

(introduction à l')

Optique Adaptative

Marcel Carbillet

[marcel.carbillet@unice.fr]

[<https://lagrange.oca.eu/carbillet/enseignement/M2-Optique>]

Menu

- Imagerie astronomique à haute résolution angulaire (HRA) & turbulence atmosphérique
- Introduction à la *Speckle Interferometry*
- Introduction à l'optique adaptative (OA)
- Budget d'erreur post-OA & morphologie de la PSF
- Le côté *hard* de l'OA (ASO, MD, contrôle)
- Divers appartés...

+ démos et TP sur machines : fronts d'onde perturbés, formation d'image, bruits de détection, imagerie court-temps de pause, étude de l'erreur d'anisoplanétisme, évaluation de performance d'un système d'OA.



abouhsina - Atik Bouhsina (atik.bouhsina@gmail.com)
rdalidet - Romain Dalidet (romaindalidet@icloud.com)
ithiellement - Imène Thiellement (imene.thiellement@gmail.com)
ctorre - Cyril Torre (cyril.torre@sfr.fr)

le password pour tous est : ppLT0rG

il faut qu'il le change à l'adresse suivante : <https://dsi.oca.eu/spip.php?article125>

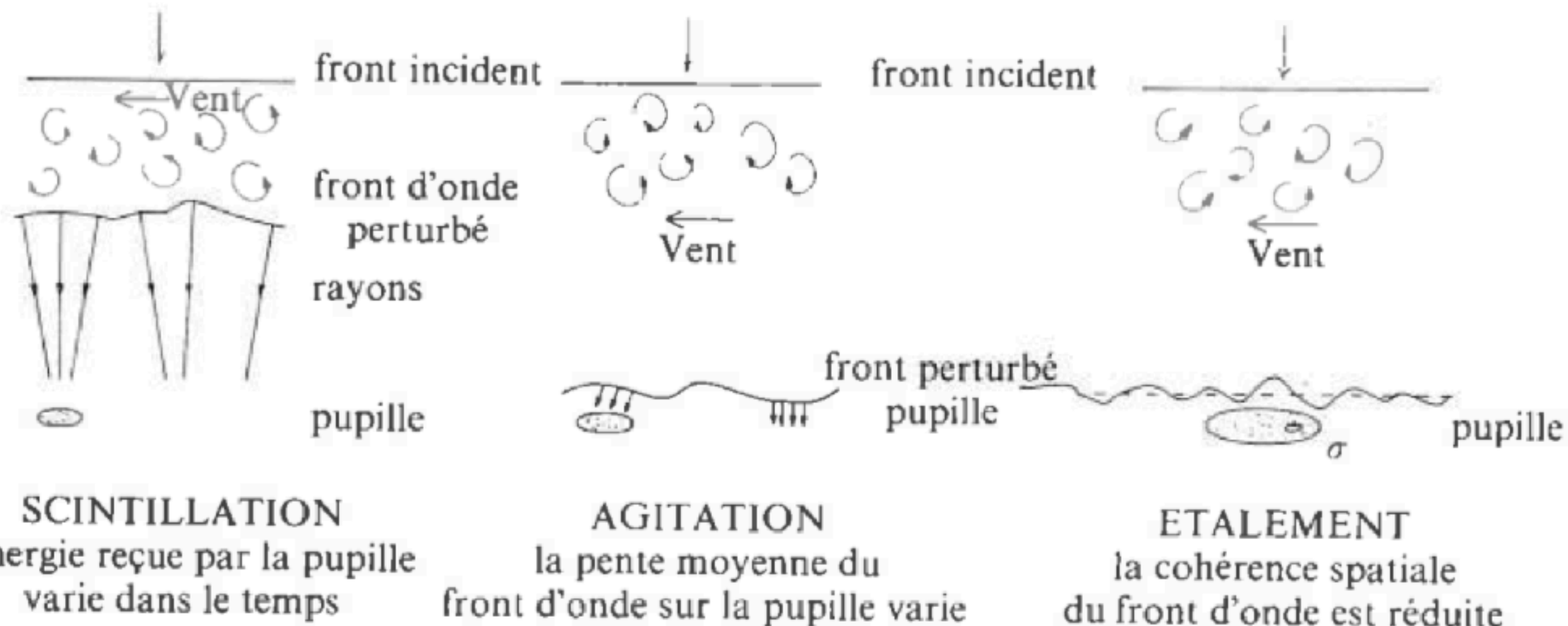
Images et turbulence - 1

L'image formée à travers l'atmosphère turbulente (au sens optique) est dégradée :

- Scintillation = fluctuation de l'éclat.
- Agitation = variation du photocentre.
- Étalement = perte de cohérence spatiale.

Images et turbulence - 1+

L'image formée à travers l'atmosphère turbulente (au sens optique) est dégradée :



Images et turbulence - 2

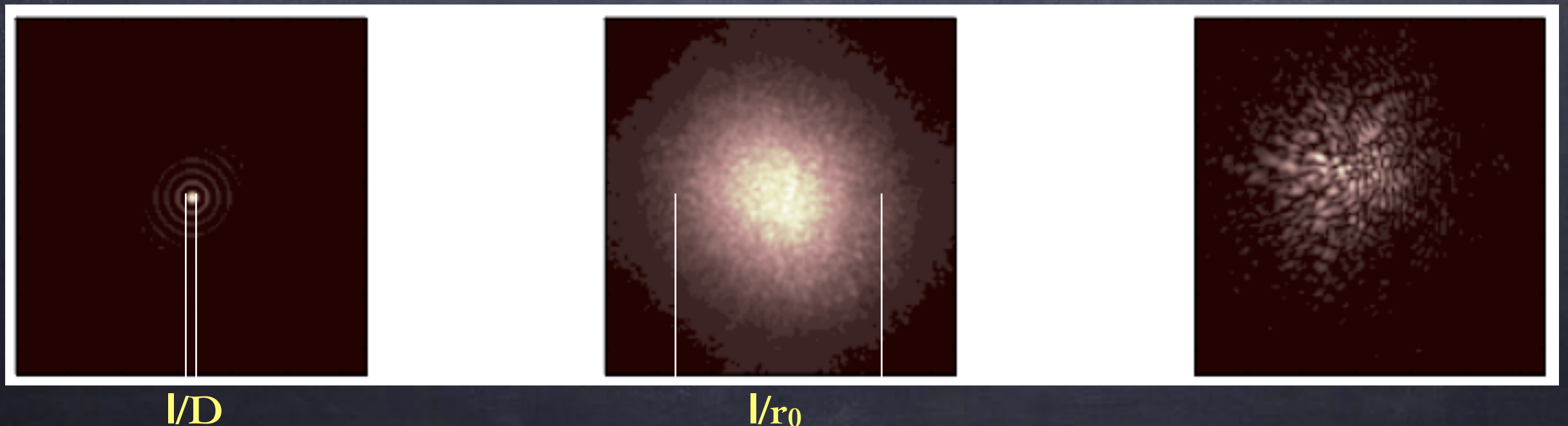
La relation objet-image qui lie l'éclairement $I(\alpha)$ dans le plan image (i.e. au foyer du télescope) à la luminance $O(\alpha)$ de l'objet (dans le ciel) est une relation de convolution impliquant la réponse impulsionnelle $S(\alpha)$ de l'ensemble télescope+atmosphère, où α est la direction de visée :

$$I(\vec{\alpha}) = O(\vec{\alpha}) * S(\vec{\alpha})$$

Images et turbulence - 3

$$I(\vec{\alpha}) = O(\vec{\alpha}) * S(\vec{\alpha})$$

Relation valable notamment à la condition que le système soit invariant par translation (tout se passe à l'intérieur du domaine d'isoplanétisme)...

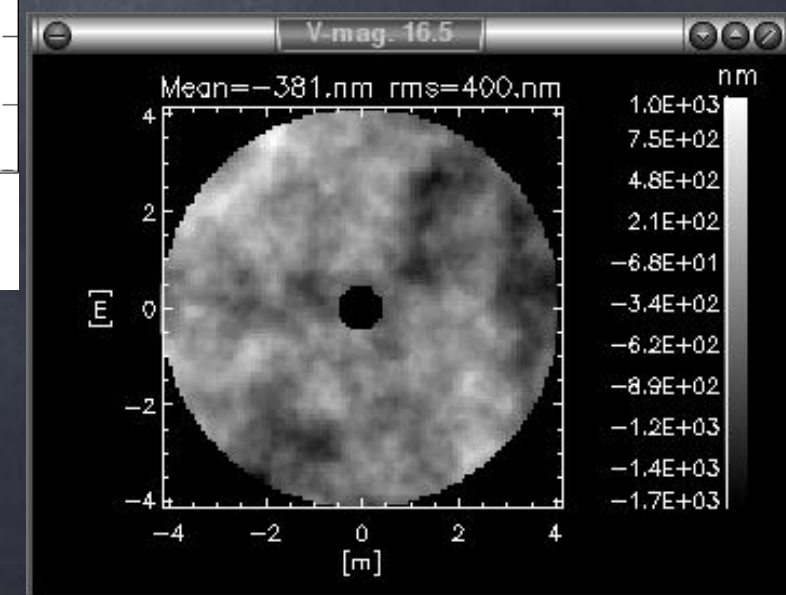
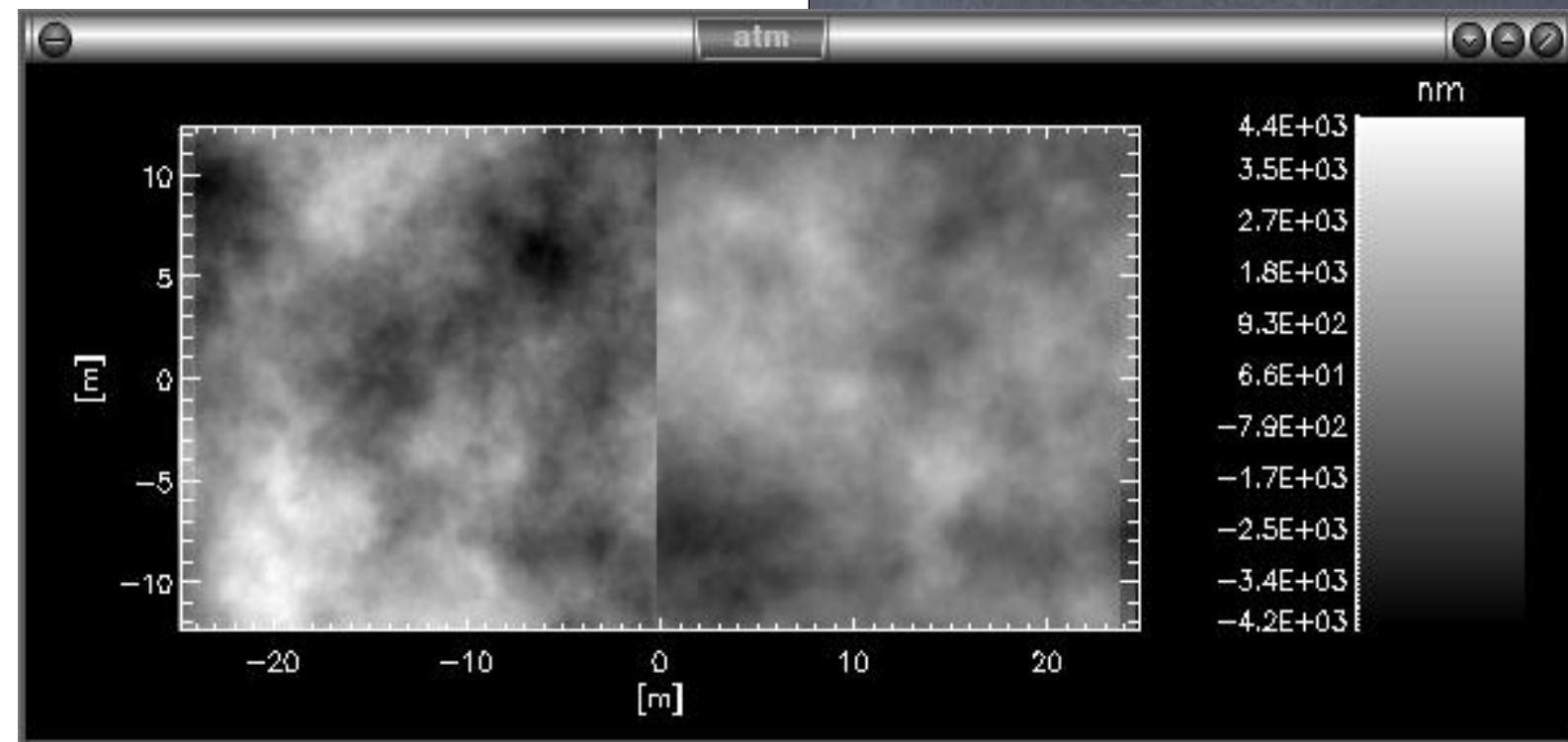
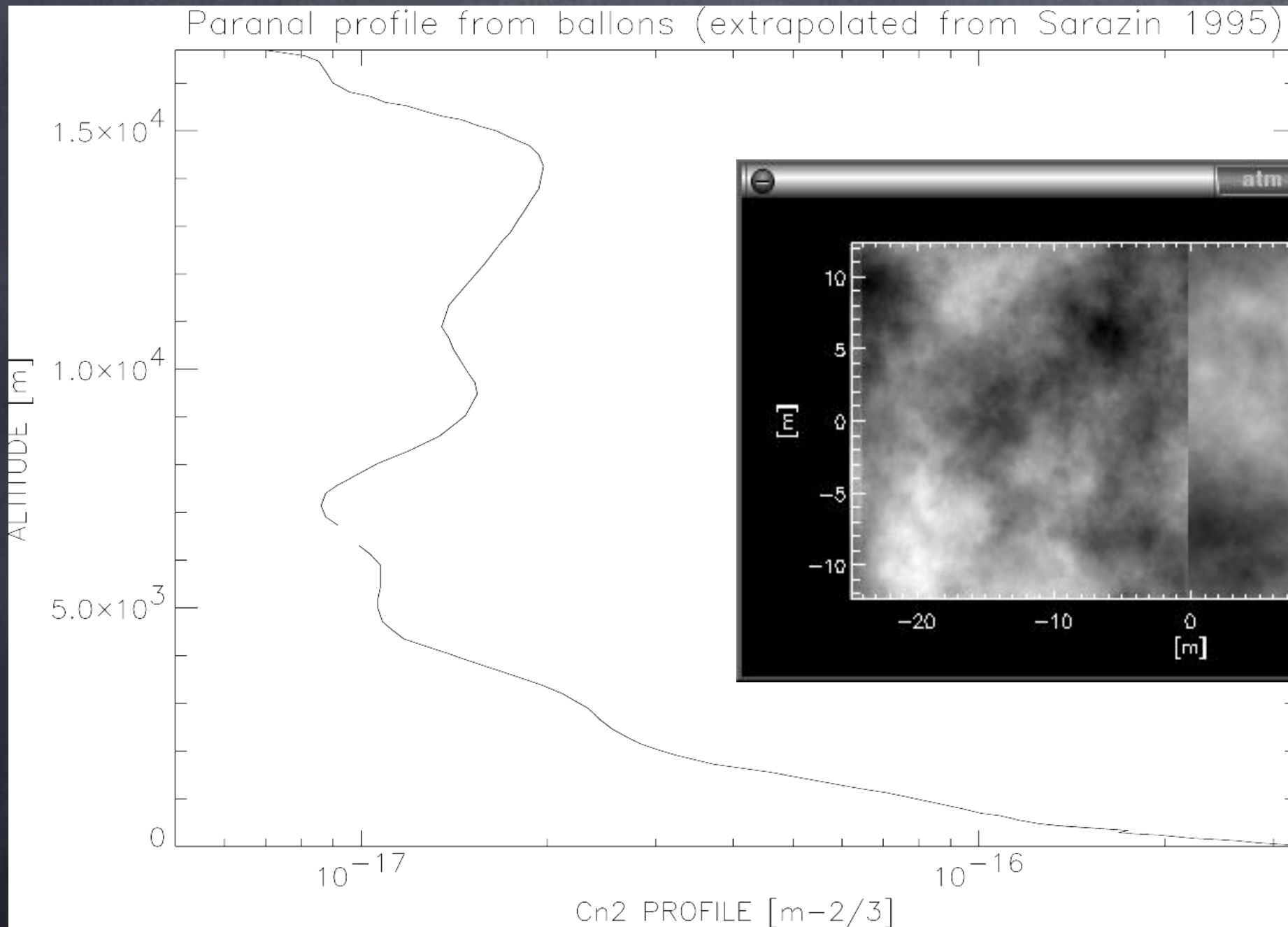


Images et turbulence - 4

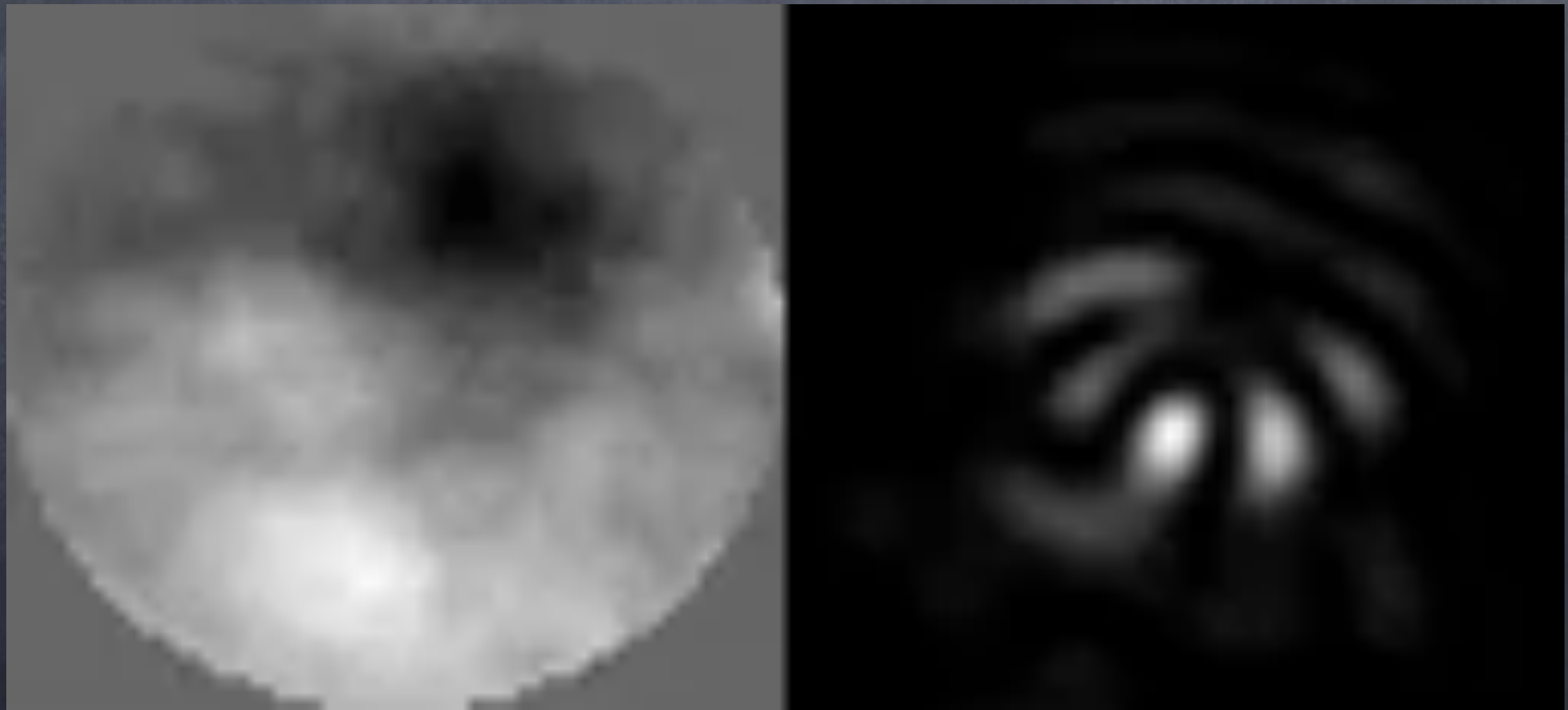
Quelques ordres de grandeur concernant l'atmosphère turbulente :

	$\lambda = 500 \text{ nm}$	$\lambda = 2.2 \mu\text{m}$
paramètre de Fried r_0	$\rightarrow 10 \text{ cm}$	60 cm
vitesse des couches turbulentes (v)	$\rightarrow 10 \text{ m/s}$	id.
=> FWHM d'une image ($\theta \approx \lambda / r_0$)	$\rightarrow 1''$	$\sim 1''$
=> temps caractéristique ($t_0 \propto r_0 / v$)	$\rightarrow 3 \text{ ms}$	18 ms

Images et turbulence - 5



Images et turbulence - 5+



Images et turbulence - 6

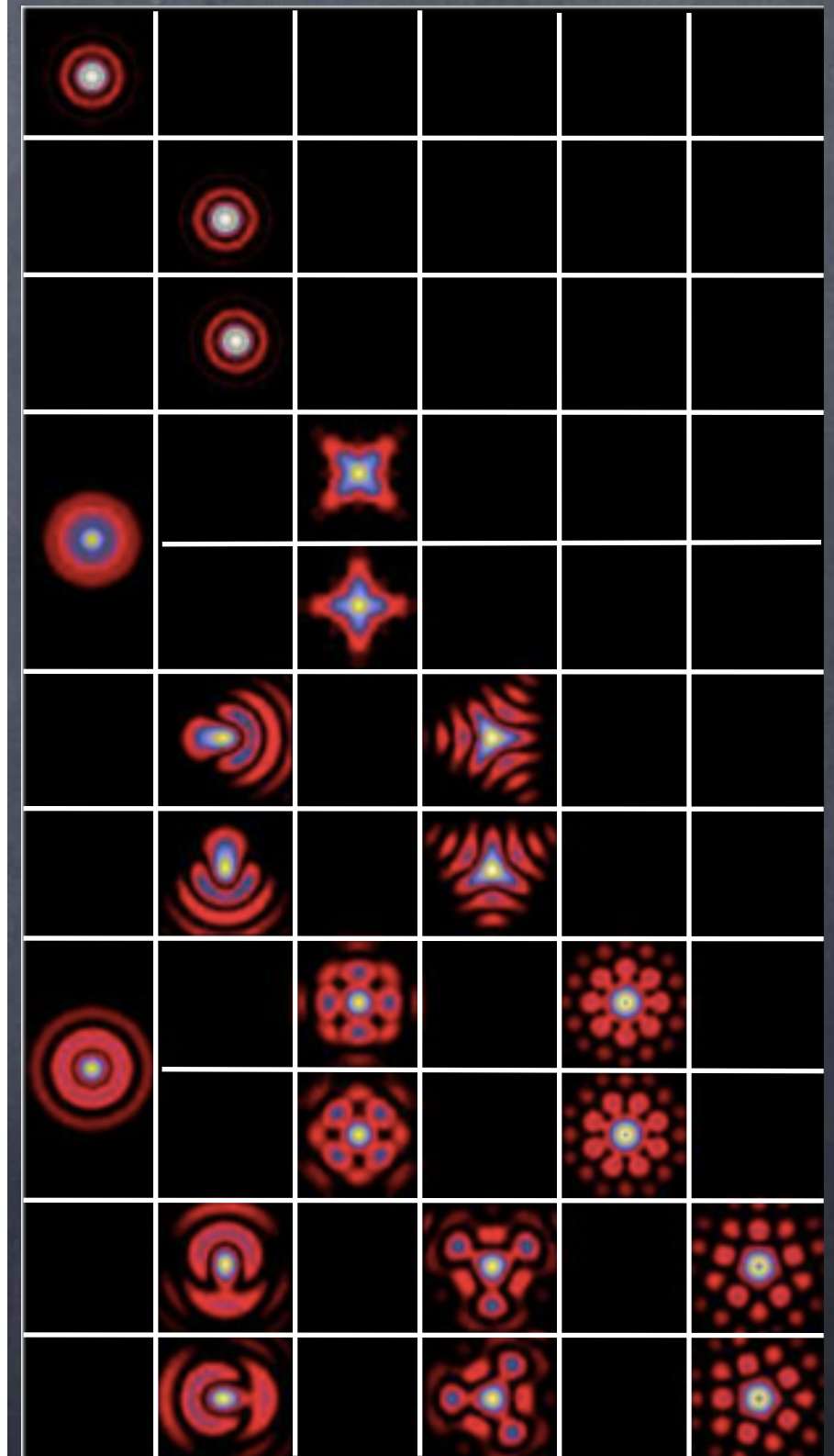
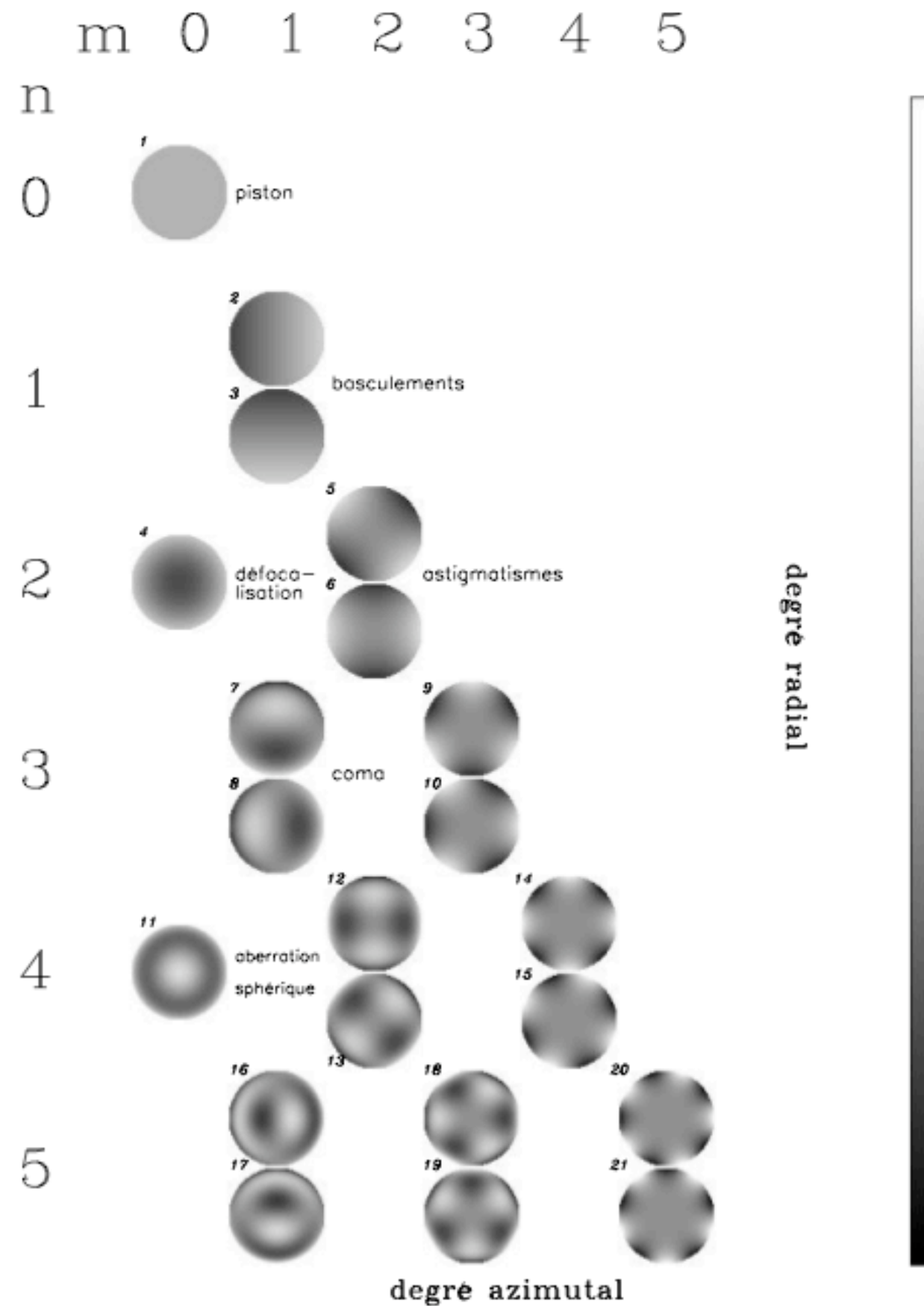
Le front d'onde est, à $\lambda/2\pi$ près, la phase $\phi(r)$ de l'onde $\psi(r)$ qui a traversé l'atmosphère turbulente avant de parvenir au télescope :

$$\Psi(\vec{r}) = A(\vec{r}) \exp\{i\Phi(\vec{r})\}$$

Cette phase peut se décomposer selon une base de polynômes, par exemple ceux de Zernike :

$$\Phi(\vec{r}) = \sum_i a_i Z_i(\vec{r})$$

polynômes de Zernike



Images et turbulence - 7

$$r_0 = 0.185 \lambda^{\frac{6}{5}} \cos(\gamma)^{\frac{3}{5}} \left[\int_0^\infty C_n^2(z) dz \right]^{-\frac{3}{5}}$$

r_0 en bande H sachant r_0 à 500nm ?...

$$\tau = 0.36 \frac{r_0}{v}$$

$$\epsilon = 0.98 \frac{\lambda}{r_0}$$

$$\theta = 0.36 \frac{r_0}{h}$$

$$N_s \simeq 0.34 \left(\frac{D}{r_0} \right)^2$$

Nombre de speckles pour $r_0=10\text{cm}$ et $D=1\text{m}$?...