

Photométrie CCD d'objets ponctuels par synthèse d'ouverture

Aspects pratiques

Stéphane Fauvaud

Association T60

& Groupe européen d'observation stellaire

- **Rappels**
- **Principe de la méthode**
- **Choix des diaphragmes de mesure**
- **Conclusion**

Rappels

Magnitude

$$m = -2.5 \log_{10} I + \text{constante}$$

I : signal mesuré

Incertitude sur la magnitude

$$\sigma \approx 1.0857 \left(\frac{S}{N} \right)^{-1} \text{ mag}$$

S/N : rapport signal sur bruit

Rapport signal sur bruit

$$\frac{S}{N} = \frac{N_*}{\sqrt{N_*}} = \sqrt{N_*}$$

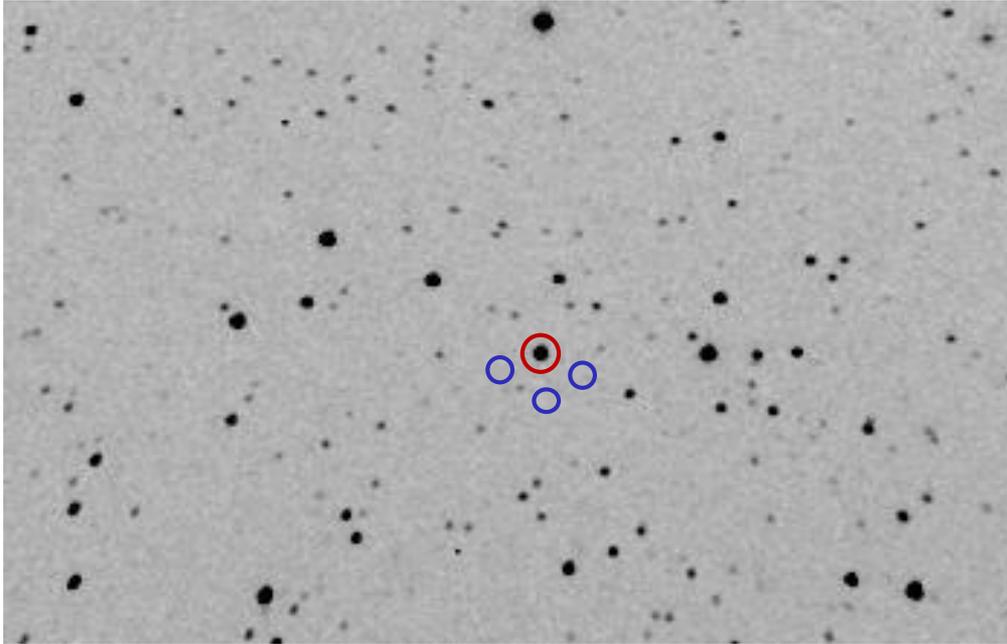
étoile brillante, i.e. $\sqrt{N_*} \gg$ autres sources de bruit

$$\frac{S}{N} \approx \frac{N_*}{\sqrt{N_* + n_{\text{pix}} \left(1 + \frac{n_{\text{pix}}}{n_B} \right) (N_S + N_D + N_R^2 + G^2 \sigma_f^2)}}$$

(Merline & Howell 1995)

N_* est le nombre total de photons (électrons) en provenance de l'objet, N_S et N_D sont le nombre d'électrons par pixel du fond de ciel et du signal de noir, N_R est le bruit de lecture par pixel de la caméra, n_{pix} est le nombre de pixels dans le diaphragme de mesure de l'étoile, n_B est le nombre de pixels utilisés pour estimer le fond de ciel, G est le gain de la caméra et σ_f est une estimation du bruit introduit lors de la conversion analogique numérique.

Principe de la méthode



$$I_{\text{objet}} = I_{\text{total}} - I_{\text{ciel}}$$

Champ de (107) Camilla, 20 juin 2015

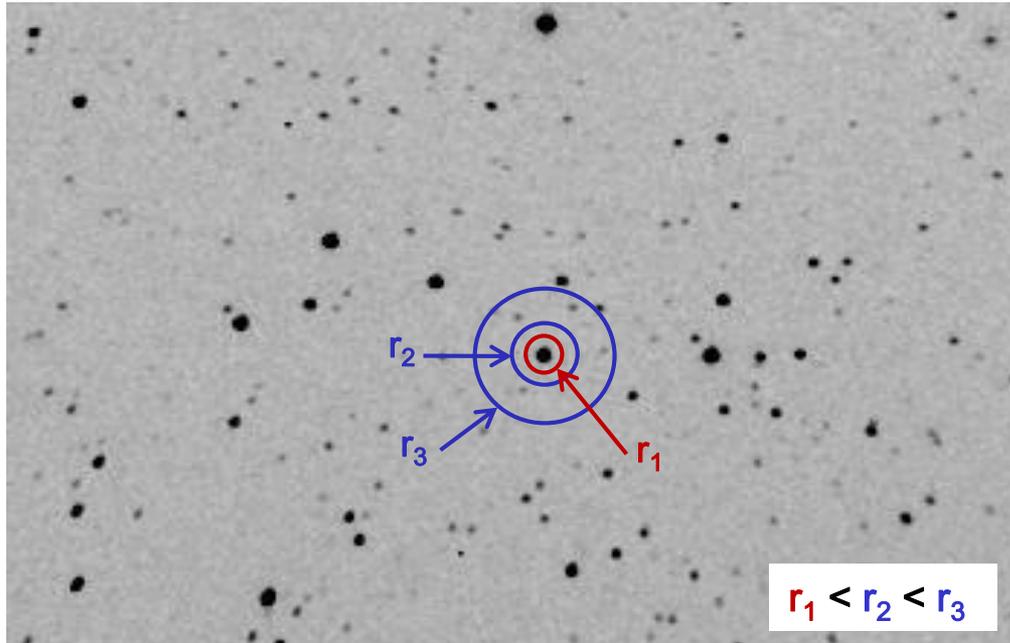
Télescope de 28 cm de diamètre à f/3.2

Caméra CCD SBIG ST-402ME refroidie à $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, filtre R (Bessel)

Série de poses de 75 s, binning 2×2

$G = 2.1\text{ e}^{-}\text{ADU}^{-1}$, $N_R = 22\text{ e}^{-}\text{pixel}^{-1}\text{ lecture}^{-1}$, $N_D = 4\text{ ADU}$, $\sigma_f = 0.289$

Principe de la méthode



Champ de (107) Camilla, 20 juin 2015

$$N_* = N_{\text{total}} - \frac{n_{\text{pix}}}{n_B} N_S$$

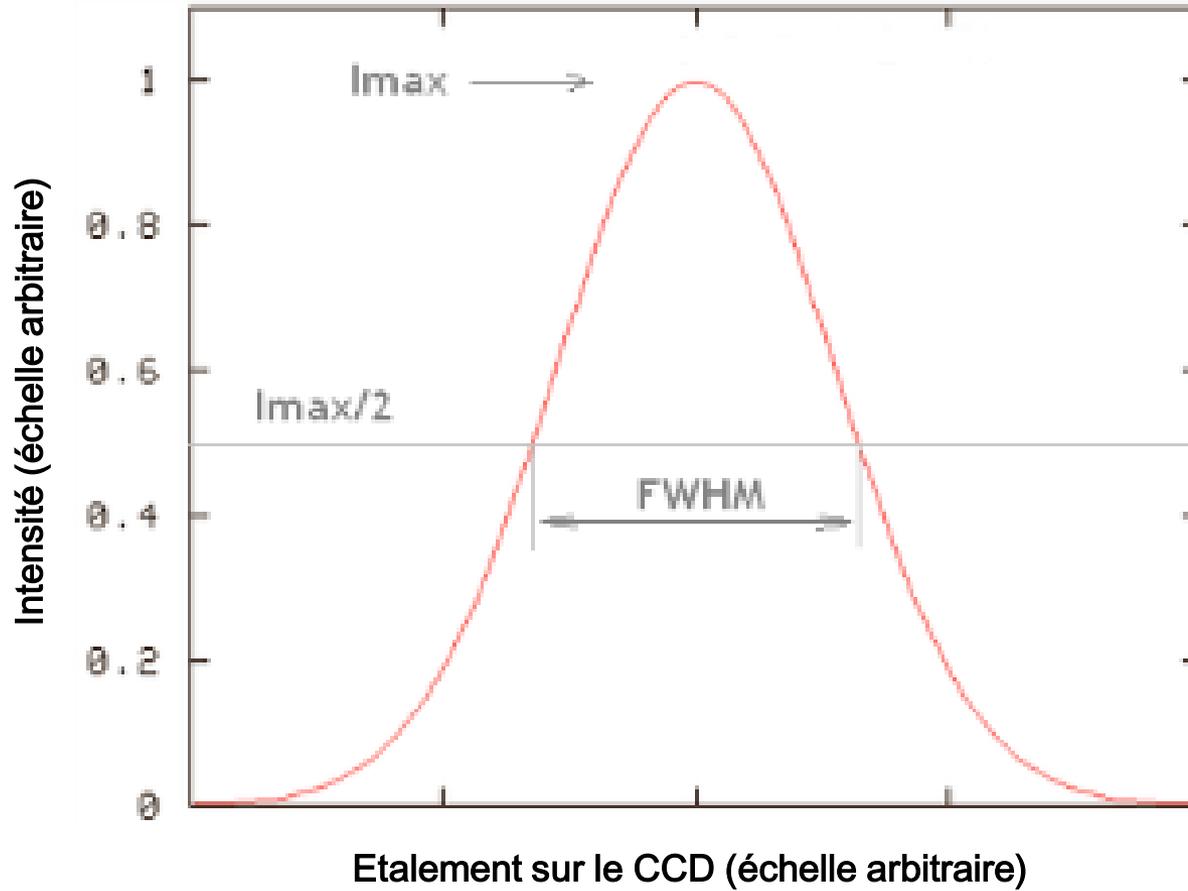
$$n_{\text{pix}} = \pi r_1^2$$

$$n_B = \pi(r_3^2 - r_2^2)$$

Quelles tailles de diaphragmes de mesure choisir ?...

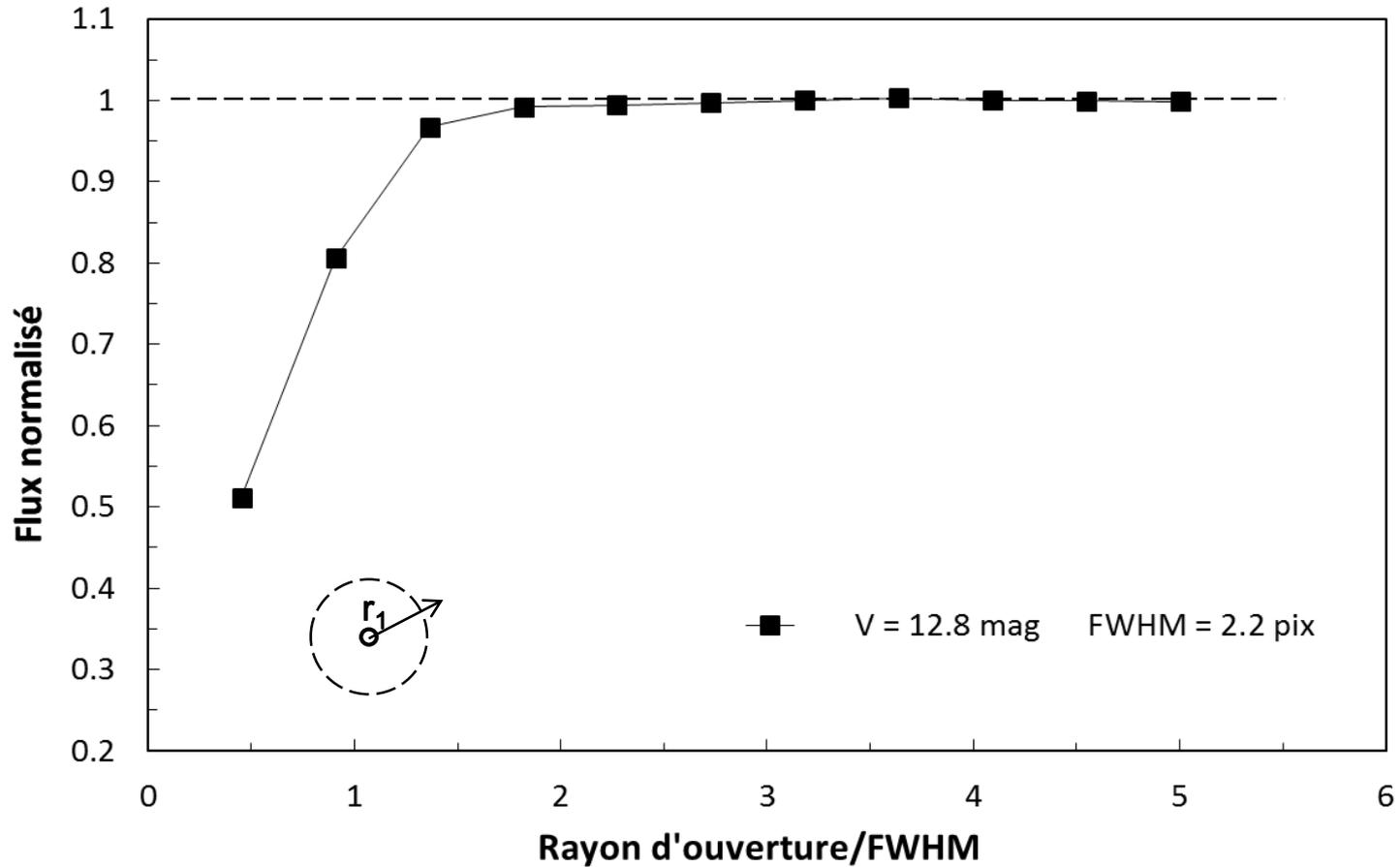
Profil stellaire

FWHM : largeur à mi-hauteur



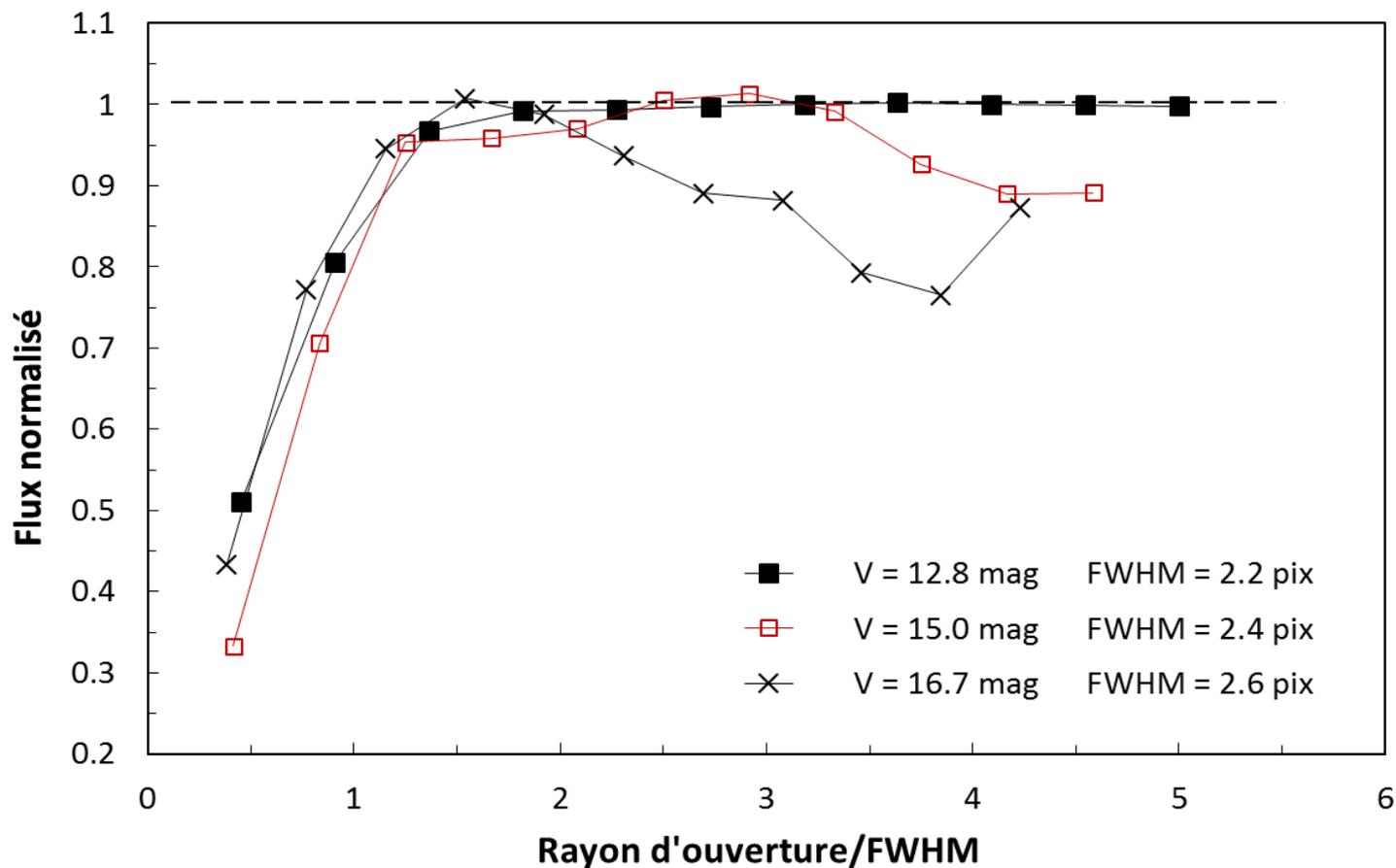
(Howell 2007)

Courbe de croissance



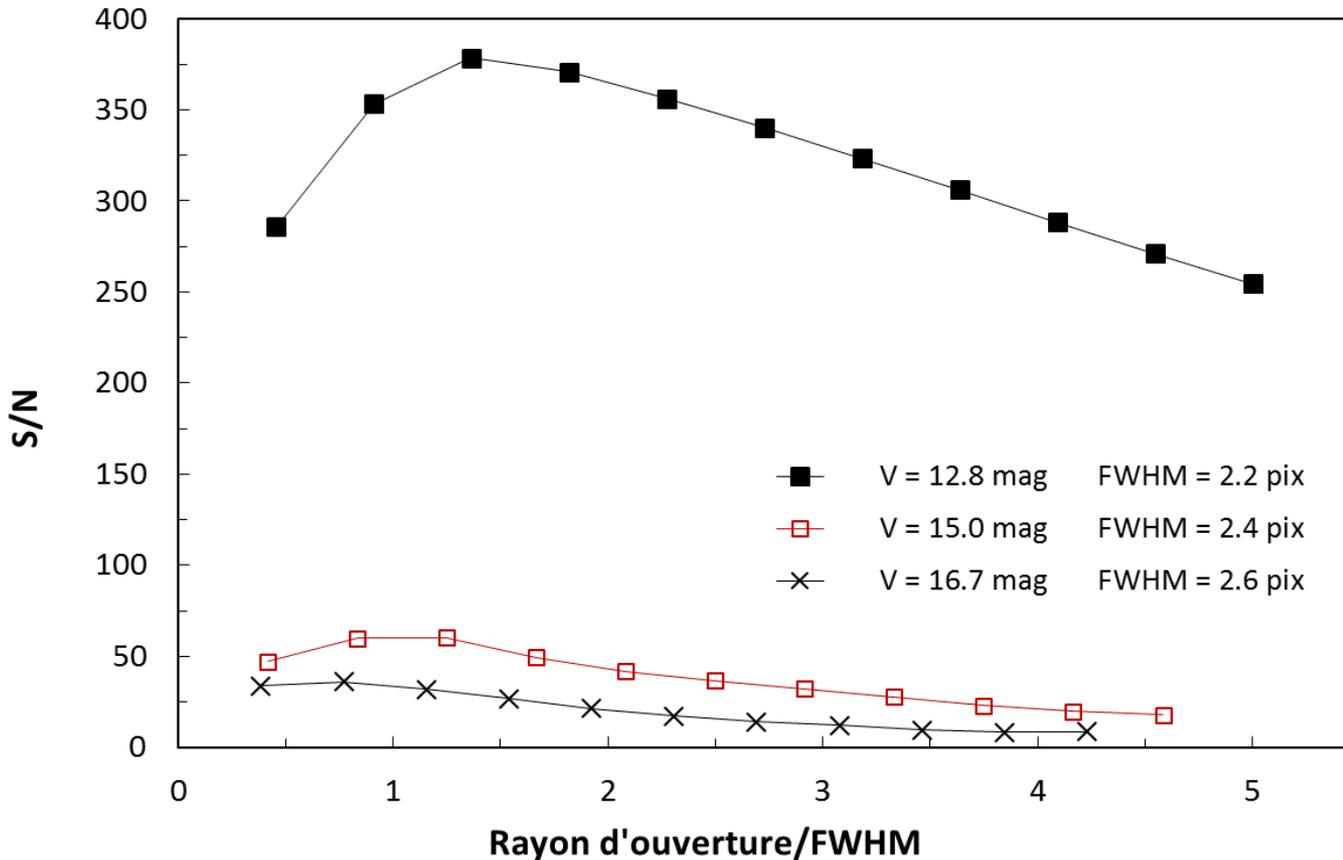
(107) Camilla ($V = 12.8$ mag)

Courbes de croissance



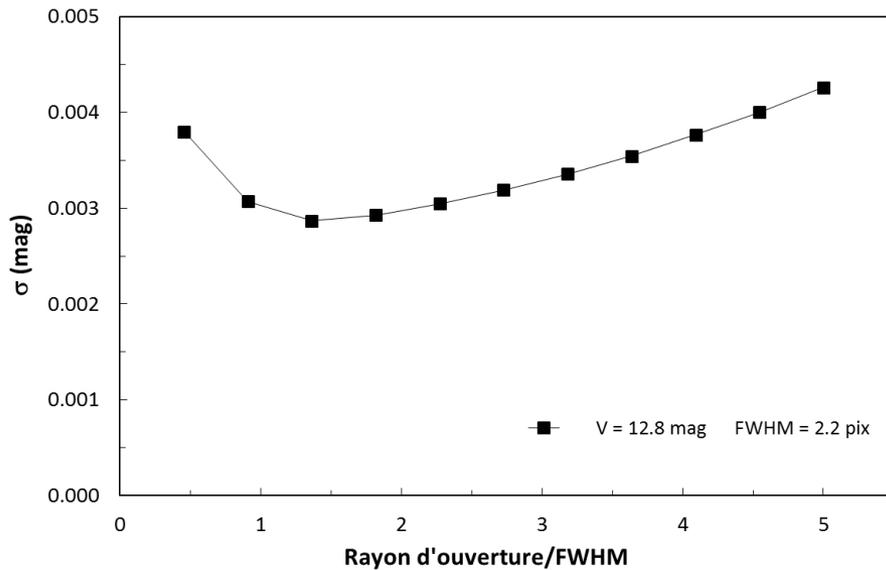
(107) Camilla (V = 12.8 mag) et deux autres étoiles du champ de l'astéroïde

Rapport signal sur bruit (S/N)



- S/N varie avec le rayon d'ouverture (r_1)
- S/N est maximum pour de petits disques internes
- Le disque optimal dépend de la luminosité de la source

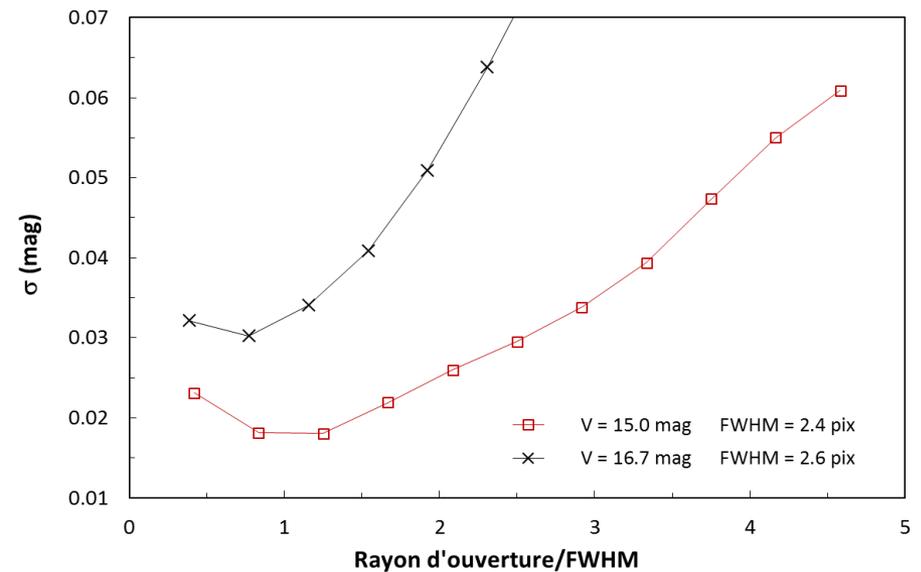
Incertitude (σ) sur la magnitude



$V = 12.8$ mag

$V = 15.0$ mag

$V = 16.7$ mag



$r_1 \sim 1.4 \cdot \text{FWHM}$

$r_1 \sim 1.0 \cdot \text{FWHM}$

$r_1 \sim 0.8 \cdot \text{FWHM}$

Estimation du fond de ciel

$$\frac{S}{N} \propto \left(1 + \frac{n_{\text{pix}}}{n_B}\right)^{-\frac{1}{2}}$$



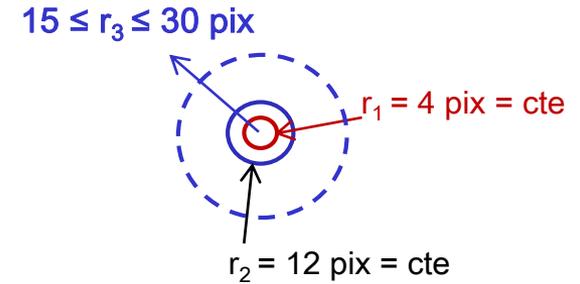
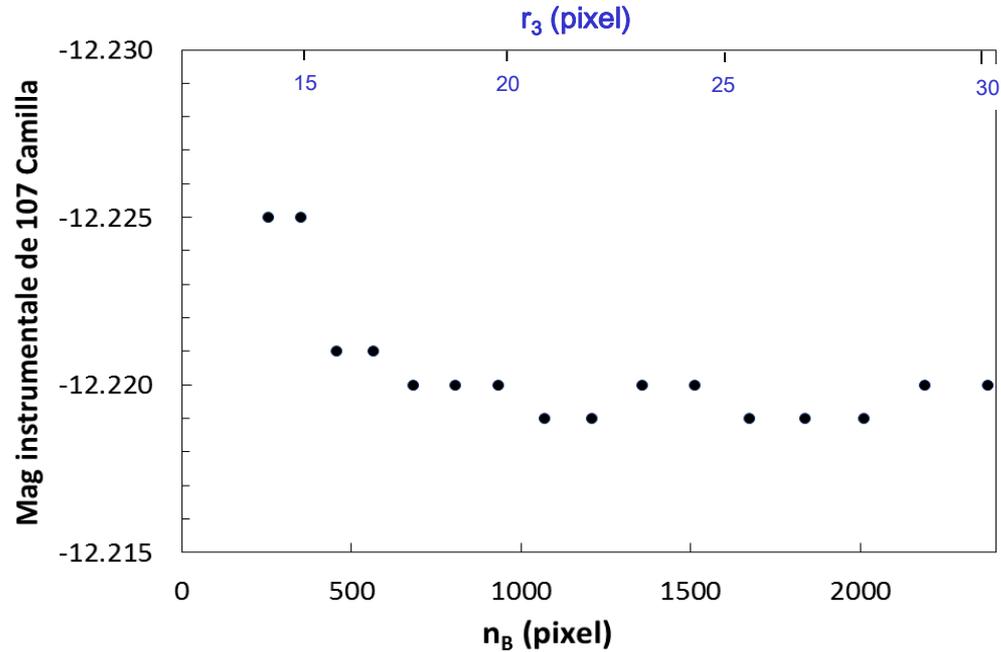
S/N croît quand n_B augmente



**Privilégier un anneau de
grande dimension...**
sans inclure
d'objets parasites !

Magnitude vs taille de l'anneau

Un exemple



Avec $r_3 = 30 \text{ pix}$, et comme $\text{FWHM} = 2.2 \text{ pix}$,

$$r_2 \sim 6 \cdot \text{FWHM} \quad \text{et} \quad r_3 \sim 15 \cdot \text{FWHM}$$

Quelques lignes directrices

- La photométrie d'ouverture est bien adaptée aux **étoiles isolées**
- La valeur optimale du disque interne (r_1) dépend de la magnitude de la source
- La précision photométrique est maximale pour de **petites ouvertures** ($r_1 \sim 1 \cdot \text{FWHM}$)
- Un disque interne de ~ 1.8 à $2 \cdot \text{FWHM}$ est plus tolérant aux fortes variations du profil stellaire (seeing, suivi, focalisation, aberrations optiques... sinon, opter pour des disques « adaptatifs », i.e. elliptiques, fonction de la FWHM de chaque objet et de chaque image)

- Un anneau de **grande dimension** améliore l'estimation du fond de ciel et la précision photométrique
- La zone de mesure du fond de ciel doit être **exempte d'étoiles ou d'objets parasites** (mesure d'une valeur médiane ou basée sur un algorithme σ - κ , pour rejeter les cosmiques, pixels chauds, étoiles faibles...)

Références

S. B. Howell, 1989, PASP 101, 616

W. J. Merline & S. B. Howell, 1995, Exp. Astron. 6, 163