



# Stage de M2 (résumé)

Calibration du flux des Supernovae de type Ia (SNe Ia)

Expérience StarDICE

**superviseur** : Marc Betoule

François Hazenberg



# Le diagramme de Hubble des SNe Ia

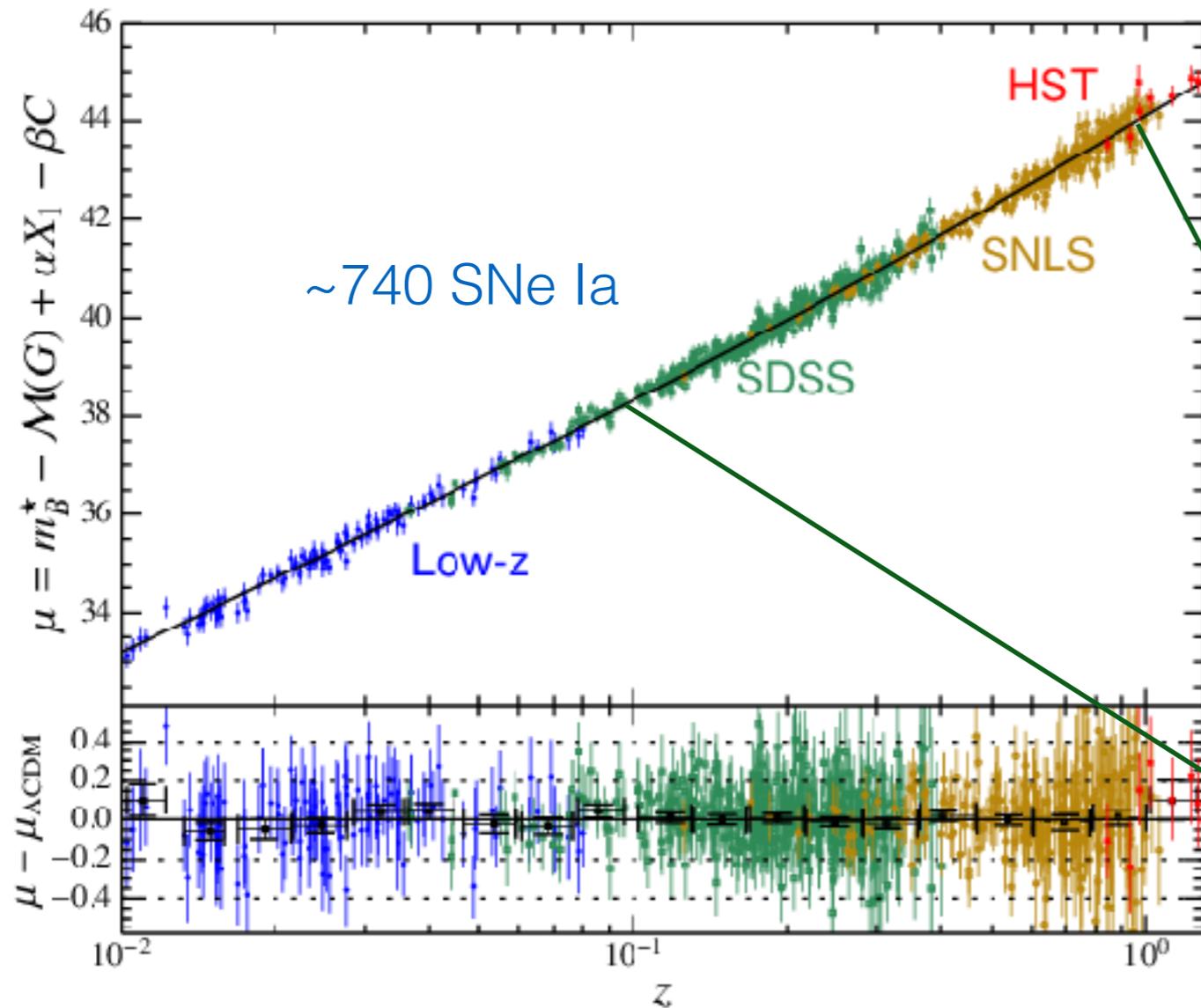


Diagramme de Hubble des SNe Ia de JLA,  
source: Betoule et al. (2014)

$$w = -1.018 \pm 0.057$$

(stat + sys)

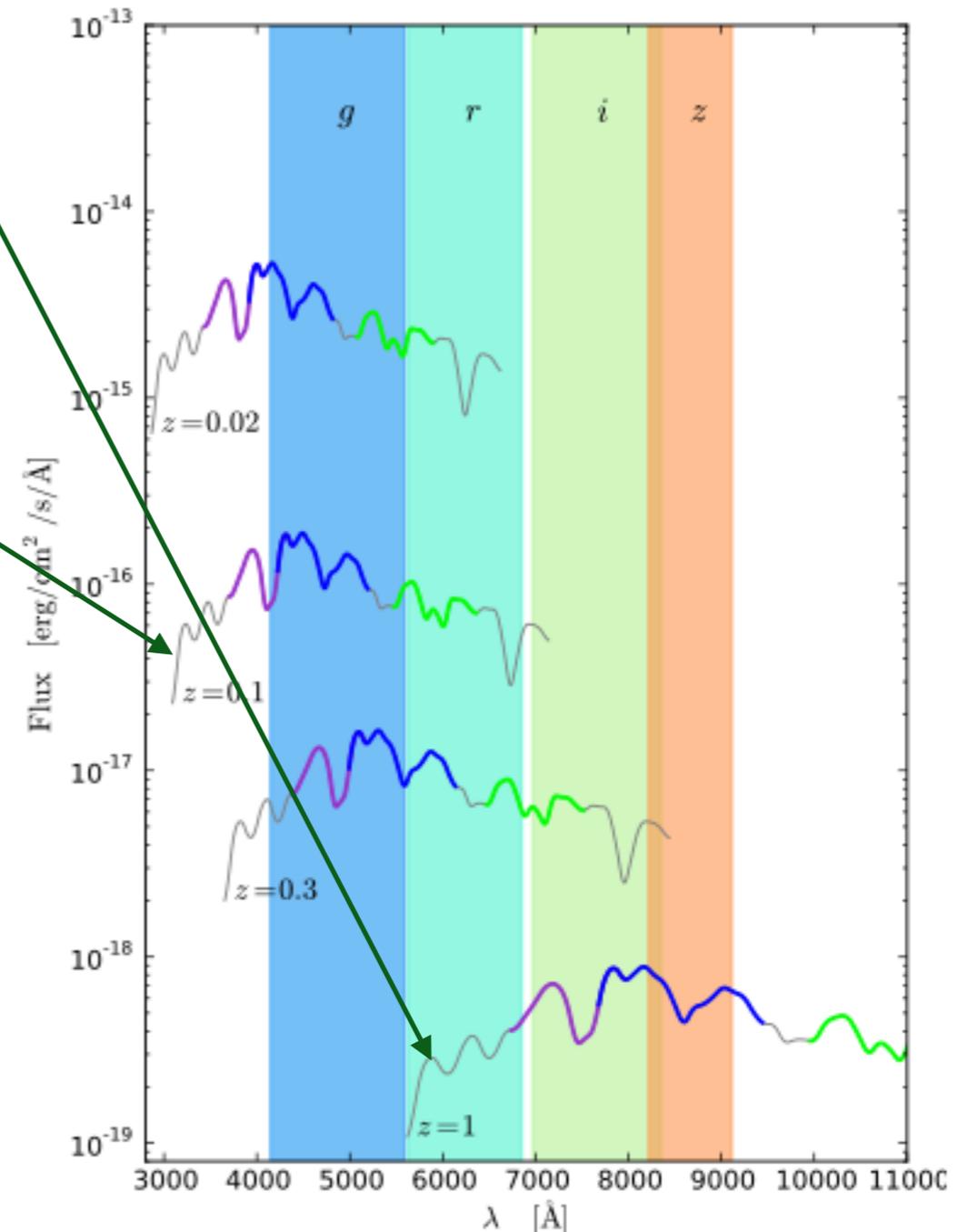
6%

**Meilleurs sondes pour le paramètre  
d'état  $w$**

Chandelles standards  
de la cosmologie

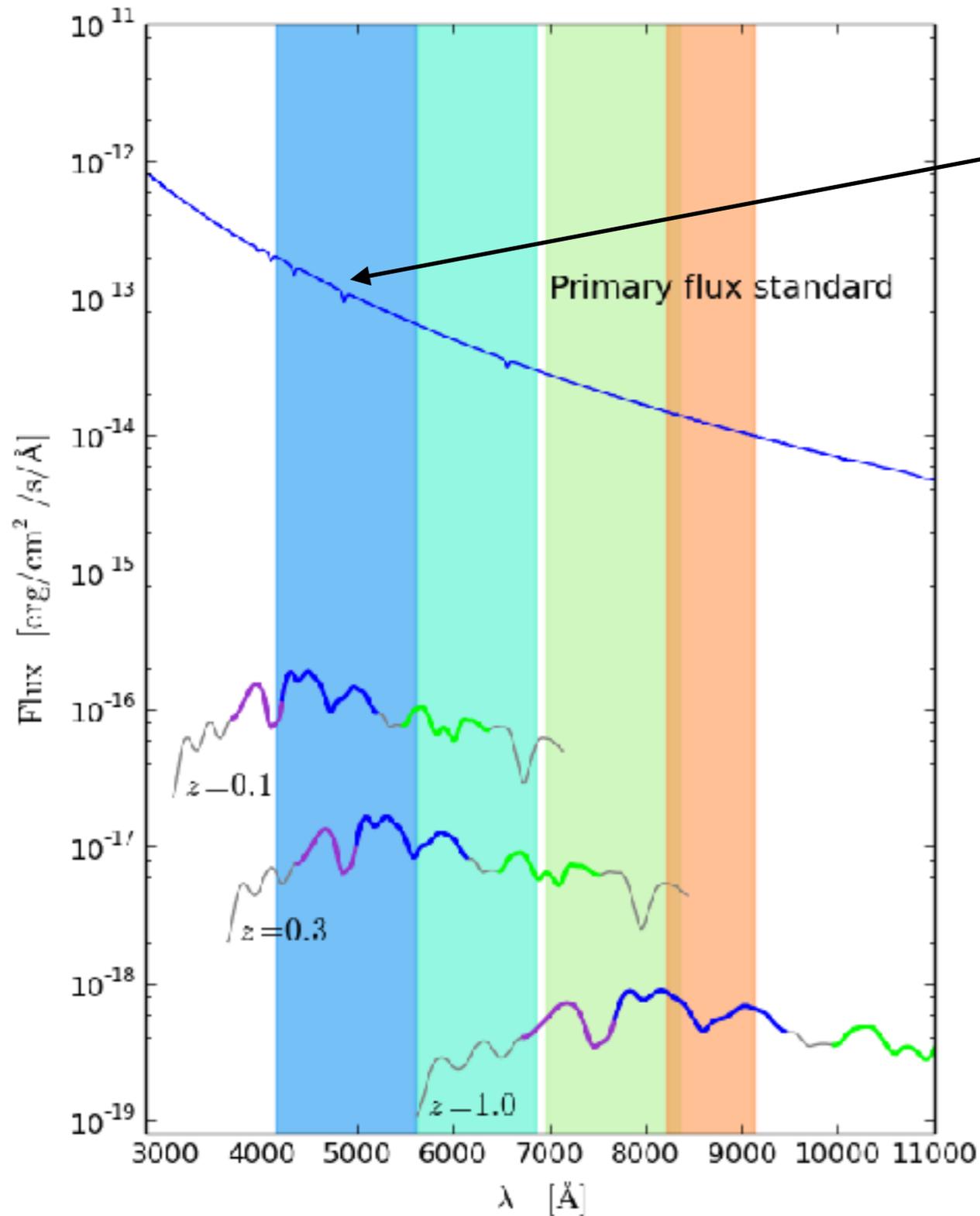


supernova

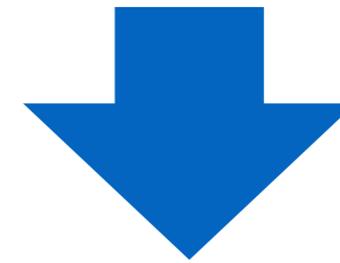


spectres de SNe Ia à différents  $z$

# Un problème de calibration



Standard de flux (naine blanche), calculé numériquement (résolution du transfert radiatif de son atmosphère)  
Incertitude sur le flux d'une bande à l'autre :  
5% → 3% sur  $w$

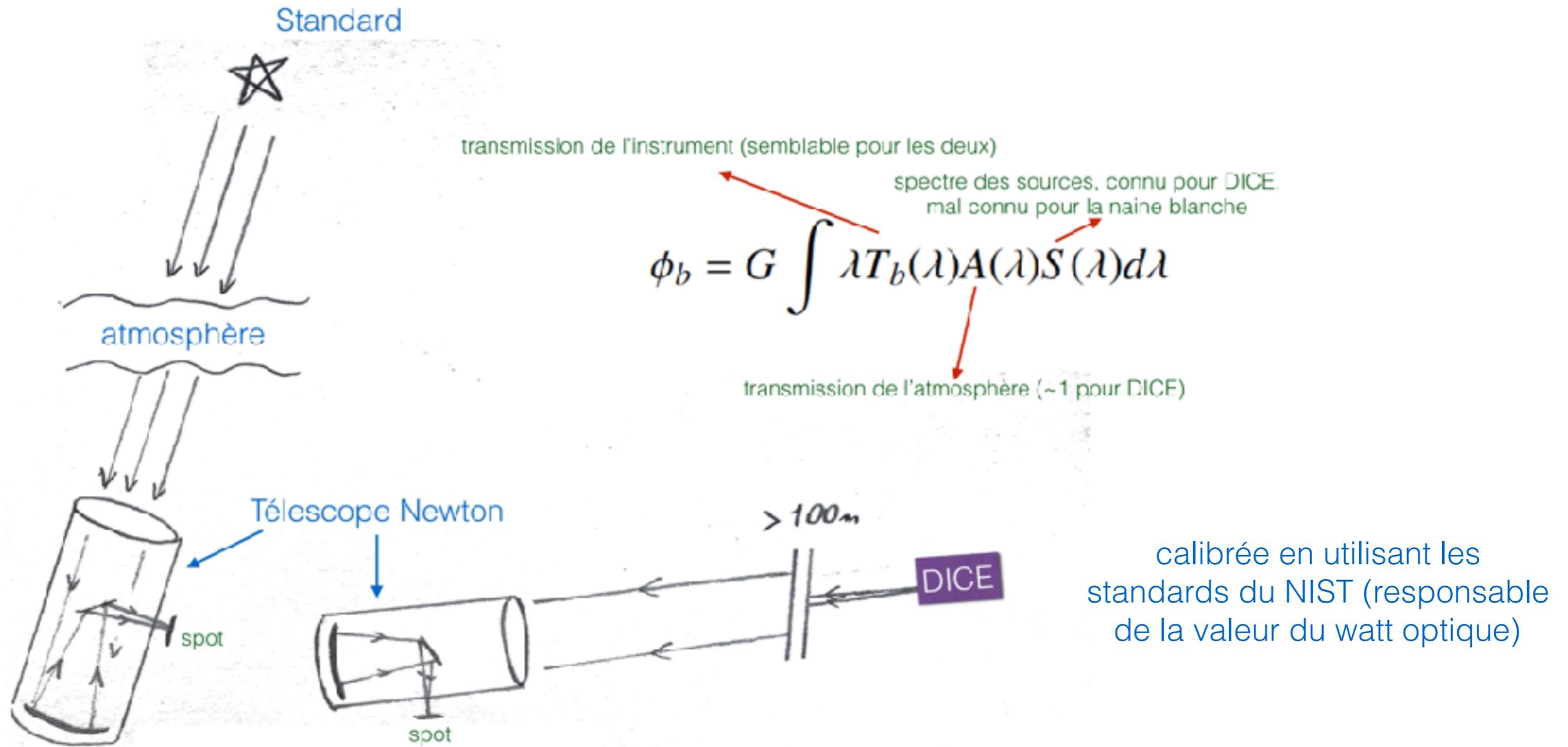


Réduire cette incertitude à 1% en utilisant des standards de flux de laboratoire

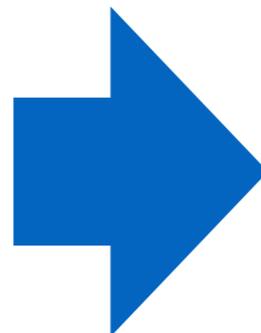


StarDICE

# Principe de l'expérience StarDICE

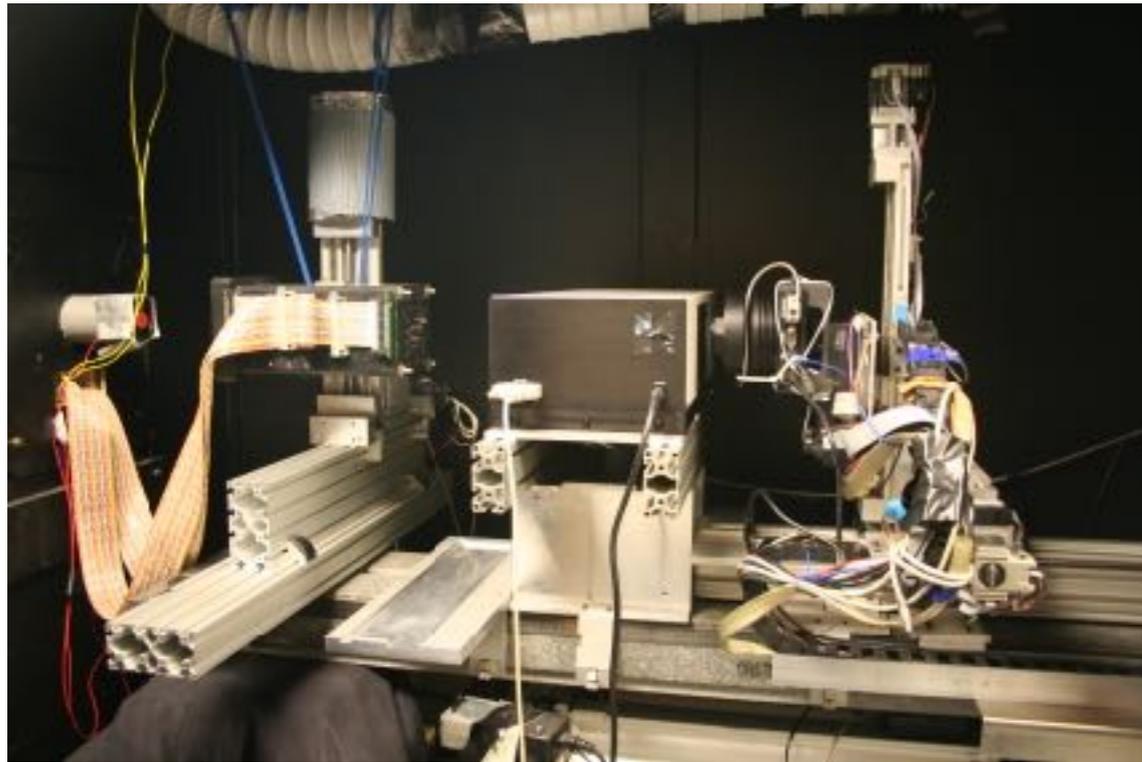


Vérifier la viabilité de l'expérience



- Caractériser la transmission du détecteur
- Analyse des données prises sur site

# Analyse de données pour la caractérisation de la caméra

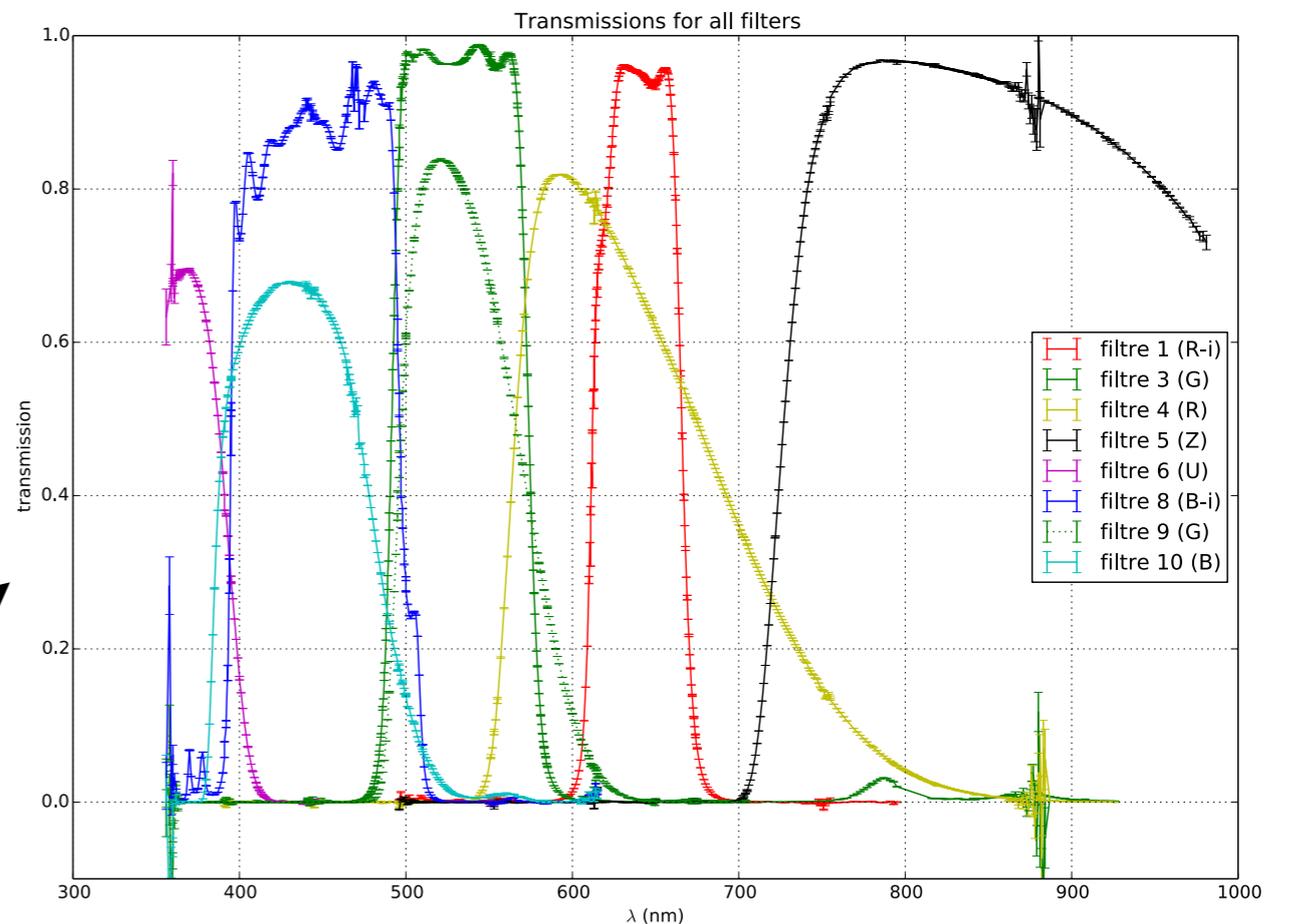


Banc optique de tests

Gain = 2.6 e-/ADU — Stabilité = 0.2 %

## Caractérisation sur banc:

- Lecture (niveaux du biais et bruit)
- Courant d'obscurité
- Gain (valeur et stabilité)
- Efficacité quantique
- Transmission des filtres



# Campagne à l'Observatoire de Haute Provence

Fenêtre donnant sur les appareils de contrôle



250m plus loin



Tête de LED pointant le télescope

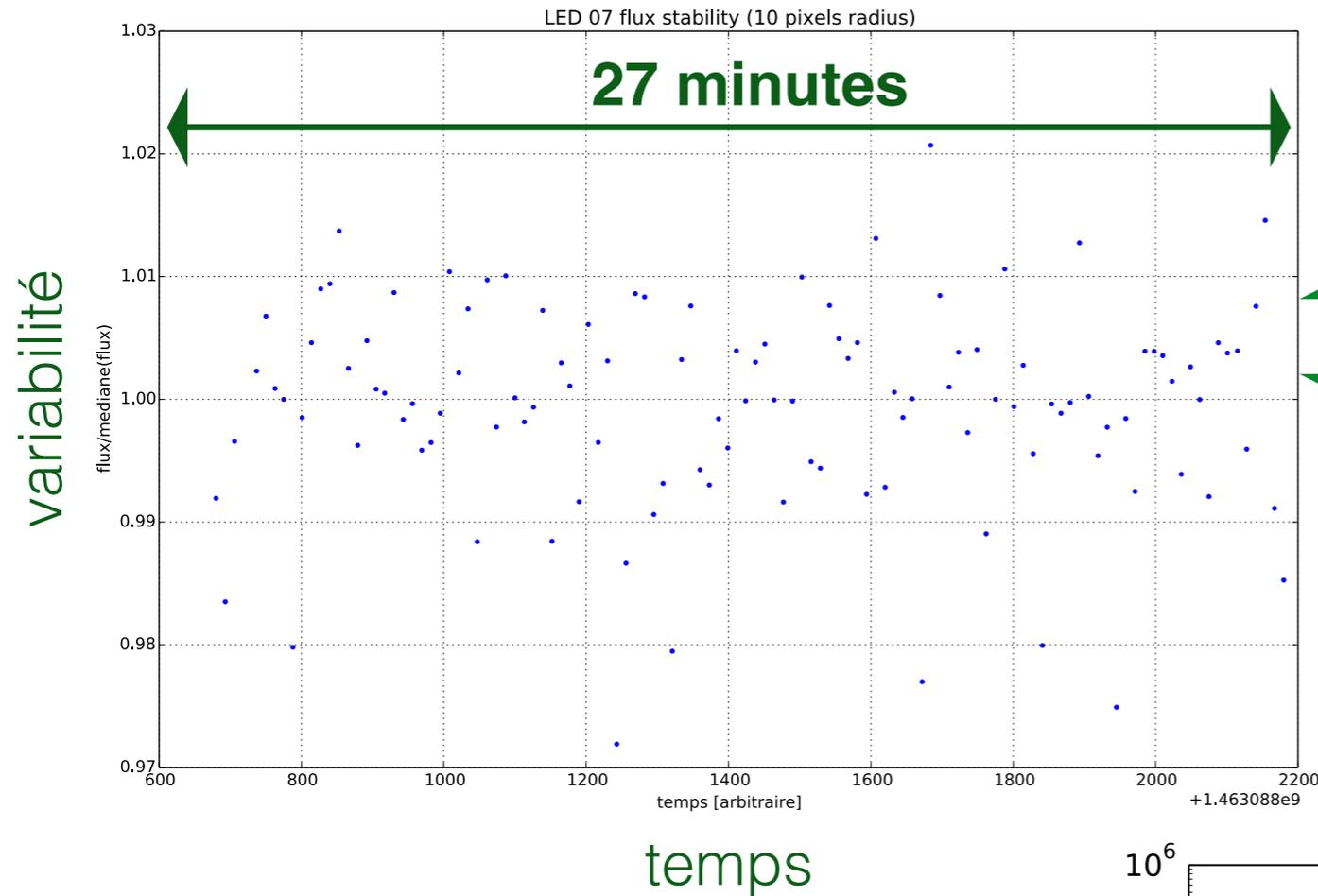


OHP first light from a LED

Observations: Séries (~100 images) de:

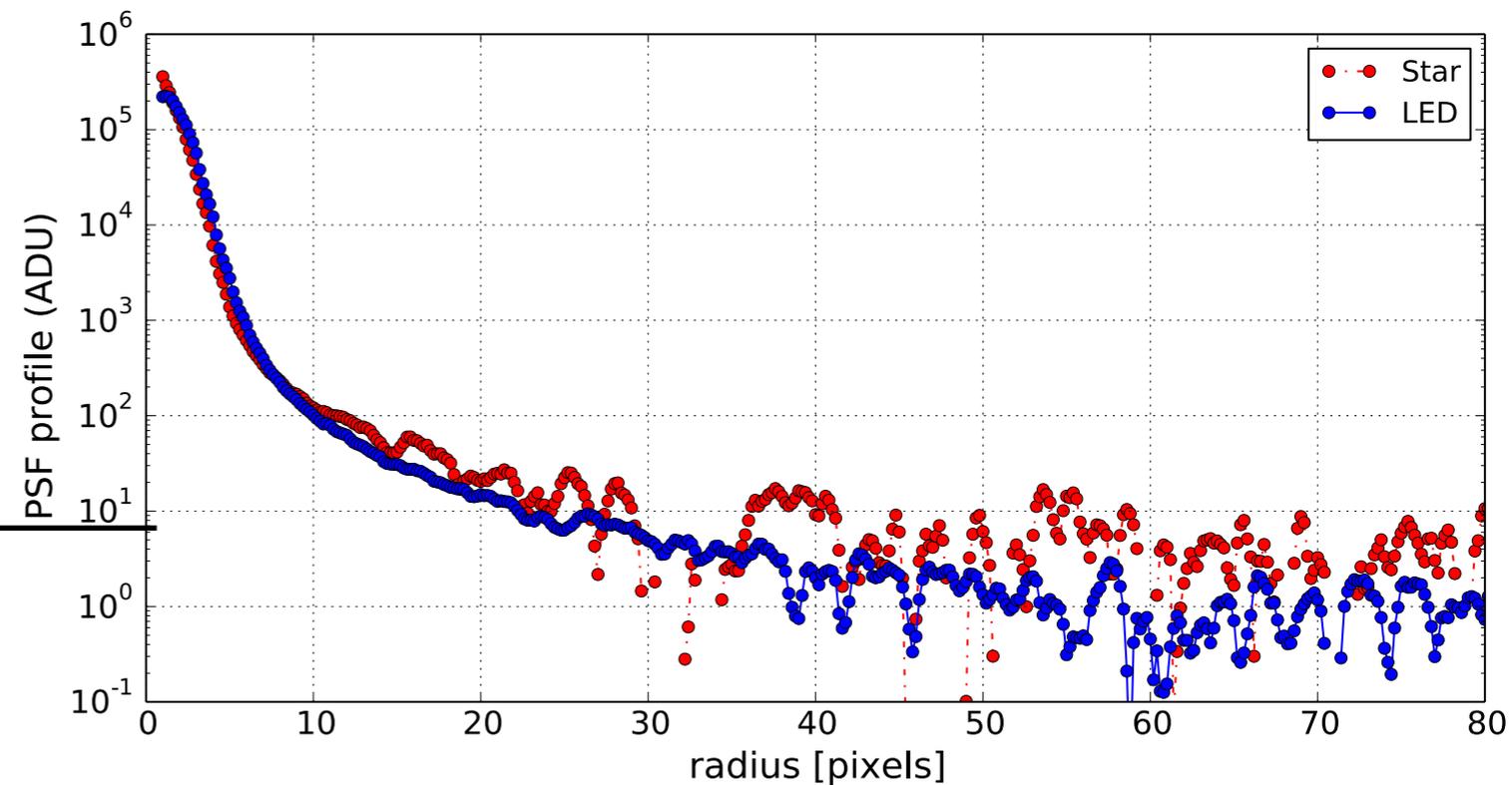
- Une LED verte dans le filtre vert
- Une LED bleue dans le filtre bleu
- 19 Ursa Minor dans le filtre vert

# Analyse des données prises sur site



$\sigma = 7\%$   
→ Très bonne reproductibilité

Formes très similaires  
+  
PSF mesurée avec  
précision sur 5 ordres de  
grandeur en flux



Résultats présentés à la conférence LSST-France à Grenoble le 8 juin

# Conclusion

- Analyse des mesures d'un banc de test optique pour caractériser un détecteur CCD
- Vérification de la viabilité du setup de calibration
- Présentation de mes résultats à la conférence LSST-France à Grenoble

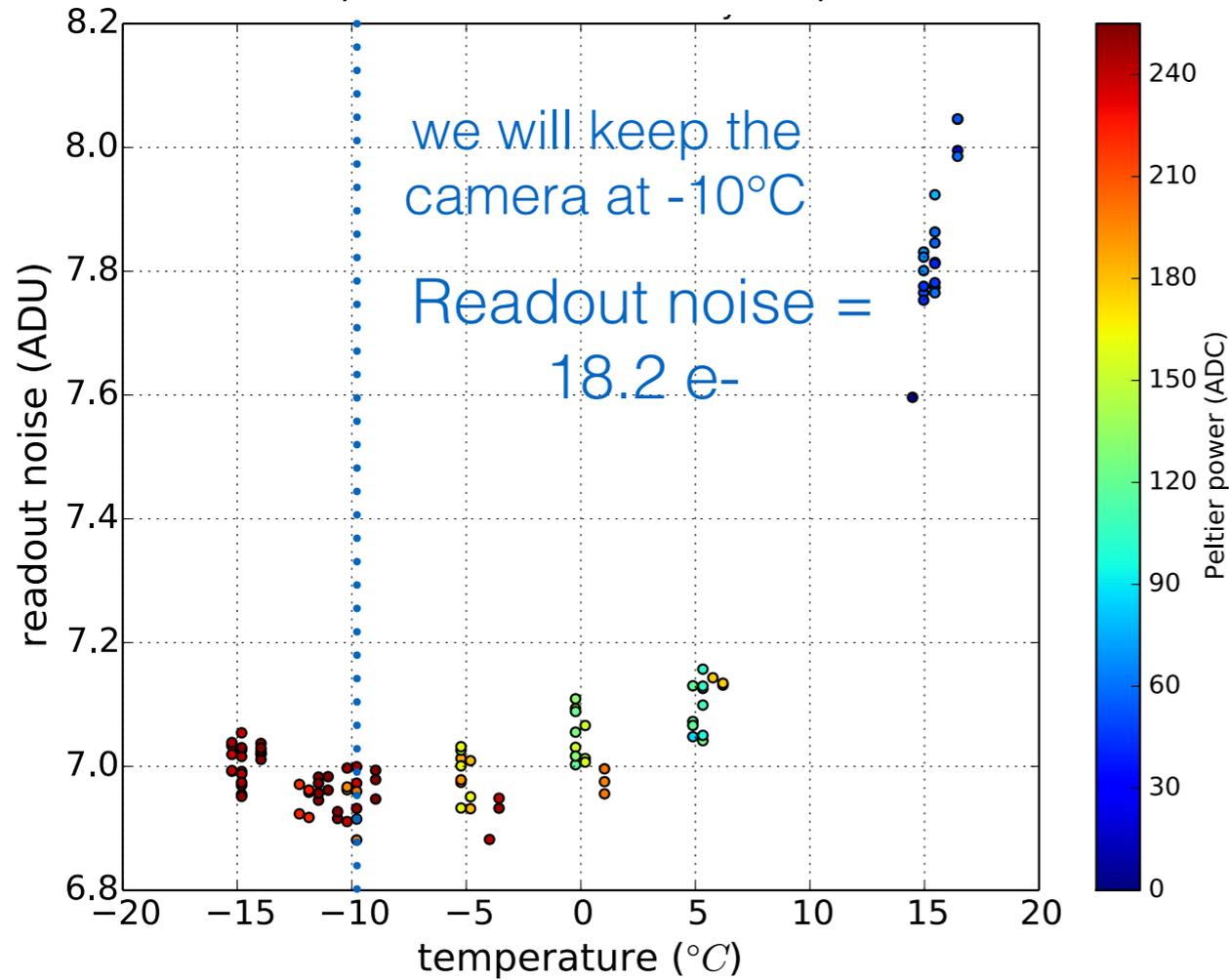
## Perspectives pour la thèse:

- installer le setup final
- mesurer les PSF à plusieurs longueurs d'onde
- mesurer les flux large bande des naines blanches
- étudier l'atmosphère au dessus du site
- relier la calibration de laboratoire aux flux des naines blanches
- estimer la nouvelle incertitude sur les flux des SNe Ia

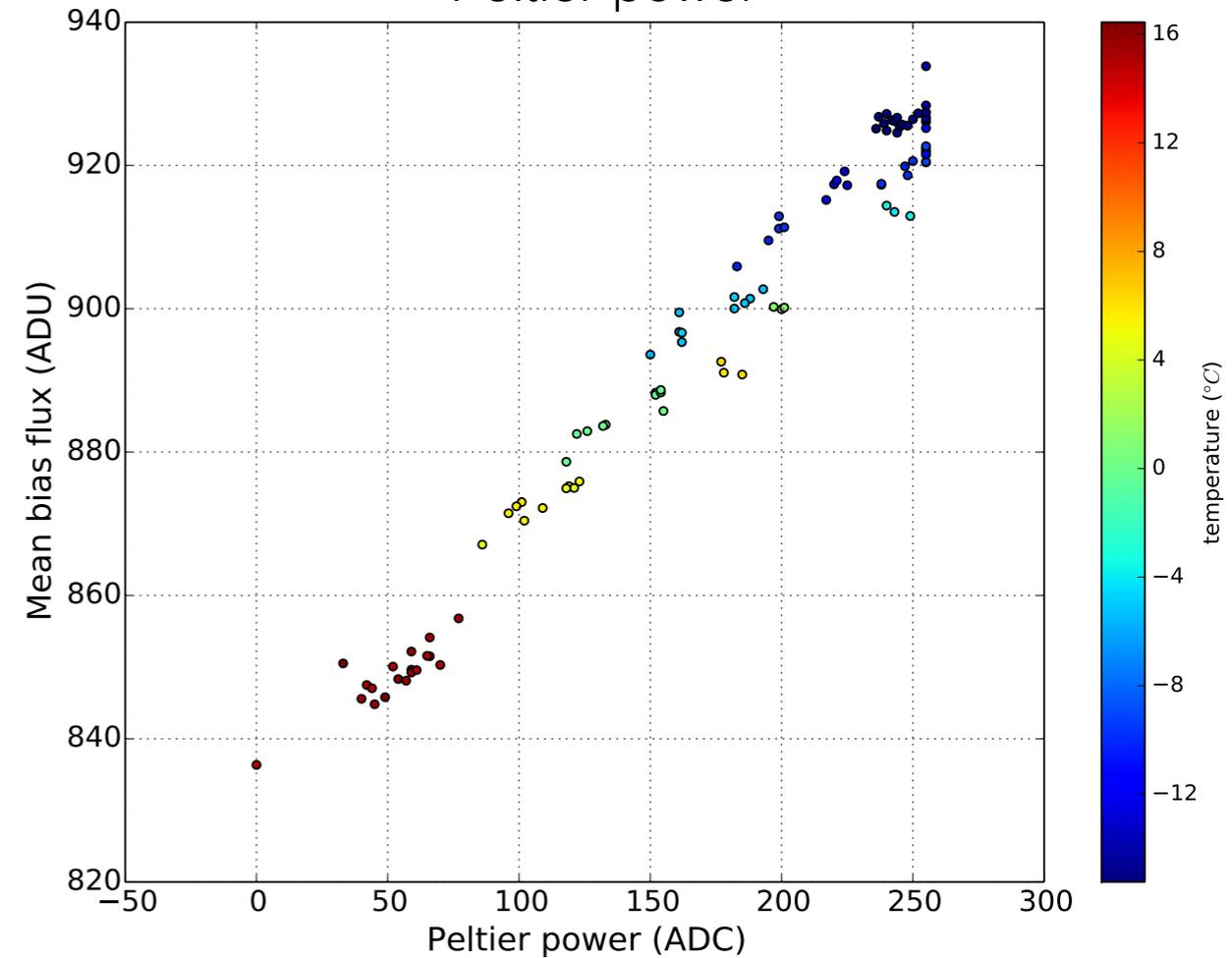
# Backup

# Niveaux de biais et bruit de l'électronique de lecture

Readout noise evolution with temperature and Peltier power



Bias evolution with temperature and Peltier power



Bruit de lecture varie avec la température



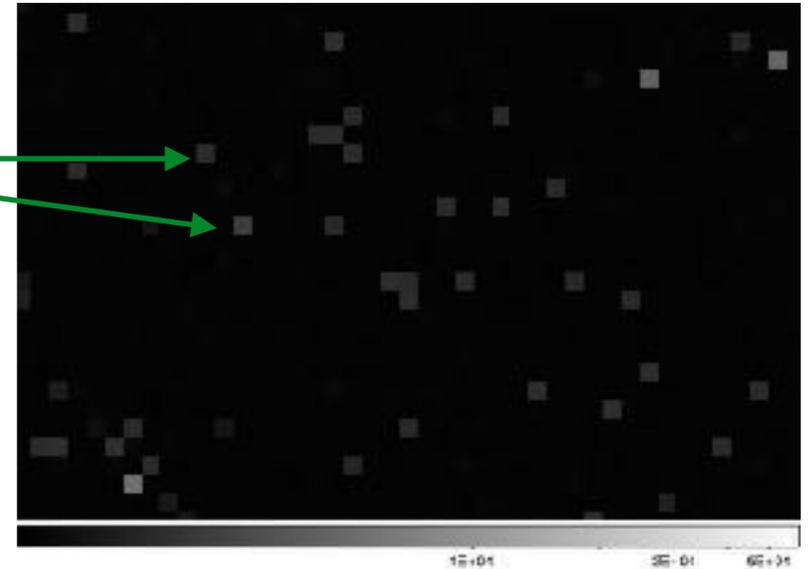
Température et puissance de refroidissement doivent être constants au cours d'une prise de mesures



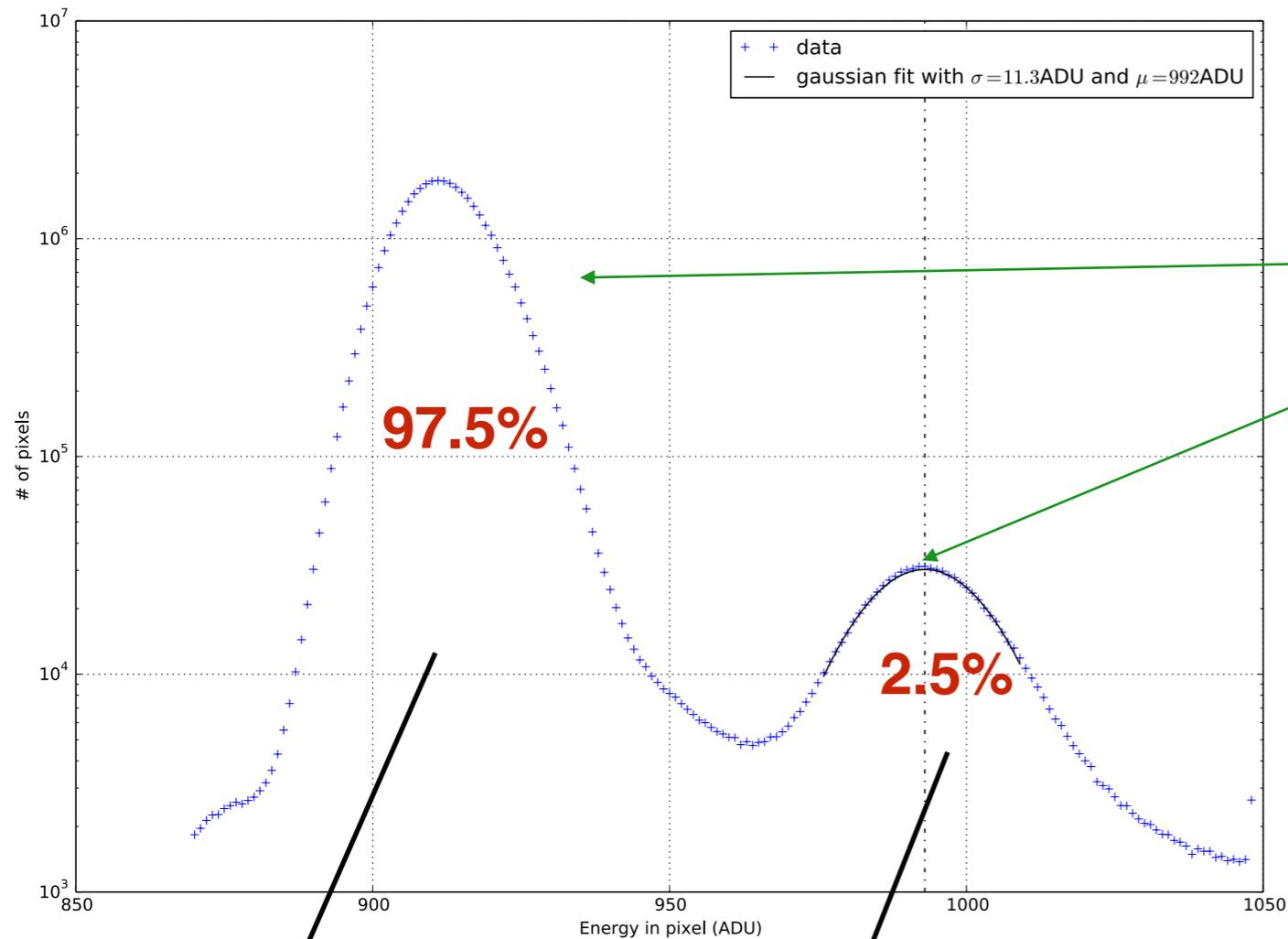
Niveau du biais varie avec la puissance fournie au Peltier

# Le courant d'obscurité à -10°C

pixels chauds



Histogramme des valeurs des pixels non-éclairés pendant 100 secondes



at -10°C: 0.04 e-/s

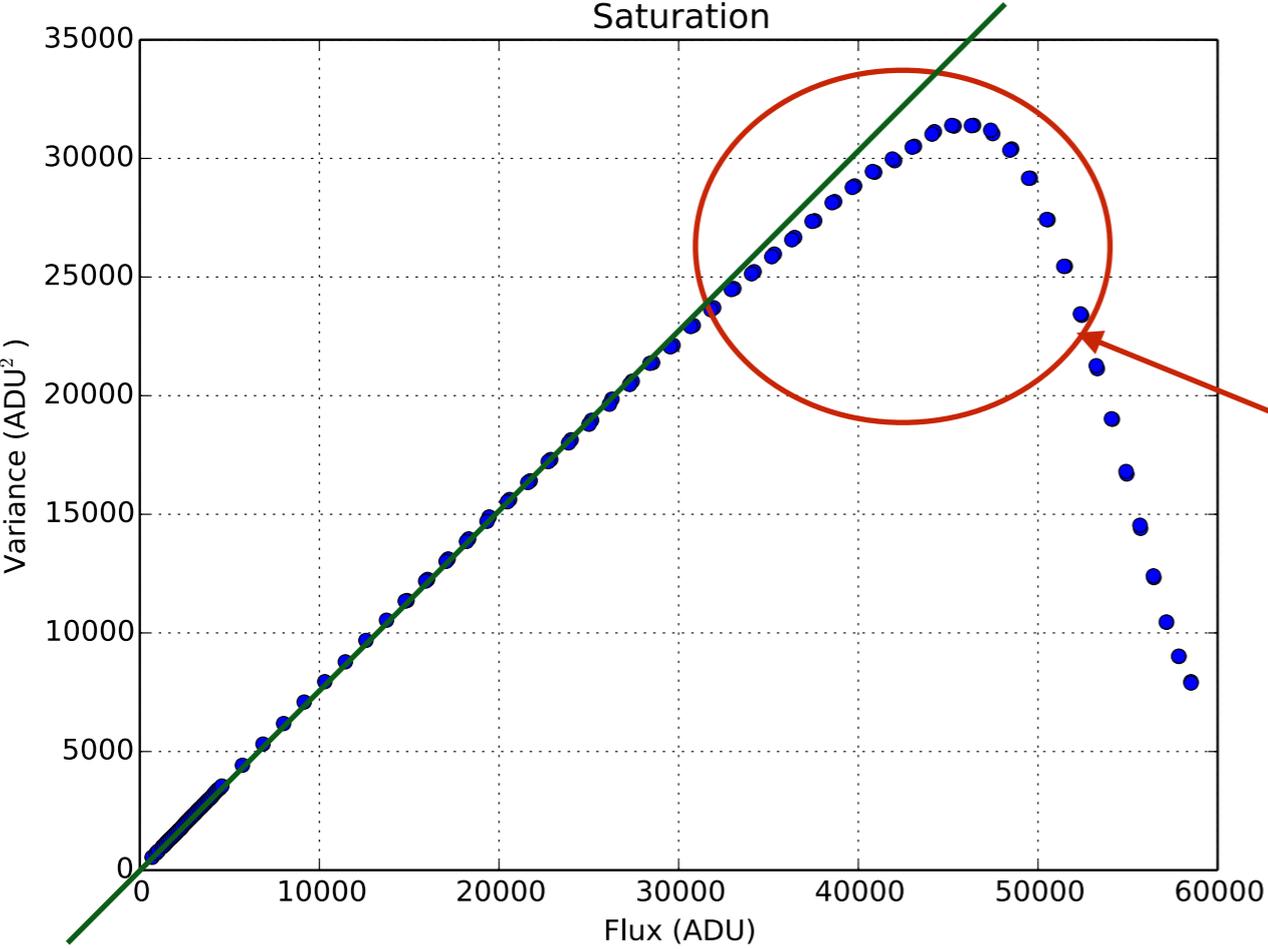
at -10°C: 2 e-/s

Deux populations de pixel différents (certains plus « chauds » que les autres)

Prendre des images (temps d'exposition égal, shutter fermé) avant chaque image, puis les soustraire

# Le gain: valeur et stabilité

Variance de la soustraction de deux images uniformément éclairées prises dans les mêmes conditions

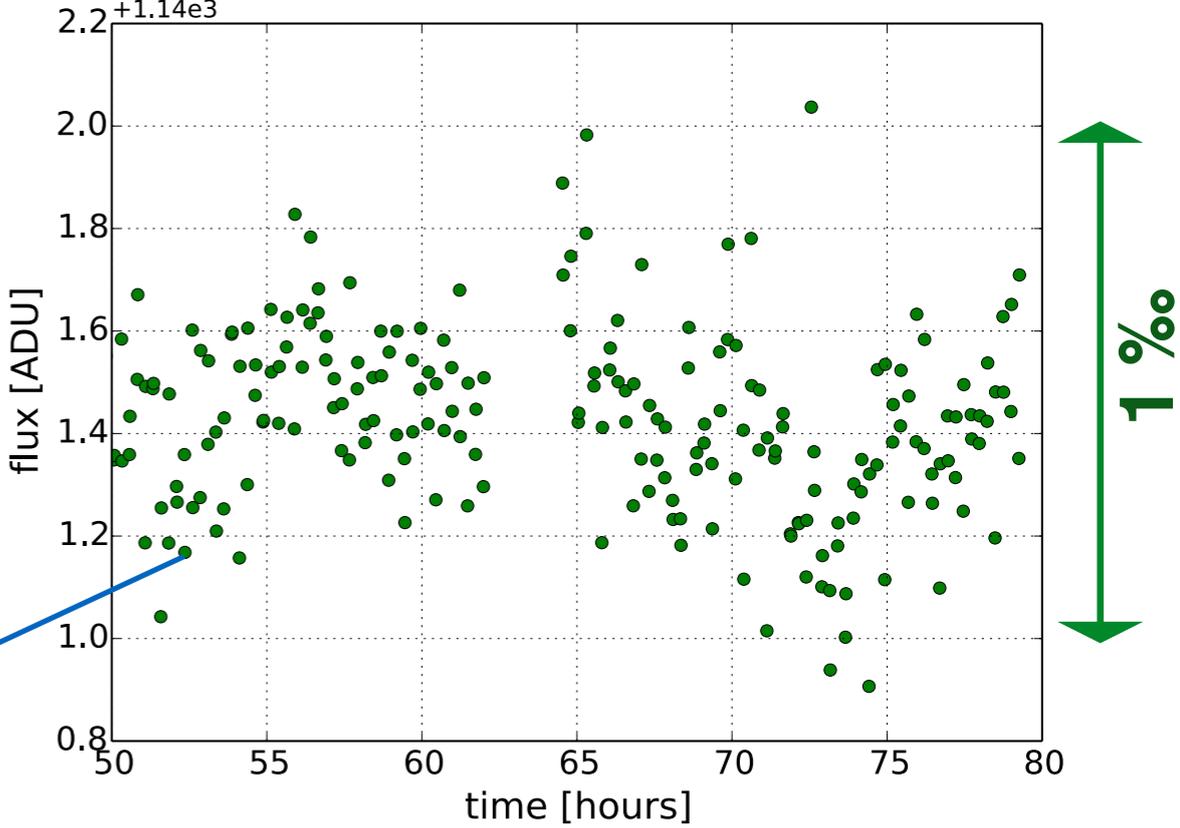


pente = 2/gain

**Gain ~ 2.6 e-/ADU**

saturation à 90k e-

Stabilité sur 30 heures



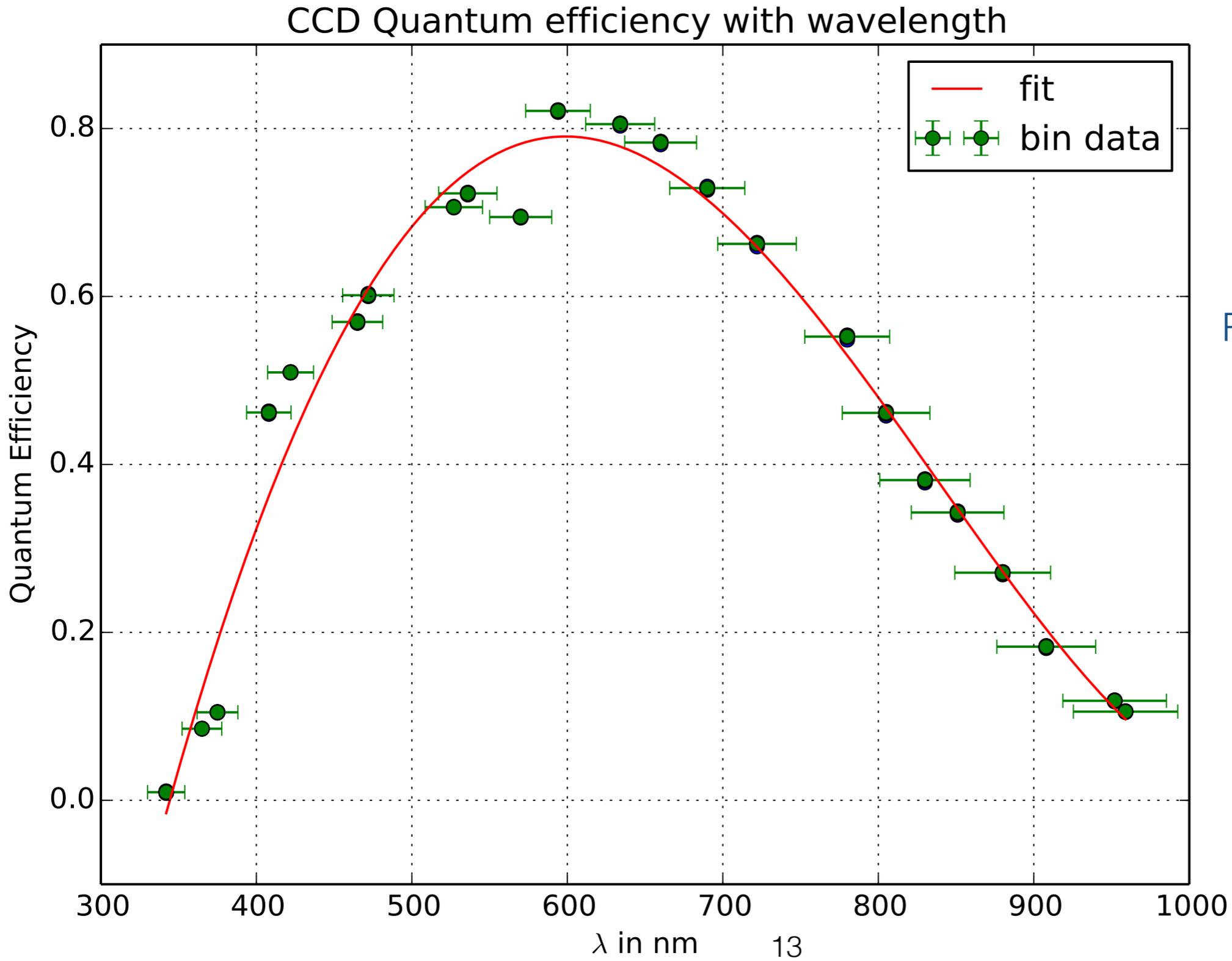
**σ = 0.2 %**

1%

Le gain est très stable!

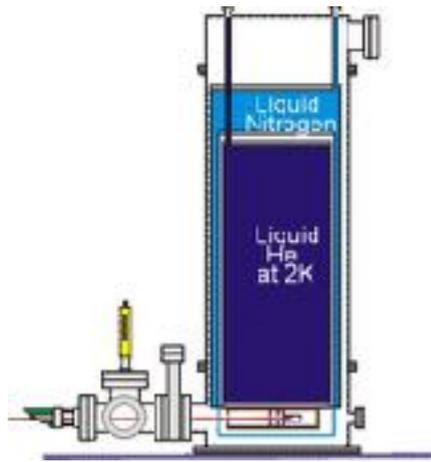
# L'efficacité quantique

Un point par LED



Ratio entre le nombre d'électron produits dans le CCD et le nombre de photons incidents

# Chaîne de calibration



Hamamatsu S2281



$f = 1 \text{ m}$   
 $D = 25 \text{ cm}$

## DETECTORS

POWR (NIST)

Calibrated Si photodiode

Conventional Telescope

## SOURCES

SIRCUS/SCF (NIST)

Convenient and stable calibrated source: **DICE**

Astronomical standards

Regnault et al. (2015)