur / 2

Diamètre (cm) =	10	15	20	25	30	35	40
Durée acquisition max (mn) =	2,29	1,53	1,15	0,92	0,76	0,66	0,57

- Autostakkert (morphing) et surtout WinJupos permettent d'accroître la durée d'acquisition max



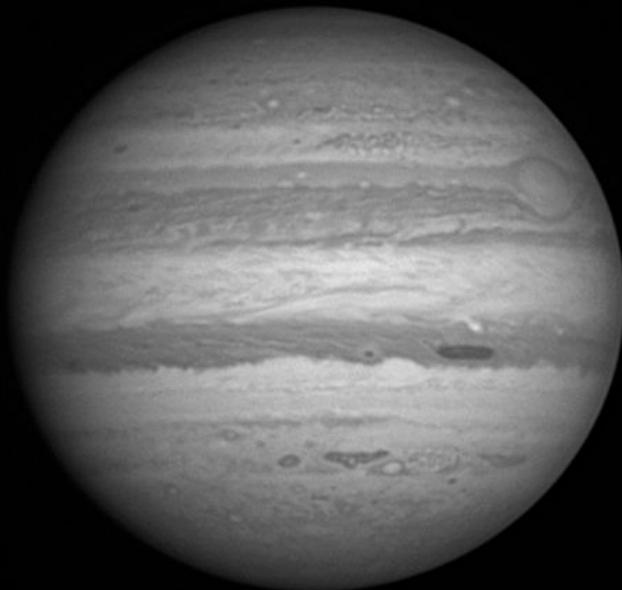
Jupiter 30 August 2011 - d= 44.1 arcsec -Alt > 57°  
C14 F/25 - X2 Astrophysics Barlow - ADC - 120 % redim  
Basler 640 camera - gain 600/620/600 for R/V/B - 8 bits acquisition - 24 ms exposure  
Christian Viladrich



RGB



R - 03 h01 mn UT - I = 230.8° - II = 113.9° - 51.1°



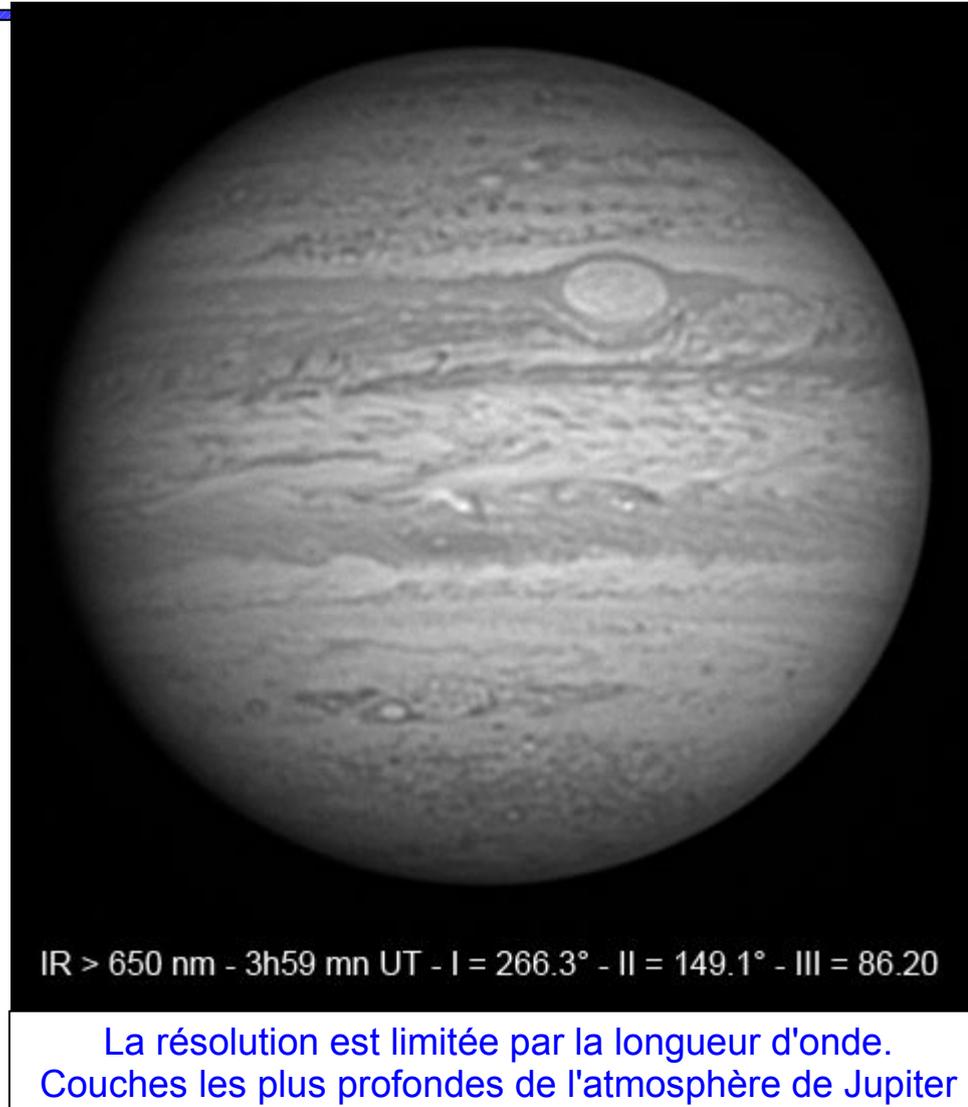
G - 03 h02 mn UT - I = 231.5° - II = 114.6° - III = 51.8°



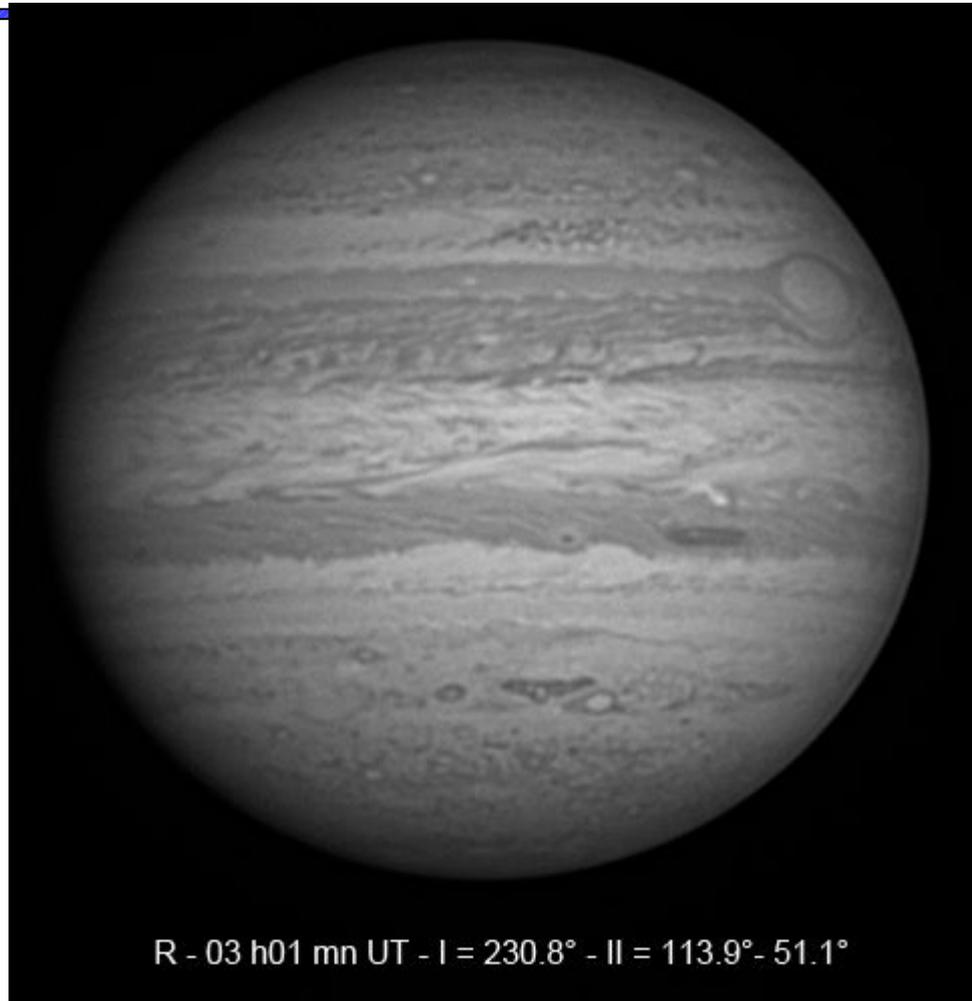
IR > 650 nm - 3h59 mn UT - I = 266.3° - II = 149.1° - III = 86.20



# C14 – IR 685 – 24 ms



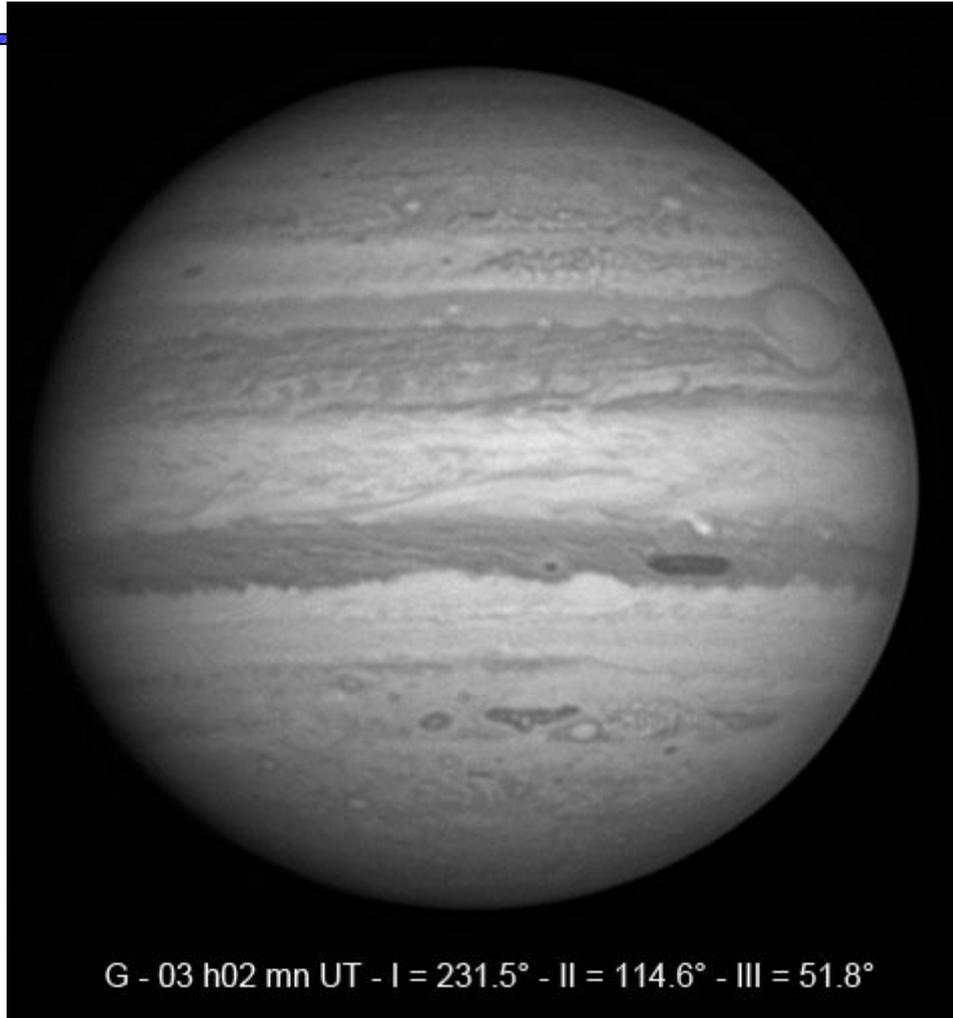
# C14 – R – 24 ms



La résolution augmente.  
Couches au dessus de celles visibles en IR



# C14 – V – 24 ms



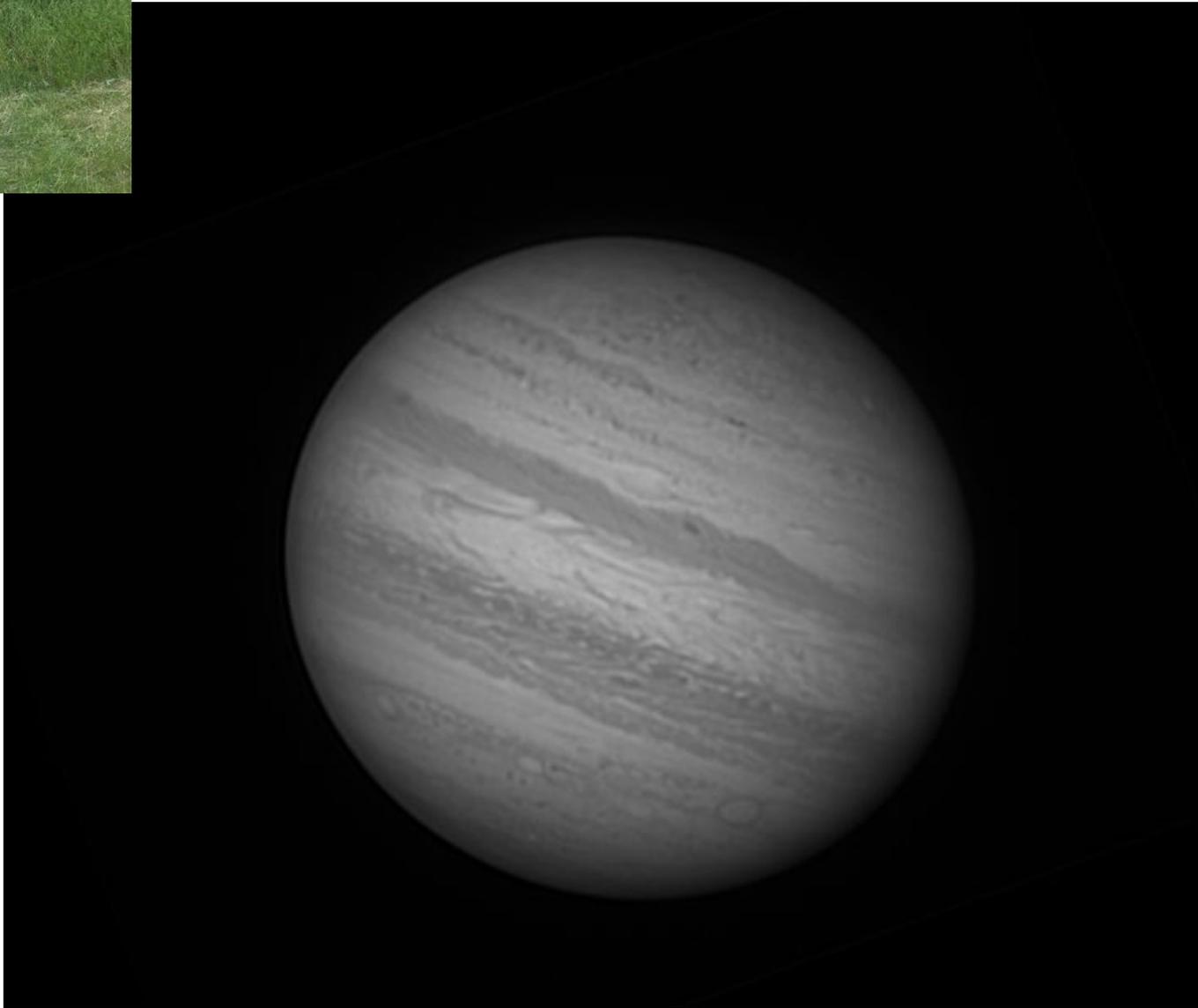
La résolution augmente encore un peu ... mais les détails sont plus flous (car couches plus hautes)



# C14 - RVB



# Newton 15"- R



Yann Le Gall – Newton Skyvision 15" – Skynyx 2.0M



# Newton 15" - V

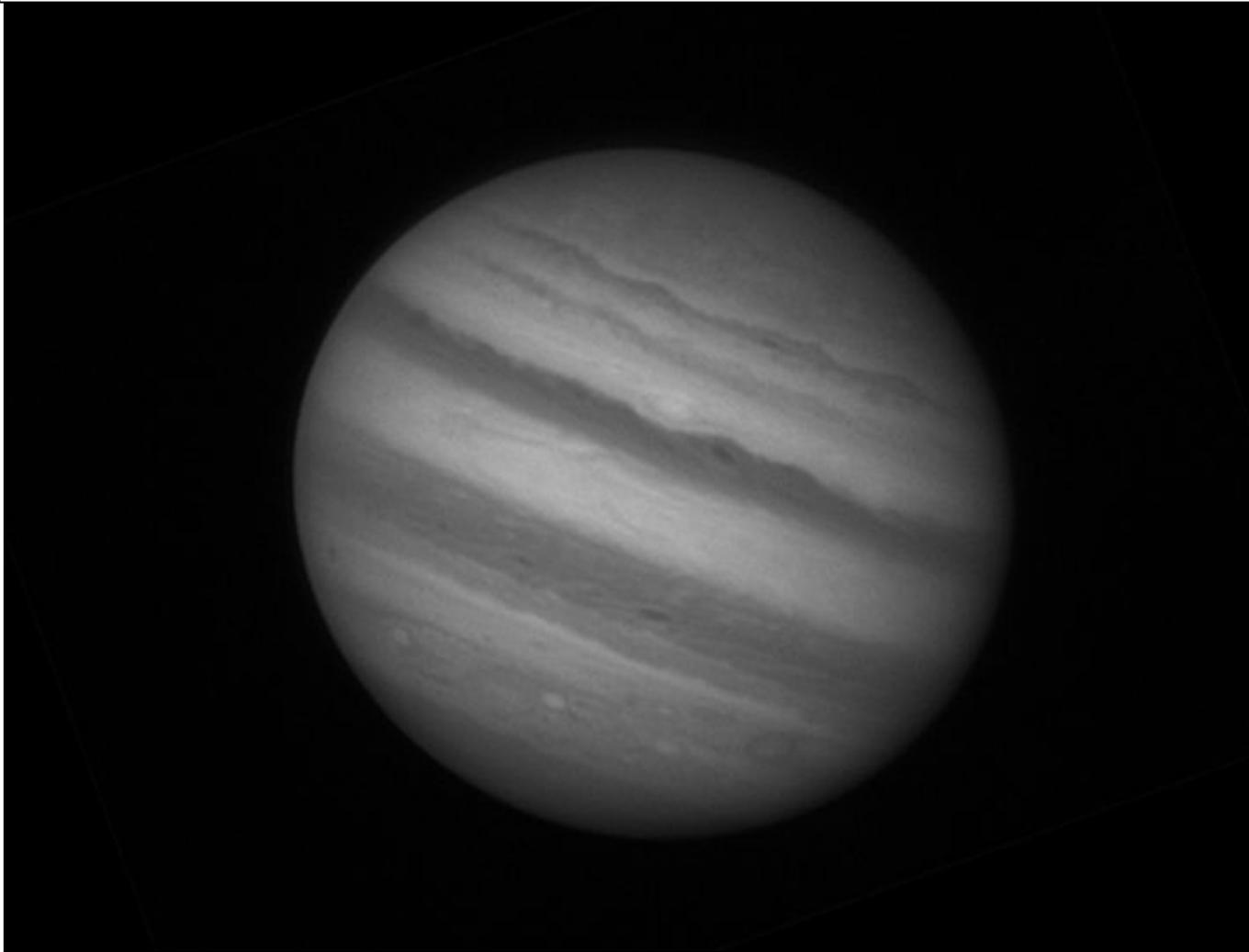


Yann Le Gall – Newton Skyvision 15" – Skynyx 2.0M



# Newton 15"- B

Bleu : couches atmosphériques les plus hautes avec diffusion plus importante  
=> détails moins contrastés



Yann Le Gall – Newton Skyvision 15" – Skynyx 2.0M – Très bonne couche bleue



# Newton 15"- B



Yann Le Gall – Newton Skyvision 15" – Skynyx 2.0M

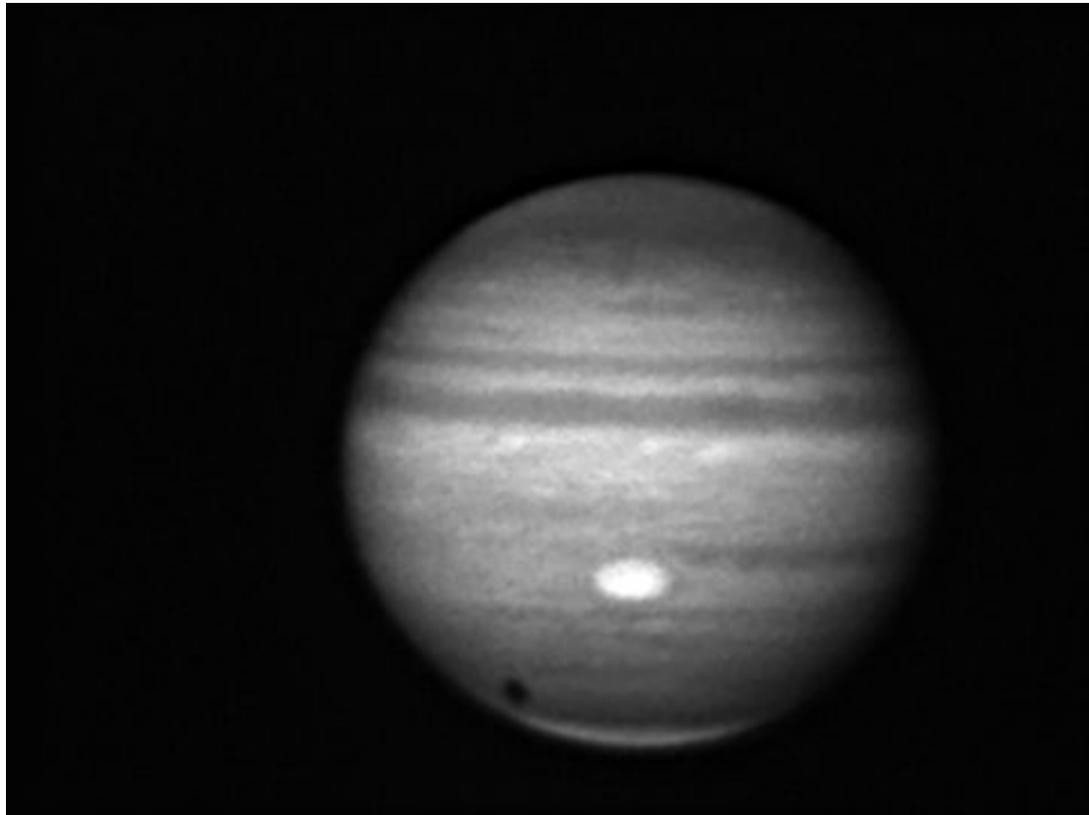
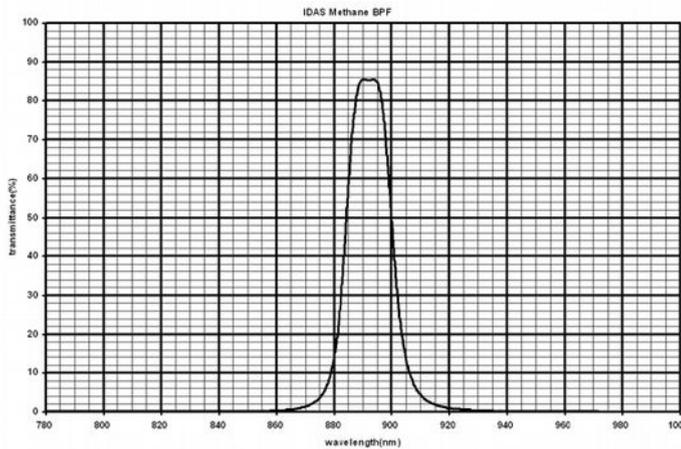


# Jupiter CH4

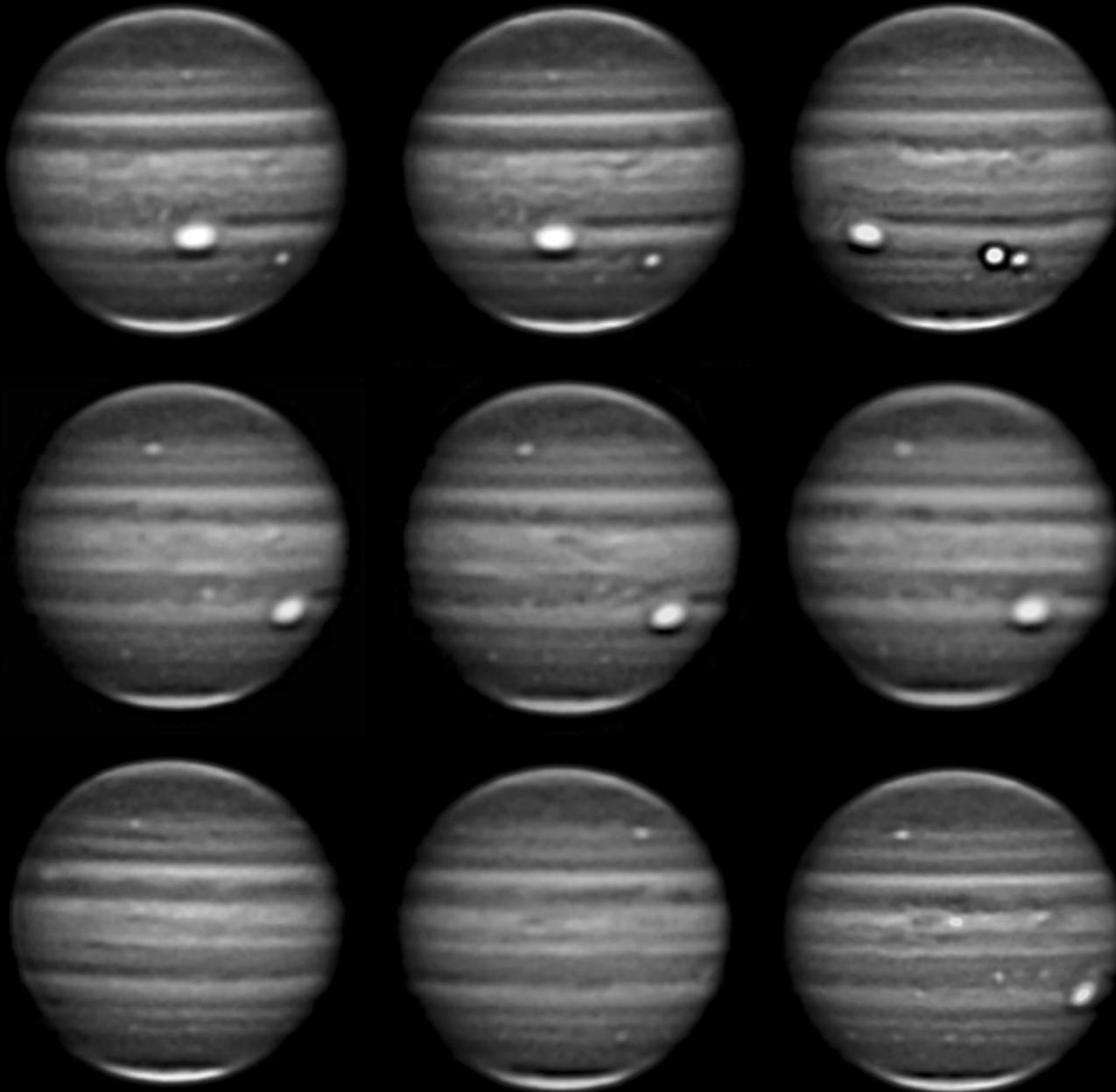
→ Filtre CH4 IDAS – 890 nm - FWHM = 16 nm

→ Dark et binning 2 x 2 indispensables.

→ Pose : 0.5 à 1s



JP Prost – C14 – Binning 2 x 2 – Skynyx 2.0 M – Pose environ de 60 x 2 s



→ .



---

Saturne ...



# Saturne

- Technique similaire à Jupiter, mais avec moins de lumière.
- Travailler en RVB ou LRVB.
- Rapport F/D autour de 30 avec l'ICX618.
- Autres filtres intéressants : IR 685 (si turbulent)
- Durée max d'acquisition sans correction rotation :

Période rotation=	630	mn	Limite = pouvoir séparateur /2					
Diamètre apparent =	20	seconde						
Diamètre (cm) =	10	15	20	25	30	35	40	
Durée acquisition max (mn) =	6,0	4,0	3,0	2,4	2,0	1,7	1,5	

- Autostakkert (morphing) et surtout WinJupos permettent d'accroître la durée d'acquisition max



# Saturne R et IR

Saturn - 24 and 25 March 2011 -  $d = 19.1$  arcsec - Alt = 35 to 37°  
C14 F/30.6 - X1.8 APM - ASH ADC - redim 110% - Astronomik R and Baader IR filters  
Basler 640 camera - gain 800 - 3000 to 3600 x 50 ms exposure - 8 bits acquisition



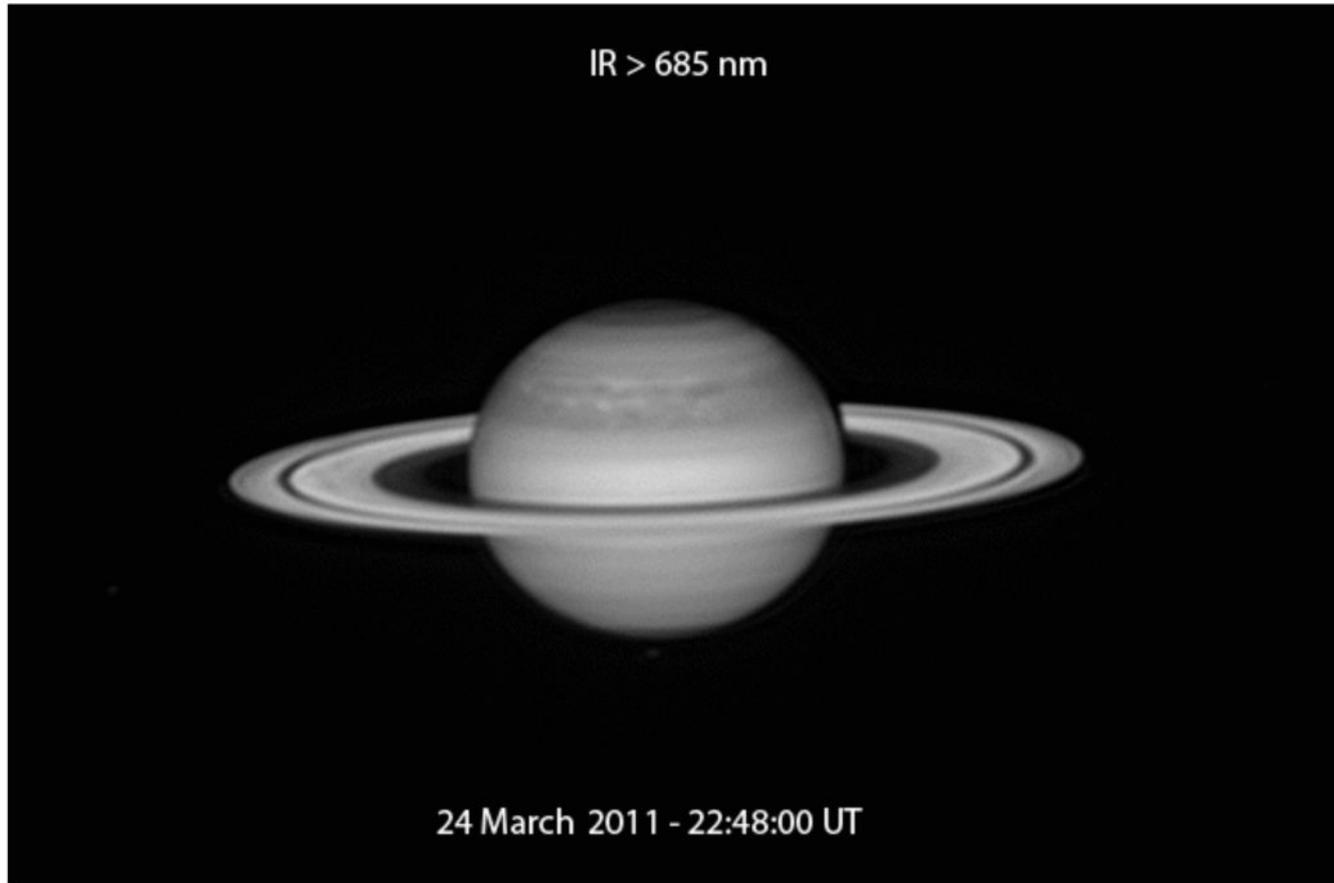
IR > 685 nm  
22:53:00 UT - I = 91.1° - II = 83.7° - III = 74.8°



R Astronomik  
01:25:00 UT - I = 290.9° - II = 201.2° - III = 229.6°



# Saturne- spokes



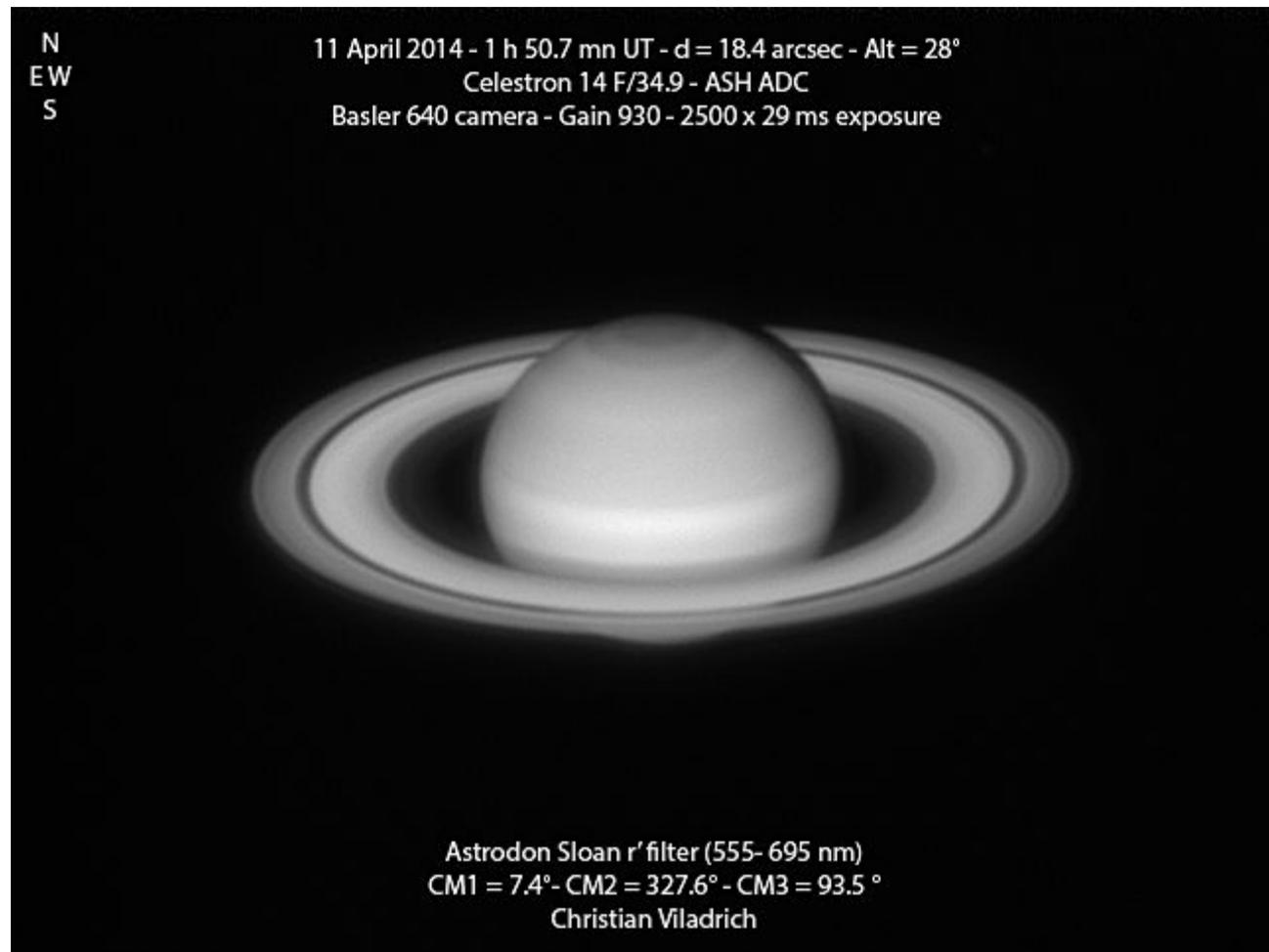
# Saturne - LRVB



Jean Pierre Prost – C14 – LRVB – Skynyx 2.0M  
L = 30 ms pendant 90 s, R = 60 ms pendant 30 s, V = 60 ms pendant 30s,  
B = 120 ms pendant 45 s

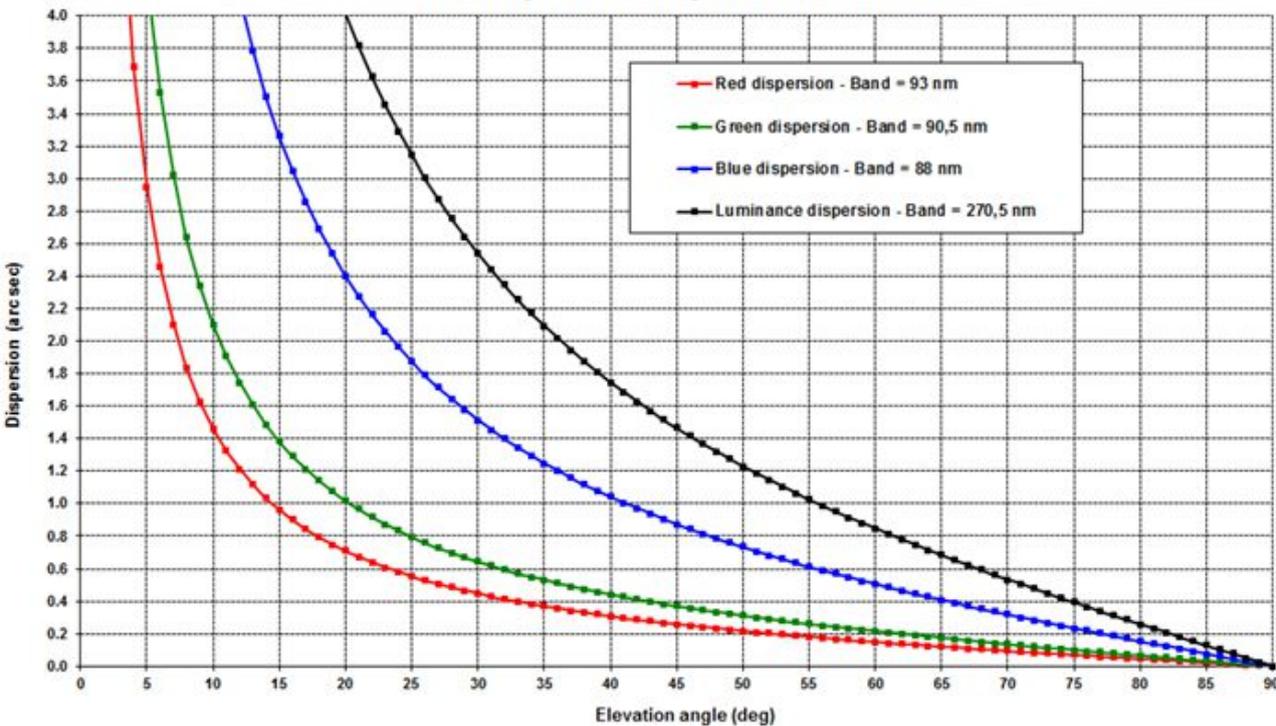


# Intérêt de l'ADC



# Effet de la dispersion atmosphérique

Atmospheric dispersion effect



Courbes JP. Prost – détails sur <http://astrosurf.com/prostjp/Dispersion.htm>

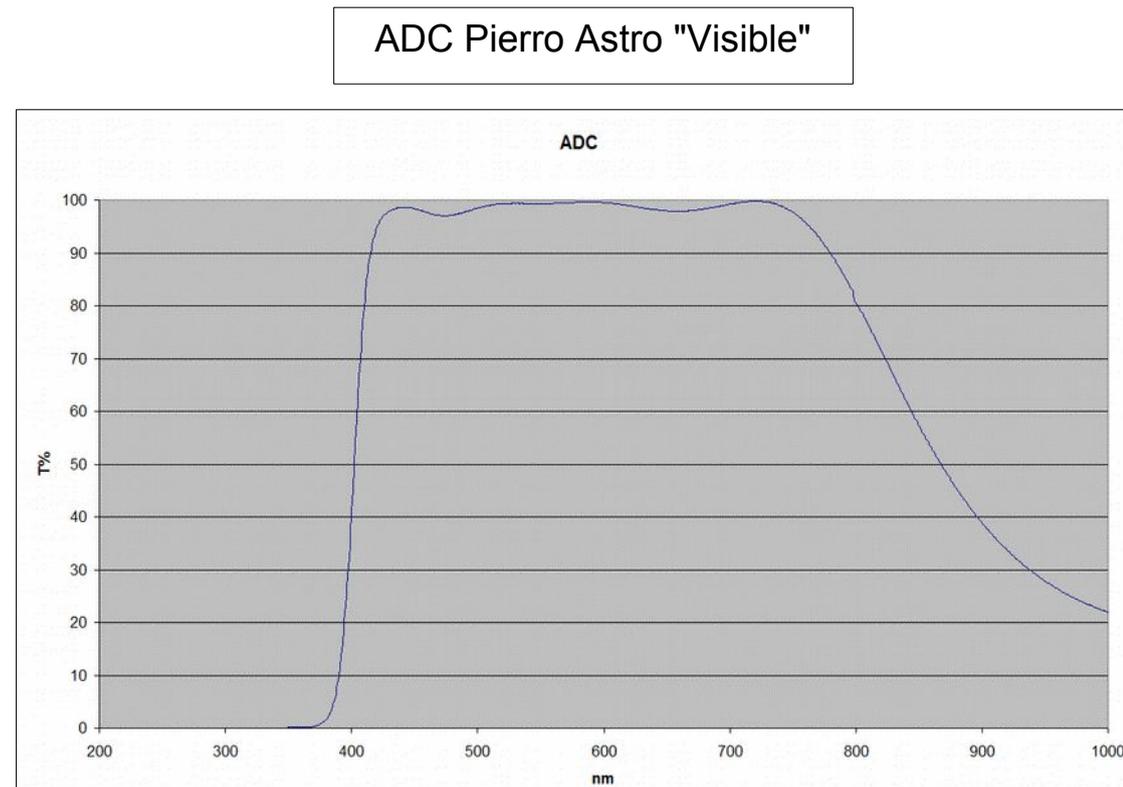
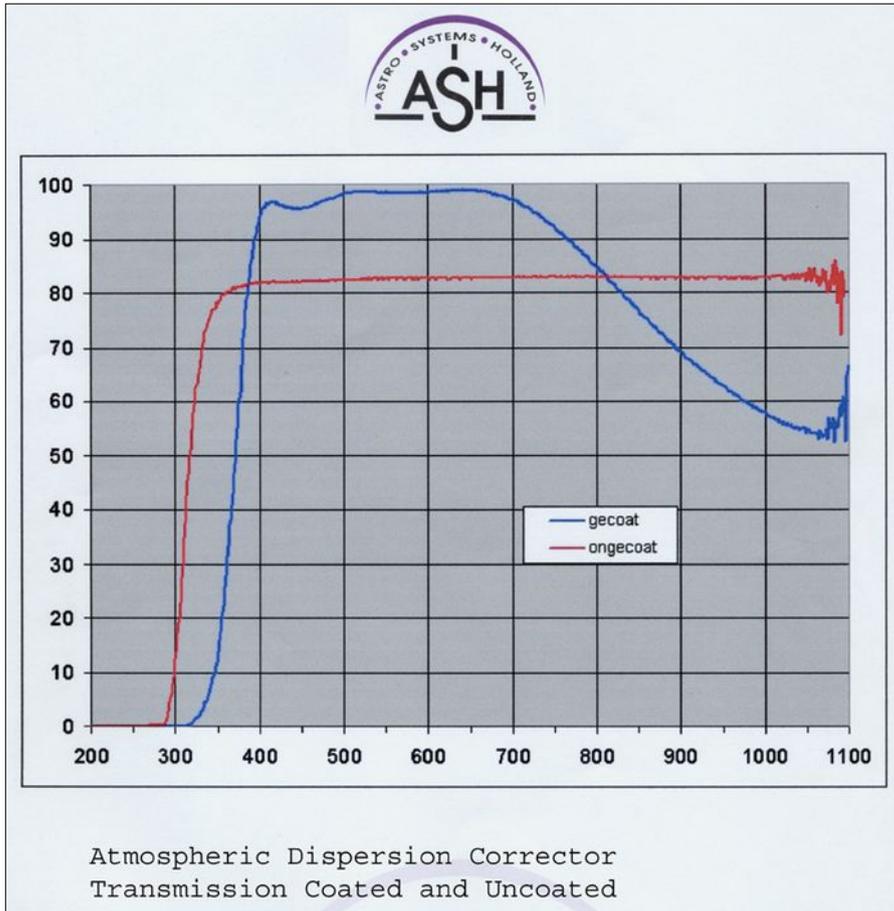
L'utilisation d'un filtre est indispensable.  
Filtre à utiliser dépend diamètre instrument et hauteur

Encore mieux : correcteur de dispersion atmosphérique  
(+ filtre complémentaire)

Diamètre	200 mm	350 mm
Résolution	0.6"	0.34"
Dispersion interbande max admissible	0.6"	0.34"
L	> 67°	> 77°
B	> 55°	> 72°
V	> 35°	> 50°
R	> 25°	> 40°



# Transmission ADC avec / sans traitement AR



# Saturne- CH4



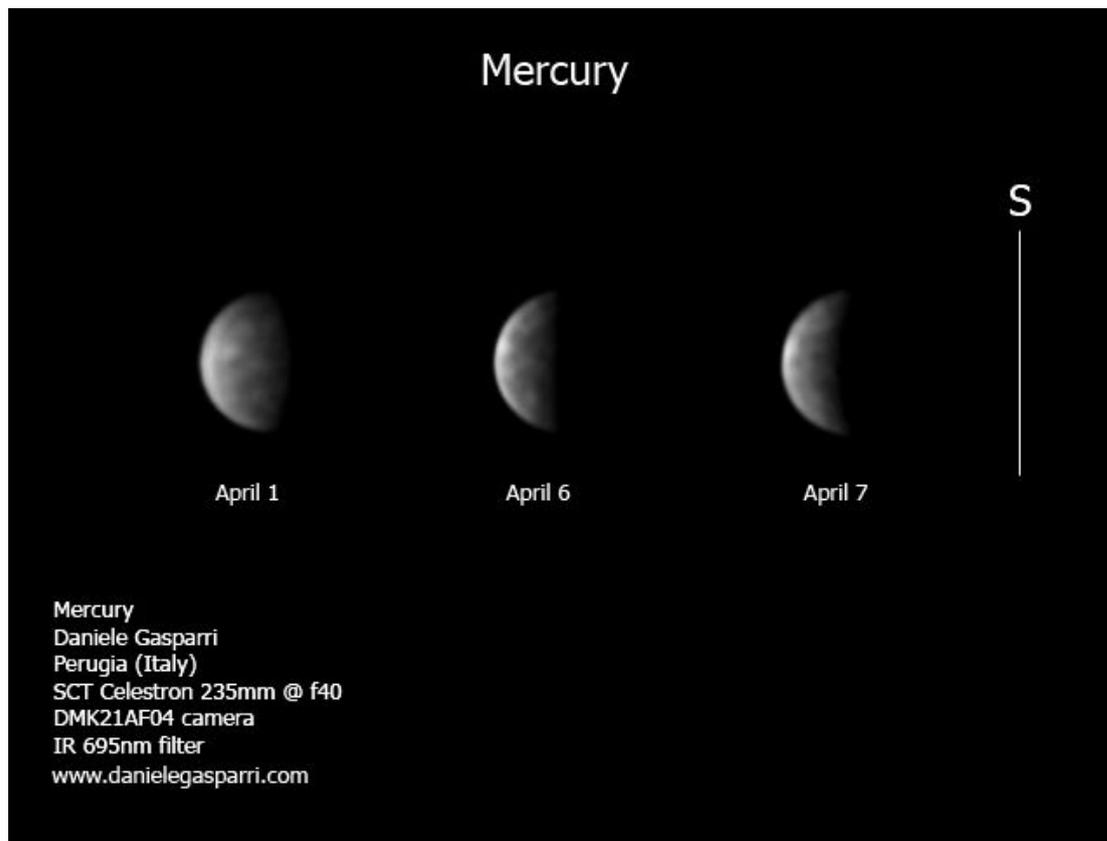
---

Mercure ...



# Mercure

- Quelques détails visibles ...grâce au progrès des capteurs depuis 2012
- Travailler en plein jour et faire beaucoup d'images (> 10 à 30 000)
- R ou IR 685 : pour diminuer la turbulence et le fond de ciel.



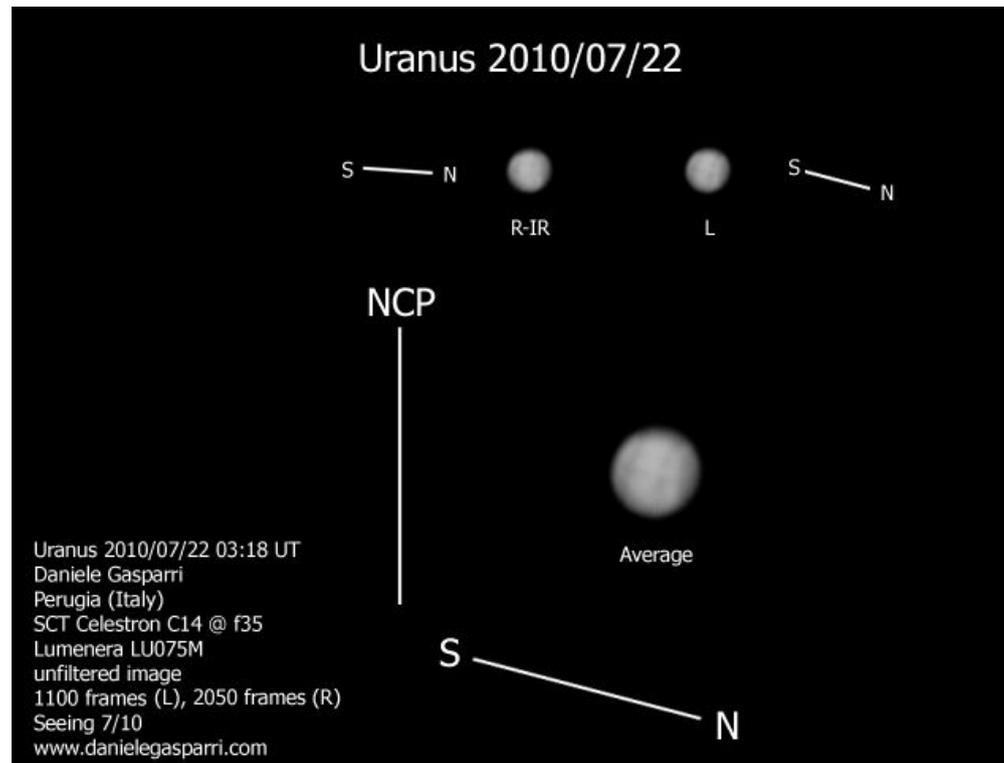
---

Uranus ...



# Uranus

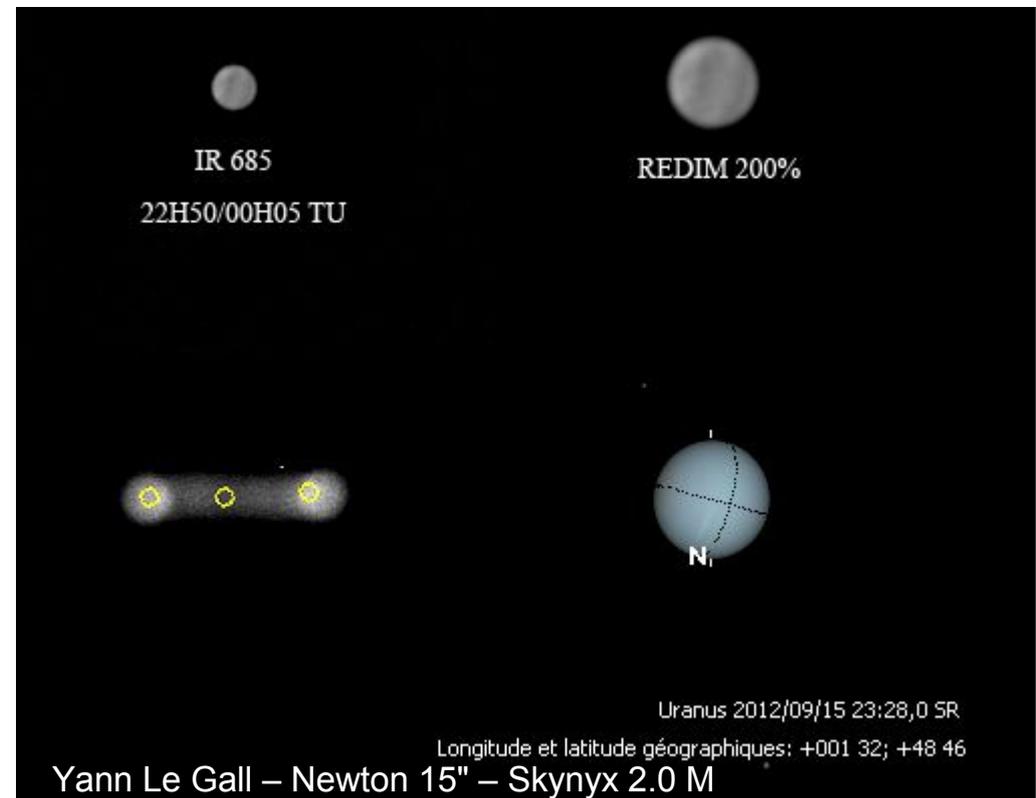
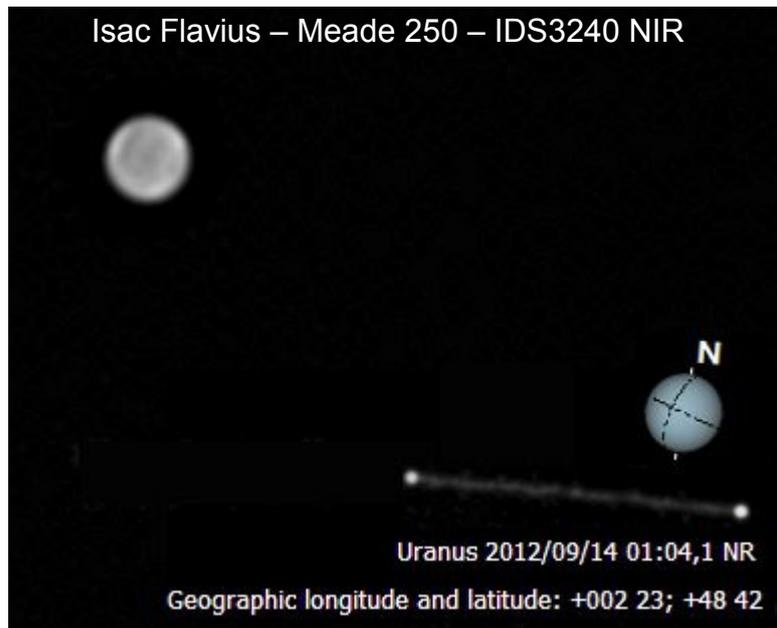
- Nuages et spots très difficiles. Choisir IR à partir de 685 nm pour maximiser le contraste.
- Précaution contre les artefacts : enregistrer deux séries d'images avec rotation caméra.
- Faire des poses cumulées très longues : 10 à 15 mn.



# Uranus

→ 2012 : l'année Uranus ... première image montrant les bandes avec un T250 mm : Isac Flavius

→ IR 685 nm



→ Et les bientôt les anneaux ????



---

Et la lune ...



# La lune ... une question de hauteur

## Hauteur et turbulence :

- La turbulence est minimale quand la lune est la plus haute dans le ciel.
- Passer de 20 à 70° de hauteur réduit le  $r_o$  d'un facteur 1.8 !
- Travailler proche du méridien et à déclinaison haute ( $\delta > 20^\circ$ ).
- Hauteur au méridien comprise entre 70° et 20° selon la déclinaison de la lune (pour latitude 45°):

## Conclusions :

- Observation Premier Quartier : fin hiver / printemps
- Observation Dernier Quartier : été / automne
- Selon le niveau de turbulence, utiliser filtre R, V ou B



# La lune ... une question de vitesse

## Vitesse lunaire en alpha :

→ 0.5 secondes d'arc / seconde (par rapport à la vitesse sidérale)

→ lors d'une acquisition de 5 mn de durée, la lune se déplace de  $0.5 \times 300 = 150$  secondes d'arc,

→ capteur typique 640 x 480 pixel. Avec échantillonnage 0.15 arc/pixel => champ : 96 arcsec x 72 arcsec

=> la vitesse lunaire en alpha est indispensable.

## Vitesse lunaire en delta :

→ entre  $\pm 0.25$  arcsec / seconde

→ dépend de la déclinaison de la lune, vitesse nulle quand la lune est à déclinaison max ou min.

=> vitesse en delta pas indispensable car en général on travaille à déclinaison max pour minimiser turbu.

## Vitesse de rattrapage lente en alpha et delta (X1 sidéral ou moins) :

→ bien pratique pour garder la lune centrée pendant les acquisitions

## Orientation capteur :

→ N – S – E – O préférable pour faciliter les mosaïques.



---

## Compléments sur l'acquisition des images ...



# Réglages de l'instrument

## Un C14 optimisé pour planétaire...



### Collimation :

- Plus facile à faire avec filtre R, devient plus précis avec V et B.
- Peut varier avec la hauteur de l'astre, donc à vérifier régulièrement **et avec l'ADC**
- Blocage miroir du primaire

### Mise en température :

- Deux ventilateurs pour mise en température miroir avec mesure T miroir et T extérieur.

### Montage foyer :

- Lentille de Barlow.
- Correcteur de dispersion atmosphérique.
- Roue à filtres motorisée (Ascom).
- Focuser Monlite avec moteur pas à pas.
- Position du foyer piloté par logiciel en fonction du filtre.
- Basler 640 ICX618 (640 x 480 pixels)



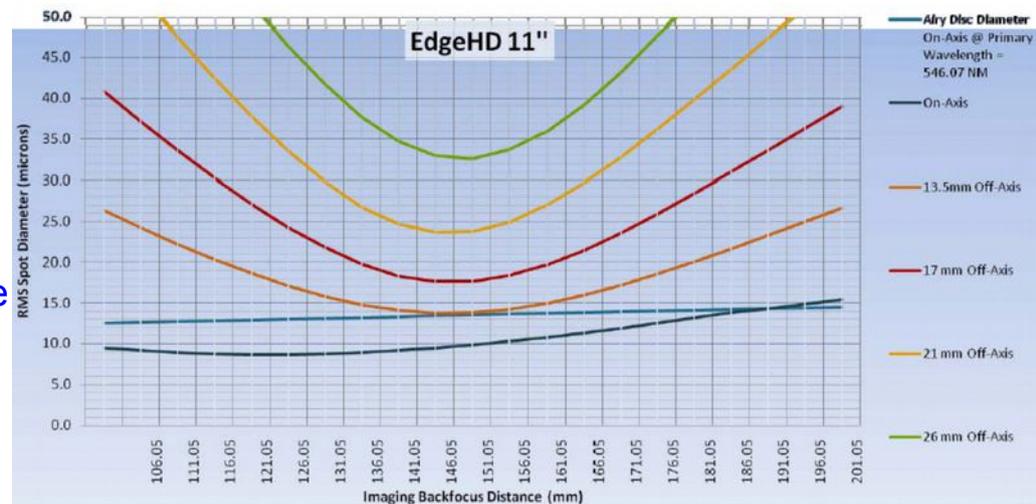
# La mise au point

## Intérêt d'un focuser motorisé :

- Réduction vibrations, et sur les Schmidt Cassegrain réduit shifting (avec Crayford) :
- Permet surtout d'affiner la mise au point en cours d'acquisition, en profitant des améliorations du seeing.
- Doit être équipé d'une indication sur la position (moteur pas à pas, etc) afin de pouvoir comparer plusieurs positions de mise au point (travailler par encadrements successifs de la zone de netteté max).
- Préférable de travailler en coulant 2 pouces : rigidité (et éventuellement moins de reflet sur la lune).

## Backfocus :

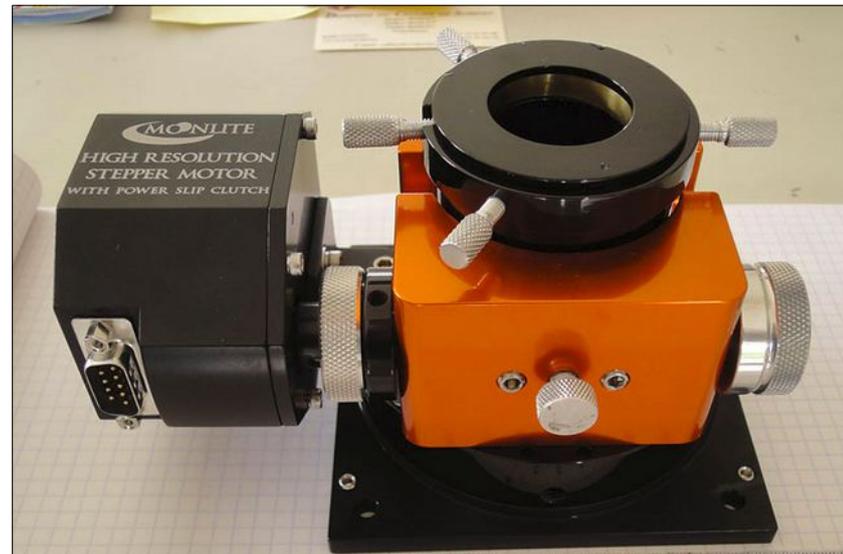
- Le focuser augmente le backfocus, ce qui peut être plus ou moins gênant pour certaines formules optiques.
- Celestron EdgeHD
- Schmidt - Cassegrain : décale AS minimale vers rouge



# Méthode de mise au point

Avantage d'un système gradué : moteur pas à pas ou comparateur à cadran :

- Mise au point à l'écran sur la planète (visualisation de la variation de contraste des détails), en général plus précis que sur étoile (variation d'intensité max ou de largeur).
- Réglage par encadrement successif de la zone de netteté.
- Mise au point varie en fonction de l'évolution de la température au cours de la nuit.
- Mise au point à affiner régulièrement en cours d'acquisition (profiter des trous de turbulence).



# Tolérance sur la mise au point

Pour un aberration maximale de defocus de  $\pm \lambda / 4$  au foyer, la tolérance de mise au point est :

$$\pm \delta f = \pm 2 \lambda (F/D)^2$$

Tolérance d'autant plus faible que :

- rapport F/D est faible,
- longueur d'onde courte.

	450	550	650
F/D	Bleu	Vert	Rouge
2	4	4	5
4	14	18	21
5	23	28	33
6	32	40	47
7	44	54	64
8	58	70	83
10	90	110	130
11	109	133	157

Valeurs en microns

F/ D à considérer = F / D de l'élément mobile :  
donc F/D 2 si map par miroir primaire



# Durée d'acquisition max ?

Si pas de correction informatique de la rotation de la planète :

La durée max compatible avec bouger égal au pouvoir séparateur au méridien de la planète est égale à :

$$\text{durée max}_{(\text{minutes})} = (\text{durée rotation}_{(\text{min})} / 3.14) \times (12 / \text{diamètre instrument}_{(\text{cm})}) / \text{diamètre planète}_{(")}$$

→ Fixe la durée max pour une couleur unique (ex : IR) et aussi la durée max pour l'ensemble des trois couleurs en RVB (ou LRVB).

→ Mais Autostakkert permet de dépasser cette limite (morphing)

→ Et surtout WinJupos a complètement changé la donne en permettant :

- d'assembler RVB en prenant en compte la rotation (mais manque limbe..),
- d'assembler aussi chaque canal : RRR VVV BBB en corrigeant la rotation,
- de faire de la dé-rotation sur les images individuelles d'un film,
- tout en restant "raisonnable" (perte d'info sur limbe).

→ Malgré tout ... fort intérêt d'une roue à filtres motorisée pour Jupiter.



# Quel rapport F/D ?

Échantillonnage (ou échelle des images sur le capteur) : nombre de secondes d'arc par pixel

Échantillonnage = arctg (taille pixel / focale résultante)

$$E_{\text{(secondes d'arc)}} = 206 \times P_{\text{(microns)}} / \text{focale résultant}_{\text{(mm)}}$$

Quel échantillonnage pour quelle résolution ?

- Théorème de Shannon : échantillonnage doit être > à 2 X le pouvoir séparateur.
- En fait plus compliqué que cela, l'échantillonnage optimal dépend aussi du contraste de l'objet : on a intérêt à suréchantillonner sur les objets peu contrastés (granulation solaire, Mars), sur la Lune les détails sont très contrastés.
- Pour un rapport F/D donné, le temps de pose dépend de l'inverse du carré l'échantillonnage.
- L'expérience montre que le bon échantillonnage pour la lune est d'environ X3 le pouvoir séparateur.
- Exemple C14 : 0.12" / pixel, soit 3.3 X le pouvoir séparateur dans le rouge.



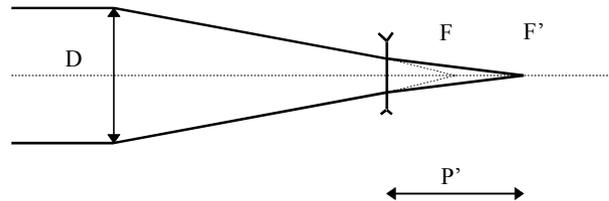
# Comment faire varier le rapport F/D ?

## Solution 1 : Barlow + tirage :

→  $G = T / f + 1$

→ meilleure solution

→ utilisation des Barlow 2" pour réduire reflets (Lune ou soleil) et augmenter rigidité mécanique.



## Solution 2 : oculaire + tirage

→  $G = T / f - 1$

→ l'oculaire travaille mal si  $G < 5$ , car conçu pour donner des images à l'infini, et non à 10 cm

## NB : légère augmentation de la focale (pour SC) par augmentation du backfocus

→ C8 : passe de F/10 à F/13 en ajoutant 20 cm de tirage au foyer.



# Un peu de mécanique ...

## Attention aux jeux et aux flexions :

...



- Éviter les PO à anneaux de serrage et les coulants à gorge rainurée.
- Préférable de tout avoir en 2 pouces pour meilleure rigidité (et diminuer les reflets).
- Les montages visant (42 x 0.75 mm) sont préférables au montage par serrage par vis ou anneau.
- Préférer PO avec serrage par 2 vis à 120° plutôt qu'une seule (meilleur positionnement de l'axe).
- Si possible : faire fabriquer par un mécanicien des coulants avec moins de jeu, ou enrouler épaisseur de scotch.

## Attention aussi aux reflets (Lune et soleil) :

- Selon le cas, Venilia noire dans les tubes, l'ADC et aussi le coulant et la chambre de la caméra



# Les réglages de la caméra ...

- On fixe d'abord le temps de pose = (10 ms), 25 à 40 ms, (50 ms)
- On en déduit le gain pour remplir l'histogramme à :
  - 80% (max 200 - 220), dans le cas général,
  - 30- 40 %, si pas beaucoup de lumière (canal B ou Uranus)
- Gamma = 1
- Black ou offset : le fond du ciel doit être  $> 0$  (autour de 5)
- 8 ou 12 bits :
  - l'expérience montre que 8 bits suffisent (car gain utilisé en général assez fort),
  - réserver 12 bits à des cas très cas particuliers (utilisation gain très faible)
- Fichier AVI ou SER
- Durée acquisition : acquérir le plus grand nombre d'images possible

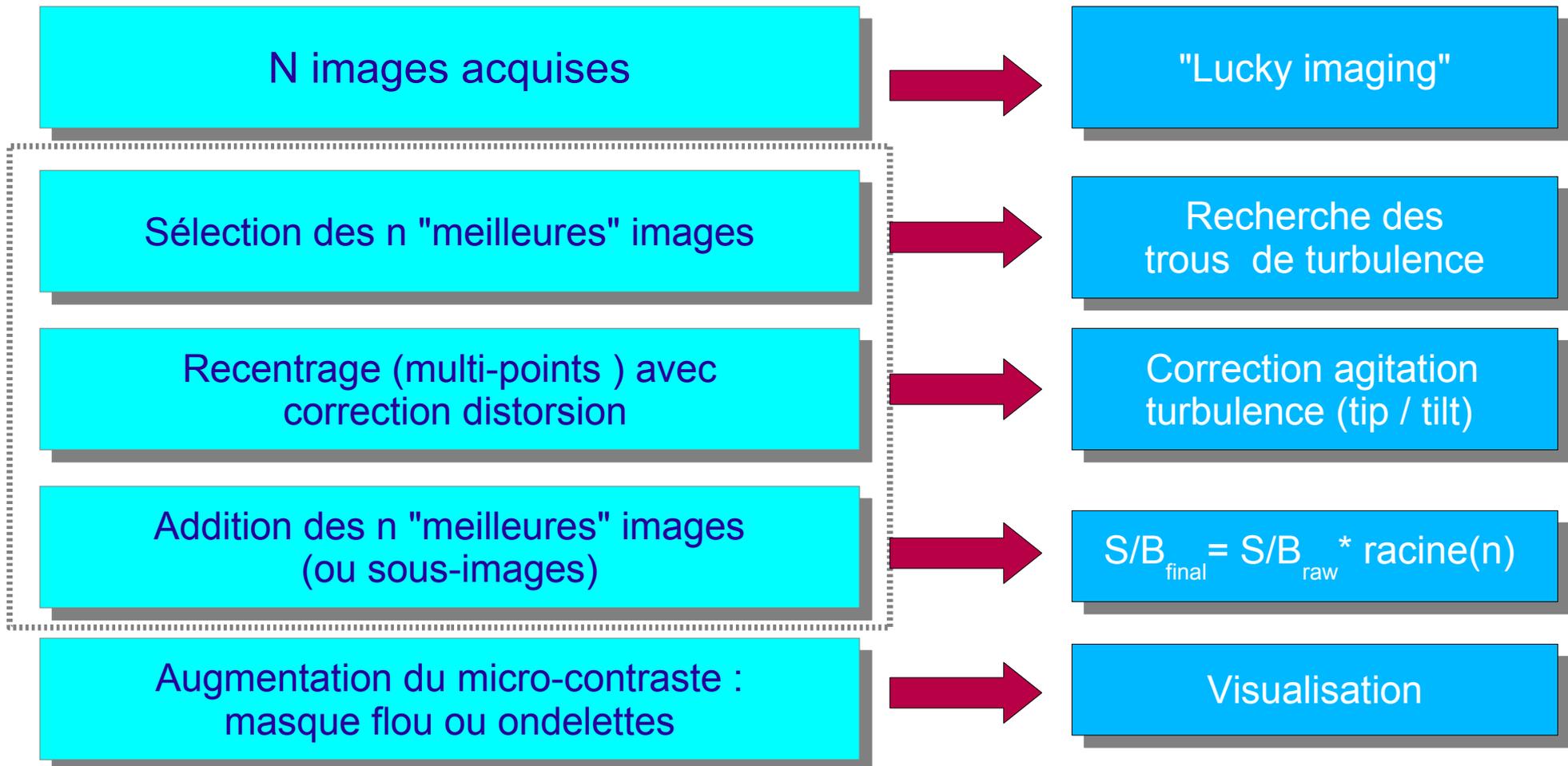


---

## Traitement de base en imagerie HR ...



# Traitement de base en imagerie HR



# Traitement de base

## Trois logiciels sensiblement équivalents:

- Autostakkert (moins de réglages et moins sujet aux artefacts), Registax, Avistack
- Mode batch : permet lancer traitements en série (et éventuellement comparer résultats différents logiciels)

## Nombre d'images à additionner :

- Selon le niveau de turbulence : 40 à 60 % de la série acquise, mais peut descendre à 10 – 20% pour les acquisitions non limitées par la durée (Lune, Mercure, Venus).
- Intérêt de Autostakkert qui propose 4 tailles différentes de pile, ce qui permet ensuite de choisir le meilleur résultat.

## Et WinJupos pour correction de la rotation pour RVB ou CH4



---

Merci de votre attention

Des questions ?

