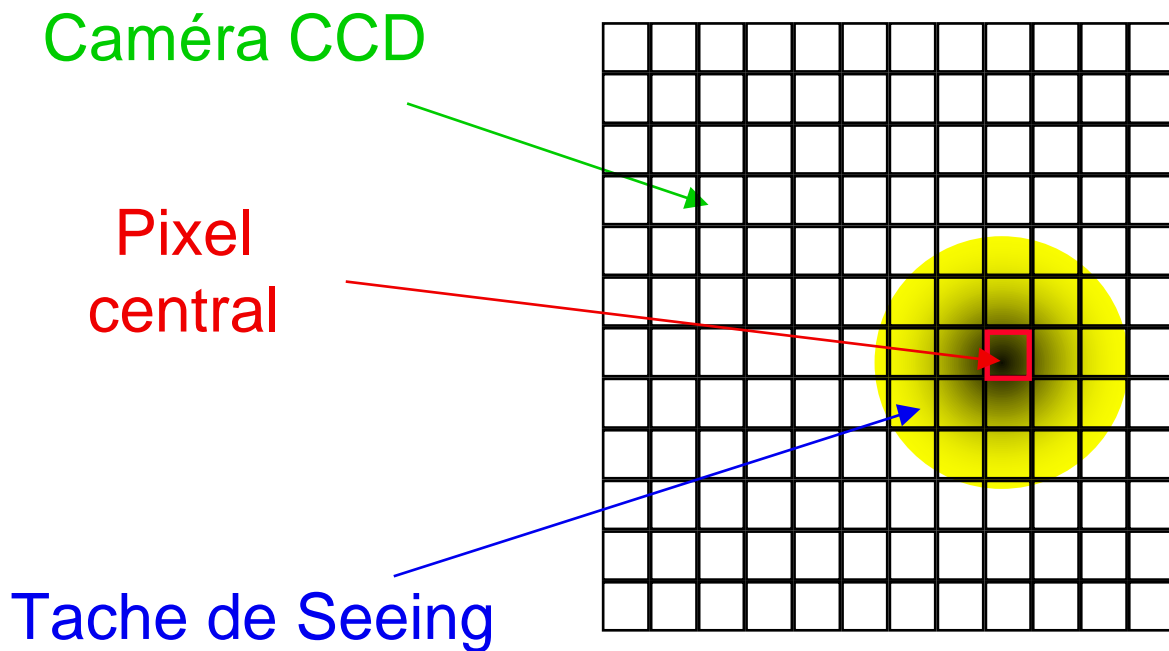


Méthode des pixels

Jean Kaplan

Suivi des pixels



$$\text{Pixel} = A(t) F_{\text{seeing}} \text{ étoile} + \text{Fond}$$

$$\text{Pixel} = (A(t) - 1) F_{\text{seeing}} \text{ étoile}$$

Un événement peut être détecté si

$$\text{Pixel} > Q$$

Alignement géométrique

Sur deux images successives, un pixel donné ne pointe jamais vers la même partie du ciel.

Procédure d'alignement:

- Chercher des étoiles communes à l'image courante et à l'image de référence
- Évaluer le déplacement (la matrice de Turner) , à l'aide de ces étoiles
- Interpoler linéairement l'image courante pour faire coïncider ses pixels avec ceux de l'image de référence sur le ciel

Il est très important que la **taille du pixel** soit **petite** comparée à celle du **seeing** pour éviter une dégradation de l'image au cours du processus.

AGAPE: seeing moyen : 1.6", pixel size : 0.3"

On arrive à aligner les images entre elles à mieux que 0.1"

Alignement Photométrique

Deux images ne sont jamais prises dans les mêmes conditions photométriques : absorption atmosphérique, luminosité du ciel nocturne, lune ...

La correction suppose

$$\text{référence pixel} = a \text{ courant} + b$$

D'habitude a et b sont évalués en comparant les flux des étoiles résolues d'une image à l'autre.

Mais peu d'étoiles résolues => peu de précision

On peut aussi évaluer a et b statistiquement en comparant les variances et les valeurs moyennes des deux images.

$$\begin{aligned} \text{référence pixel} &= a \text{ courant pixel} \\ \langle \text{référence pixel} \rangle &= a \langle \text{courant pixel} \rangle + b \end{aligned}$$

Et en corrigeant ainsi

$$\text{corrigé pixel} = a \text{ courant} + b$$

Cela fonctionne bien sur M31 car le fort gradient de luminosité domine sur les autres sources de variance

Gradient résiduel

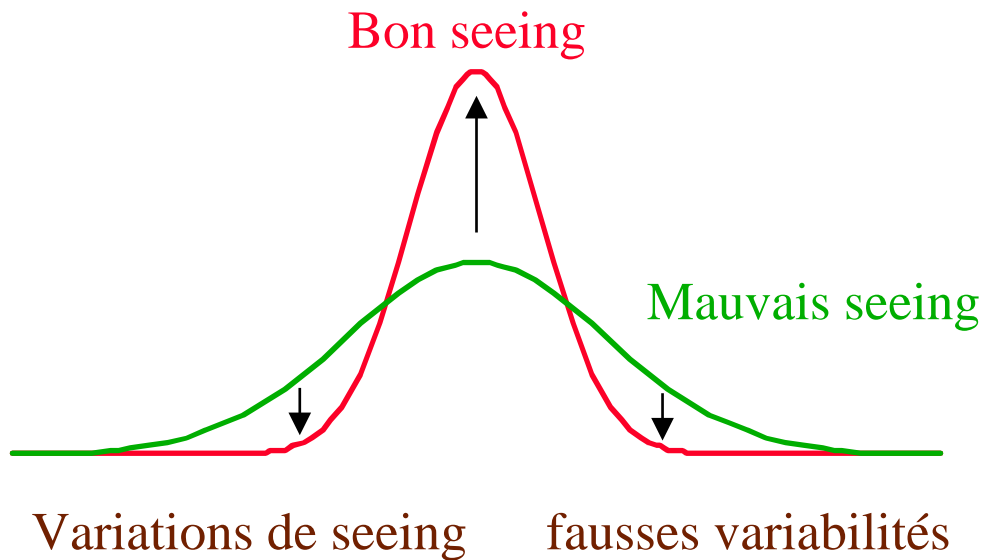
Il reste un faible gradient dans la différence entre images alignées, probablement dû à des réflexions dans l'optique

On corrige ce gradient en filtrant les grandes échelles spatiales :

Pour chaque image on construit une image médian en utilisant une fenêtre glissante de 41x41 pixels, et on la soustrait. Ainsi on supprime efficacement toutes les variations spatiales à des échelles < 40 pixels

Ce médian initialement prévu pour éliminer des lumières parasites se révèle très utile pour corriger les variations de seeing.

Le problème du seeing



Traitement

- 1) Utilisation de superpixels grands comparés au $\langle \text{seeing} \rangle$ mais pas trop pour éviter de diluer le signal
Par exemple des superpixels $7 \times 7 \sim 2.1'' \times 2.1''$
- 2) Une correction empirique, qu'on va exposer

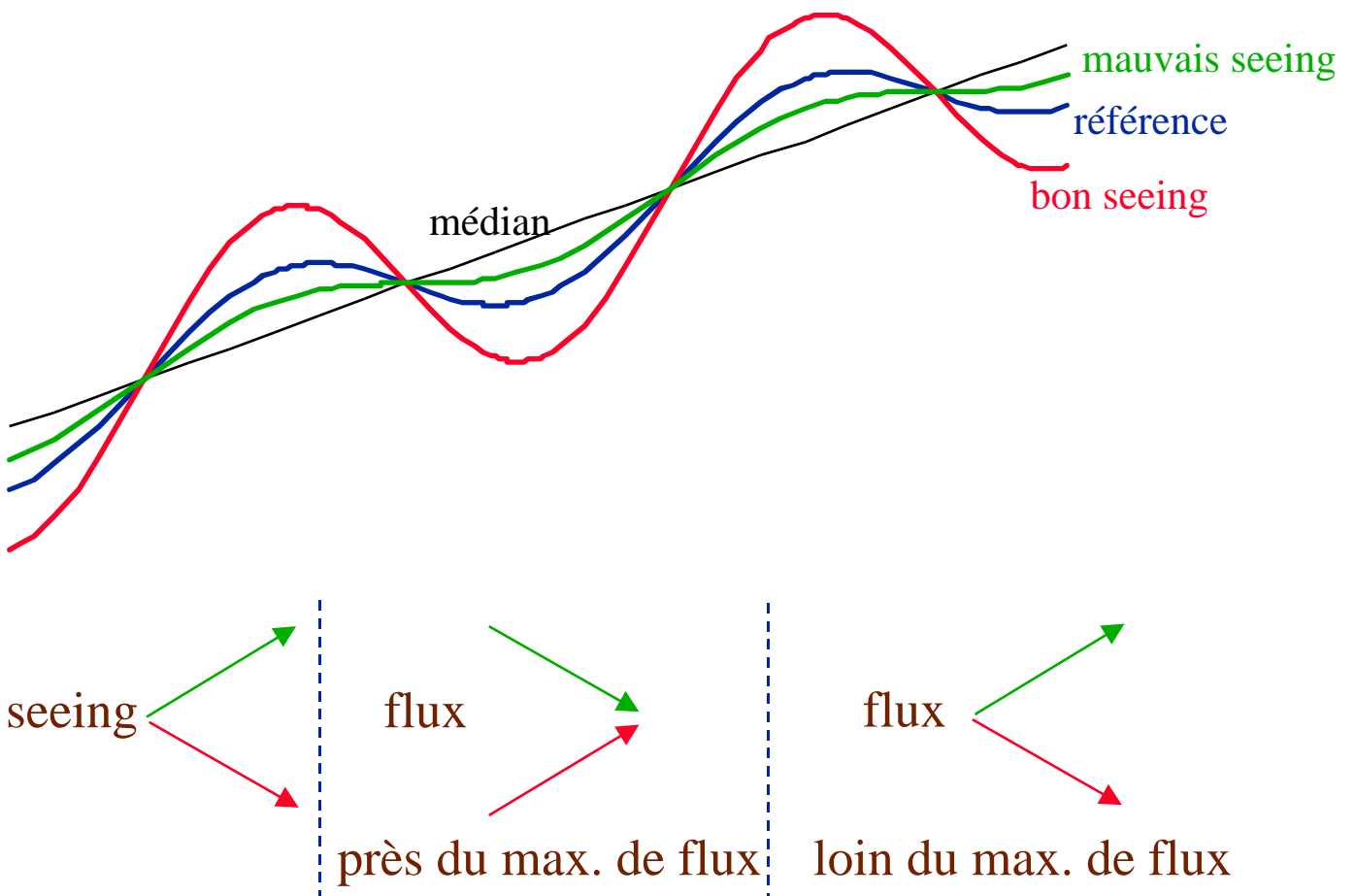
Stabilisation de seeing

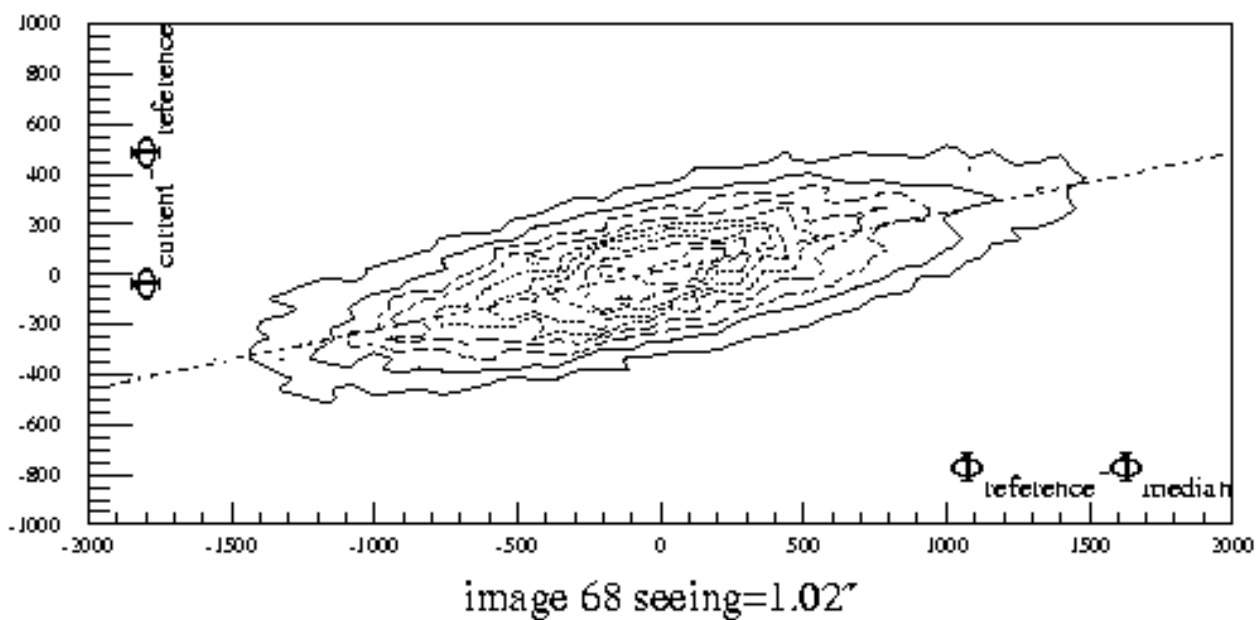
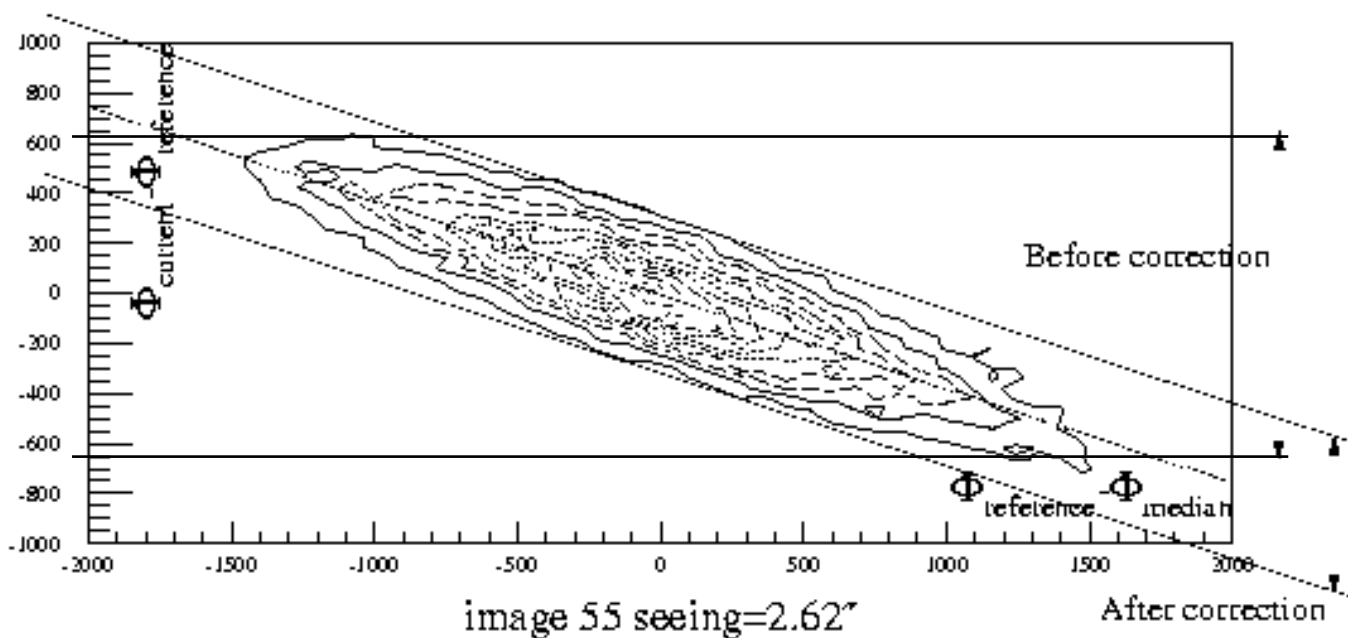
Corrélation linéaire empirique (transparent) :

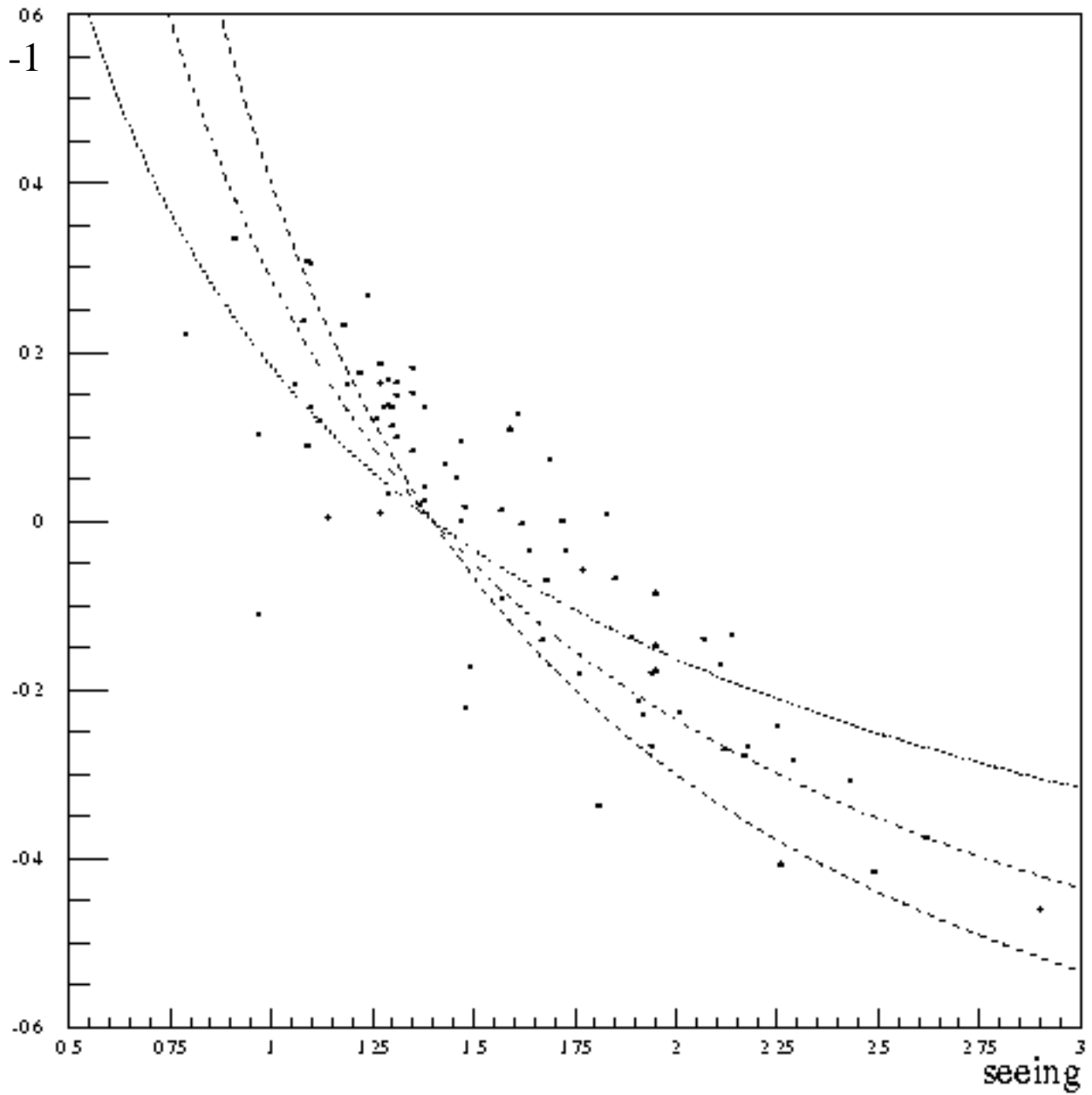
$$\text{Courante Pixel} - \text{Médian Pixel} \left(\text{Référence Pixel} - \text{Median Pixel} \right) +$$

où est corrélé au seeing. (transparent)

Le médian semble séparer des régions de comportements opposés en fonction du seeing:







Interprétation

Pour un seeing donné, seule une fraction f_{seeing} du flux de l'étoile pénètre dans un pixel.

Plus le seeing est petit, plus cette fraction est grande.

f_{seeing} dépend de la position du centre de l'étoile par rapport au pixel.

On peut considérer que

$$= \left\langle \frac{f_{\text{seeing courante}}}{f_{\text{seeing référence}}} \right\rangle_{\text{images}}$$

Seeing_{current} > seeing_{référence} \longrightarrow > 1

Seeing_{current} < seeing_{référence} \longrightarrow < 1

Modélisation

Plus le seeing est mauvais moins les étoiles ressortent

On s'attend à ce que $\frac{\text{image pixel} - \text{median pixel}}{\text{image pixel} - \text{median pixel}}$ décroisse avec le seeing.

En supposant une décroissance en loi de puissance:

$$\frac{\text{Image pixel} - \text{médian pixel}}{\text{Image pixel} - \text{médian pixel}} = \frac{1}{\text{seeing}}$$

on aboutit à une corrélation linéaire :

$$\frac{\text{Courant pixel} - \text{médian pixel}}{\text{Courant pixel} - \text{médian pixel}} = \frac{\text{seeing}_{\text{ref}}}{\text{seeing}_{\text{cur}}} \left(\frac{\text{ref pixel} - \text{median pixel}}{\text{ref pixel} - \text{median pixel}} \right)$$

et à la relation entre et le seeing :

$$= \frac{\text{seeing}_{\text{reference}}}{\text{seeing}_{\text{current}}}$$

La corrélation entre et le seeing est bien décrite avec 0.75

La procédure de stabilisation du seeing

- On détermine σ pour l'image courante
- On veut une image courante aussi proche que possible de l'image de référence

On remplace le flux sur l'image de référence par le flux sur l'image stabilisée dans la relation linéaire et on l'inverse :

$$\text{stabilisé pixel} = \frac{\text{courant. pixel} + (\sigma - 1) \text{ médian pixel}}{\sigma}$$

Cette stabilisation est extrêmement efficace (Transparent)
Et réduit considérablement les barres d'erreurs.

La distribution de

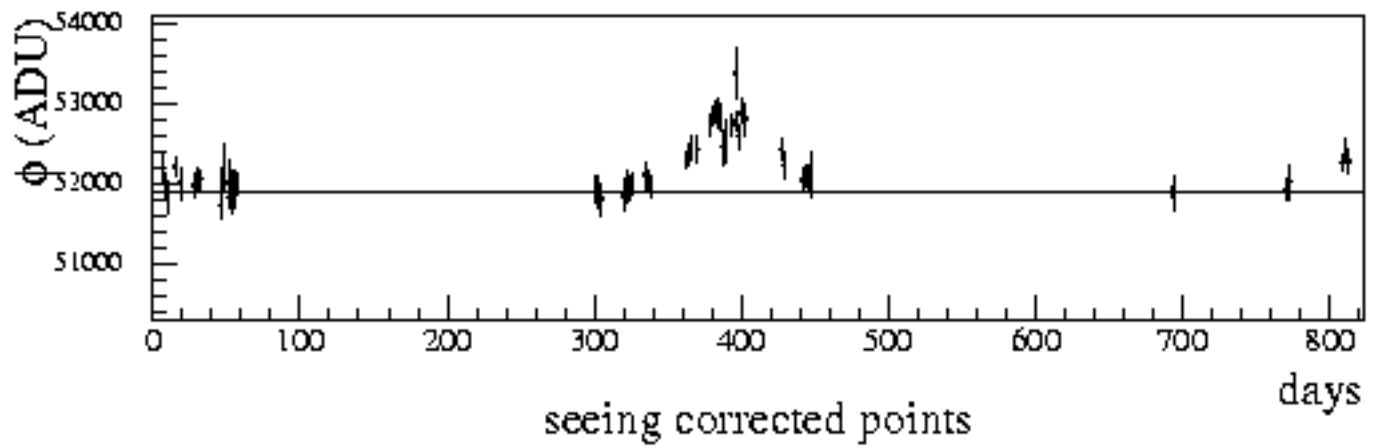
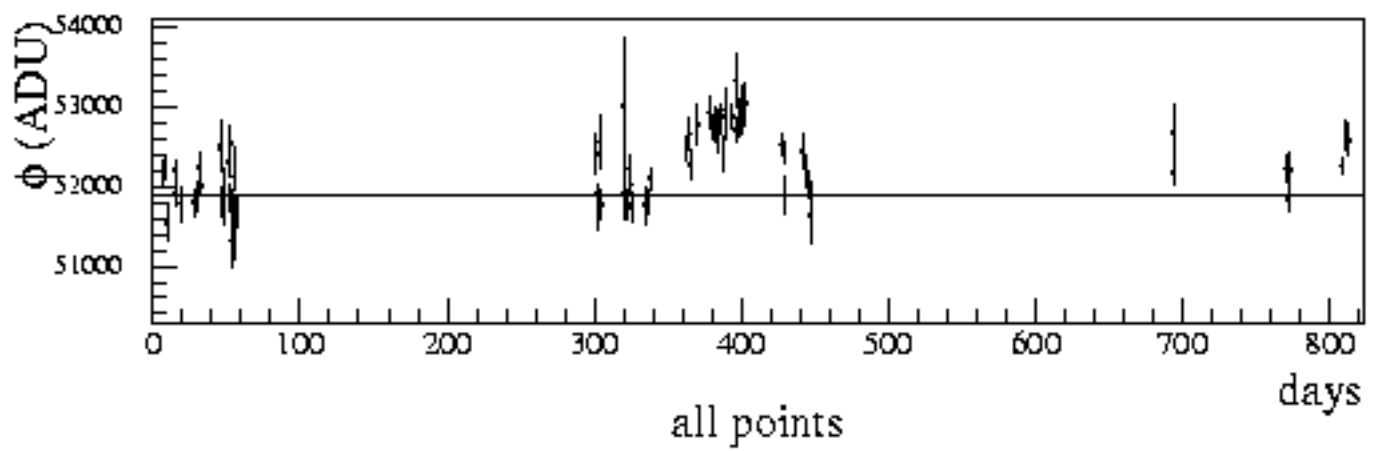
$$\frac{\text{pixel} - \langle \text{pixel} \rangle}{\text{bruit photons}}$$

est approximativement gaussienne.

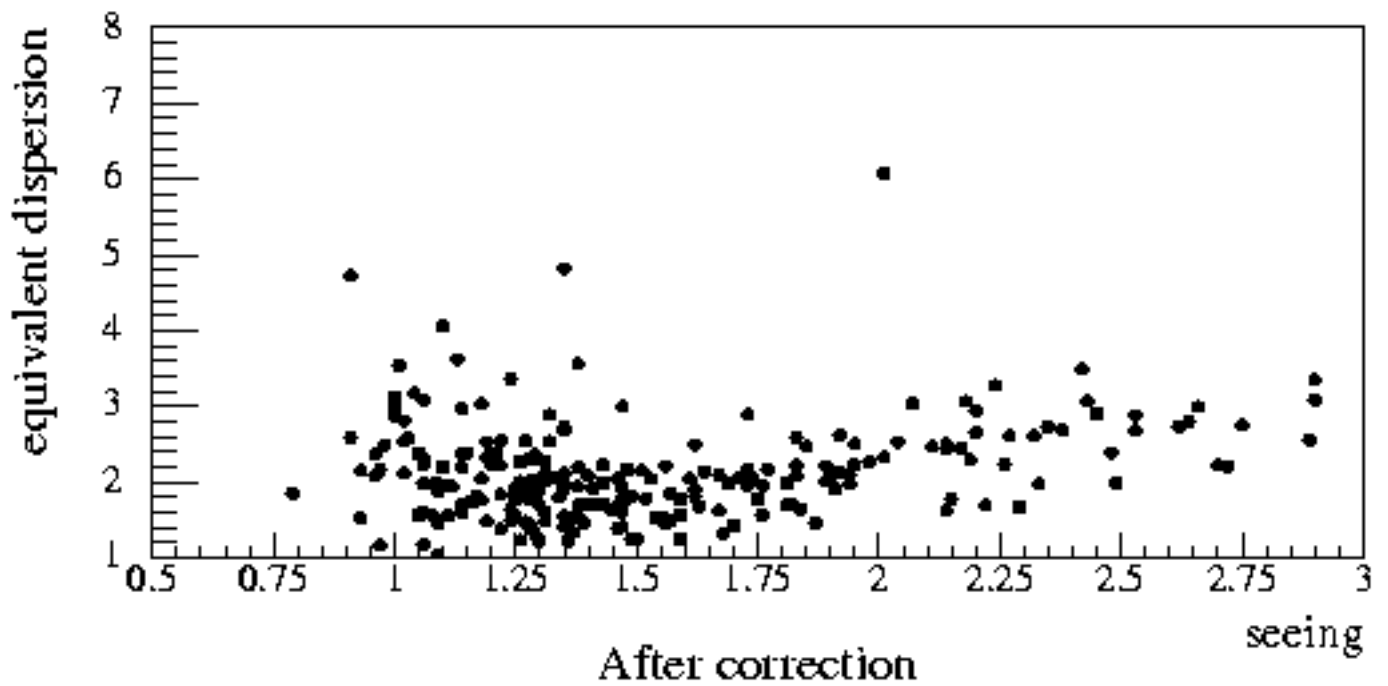
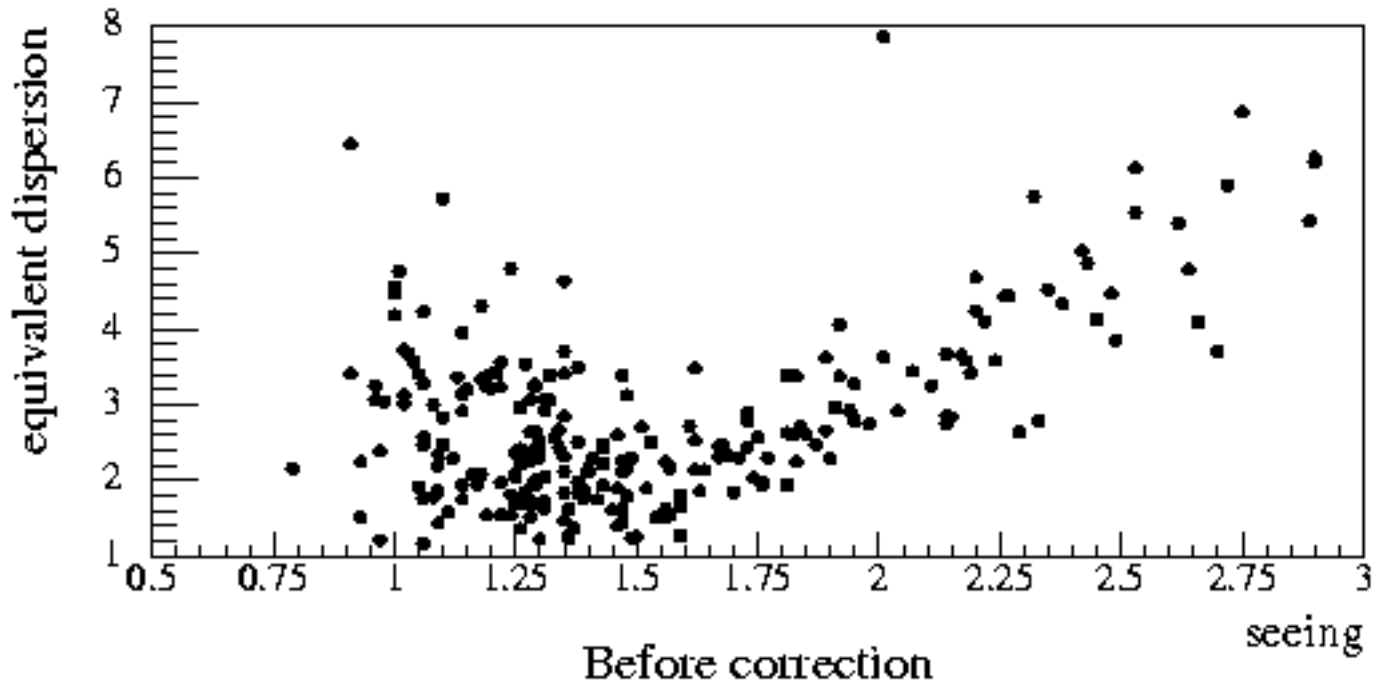
sa dispersion est en général > 1

La stabilisation de seeing réduit fortement (« dispersion équivalente ») (transparent)

A field - spx 7x7 (400,387) - R filter



Correlation between equivalent dispersion and seeing



Évaluation des erreurs un problème pendant

- Les erreurs doivent inclure :

Le bruit de photons

L'erreur introduite par la correction de seeing :

Les erreurs sur σ et μ qui se propagent

(Stéphane)

Le bruit dû à toutes les autres sources, en particulier aux variations non détectées

Pour cela on utilise la dispersion équivalente :

$$\sigma_{\text{effective}}^2 = \sigma_{\text{photons}}^2$$

qui devrait inclure aussi l'erreur due à la correction de seeing.

- Le problème pendant : Définir un ensemble de courbes de lumières « stables » pour évaluer .
 - Différence faible entre **moyenne** et **minimum de la moyenne glissante** le long de la courbe de lumière (Yann et Sebastiano)
Définition de « faible » arbitraire
 - Pas de bosse détectée sur la courbe de lumière (Jean)
Problème circulaire