

LES GRANDES OREILLES

N° 2

LES MAINS DANS LE CAMBOUIS



PETITE(S) MISE(S) AU POINT SUR LE POUVOIR SÉPARATEUR



Le POUVOIR SEPARATEUR

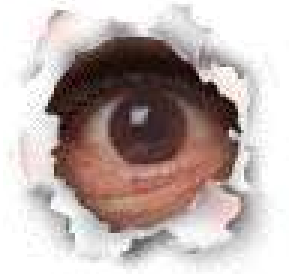
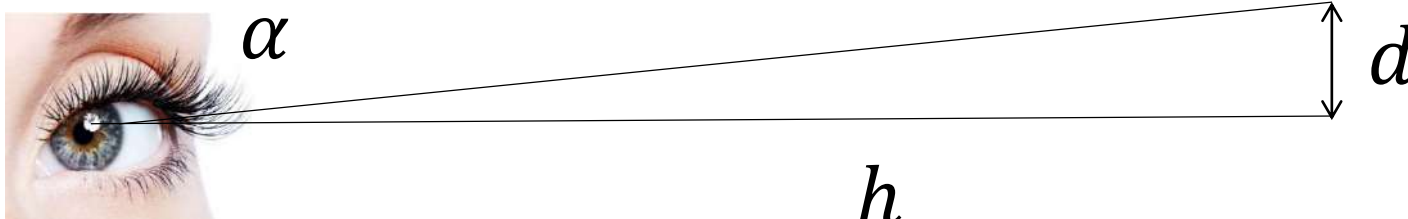
Le pouvoir de résolution ou pouvoir de séparation, pouvoir séparateur, résolution spatiale, résolution angulaire, exprime la capacité d'un système d'observation à distinguer les détails.

Il peut être caractérisé par l'angle ou la distance minimal(e) qui doit séparer deux points contigus pour qu'ils soient correctement discernés.

Il peut, de façon équivalente, être caractérisé par la fréquence spatiale maximale que le système permet de mesurer ou restituer : il est alors exprimé en cycles par millimètre (cy/mm) ou en paires de lignes par millimètre (pl/mm)



Le POUVOIR SEPARATEUR de l'Œil

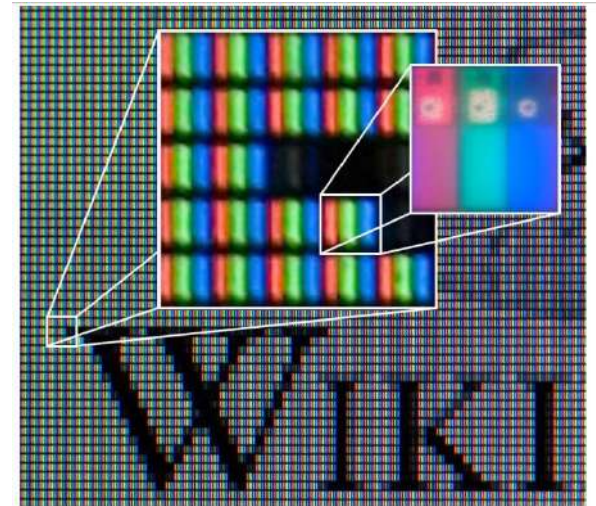


$$\tan \alpha = \frac{h}{d} \quad \text{ou plutôt} \quad \alpha = \tan^{-1} \frac{h}{d}$$

$$\alpha = 3.10^{-4} \text{ radian}$$

$$\alpha = 1 \text{ minute d'angle}$$

$$\alpha \text{ (1/60 de degré)}$$



Application pratique sur cette photographie



**Capable de déceler
un détail de 1 mm à 3 m !**



Mais le pouvoir séparateur de l'œil **double la nuit !**



Le cocher du grand Chariot !



La Grande Ourse ou le Grand Charriot

Mizar

Zêta Ursae Majoris

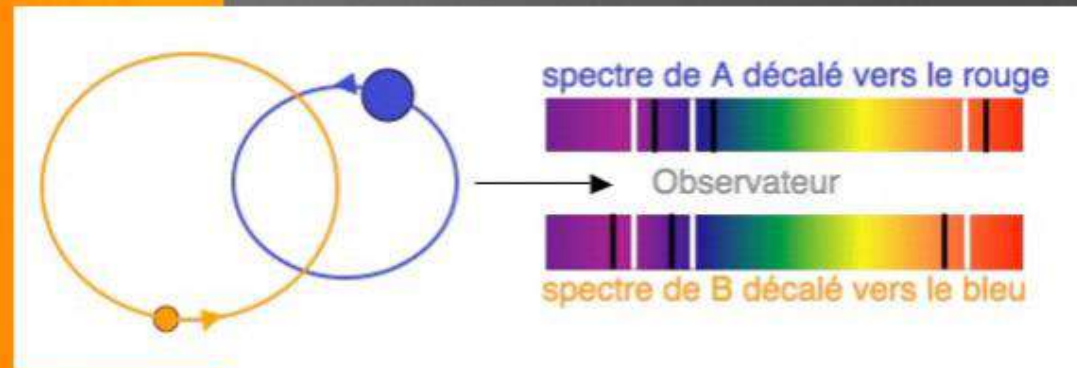
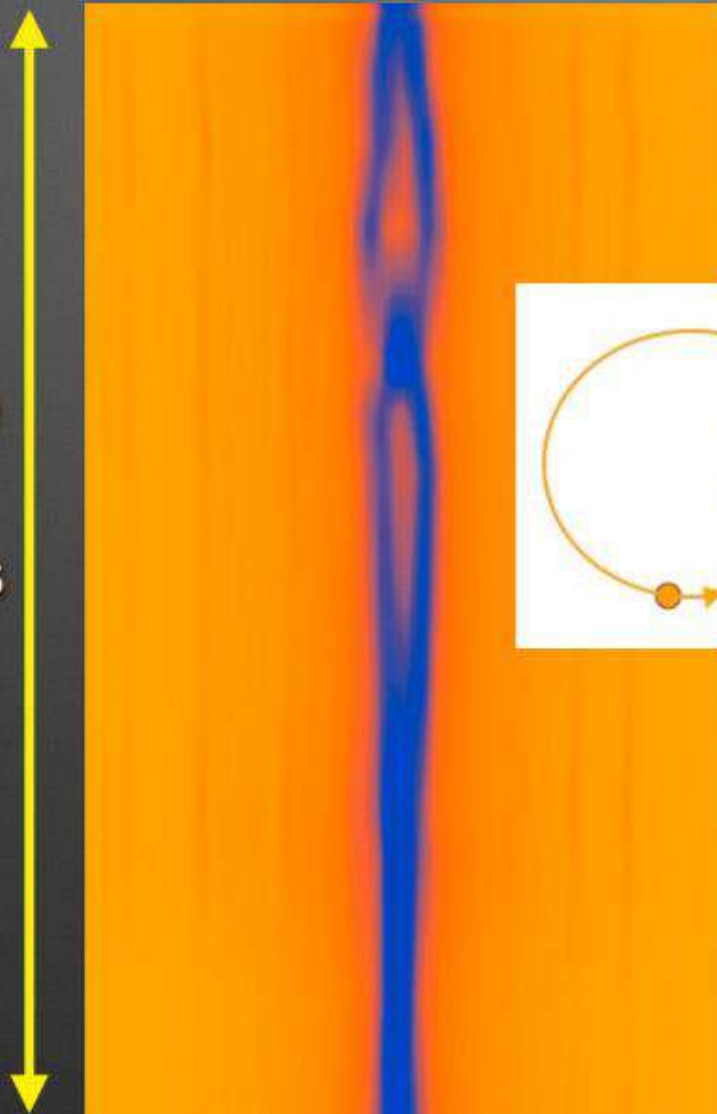


Alkor



Spectre 2D dynamique de **Mizar**

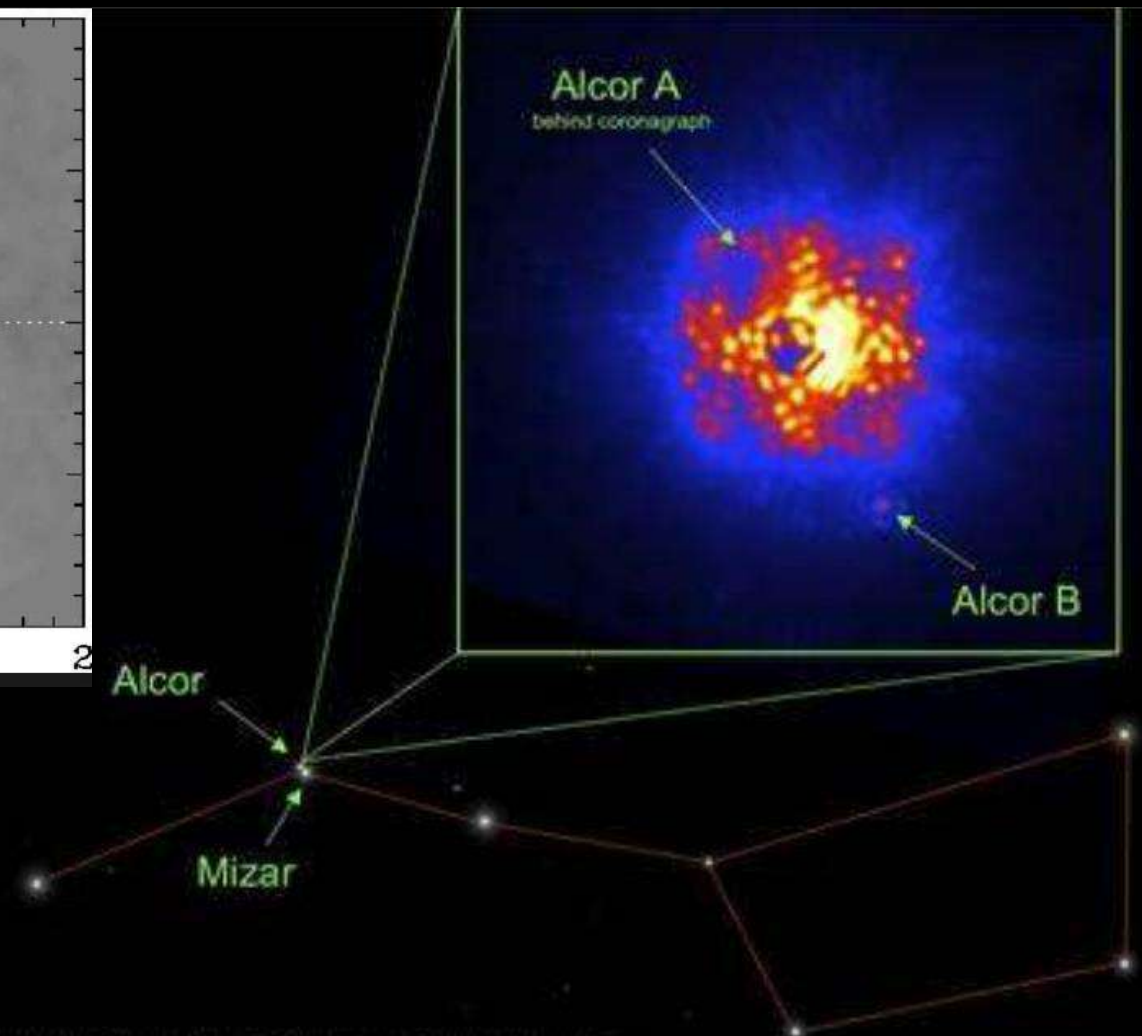
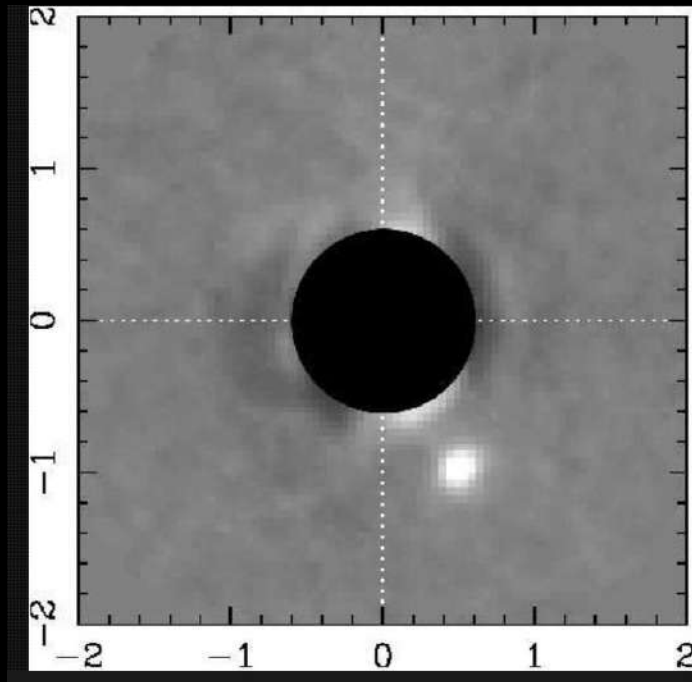
1 période
=
20,5 jours



Binaire spectroscopique
(schéma © OBSPM)

Source : Olivier Garde

Après Mizar A et B, Alcor A et B !



**Qu'en est il du POUVOIR SEPARATEUR
d'un dispositif optique
ou autre
comme un RadioTélescope ?**

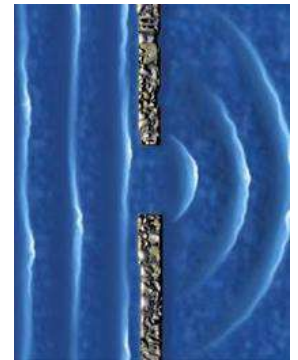
**En fait limité
par un phénomène physique :**

la Diffraction



Diffraction par un trou : quelques expériences simples

Vagues rectilignes et vagues diffractées par l'ouverture



la longueur d'onde des vagues avant et après diffraction est constante , c'est à dire que la distance séparant deux vagues se conserve. La vitesse des vaguelettes n'a donc pas changée.



Diffraction par une ouverture circulaire :



La Tache d'Airy

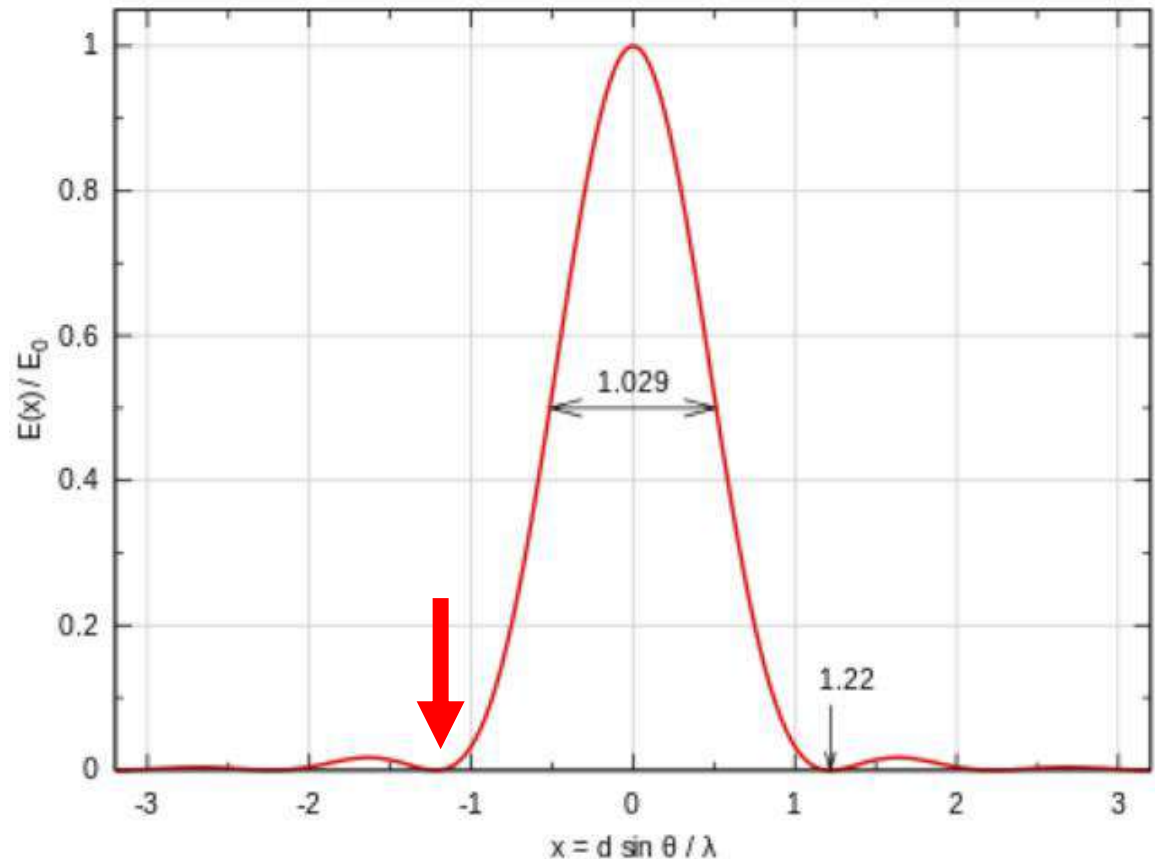
La tache d'Airy est la figure de diffraction résultant de la traversée d'un trou circulaire par la lumière. On parle de tache d'Airy dans le cas des systèmes optiques pour qualifier la meilleure image possible d'un point source par ce système.



G. Airy



point	x	$E(x) / E_0$
point à mi-hauteur	0.514497	0.5
premier zéro	1.219670	0
maximum local	1.634719	0.017498
deuxième zéro	2.233131	0
maximum local	2.679292	0.004158
troisième zéro	3.238315	0

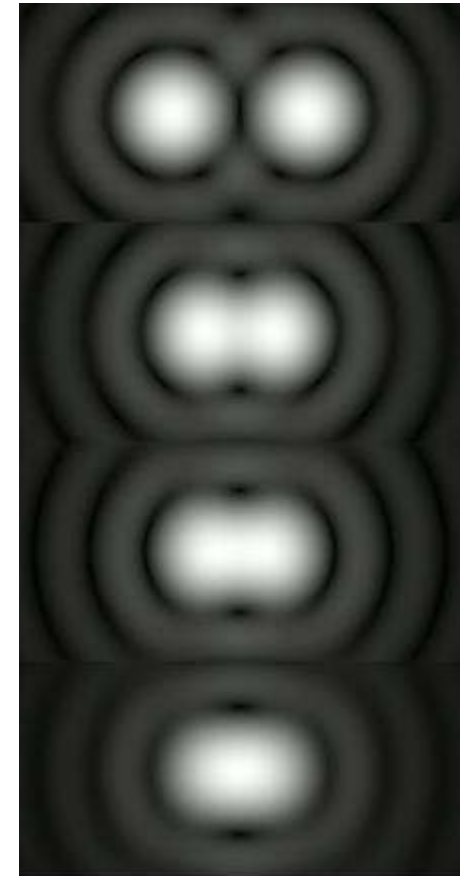
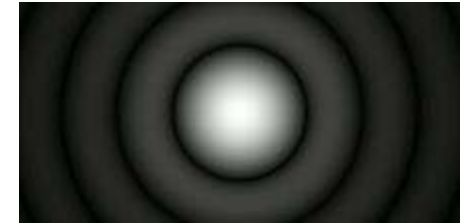


Tache d'Airy et Pouvoir séparateur

Pour un instrument optique d'ouverture circulaire de **diamètre D (en mètre)** traversé par une onde monochromatique de **longueur d'onde lambda (en mètre)**, la figure d'interférence obtenue, nommée tache d'Airy, présente un premier cercle noir pour un angle par rapport à l'axe de révolution (en radian) de

$$\theta \simeq 1,22\lambda/D.$$

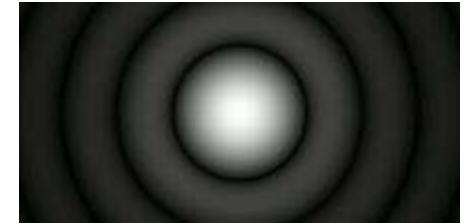
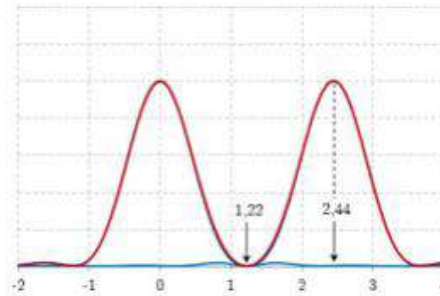
Plusieurs **critères différents** peuvent être utilisés selon les domaines d'application. Ils donnent une **condition sur la distance entre deux taches d'Airy permettant la séparation entre les points** ; ils sont valables pour des systèmes optiques à symétrie de révolution



Tache d'Airy et Pouvoir séparateur

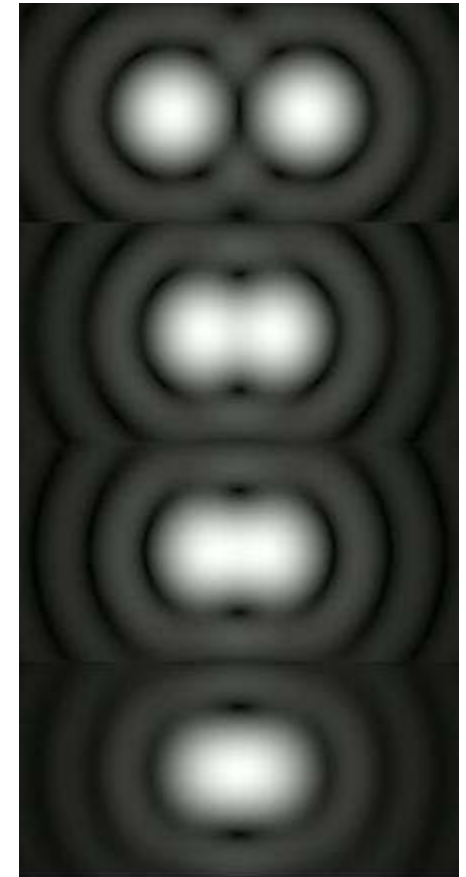
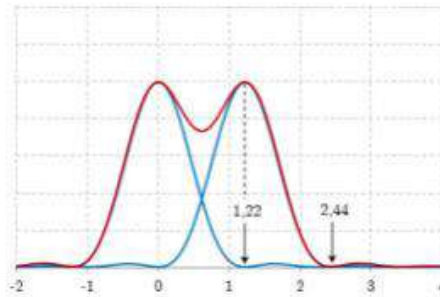
Critère de Schuster

$$\Delta\theta \simeq 2,44 \lambda/D.$$



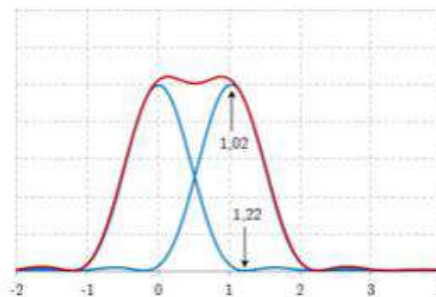
Critère de Rayleigh

$$\Delta\theta \simeq 1,22 \lambda/D.$$



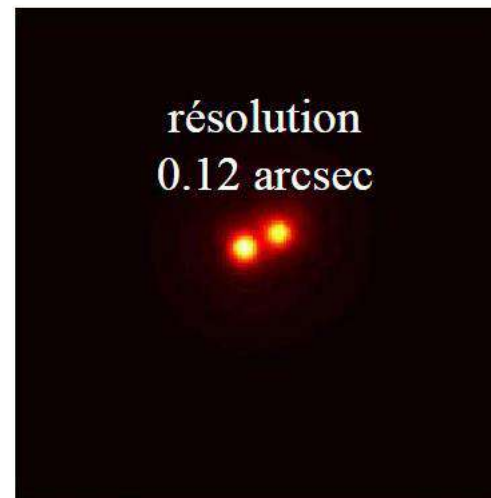
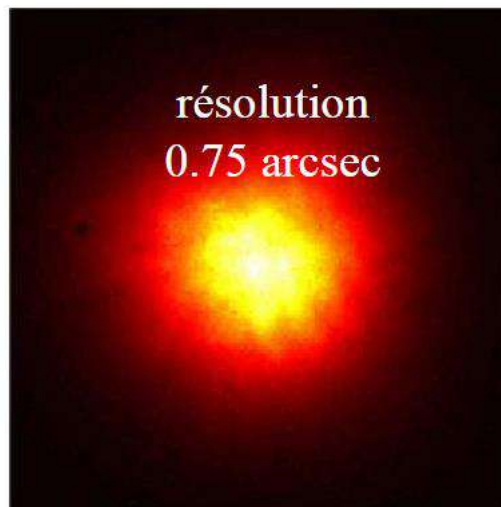
Critère de Sparrow

$$\Delta\theta \simeq 1,02 \lambda/D.$$



Pouvoir séparateur des Télescopes optiques

Pour un télescope de **10 m de diamètre**, et pour une longueur d'onde de **550 nm** au milieu du domaine visible, le pouvoir de résolution théorique est d'environ **0,014 seconde d'arc** ($3,8 \times 10^{-6}$ degré), mais il ne peut être atteint sans l'usage **d'optique adaptative** en raison de la turbulence atmosphérique qui « floute » les images. Pour obtenir une meilleure résolution, on peut utiliser une optique de plus grand diamètre : c'est ce qui justifie la course aux grands télescopes. Une variante est d'utiliser l'**interférométrie** entre des télescopes distants.



**Effet de la turbulence atmosphérique sur l'étoile
HIC 59206 observée avec le Very Large Telescope**

Quelques valeurs théoriques !

Capable de déceler un détail de 1 mm à 3 m

un détail sur la Lune de 103 km ou 25 km

Outil	Diamètre (m)	$\Delta\theta$ (rad)	$\Delta\theta$ (")	Détails sur la Lune	Détails à 200 km
Œil	0,0025	$2,7\times 10^{-4}$	55	103 km	53 m
	0,010	$6,7\times 10^{-5}$	13	25 km	13 m
Jumelles	0,050	$1,3\times 10^{-5}$	2,8	5 km	2,7 m
	0,10	$6,7\times 10^{-6}$	1,4	2,6 km	1,3 m
Télescope 150 mm	0,15	$4,5\times 10^{-6}$	0,92	1,7 km	89 cm
	0,20	$3,4\times 10^{-6}$	0,69	1,3 km	67 cm
Télescope 1 m	1,0	$6,7\times 10^{-7}$	0,14	260 m	13 cm
Hubble	2,4	$2,8\times 10^{-7}$	0,058	110 m	55 mm
VLT	8,0	$8,4\times 10^{-8}$	0,017	32 m	16 mm
Télescopes du Keck	10	$6,7\times 10^{-8}$	0,014	25 m	13 mm
E-ELT (2024)	40	$1,7\times 10^{-8}$	0,0035	6 m	3,3 mm

Les calculs ci-dessus sont effectués, comme précédemment, avec le critère de Rayleigh et pour une longueur d'onde de 550 nm.



Pouvoir séparateur des RadioTélescopes

Le Dobson de la SAB 500

Miroir de 50 cm

Longueur d'onde 550 nm ou 0,550 μm

$$\text{PS}_{\text{Dobson 500}} \approx 1,22 \cdot 10^{-6}$$

$$\theta \simeq 1,22\lambda/D.$$

Le futur RT de la SAB

Parabole de 60 cm

Longueur d'onde 10 GHz ou 30 mm

$$\text{PS}_{\text{RT Para}} \approx 0,06$$

100 000 fois moins bon !



Exemple de transit du Soleil

