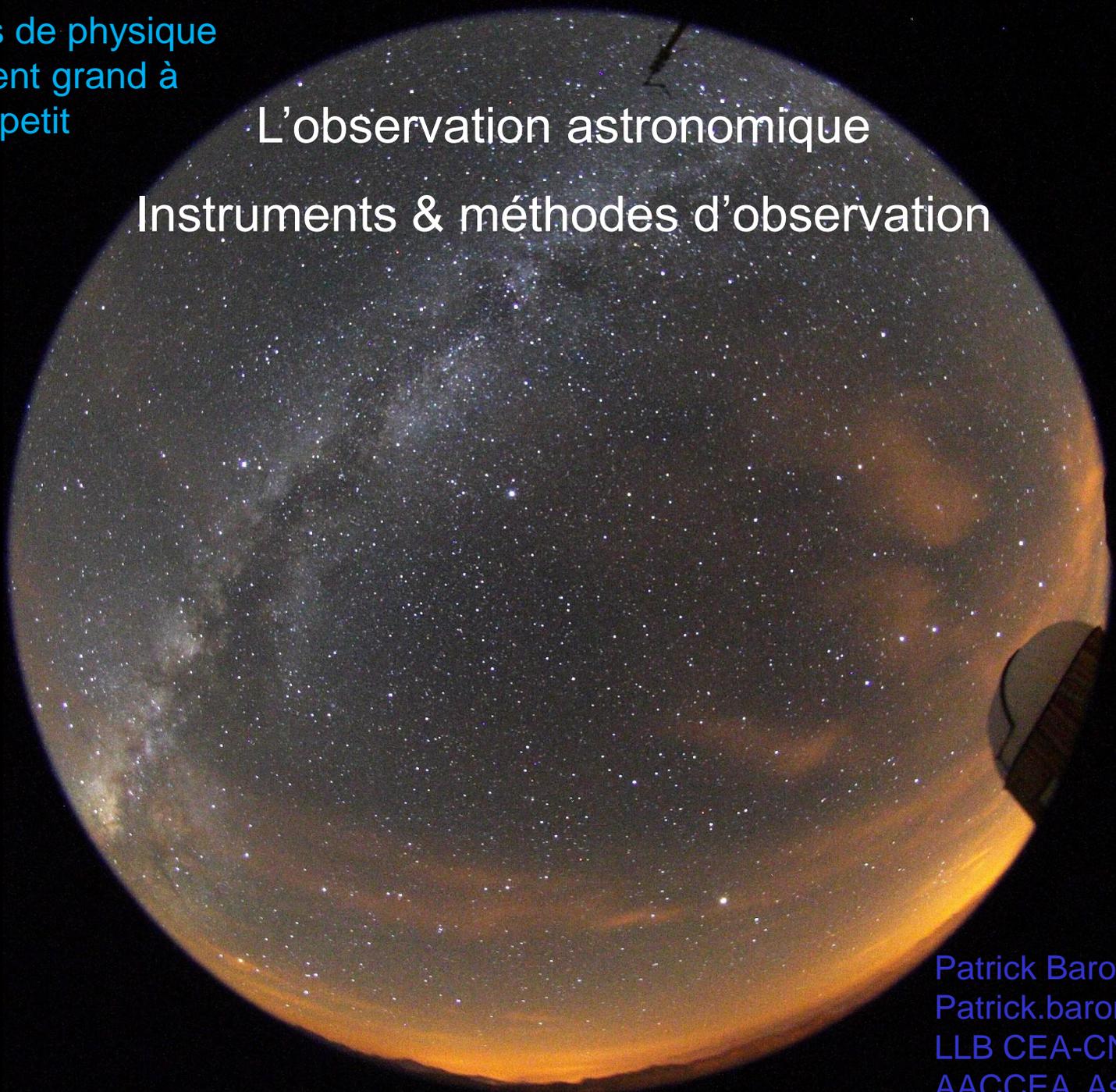


Rencontres de physique
de l'infiniment grand à
l'infiniment petit

L'observation astronomique

Instruments & méthodes d'observation



Patrick Baroni
Patrick.baroni@cea.fr
LLB CEA-CNRS Saclay
AACCEA Astronomie

A l'œil nu dans l'hémisphère Nord,
dans un ciel particulièrement sombre,
de nombreux objets sont observables:

Les bras de la voie lactée,
la galaxie M31 (Andromède) 3 amas ouverts: les
pléiades (Taureau),
la chèche (Cancer)
et trois nébuleuses North America (Cygne),
M42 (Orion) et M8 (Sagittaire)

La magnitude apparente limite de l'œil est de 6

la magnitude apparente est une échelle logarithmique inverse
dans laquelle la magnitude augmente d'une unité lorsque
l'irradiance est divisé par $\approx 2,51$. Elle est aussi ce que l'on estime
à travers des observations.

Objects	Magnitude apparente
Lune	-12
Saturne	-0.7
Véga	0
M31	3.5
M42 & North America	4
M27	7.5

APN mode RAW 6 poses de 180s (Cygne)



Orion et sa nébuleuse 60s pose

Dans un instrument,

Jumelles

Lunettes et télescopes



Objets accessibles aux
jumelles (magnitude limite,
fonction \varnothing Jumelles -
60mm Mg. 10)

Nébuleuse planétaire de
la flèche (M27)



Et autres amas
nébuleuses et galaxies



Double amas de Persée



La lunette astronomique:
inventeur Galilée 1610

Existe 2 types principaux:

La lunette a un rapport F/D (focal/diamètre) de 10, elle est principalement destinée à l'observation planétaire, elle est constituée d'un doublet ou d'un triplet achromatique(ou plus Leica Zeiss...).

Pour le ciel profond, et ce depuis moins d'une génération, il a été développé des lunettes avec des rapports beaucoup plus faibles, de l'ordre de 5, elle est chez certains constructeurs, apochromatique.

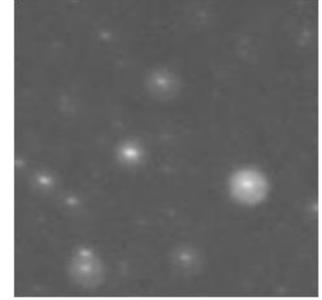
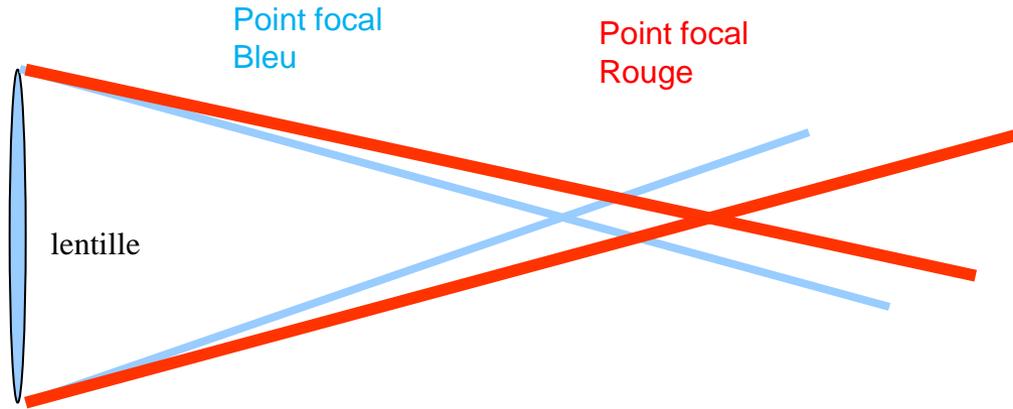
La magnitude limite dépend de son diamètre. Une petite lunette de 60mm de diamètre a une magnitude limite de 10.



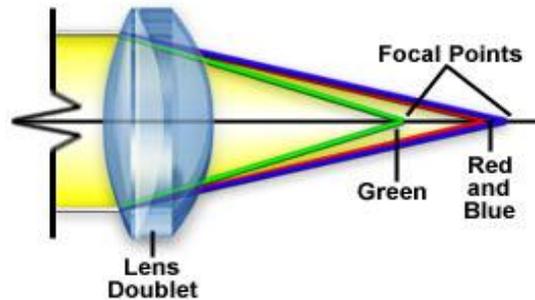
Principes:

Point de focalisation est fonction de la longueur d'onde (couleur) et de l'optique:

Source infinie



Pour les objectifs photo et lunettes:
Doublet ou triplet



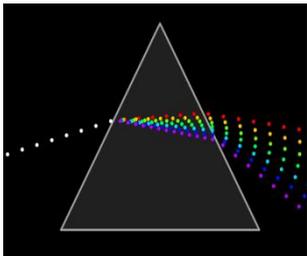
Pour les Télescopes :

La profondeur de champs entre en ligne de compte, diaphragmer et/ou utiliser un correcteur :

$$T = 8 \cdot (F/D)^2 \cdot \lambda \cdot \Delta\lambda$$

T: tolérance de positionnement.

L'indice de réfraction (coma et aberration chromatique - Apochromatique):

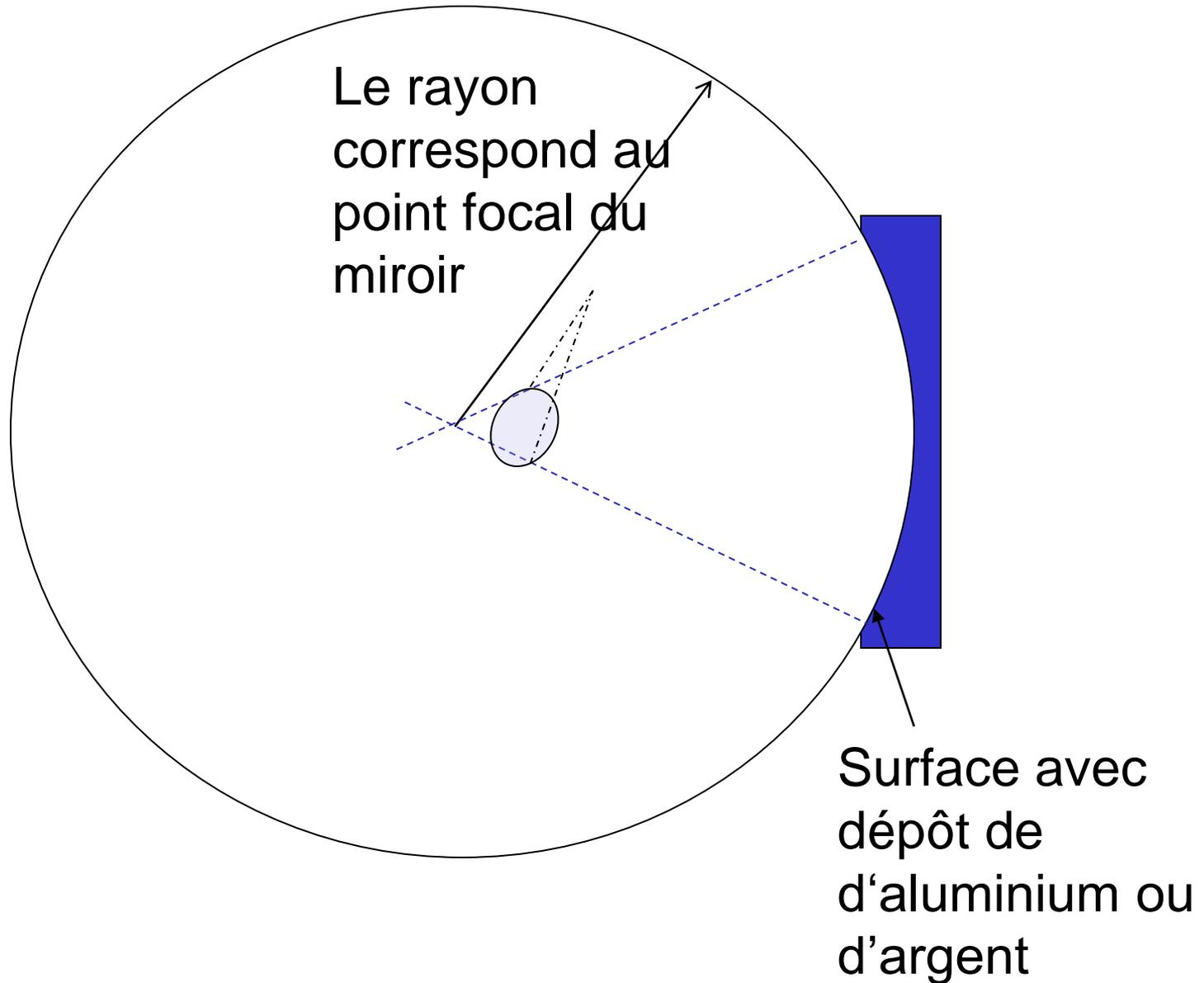


Le choix de certains constructeurs est d'utiliser des matériaux à faible indice de réfraction (tels que fluorite, BK7).

Le choix logique est de coupler un indice fort de réfraction: un verre type F2 pour le bleu, et un verre d'indice faible type BK 7 pour le rouge.

BK7 borosilicate 7%, F2 (flint léger-composé à base oxyde plomb et potassium)

Le télescope:



Le télescope

C'est l'un des instruments optiques les plus répandus chez les professionnels, comme les amateurs

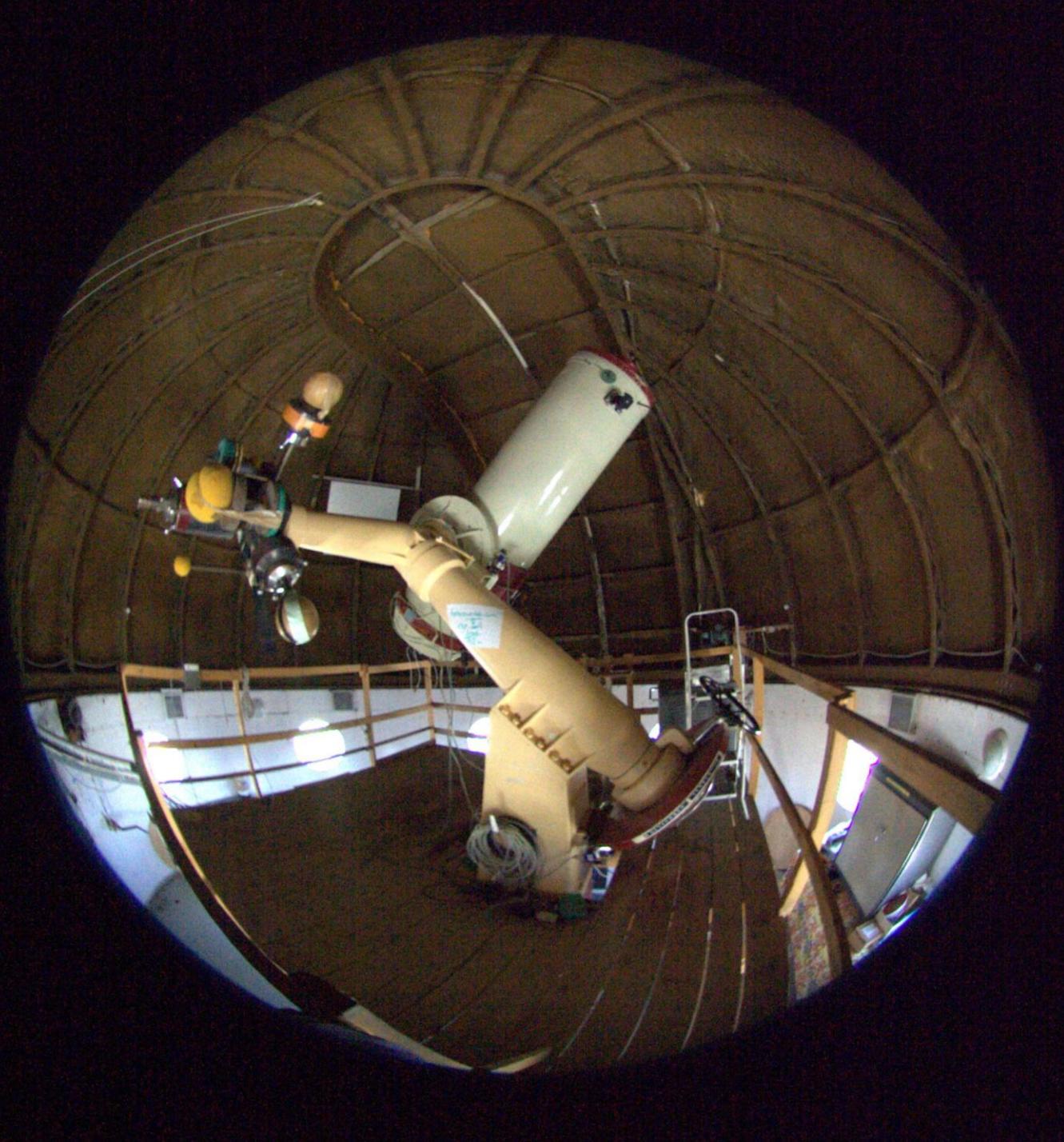
Il peut capter beaucoup de lumière et peut être ouvert jusqu'à 5. La coma peut alors apparaître sur les bords des zones observables.

Un télescope d'un diamètre de 25cm a une magnitude limite de 15.

L'un des inventeurs est I. Newton, le miroir était en bronze.

Il existe de nombreux types de télescopes:

- Newton
- Cassegrain (miroir percé)
- Un assemblage d'une lunette et d'un de ces télescopes(catadioptrique).
- Schmidt -Cassegrain
- Maksutov-Cassegrain
- Ritchey-Chrétien



Support technique à l'observateur:

- La lumière visible,
- Performance des instruments,
- La technologie des CCD et CMOS,
- Suivi horaire,
- Filtre solaire interférentiel,
- Pollution lumineuse,
- Comète à venir!



1) La lumière visible perçue par l'œil humain

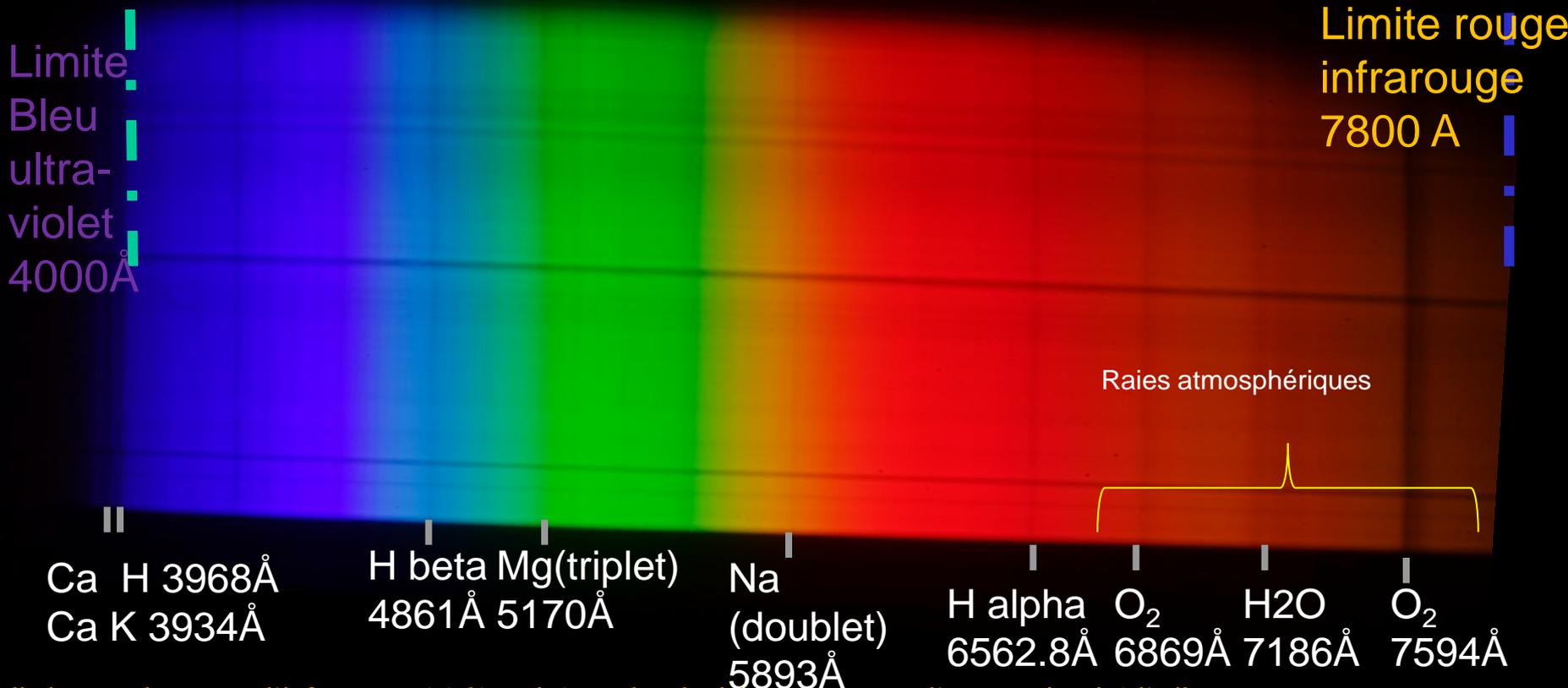
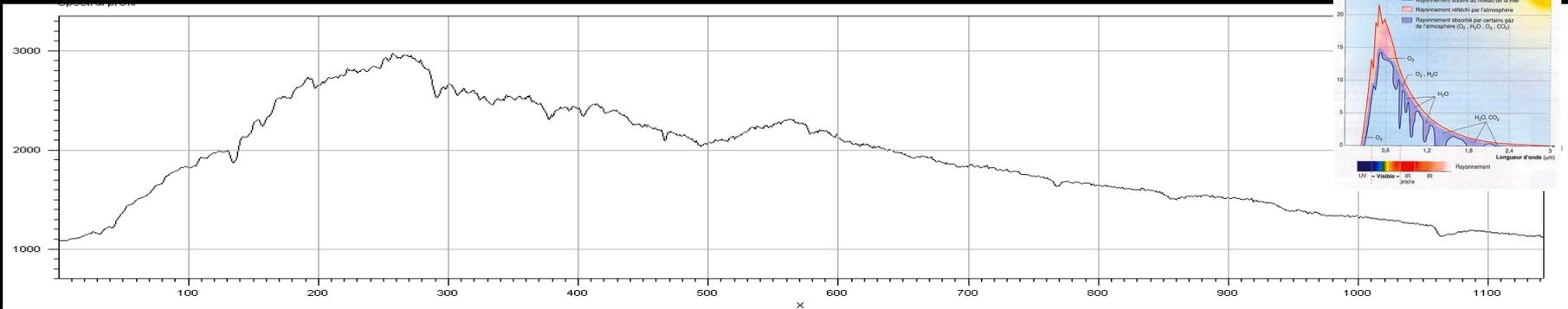


Ultraviolet

Infrarouge

Spectre solaire 350 D Canon défiltré et réseau de 100 traits /mm.

Ce que l'on voit à l'œil:



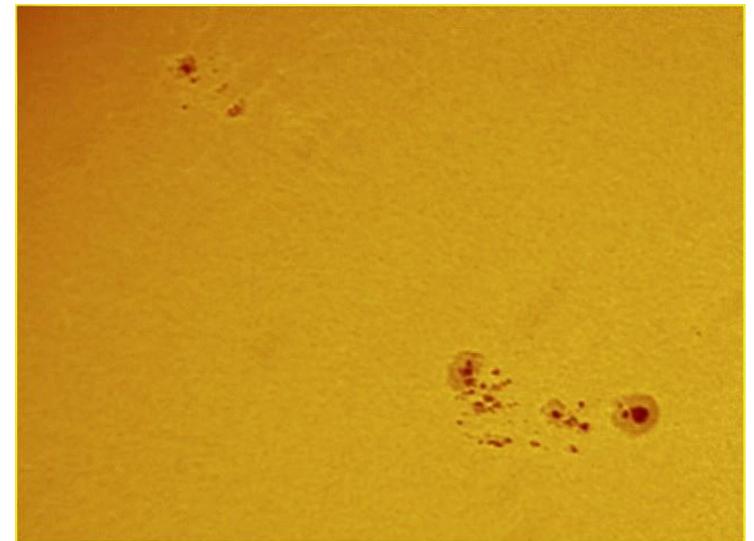
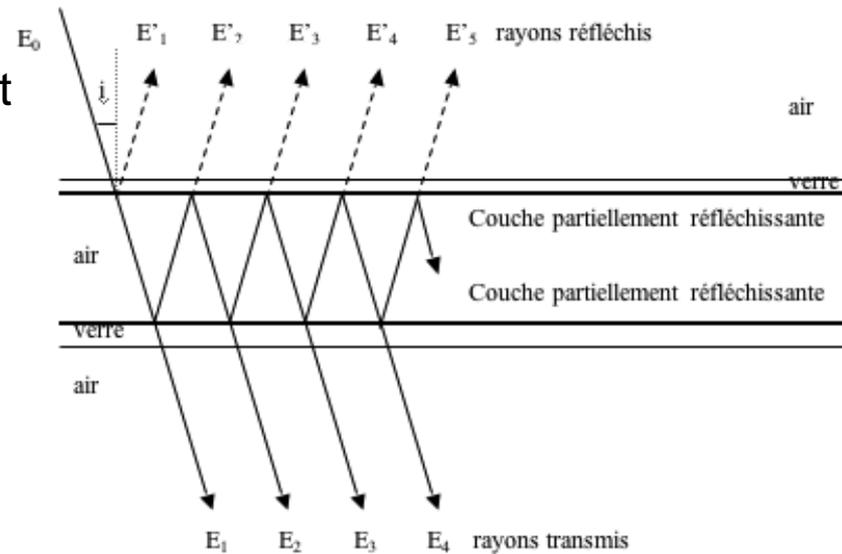
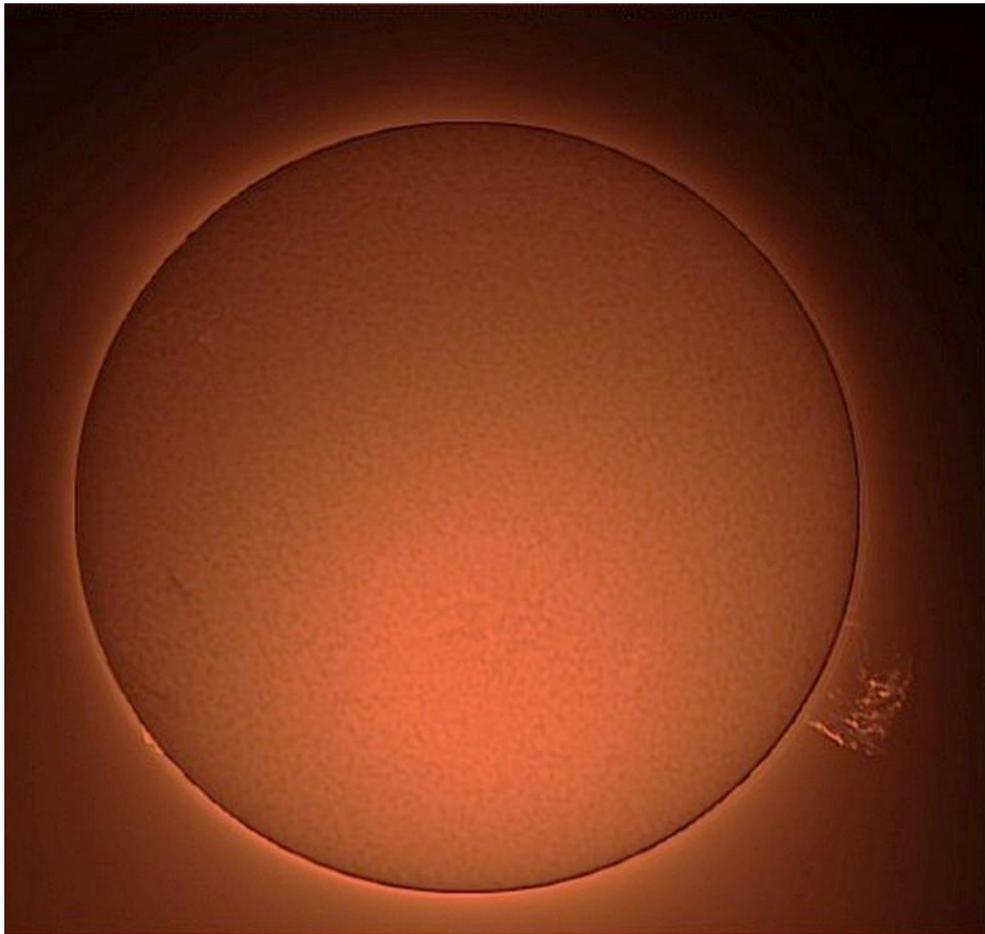
La limite entre le rouge et l'infrarouge a été déterminée par les physiciens entre ce que l'on pouvait voir à l'œil ou pas.

La limite entre le bleu et l'ultraviolet a été déterminée par les physiciens entre ce que l'on pouvait voir à l'œil ou pas.

Les Filtres solaires interférentiels:

Le Filtre de Fabry Perrot

Si les filtres classiques interférentiels peuvent descendre jusqu'à 3nm facilement, un filtre interférentiel Fabry Perrot atteint 0,05nm.



Filtre Thousand Oaks Optical, 0,09nm

Coronado PST 0,075nm

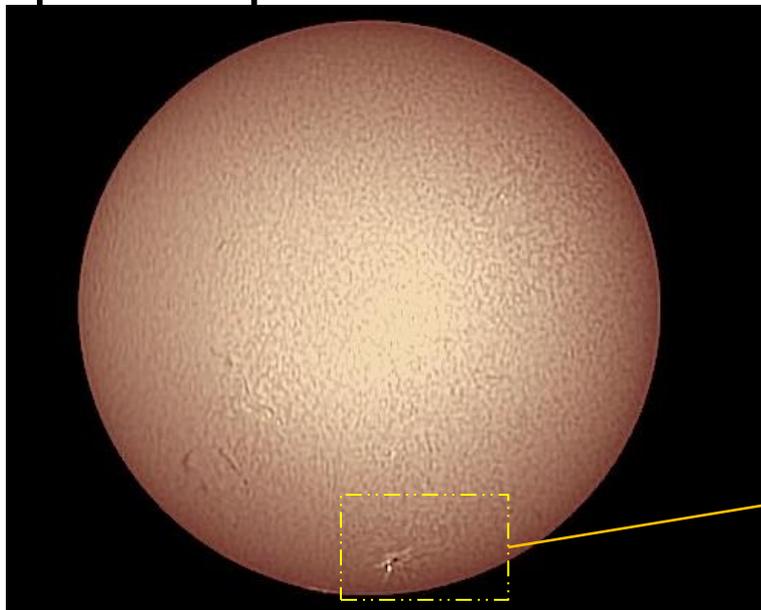
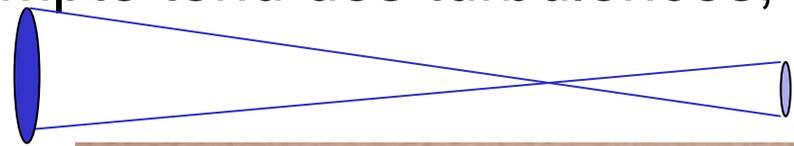


Les performances des instruments astronomiques

Le Grossissement:

C'est la focale de l'instrument divisée par la focale de l'oculaire.

Le grossissement est limité par le diamètre de l'instrument, elle est comprise entre 1,5 fois son diamètre en cm et 24 fois. En région parisienne et compte tenu des turbulences, on ne peut dépasser 600 fois.



Coronado 400mm de focale



LX90 2000 mm de focale

Le pouvoir séparateur:

Il s'exprime en seconde d'angle. Généralement pour estimer cette grandeur, on divise par 12 le diamètre de l'instrument exprimé en cm. L'optimisation nécessite d'être le plus proche possible du grossissement maximal.



Lunette 66mm de diamètre et
360mm de focale



Télescope 150mm de diamètre et 700mm de Focale

Le Champ:

Il dépend essentiellement de l'oculaire(ou taille du capteur de la caméra) et de son ouverture.

Exemple: pour un instrument de focale 120 mm, d'oculaire de 12mm de focale et couvrant un champs de 45 , le grossissement sera alors de 100, et la couverture du ciel sera de $45/100$ soit 0,450 soit 27'.

Il est d'autant plus faible que le grossissement est élevée.



Lunette: focale 380mm
oculaire 13mm champs 60



Télescope: focale 1200mm oculaire 13mm
champs 60

La Clarté:

Elle conditionne la magnitude limite observable. L'ouverture de la pupille est de 6mm.

Un instrument de diamètre de 60mm, sera 10 fois plus ouvert que l'œil. La magnitude limite passera de 6 à 10. Plus la clarté est grande plus on voit d'étoiles.



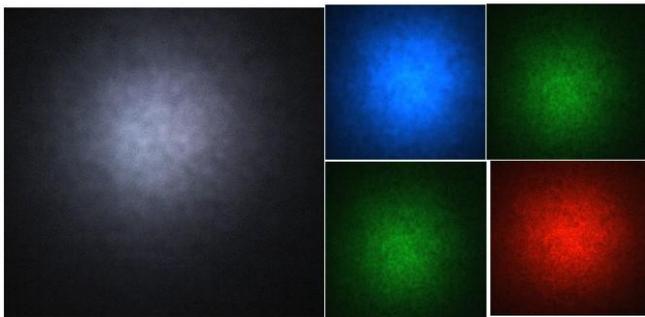
Lunette 66 mm d'ouverture



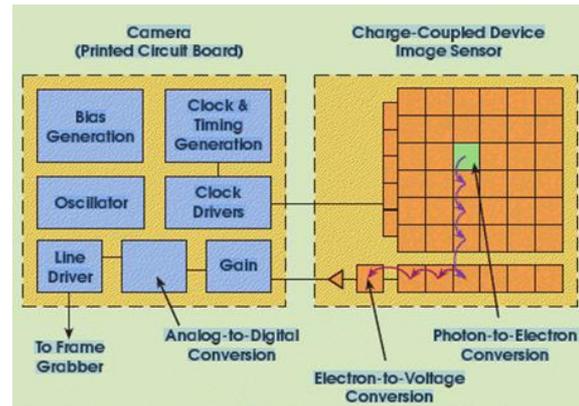
Cassegrain d'ouverture 220mm

Principales différences entre CCD et CMOS

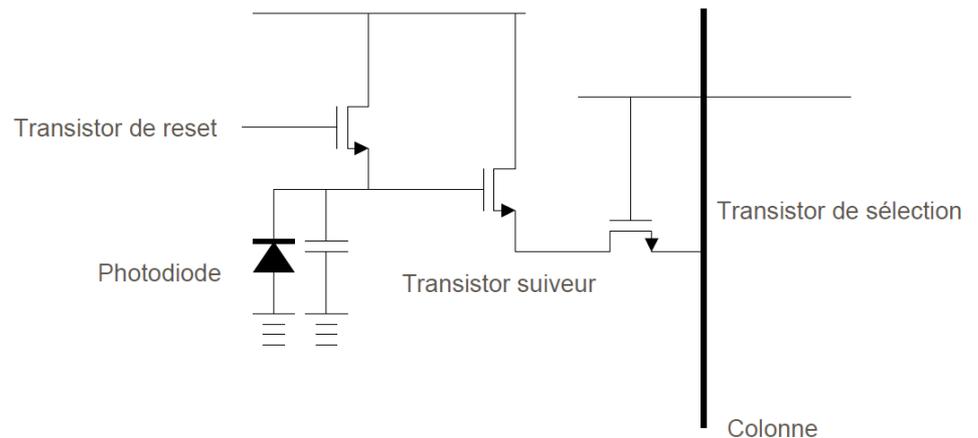
Matrice de Bayer:
1 pixel répartie en 4 photosites



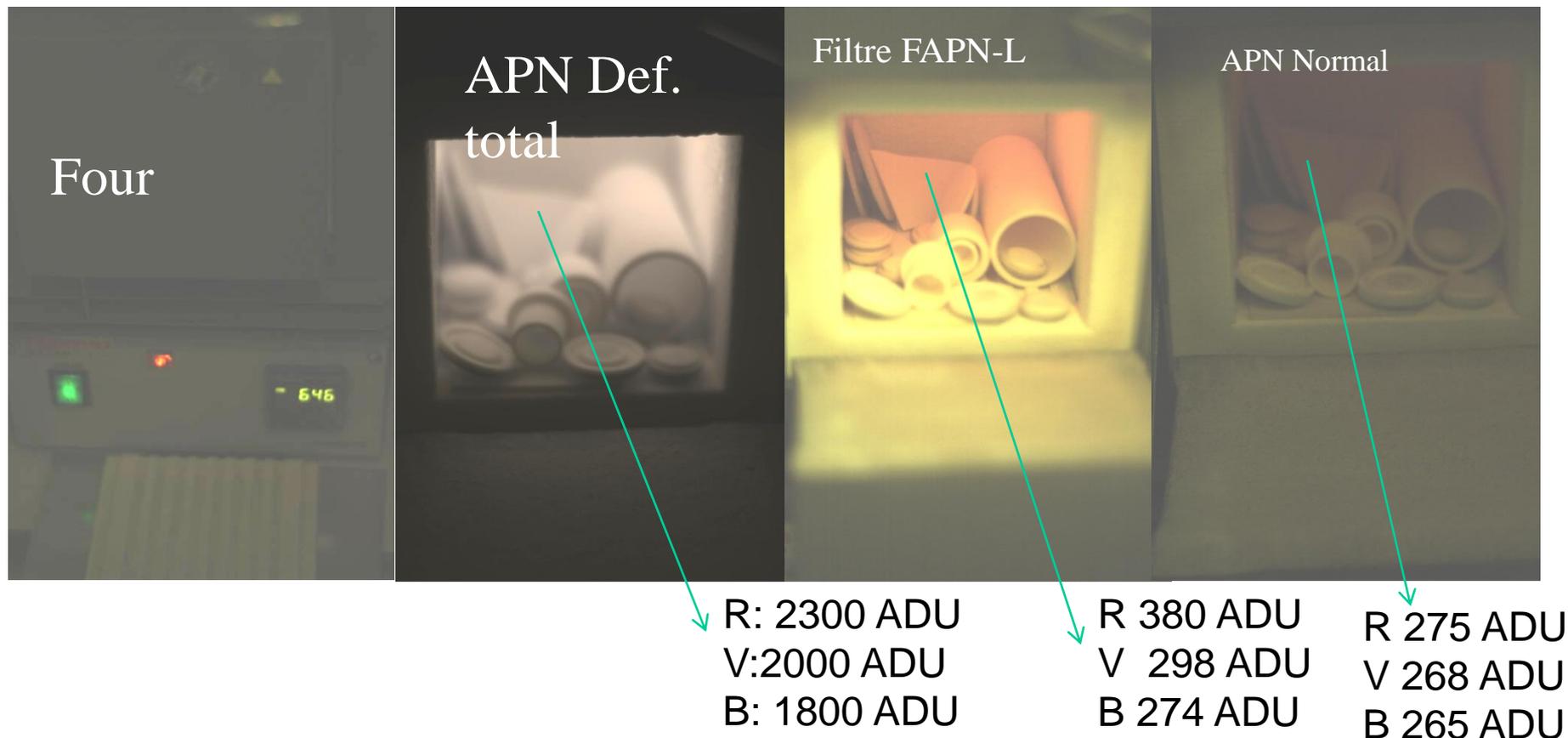
Le capteur CCD agit comme si s'était une seule et même photodiode



Le CMOS considère la pixel comme un seul détecteur ou photodiode



Mise en pratique sur un four à émaux, T= 650 C,
à cette température, le four est rouge vif!



Les 3(R,V,B) photosites des pixels de la matrice de Bayer sont sensibles à l'infrarouge. Aucun cliché n'a la couleur réelle, l'APN + filtre FAPN-L est le plus proche de la couleur vue par l'œil. (heureusement qu'en astronomie l'atmosphère absorbe les IR).

Mais pourquoi avoir coupé les longueurs d'ondes des APN de 430 à 660nm?

- La focalisation des objectifs classiques du commerce sur les CCD est plus problématique que sur les films gélatine (réglage autofocus); Le choix de l'objectif est essentiel.

- Au delà de certaines longueurs d'onde dans le rouge, la protection sur les photosites est perméable aux rayonnements IR. Les photosites sont alors sensibles aux IR.

La mise en station

1min pose F 28mm sans suivie

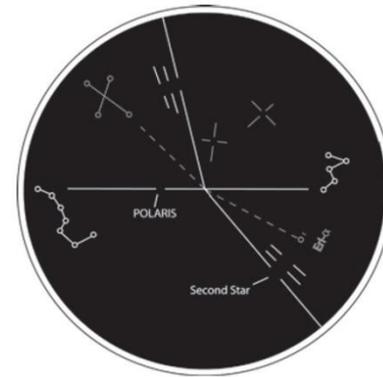


Table équatoriale:

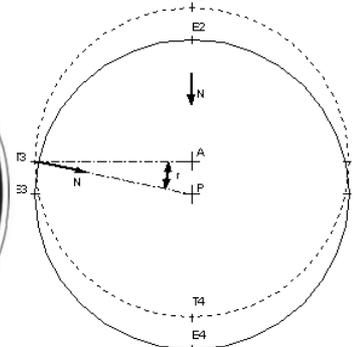
Elle est composée de 2 axes de rotation dont l'un est aligné sur le pôle Nord.



Le viseur polaire:

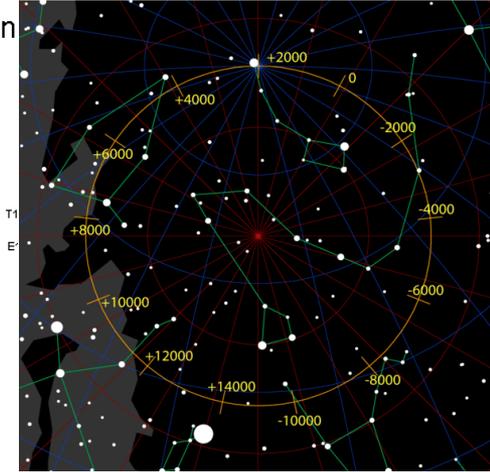


Erreur de mise en station



P = Pôle celeste Nord
A = Direction de l'axe horaire de l'instrument
N = Direction du Nord
r = Rotation du champ
Trait plein = trajet de l'étoile
Trait discontinu = trajet de l'instrument

Précession des astres Calendrier chrétien



L'erreur de mise en station entraine un défaut de suivie.

Différentes causes sont possibles:

Si l'alignement sur la polaire, indice de réfraction de l'air moyen entrainant une erreur de pointage.

Le Viseur polaire en rapport à son année de conception, elle progresse de 0,2 environ tous les 50 ans

Pour un télescope en poste fixe, si son diamètre est supérieur à 400mm, le réglage valable il y a quelques années n'est plus forcément adapté <- la dérive des continents qui entre en jeu. Pour 600mm, la correction de la monture est 1mm/mois dans le Sud de la France.

Propagation des rayons lumineux dans un milieu à indice variable: « l'atmosphère »

Quand on observe un astre et suivant sa position dans le ciel, il y a une différence importante ou les éphémérides situent l'objet et sa position réelle en un lieu donné.

Cette distorsion est due à la réfraction de l'atmosphère. Elle est nulle au zénith et environ de 1' à l'horizon. Les mauvaises conditions atmosphériques peuvent amplifier le phénomène (degré d'humidité élevée et température basse sont un des éléments importants).

H_0 hauteur observée

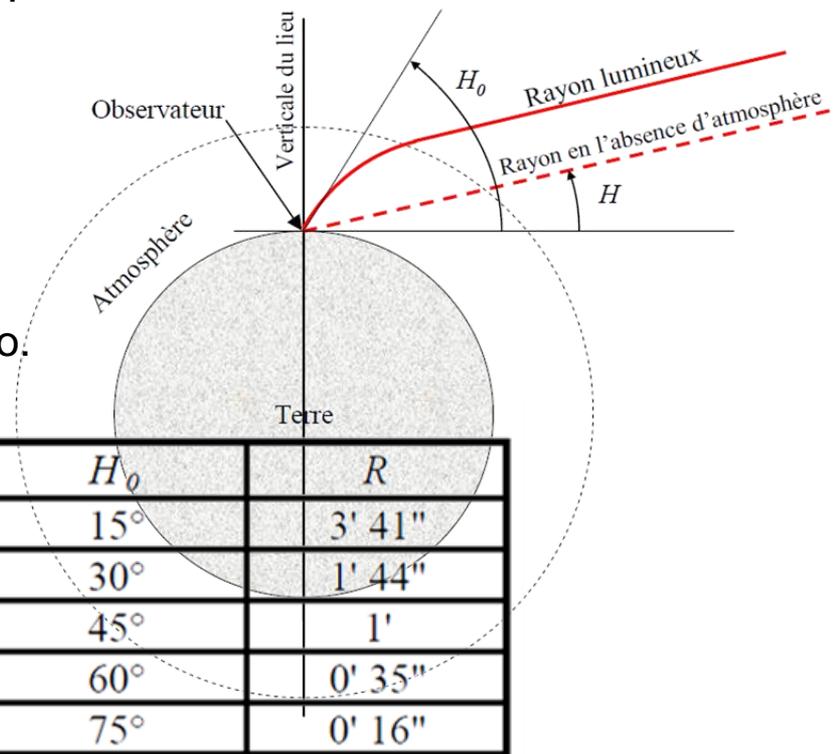
H hauteur réelle

R indice de réfraction

$R = H - H_0$

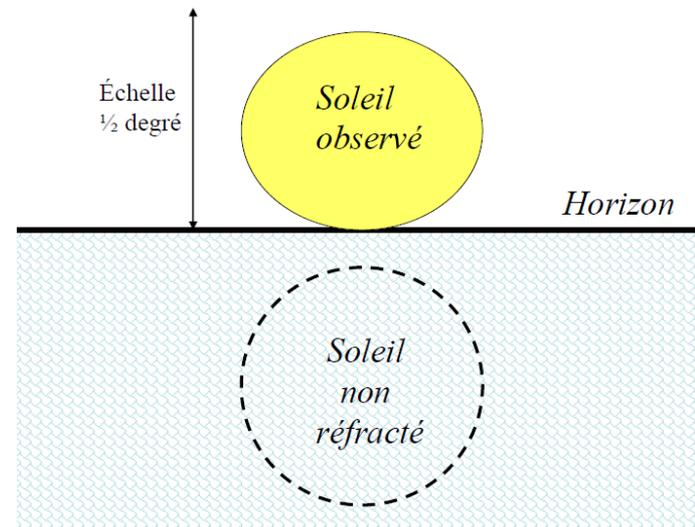
$Z_0 = 90 - H_0$

Ce tableau est indicatif et dépend des conditions météo.



H_0	R	H_0	R	H_0	R
(- 1° 00'	56' 28"	2°	19' 07"	15°	3' 41"
-0° 30'	45'	3°	14' 59"	30°	1' 44"
0°	36' 36"	5°	10' 14"	45°	1'
0° 30'	30' 21"	7°	7' 39"	60°	0' 35"
1°	25' 37"	10°	5' 30"	75°	0' 16"

Application de la réfraction atmosphérique au Soleil

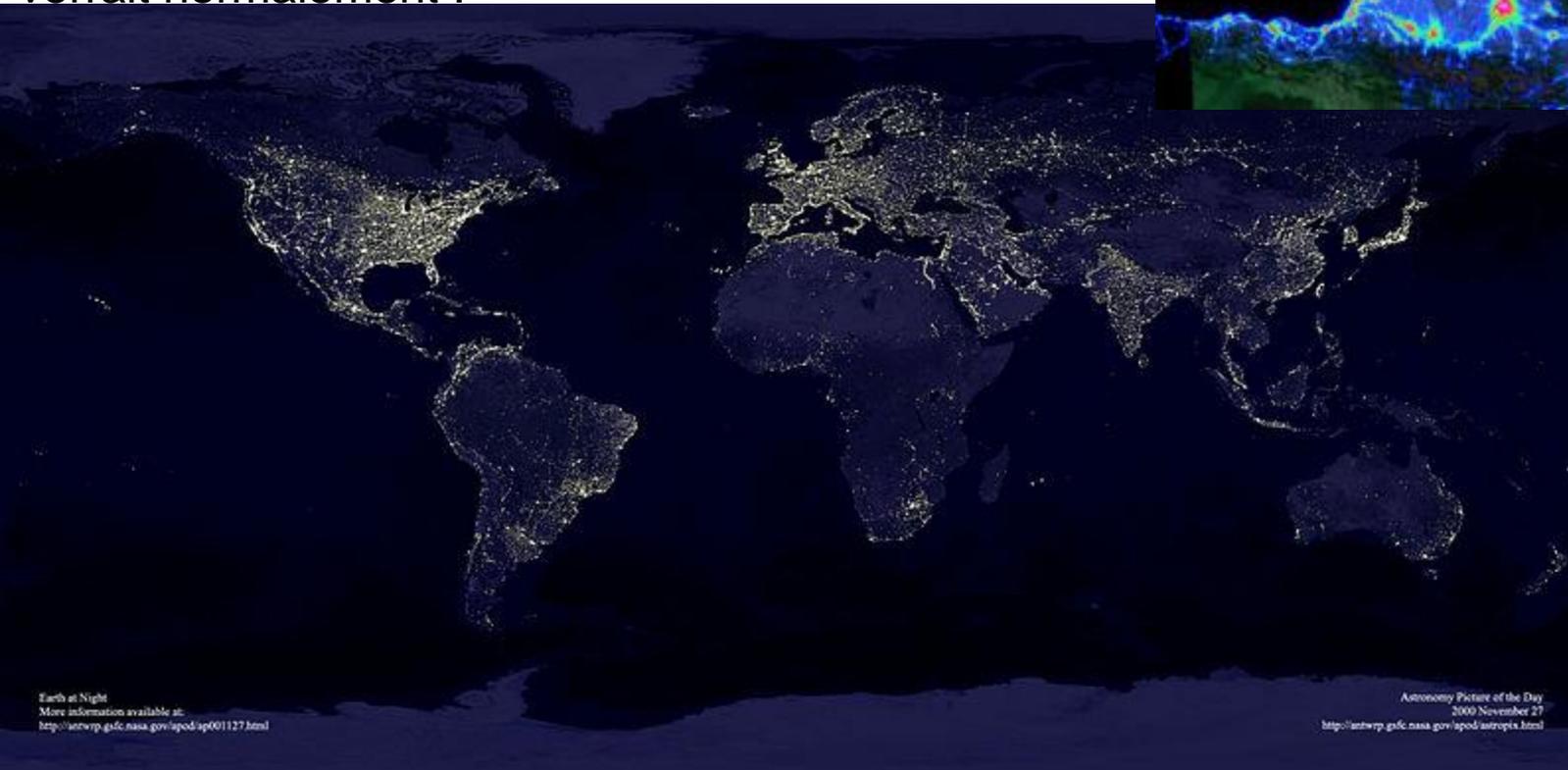
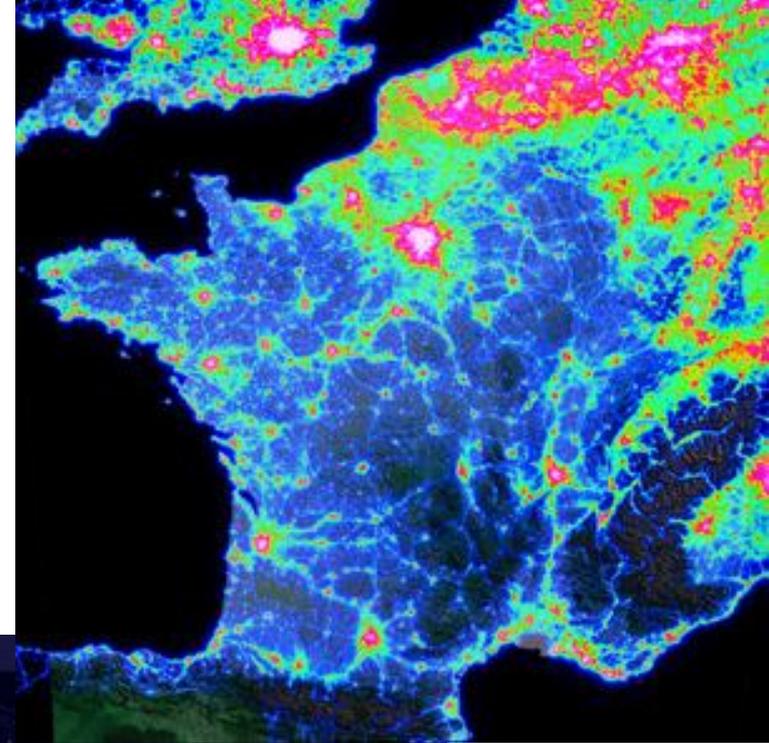


Carte des pollutions lumineuses:

En zone rouge la visibilité des étoiles par un observateur est limitée à une magnitude de 1 pour l'œil humain.

En zone Verte, elle est limitée à magnitude de 4 pour l'œil humain.

En zone noire, elle correspond à ce que l'on verrait normalement .





Enfin la collaboration amateur-pro

Objets Unités	Découverte Mag min	Suivi	Evenement	Métrieologie	Astrométrie arcsec	Photométrie Précision	Polarisation Taux de Polar	Spectroscopie P Résolution	Rés Tempore seconde	Point Focal France	Organisation I
Météores	-3		fragmentation	Orbite, Impact	1800				1	REFORME Karl Antier	IMO
Essaims d'étoiles filantes	2	Orbite	Sursaut	ZHR Radian	240				60	IMCCE J. Vaubaillon	UAI Com 22
Lune			transitoire	Occultation Rasante			0.1	10	0.1	ALPO, IOTA	
Planètes		Météorologie	tempête, Occultation						1	SAF commission des planètes	
Satellites de Planètes	21		Occultation	Phemu	0.1	0.1			1	Jean-Eudes Arlot, Bruno Sicard	IMCCE
Asteroides	19	Position CdR	Occultation		0.2	0.1		10	0.1	MPC, EAON, IOTA, Raoul Behrend	
Géocroiseurs AAA				Orbite, Impact							
Objets Trans Neptuniens	20			Occultation	0.2	0.2		10	1	MPC, Bruno Sicard	
Objets de la bande de Kuiper											
Comètes	14		Sursaut, Fragmentation		0.2	0.2		100	1	MPC, Commission des Comètes SAF	
Soleil Protu Taches			Eruption, Eclipse				0.05	1000	0.1	Observateurs Associés, S. Koutchmy	
Etoiles				Mouvement p	0.1	0.1		10	10000	CDS	D; Gray modél
Etoiles Variables	10	CdL				0.1			100	AFOEV, GEOS	AAVSO
Binaires a éclipses						0.1	0.1		1000	Site web BAA avec les binaires à observer	
Céphéides											
RR Lyr											
Etoiles Doubles	11				0.1	0.1		10	100000	Commission des Etoiles Dou	WDS USNO
Binaires Spectroscopiques								1000			
Etoiles Be, Eruptives			Sursaut			0.1		1000	10000	ARAS, Christian Buil	
Variabes Cataclismiques										Etienne Morelle	
Pulsars	10					0.1			0.01		
Planètes Extra Solaire		Vitesse radiale	transit			0.01		1000000	10	Greg Laughlin	
Satellites de Planètes Extra Solaire						0.01			10	Jean Schneider, David Kipping	SETI
Vie extraterrestre											
Novae	12					0.05			10000		
Super Novae Voie Lactée	0										
Remanents de SN					1		0.1	1000	100000		
Nébuleuses Planétaires								10000		Decouverte par imagerie spectrale	
Nébuleuses								1000			
Amas d'étoiles	9					0.01		10		Jose Peña Institut d'Astronomie Mexico	
Amas Globulaires											
Voie Lactée											
Galaxies		Classification								Galaxy zoo	
Amas de Galaxies											
Super Novae	15 - 21		Discontinuité			0.1		10	10000	IAU: CBAT, SNLS	
Gamma Ray Burst	18	contrepartie optique				0.1			10000	CESR, Alain Klotz	
Quasars	15		Sursaut			0.1		10	10000	Surveillance du Quasar Triple	
Autres Objets											
Cosmologie						0.1		10		Commission Cosmologie	

Code Couleurs Sujets Coll Amateurs-Pro Facile Exigeant Difficile Challenge

En France 2 observatoires Pro. pour amateurs en altitude!

AT60 du pic du Midi



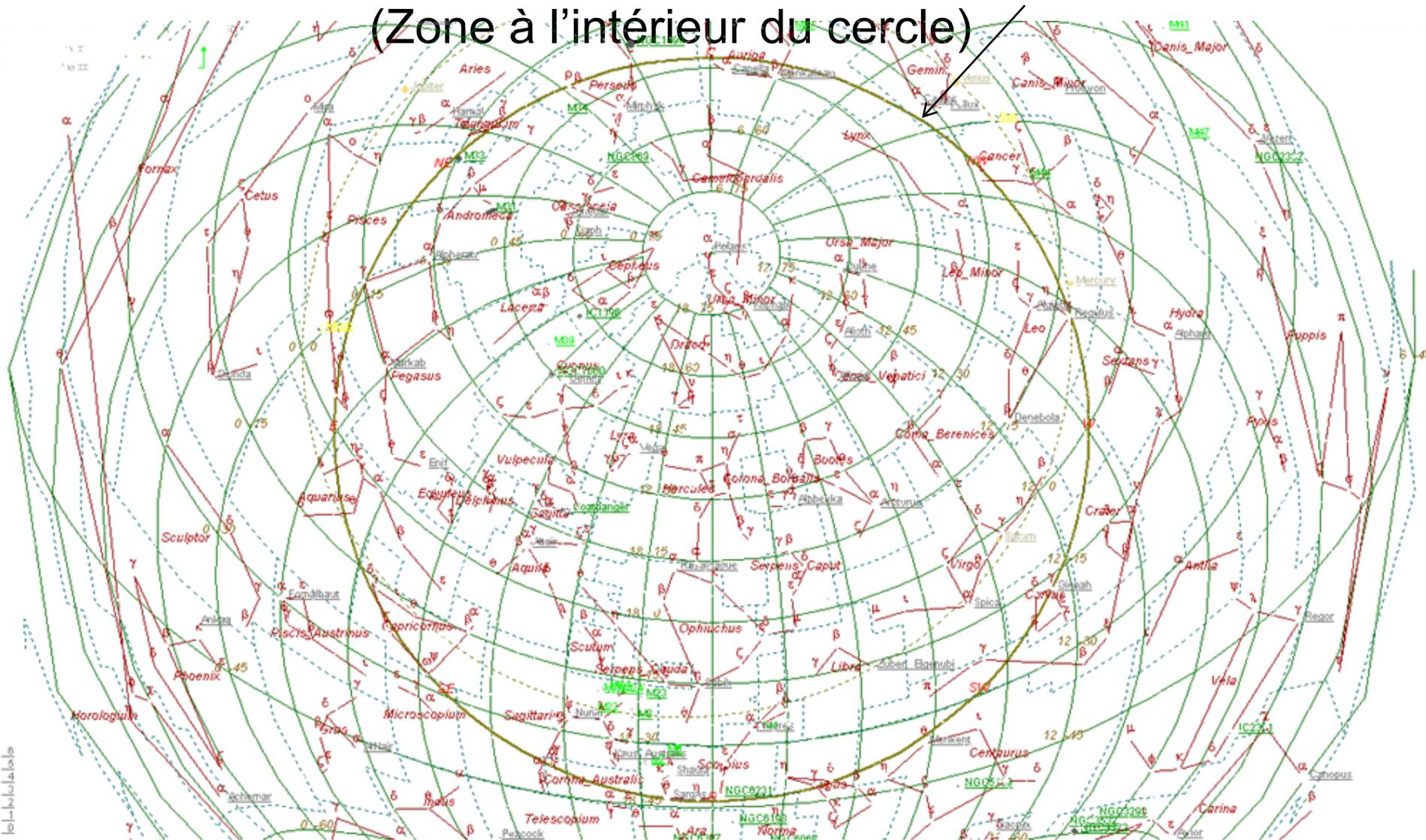
Astroqueyras
Le + Haut
d'Europe!



L'observation du ciel d'été

18 Juillet à 23h ⇔ le 18 Aout à 21h

(Zone à l'intérieur du cercle)



Nébuleuses du
Sagittaire, M8,
M20, M22...



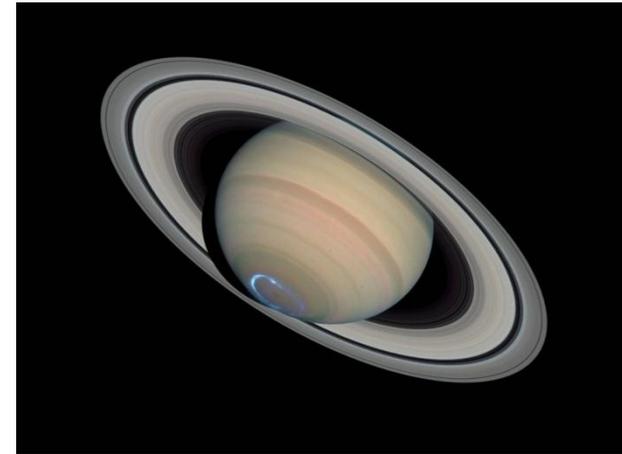
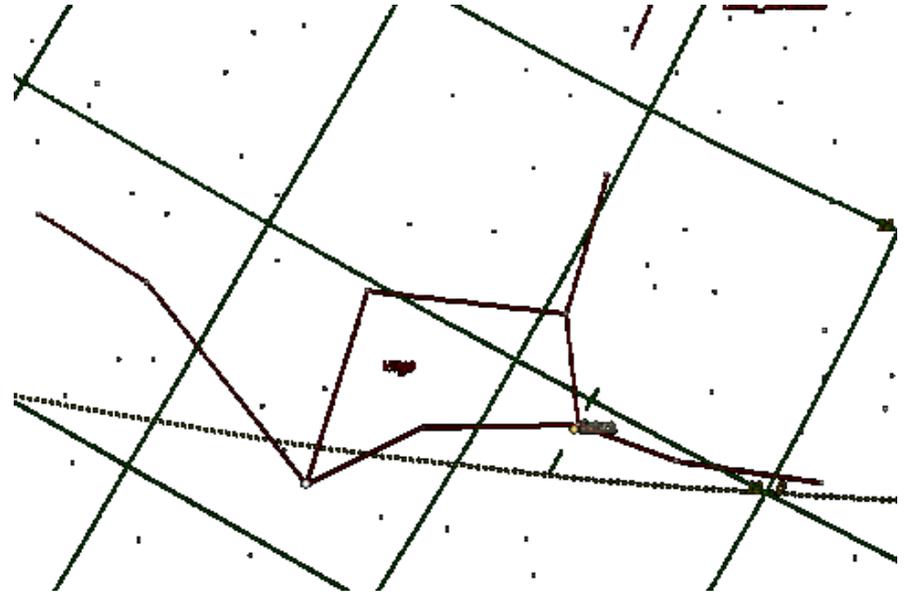
SATURNE au Sud Ouest

Origine du nom

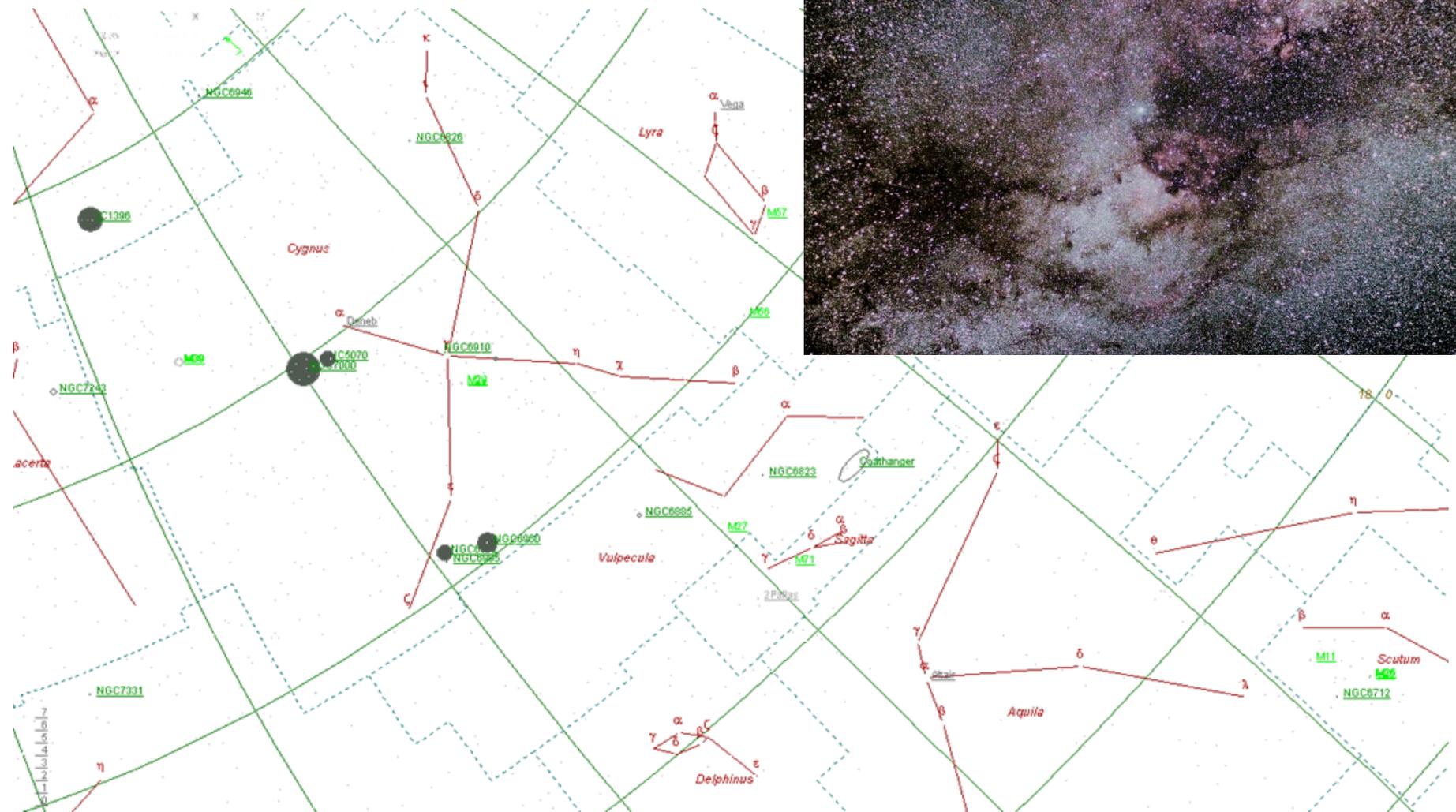
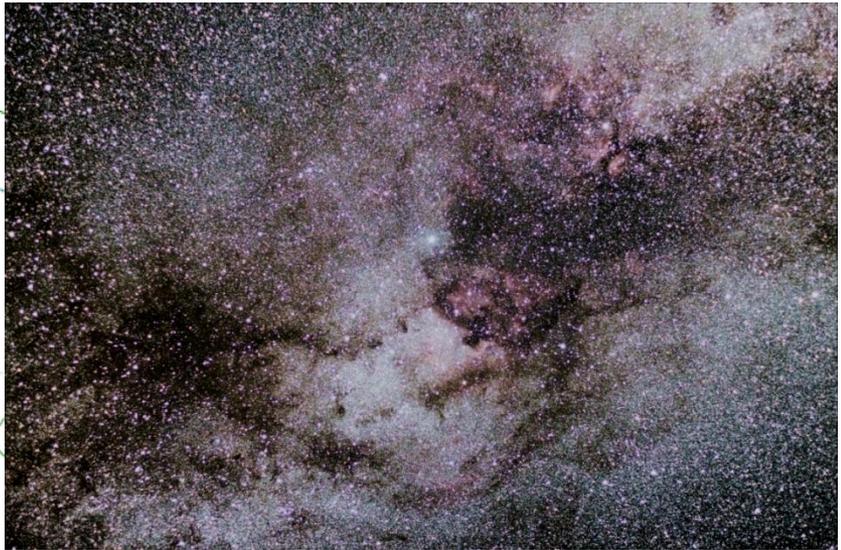
Saturne est un très ancien dieu latin détrôné par Jupiter. Saturne lui-même avait remplacé Janus. Il est supposé avoir inventé l'agriculture (représenté armé d'un faucille) mais était considéré comme un dieu infernal. Il est identifié au dieu grec Cronos mais aussi au dieu carthaginois Baal. Cronos est un Titan, le plus jeune fils d'Ouranos (le Ciel) et de Gaia (la Terre).

Paramètres physiques

Demi-grand axe en unités astronomiques (ua)	9,554909
Demi-grand axe en km	1 429 394 069
Excentricité de l'orbite	0,05555
Inclinaison de l'orbite sur l'écliptique	2 ,4889
Période de révolution sidérale	29 ans et 166,98 jours
Période de rotation	10,66 heures
Vitesse orbitale	10 km/s
Diamètre apparent équatorial à la plus petite distance de la Terre (valeur maximale)	20",8
Diamètre équatorial (Terre=1)	9,4335
Diamètre équatorial	120 536 km
Magnitude visuelle à l'opposition	0,67
Aplatissement	1/10,2
Volume (Terre=1)	757
Masse (Soleil=1)	1/3498,77
Masse (Terre=1)	95,16
Masse Saturne+satellites (Soleil=1)	1/3497,90
Masse Saturne+satellites (Saturne=1)	1,0002
Densité (Terre=1)	0,125

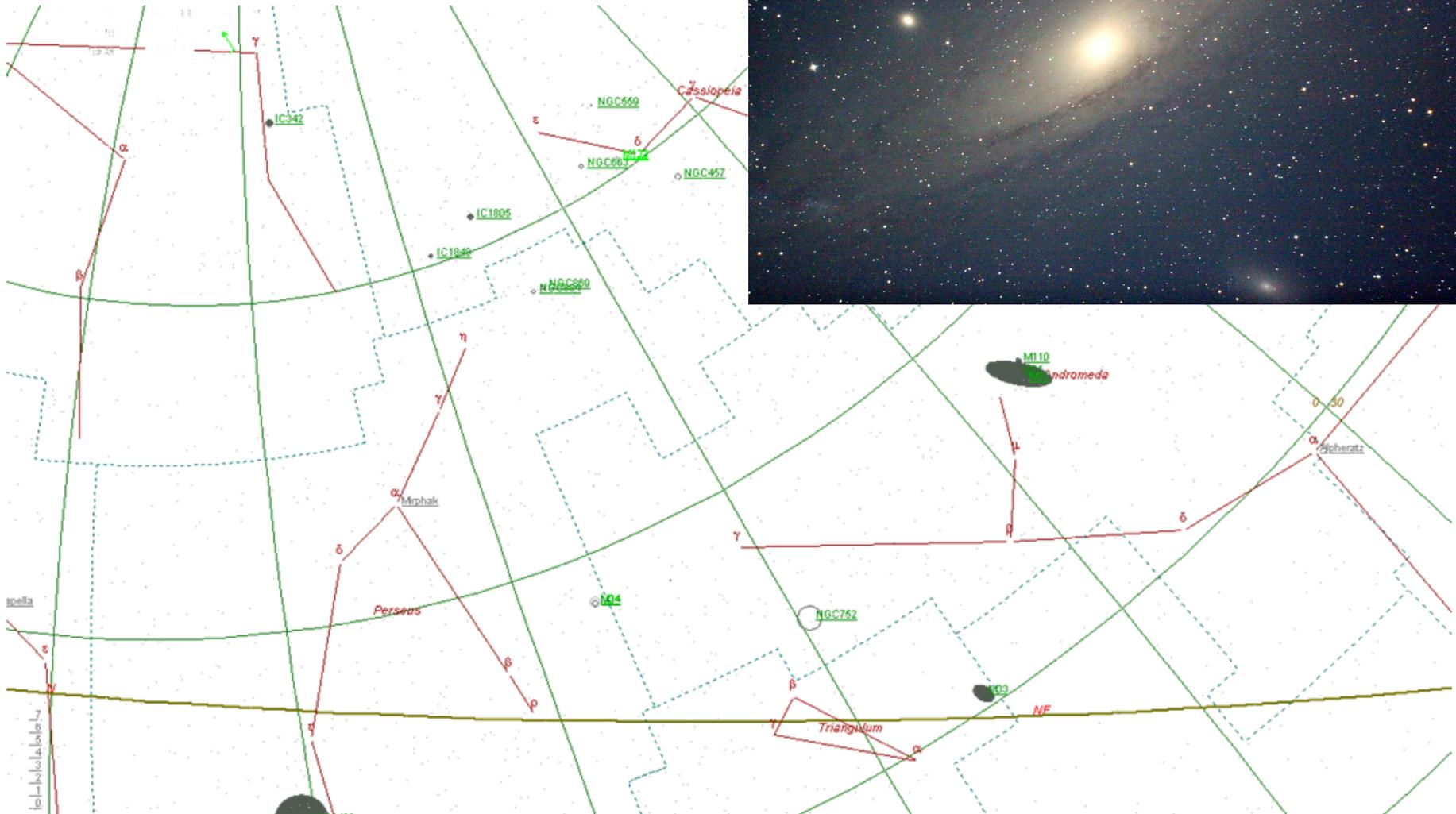


Le Zénith, on reconnaît Véga et Deneb: les étoiles les plus brillantes, M27 nébuleuse planétaire de la flèche et M 57 de la Lyre peuvent être facilement trouvées, la nébuleuse North America peut se discerner à l'œil nu dans un ciel particulièrement sombre et entouré de nuages sombres.



Galaxie M31

M33 et l'amas double sont aussi accessibles.



Perspectives:
 La surprise de l'Automne
 La comète C2010 X1 Elenin

