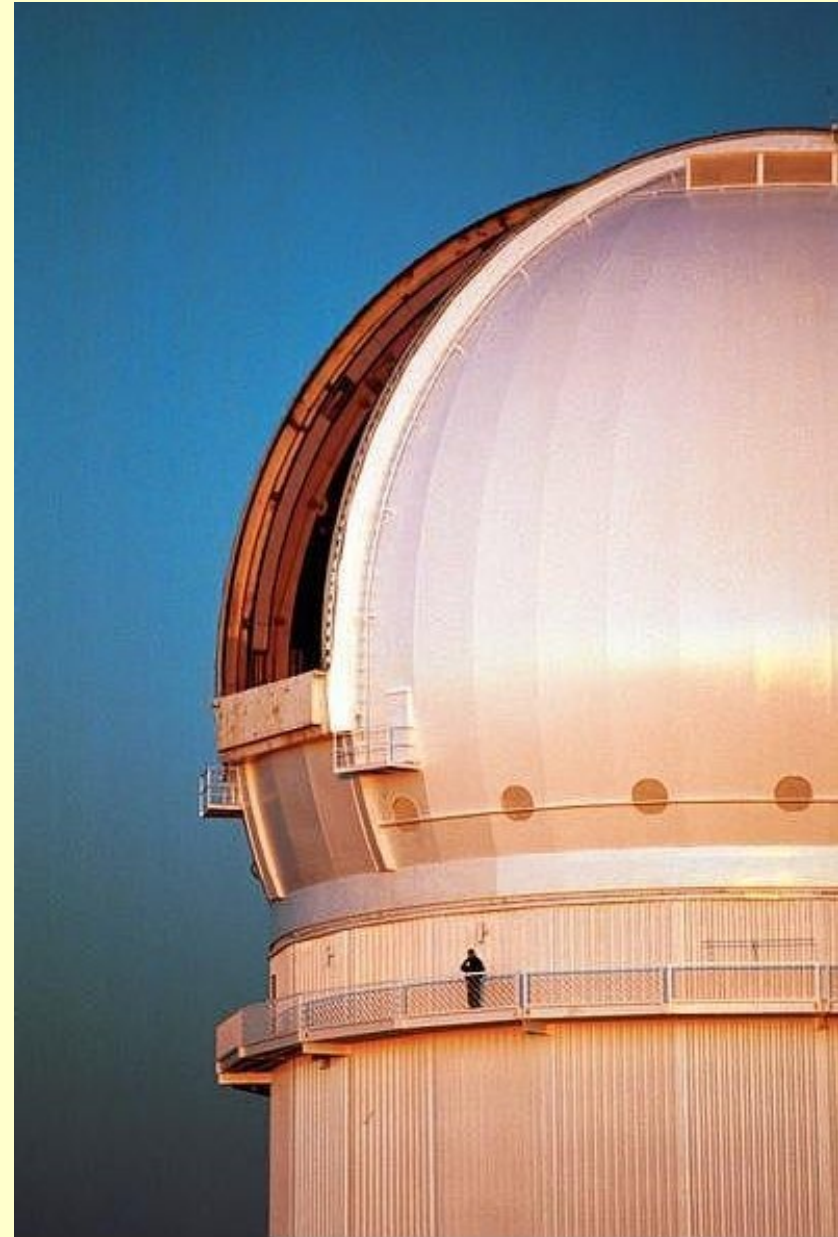
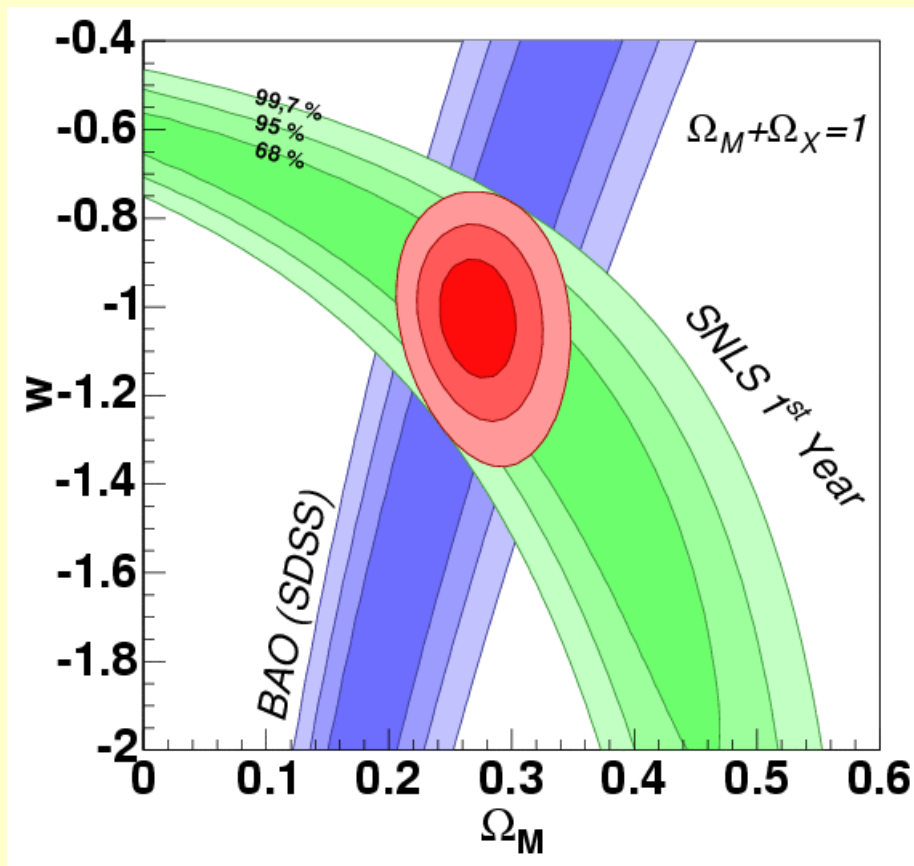


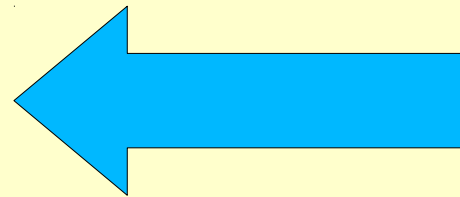
Cosmologie au LPNHE

Bilan



Quelle physique faisons-nous ?

- Il y a 4 interactions (à ce jour) recensées dans la nature :
 - Interaction faible
 - Interaction électromagnétique
 - Interaction forte
 - Gravitation
- Nous complétons le portefeuille du laboratoire (!)



Notre modèle cosmologique : premières pierres

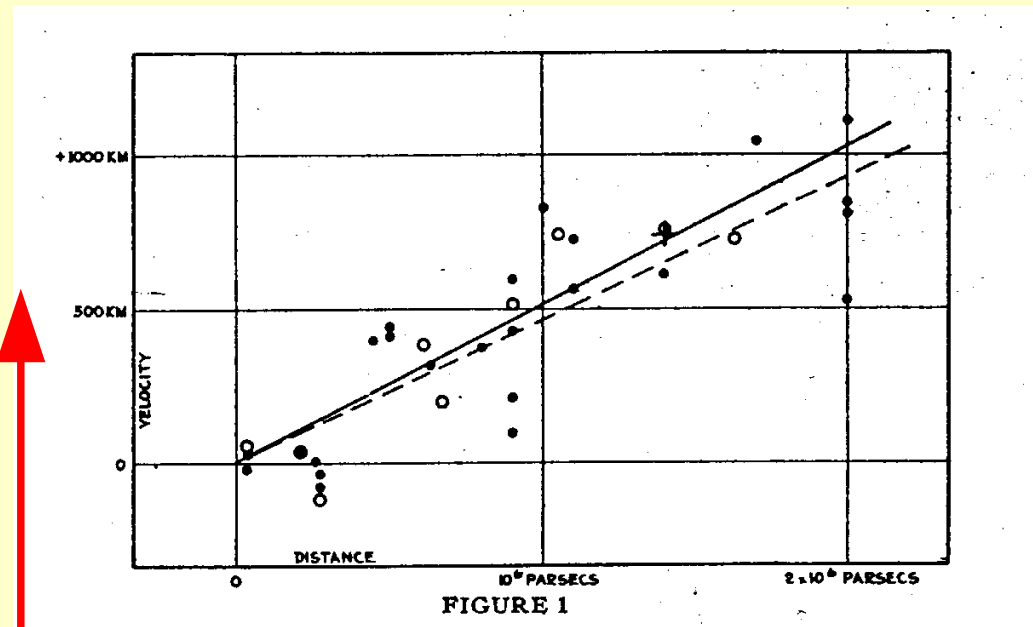
1913 : Albert Einstein propose la Relativité Générale

1922 : Alexander Friedman propose les modèles d'évolution de l'univers

1929 : Edwin Hubble : « plus ça va vite, moins ça brille »

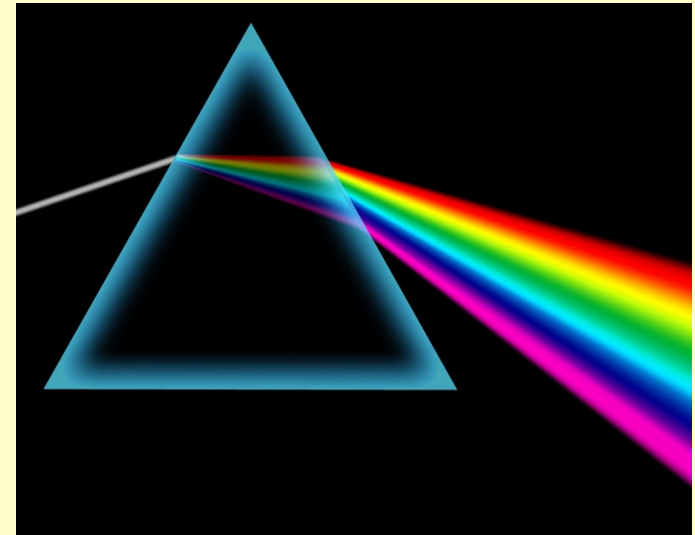
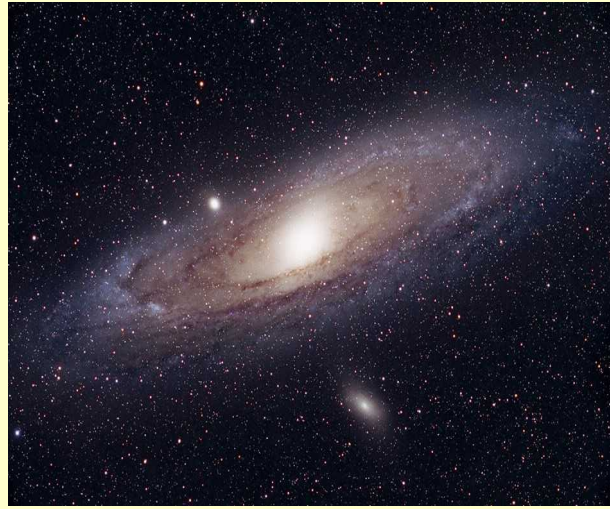
Vitesse de récession
de nébuleuses
vs leur « distance »

vitesse

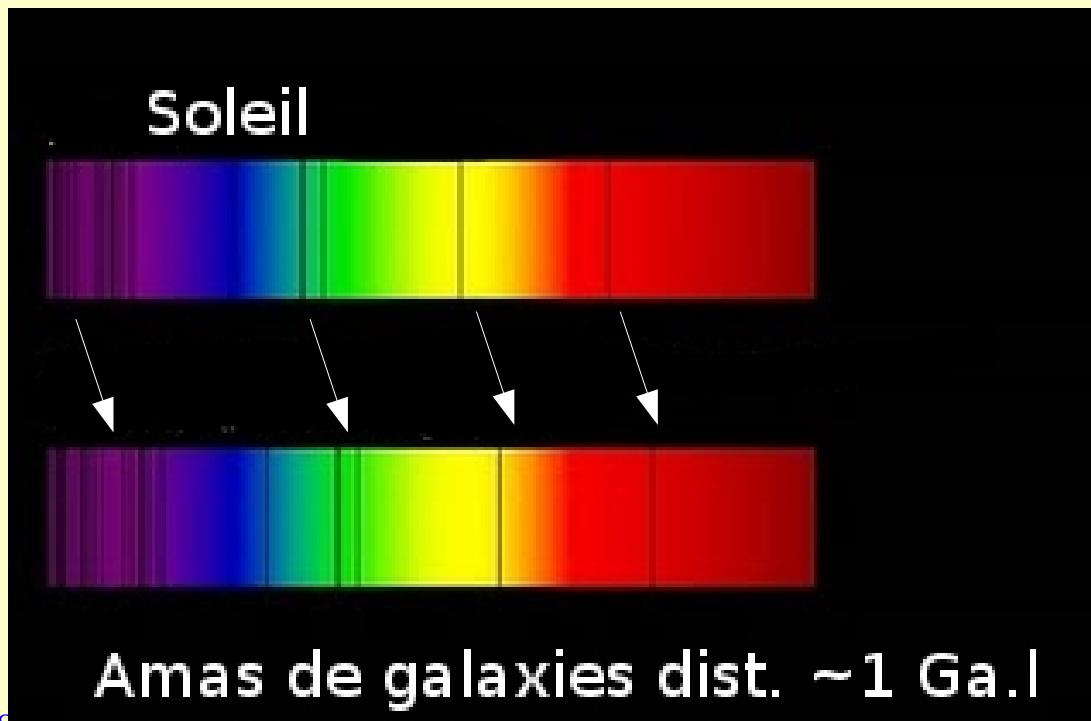


Distance (d'après leur flux)

Vitesse et décalage vers le rouge

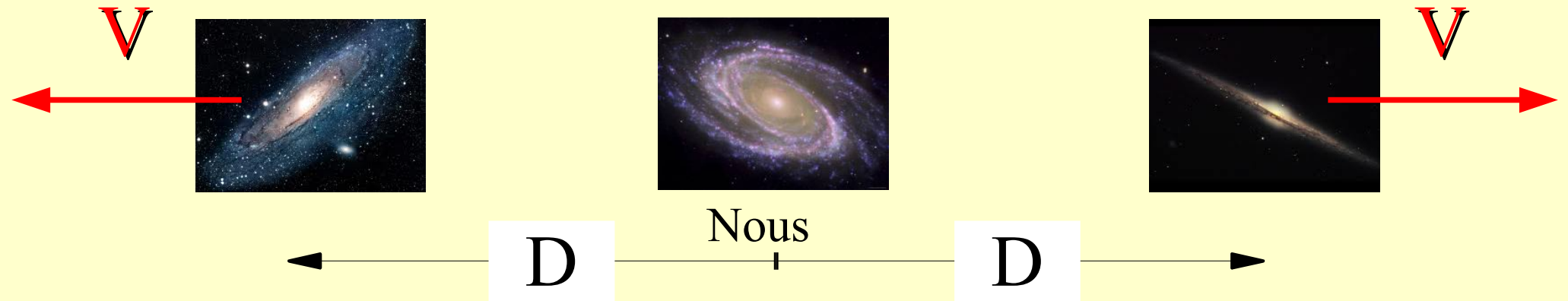


On observe que le spectre des objets distants est décalé vers le rouge.

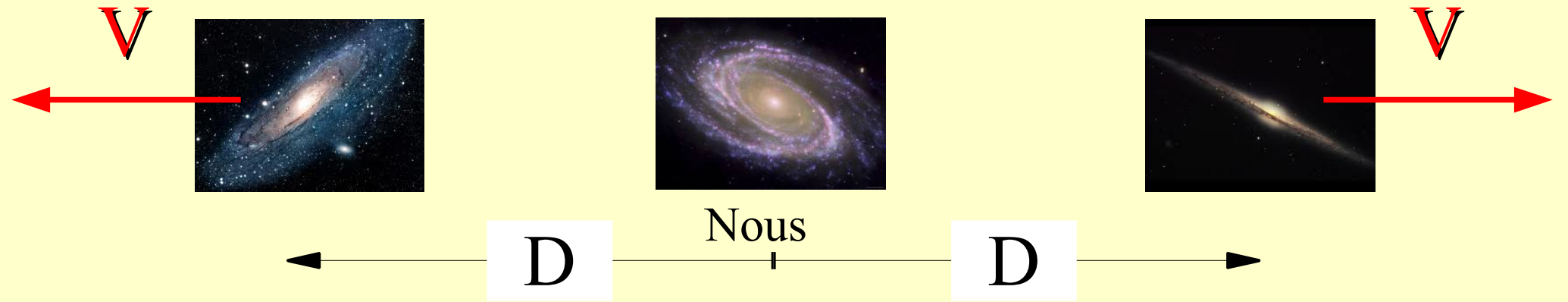


Effet Doppler :
les galaxies lointaines
s'éloignent de nous

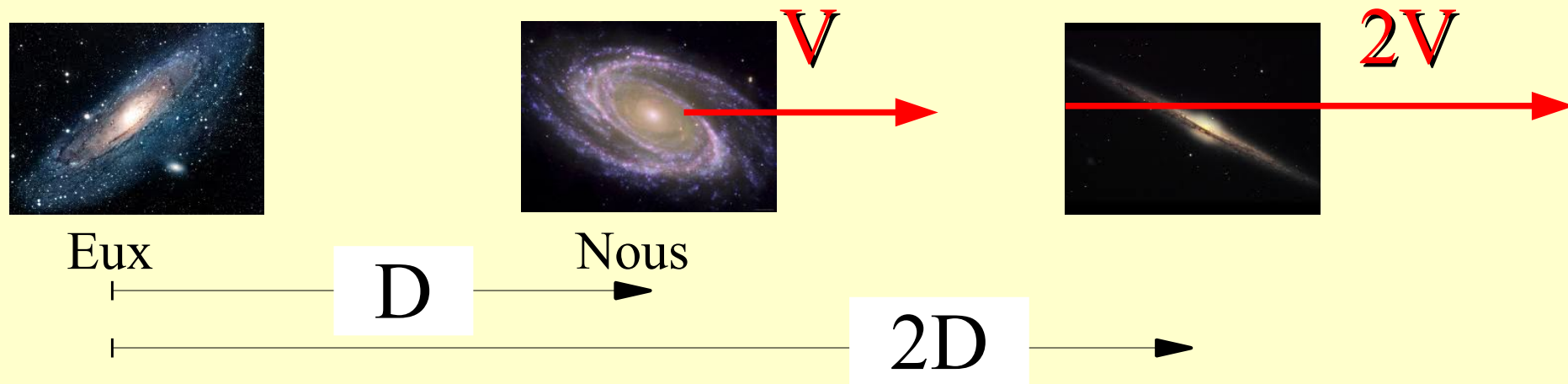
L'expansion



L'expansion



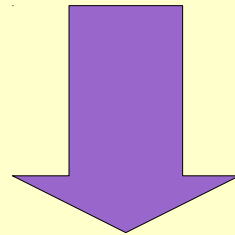
Changeons de point de vue



L'expansion

Principe cosmologique :

Pas de direction ni de position privilégiée



Vitesse et distance sont proportionnelles

(au moins pas trop loin de nous)

Hubble (1929)
Lemaître (1927)

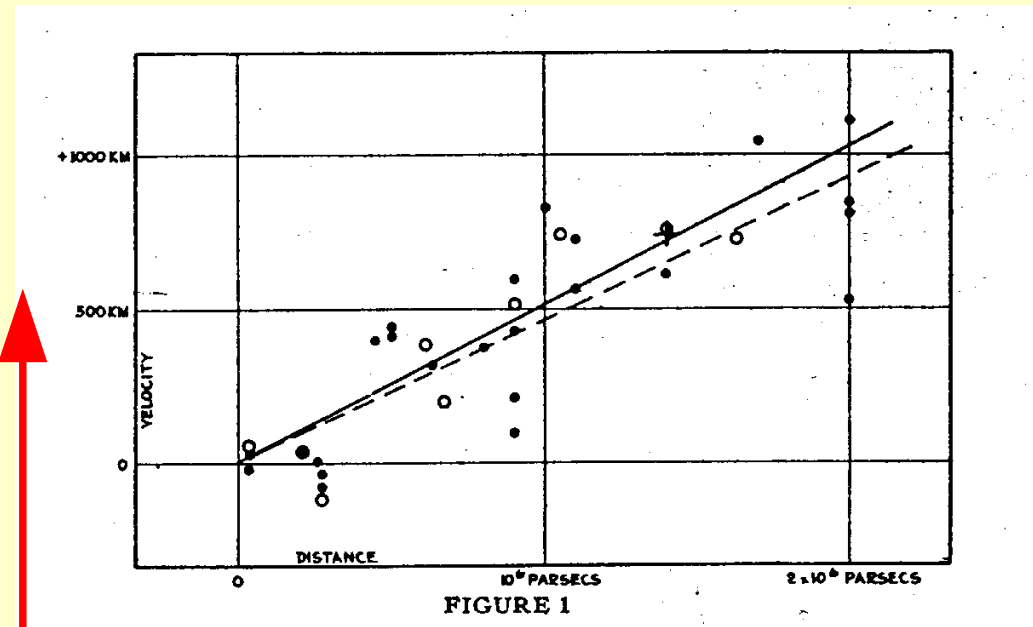


$$V = H d$$

Flux apparent

Décalage spectral
(vers le rouge)

vitesse



Distance (d'après leur flux)

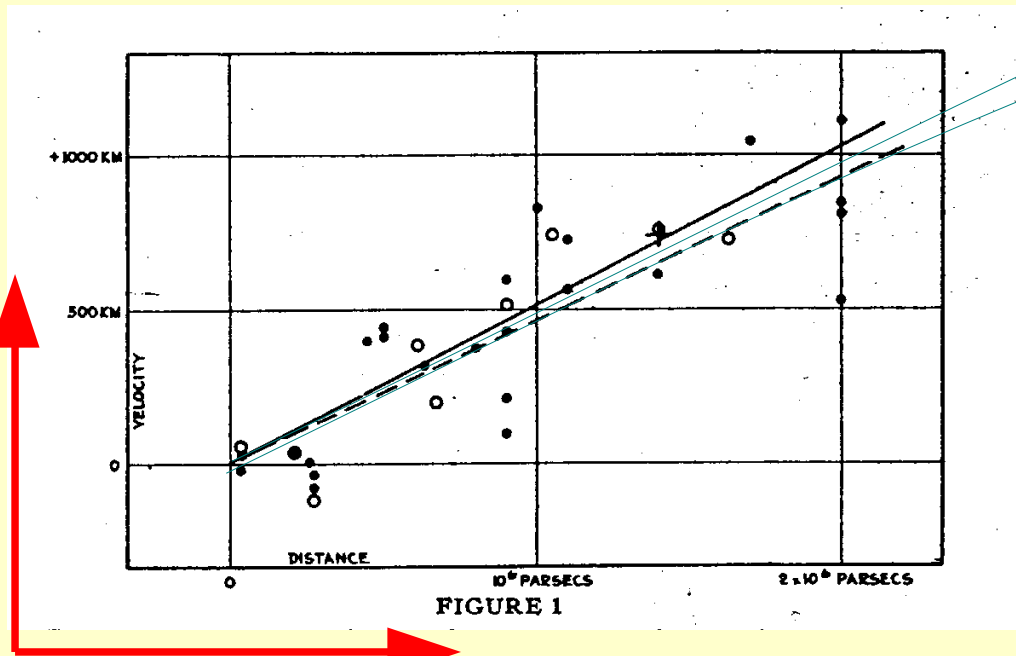
L'expansion : variation de la vitesse



« Attraction universelle » :
les galaxies s'attirent
et leur vitesse relative
diminue avec le temps

Donc

- $V = H d$ est une signature de l'expansion de l'univers
- La **variation de la vitesse** d'expansion avec le temps (ou la distance) encode les sources de gravitation (p.ex. densité de matière).



Deux hypothèses
de densité
de matière

vitesse

Distance (d'après leur flux)

L'équation de Friedman

- La **Relativité Générale** relie les propriétés de l'espace-temps et les densités d'énergie des fluides qui peuplent l'Univers.
- Equations d'Einstein + principe cosmologique

→ Equation(s) de Friedman

$$H^2(t) \equiv \left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3} \sum_i \rho_i + \frac{\Lambda}{3} - \frac{k}{a^2}$$

Expansion

Densités d'énergie

“Constante Cosmologique”

courbure

The diagram shows the Friedmann equation with four colored ovals highlighting its terms: a pink oval for the energy density term, a blue oval for the cosmological constant term, and a green oval for the curvature term. Arrows point from the labels below to these terms and the overall equation.

Résumé

- 1929 : Hubble découvre que distances et z sont proportionnels \rightarrow l'univers est en **expansion**
- En relativité générale, le **taux d'expansion** dépend du **contenu de l'univers** : matière, courbure, constante cosmologique,
- La relation **distance-redshift** contraint le **taux d'expansion** et donc le contenu de l'univers.
- Il faut donc mesurer (finement) la relation distance-redshift

Supernovae « de type Ia »

Explosion thermonucléaires d'étoiles
qui apparaissent reproductibles

- Extrêmement lumineuses
- Transitoires (montée ~ 20 jours)
- Rares ($\sim 1/\text{galaxie}/\text{millénaire}$)
- Fluctuations de luminosité
au pic : $\sim 40\%$
- Avec des indicateurs de luminosité
 $\sim 14\%$

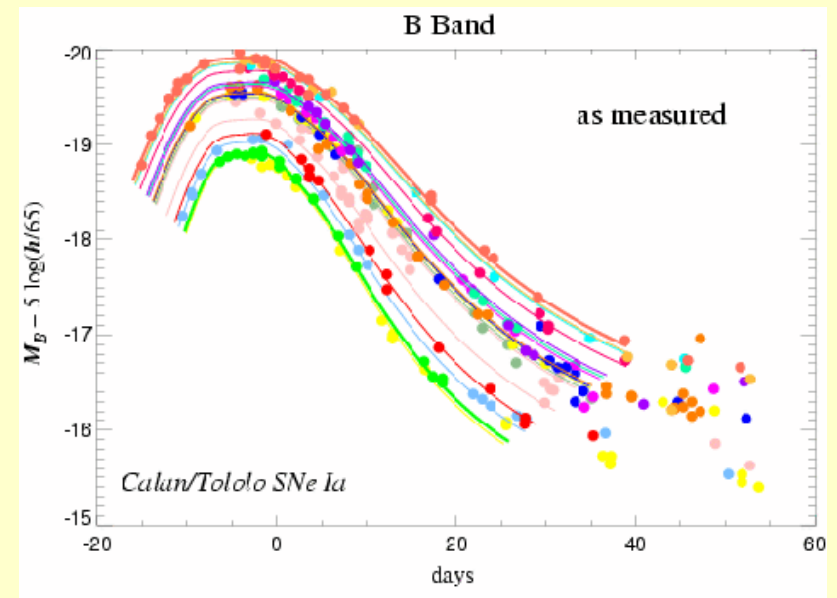
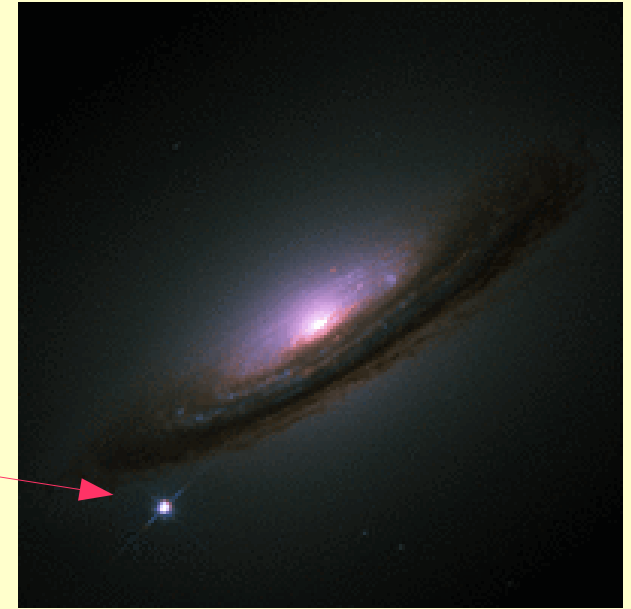
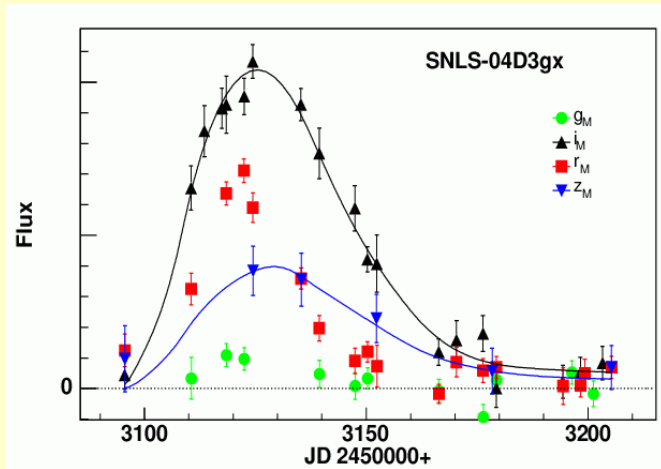
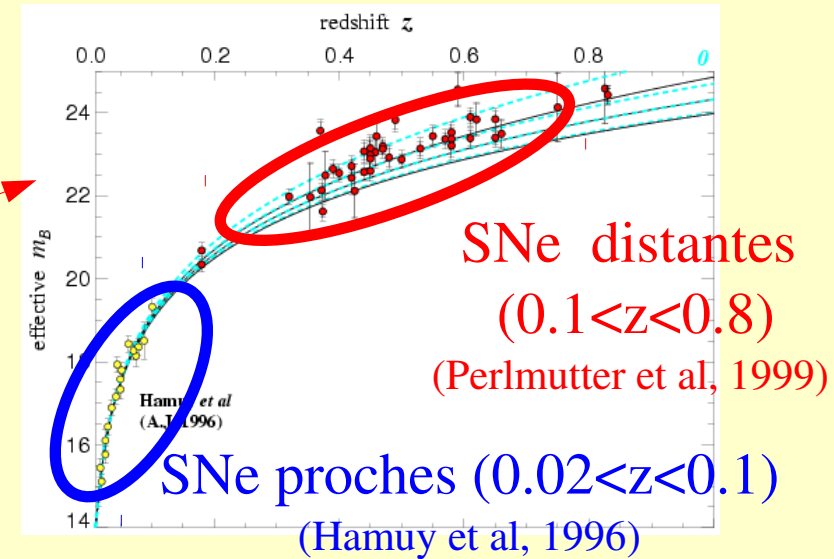


Diagramme de Hubble : flux vs redshift



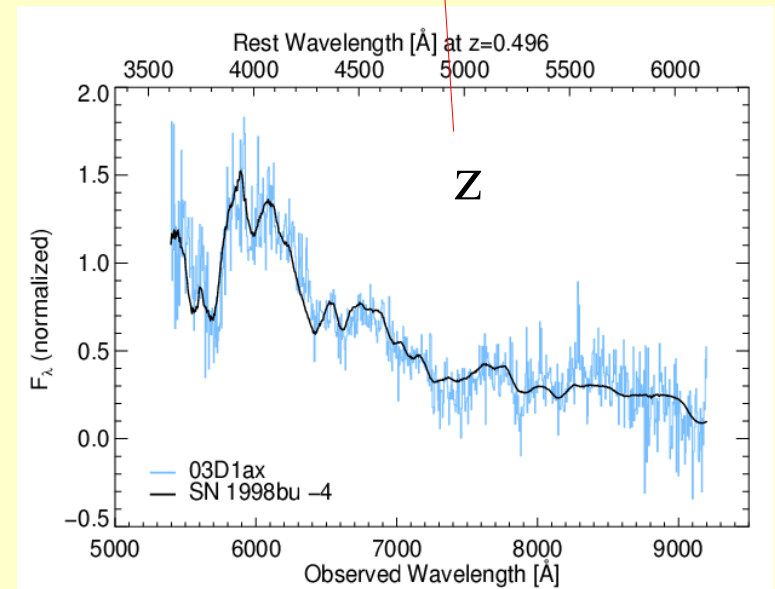
flux au pic



Photometrie multi-bande
=> distance

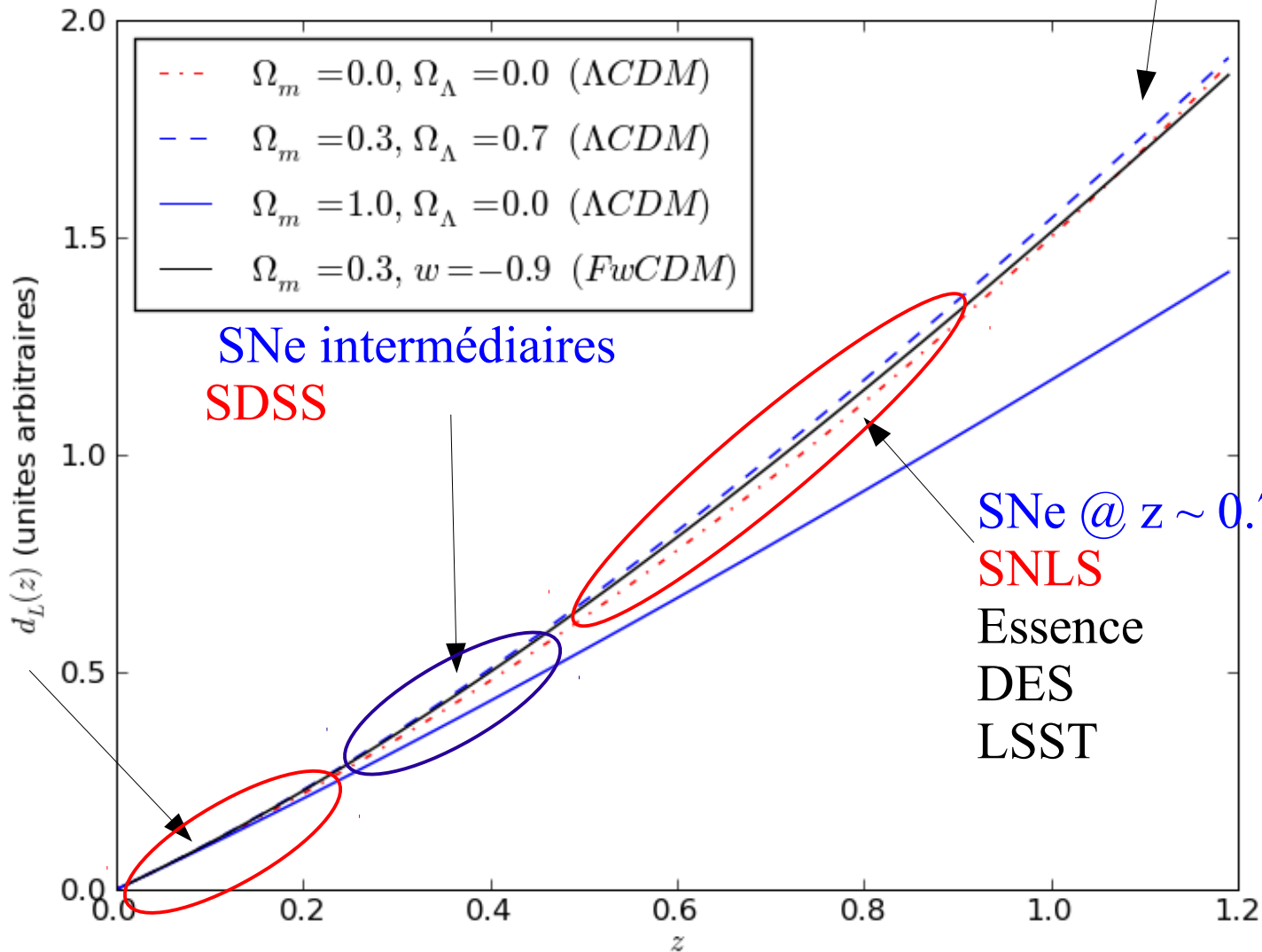


spectroscopie:
- identification
- redshift



Echantillons de supernovae

SNe @ $z > 1$
 HST
 Euclid (?)
 WFIRST



SNe proches
 SNfactory
 Cfa, KAIT,
 SkyMapper
 ...

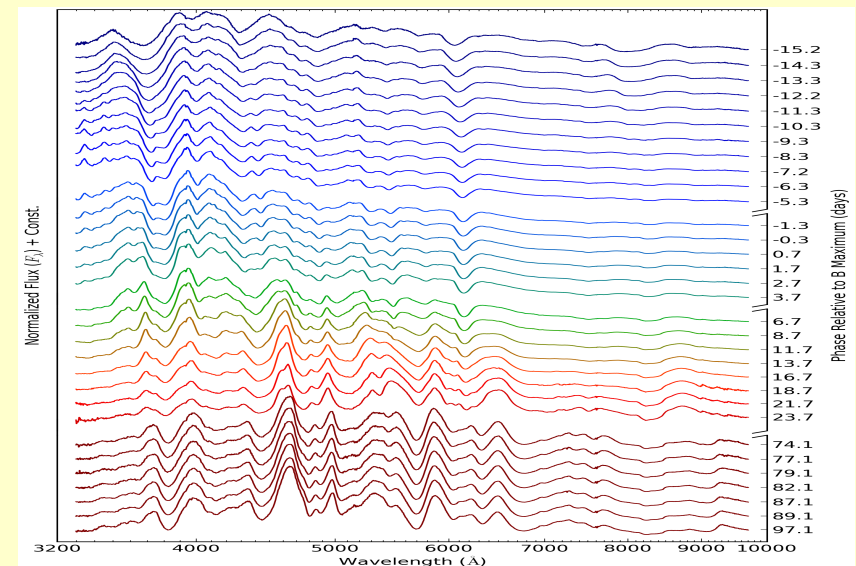
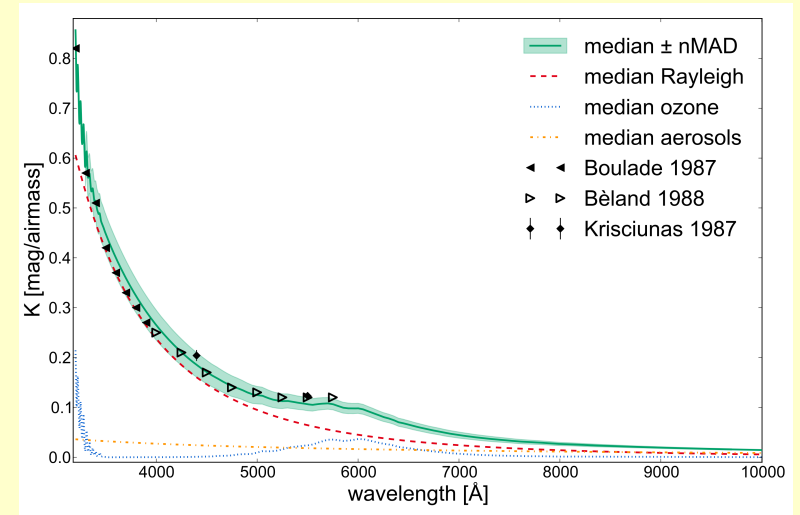
SNe @ $z \sim 0.7$
 SNLS
 Essence
 DES
 LSST

SNFactory : de 2001 à 2014

- **SNf (2001-2010)** : 120 séries spectro-photométriques de bonne qualité.
- **SNf-II (2010-2015)** : prolongation avec nouveaux partenaires (CPPM , THCA, MPA)
 - ~200 séries spectro-photométriques de SNe Ia de bonne qualité d'ici 2015
 - Suivi de SNe II pour mesures de distances
 - 2015 : uniquement observation des références finales

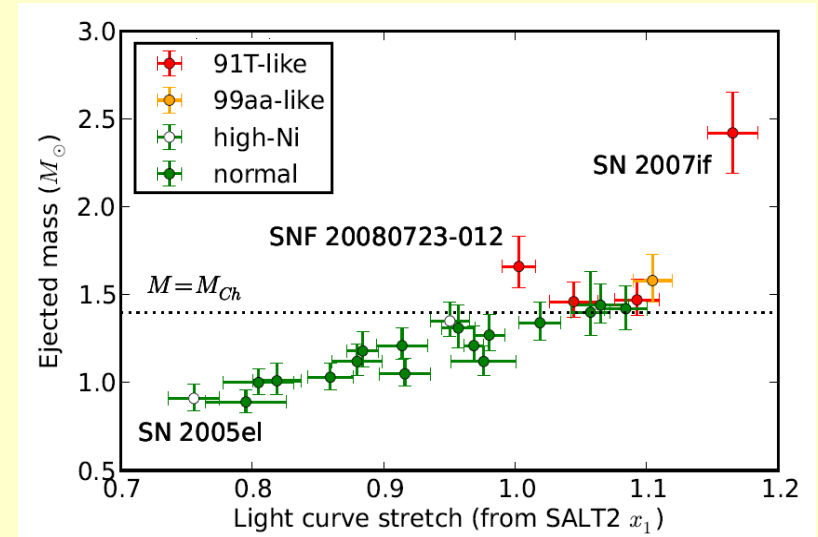
SNFactory : publications

- Étalonnage en flux et modélisation de l'extinction atmosphérique (**Buton et al., A&A**)
 - Utilisée pour l'étalonnage de SNLS
- Processus gaussiens (Kim et al., ApJ)
 - Standardisation statistique à ~ 0.10 mag
- SN 2011fe (**Pereira et al., A&A**)
 - Série spectro-photométrique d'une SN *ultra-typique sans progéniteur observé*
 - *A&A Highlight, Press Release LBNL, brève IN2P3*
- Galaxies hôtes (Childress et al., ApJ $\times 2$)
 - Mesures globales : masses, SFR, métallicités
 - Confirmation d'un biais environnemental (« mass step »)



SNFactory : publications (II)

- Measuring cosmic bulk flows with the Nearby Supernova Factory (**Feindt et al.**, A&A)
 - Anisotropie de l'univers proche
- "Type Ia supernova bolometric light curves and ejected mass estimates" (**Scalzo et al.**, MNRAS)
 - Masse de Ni56 produite et luminosité des SNe Ia
- Evidence of environmental dependencies of Type Ia supernovae (**Rigault et al.**, A&A)
 - Environnement local des SNe Ia et origine du "mass step"



SNFactory 2014 - 2015

- 1FTE permanent + 1 thésarde (Mathilde Fleury)
- Participation à la prise de données
- Analyse de la diversité de couleur des SNe Ia
 - Utiliser au mieux les spécificités du survey
 - Préparer les futurs surveys (« SALT3 », effets de l'environnement)

SNLS et SDSS: JLA (Joint Lightcurve Analysis)

Collaboration LPNHE-Chicago (2010-2014)

- But : réduire les systématiques (calibration/modélisation)
- Contexte : finalisation SNLS/SDSS, préparation de DES
- Mise en commun de données, codes et expertise.

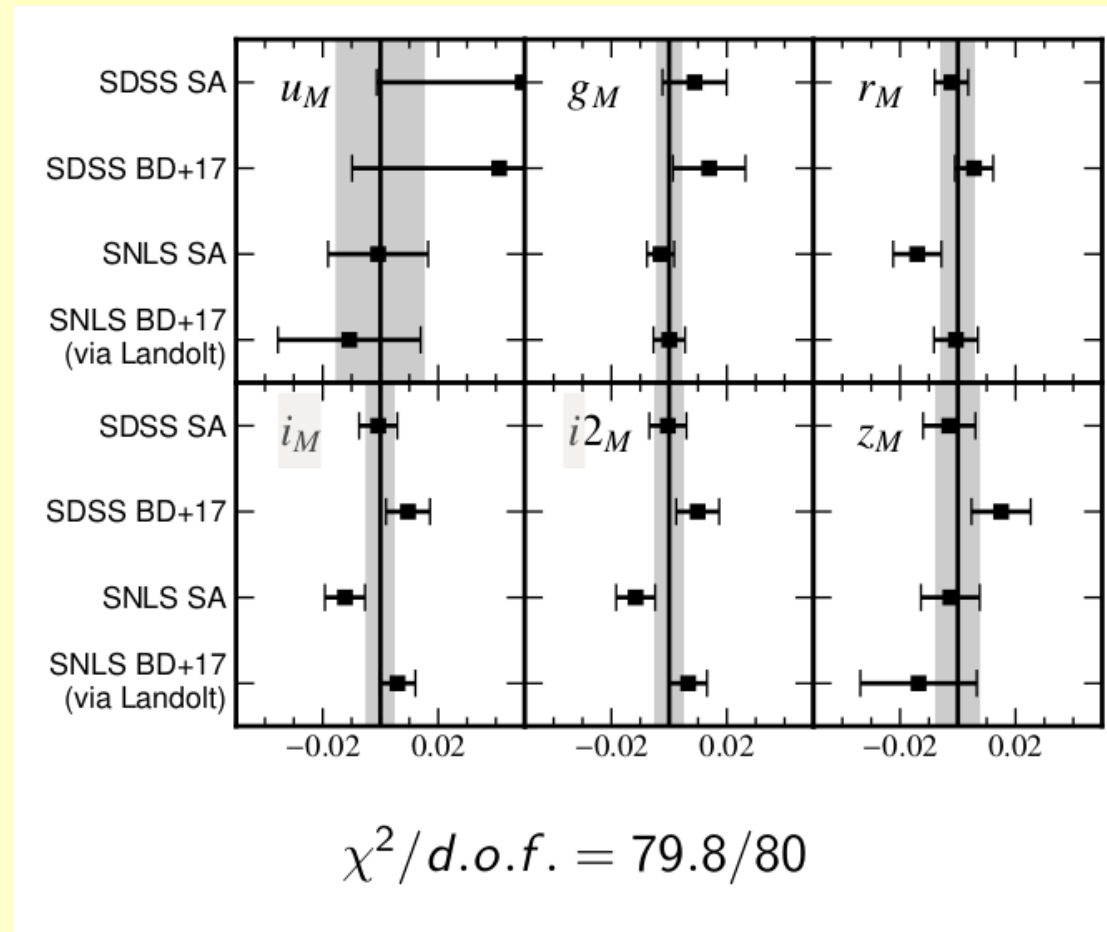
3 axes :

- Calibration photométrique jointe Betoule et al (2013)
- Variabilité intrinsèque des SNIa Kessler et al (2013)
- Systématiques de modélisation Mosher et al (2013)

Analyse cosmologique jointe : Betoule et al (2014)

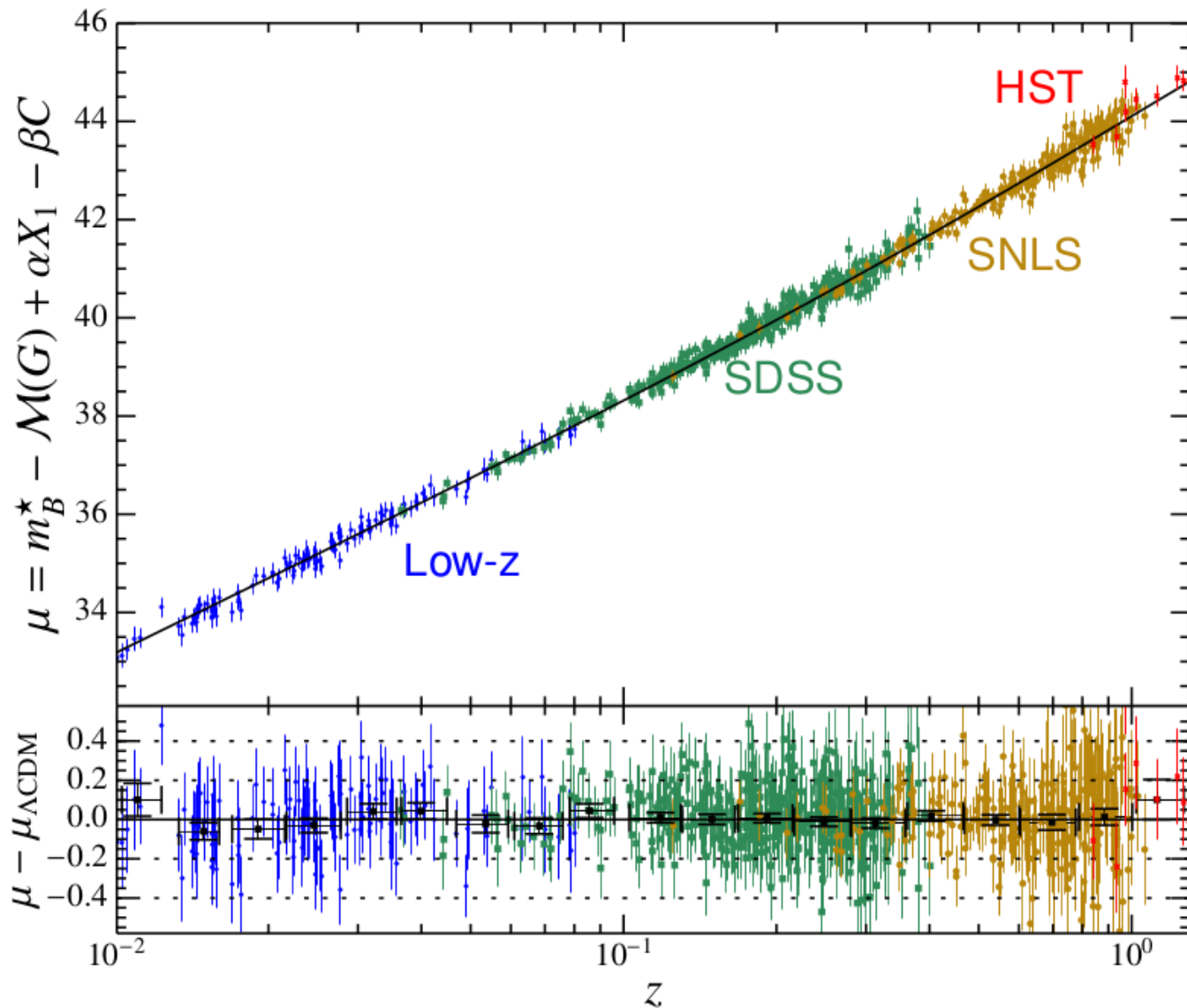
Calibration photométrique : plus précise et plus fiable

- Précision de transfert : $\sim 0.3\%$ en gri
- 4 chemins métrologiques différents
- Erreur dominée par les incertitudes du HST
- Changement de calibration de SNLS : $\sim 1\%$



Betoule et al (2013)

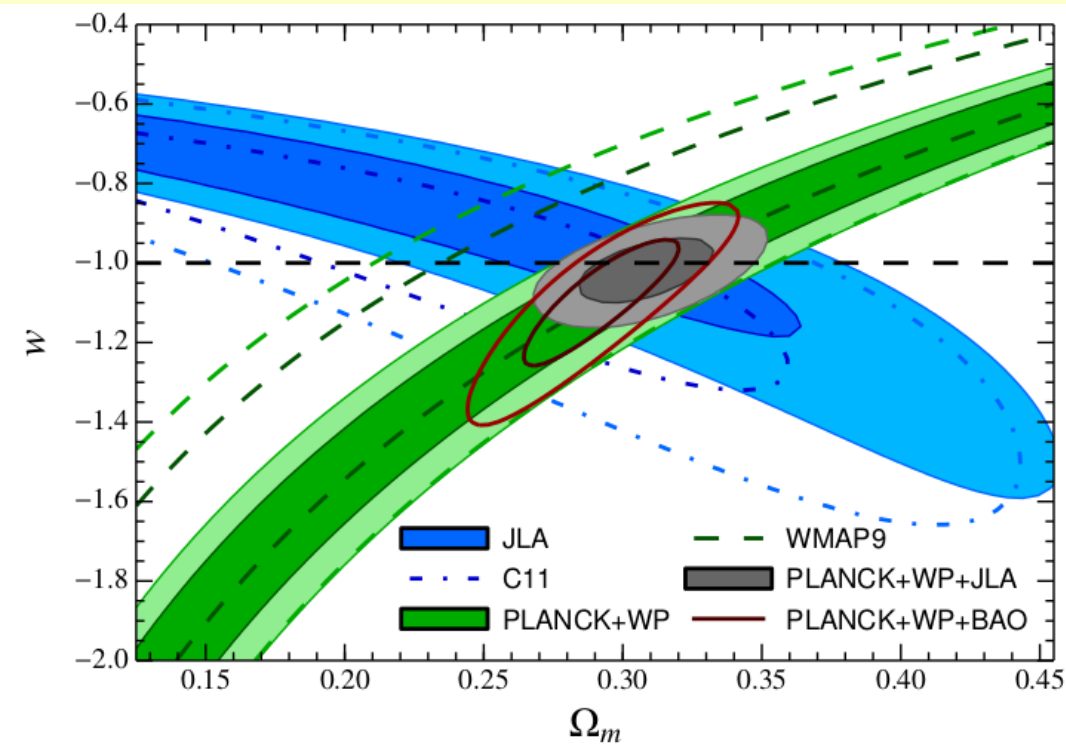
Analyse cosmologique jointe



- Plus de 700 événements
- Λ CDM décrit bien les données

Betoule et al (2014)

Impact sur l'énergie noire



Amélioration des contraintes SN

- Stat : ajout de SNe SDSS
- Sys : calibration jointe

Meilleure mesure de w disponible

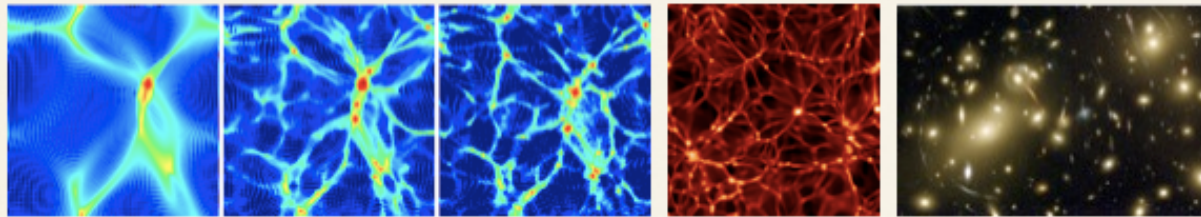
- Planck+SN : $w = -1.018 \pm 0.057$
- Planck+BAO : $w = -1.01 \pm 0.08$

SNLS : la fin ?

- Reste à publier l'ensemble des données.
- Identification et redshifts : fait
 - Flora Cellier-Holzem et Christophe Balland
- Photométrie et analyse cosmologique : thèse de Patrick El Hage
- Lensing des SNe, diagramme de Hubble photométrique, galaxies hôtes : thèse de Ayan Mitra.
- Papiers dès que possible (2014 et 2015).
- Objectif réaliste : w à mieux que 0.05

Cosmologie théorique

Theoretical Cosmology LPNHE

[HOME PAGE](#)[MEMBERS](#)[COLLABORATORS](#)[LIST OF PUBLICATIONS](#)

Presentation of the group

We are a small subgroup of the supernovae and cosmology group at the LPNHE, consisting of one permanent staff member and, currently, two thesis students.

The motivation for our current research is to contribute to an improved theoretical understanding of the dynamics of purely self-gravitating systems, with the specific case of dark matter in current cosmological models as an application.

We approach the problem in the broader framework of research in statistical mechanics on the thermodynamics and dynamics of long-range interacting systems, of which gravity is just a specific case. This has led us recently to study, in particular, simplified one dimensional toy models, and specifically the case of gravity in one dimension (the "sheet model").



contact by email:

[Michael Joyce](#)

Last modified:

December 24h 2008



Cosmologie : Théorie

Groupe & collaborations

Un permanent: Michael Joyce (Prof P6)

+ **thésards au LPNHE (4 depuis 2007)**

+ **collaborations externes régulières: Rome, Nice, Paris (LPTMC)**

+ autres **collaborations externes ponctuelles**

Cosmologie : Théorie

Motivation: Problème de formation des **grandes** structures de l'univers

≠

- Dynamique des systèmes auto-gravitants (matière noire!)
- Mécanique statistique des systèmes avec interaction à longue portée

Formation des structures en cosmologie: des questions fondamentales ouvertes...

Comment **l'aggrégation non-linéaire** dépend-elle des **conditions initiales**?

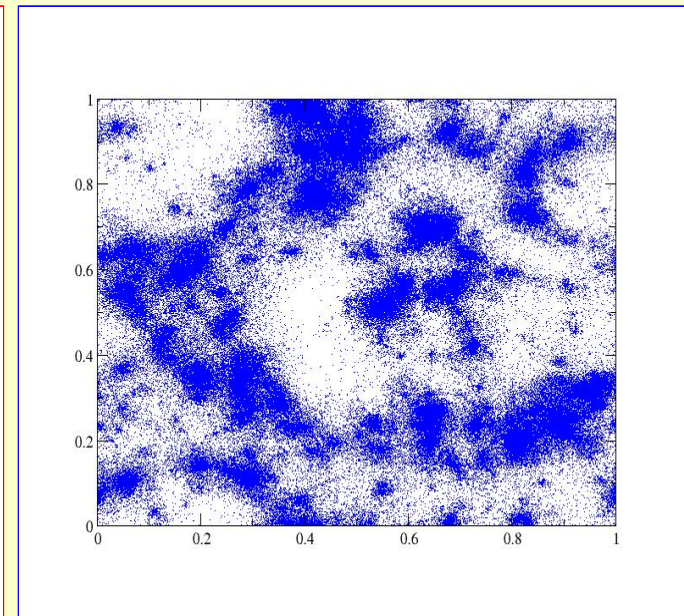
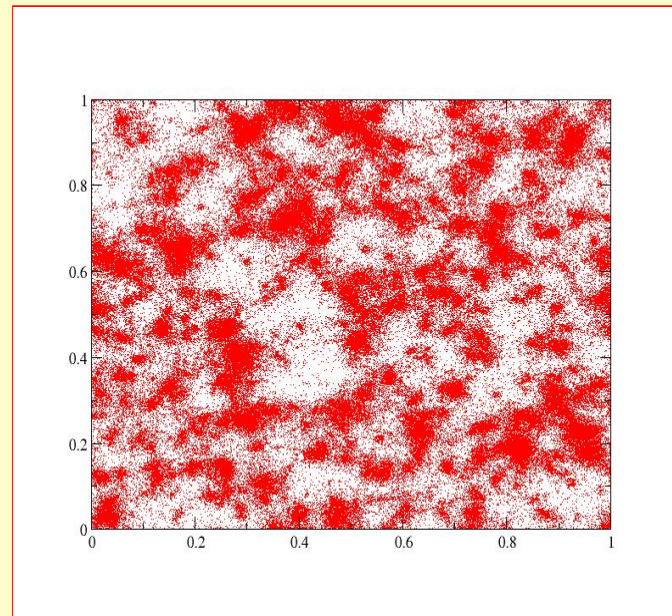
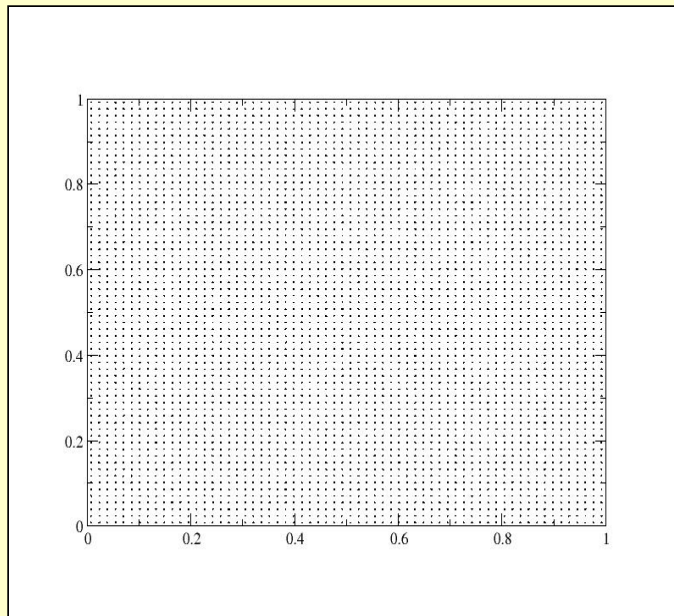
Comment **l'aggrégation non-linéaire** dépend-elle de **la cosmologie** ?

Quelle est l'origine des **propriétés apparemment « universelles » des halos** ?

Quelle est la **résolution spatiale/temporelle d'une simulation numérique à N corps**?

Cosmologie : Théorie

Simulation à N corps...



Cosmologie : Théorie

Publications depuis la dernière biennale

6 publications

Mon. Not. R. Astron. Soc (4)

Phys. Rev. Lett. (1)

Phys. Rev. E (1)

[Cosmo, Phy. Stat]

Cosmologie : Théorie

Thèmes principaux des résultats récents

Non-linear clustering in « scale-free » cosmological models (1D and 3D)

Thèse David Benhaiem

Contrôle de précision sur des simulations numériques

Collaboration externe (Rome)

self-gravitating/long-range systems subject to perturbations

Thèse Jules Morand

Scaling Quasistationary States in Long-Range Systems with Dissipation

Phys. Rev. Lett. **112**, 070602 – Published 20 February 2014

Michael Joyce, Jules Morand, François Sicard, and Pascal Viot

ABSTRACT

Hamiltonian systems with long-range interactions give rise to long-lived out-of-equilibrium macroscopic states, so-called quasistationary states. We show here that, in a suitably generalized form, this result remains valid for many such systems in the presence of dissipation. Using an appropriate mean-field kinetic description, we show that models with dissipation due to a viscous damping or due to inelastic collisions admit “scaling quasistationary states,” i.e., states that are quasistationary in rescaled variables. A numerical study of one-dimensional self-gravitating systems confirms the relevance of these solutions and gives indications of their regime of validity in line with theoretical predictions. We underline that the velocity distributions never show any tendency to evolve towards a Maxwell-Boltzmann form.

Instrumentation : l'effet brighter-fatter

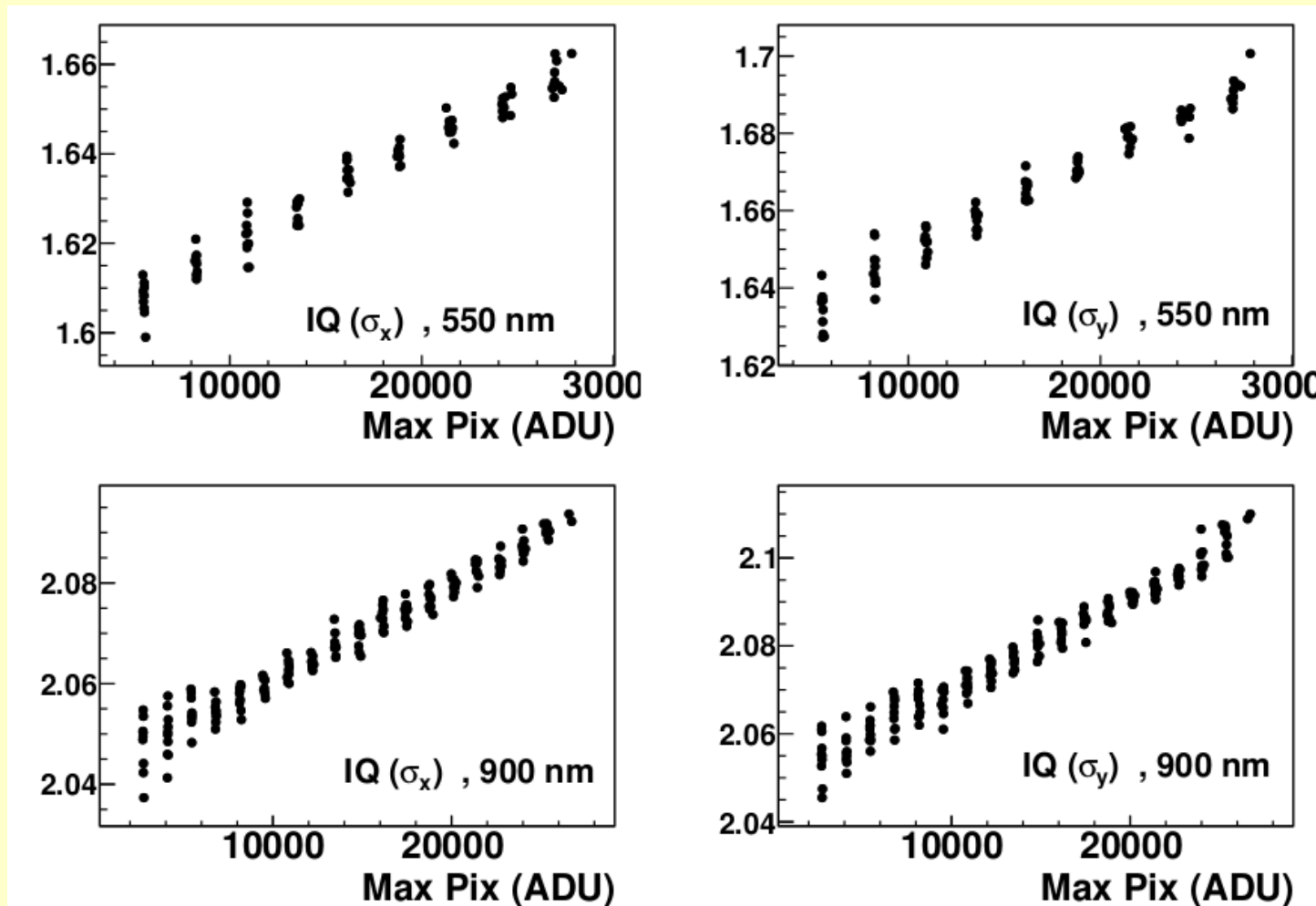
- Tout le monde sait que les CCD sont linéaires.
- Tout le monde sait que les pixels des CCD sont statistiquement indépendants.
- Tout le monde sait que la variance spatiale d'une image de champ plat croît comme sa moyenne

Instrumentation : l'effet brighter-fatter

- Tout le monde sait que les CCD sont linéaires.
- Tout le monde sait que les pixels des CCD sont statistiquement indépendants.
- Tout le monde sait que la variance spatiale d'une image de champ plat croît comme sa moyenne
- Tout le monde va bientôt savoir que c'est pas vrai.

Brighter-fatter

La dimension apparente d'un spot ou d'une étoile croît avec son flux !



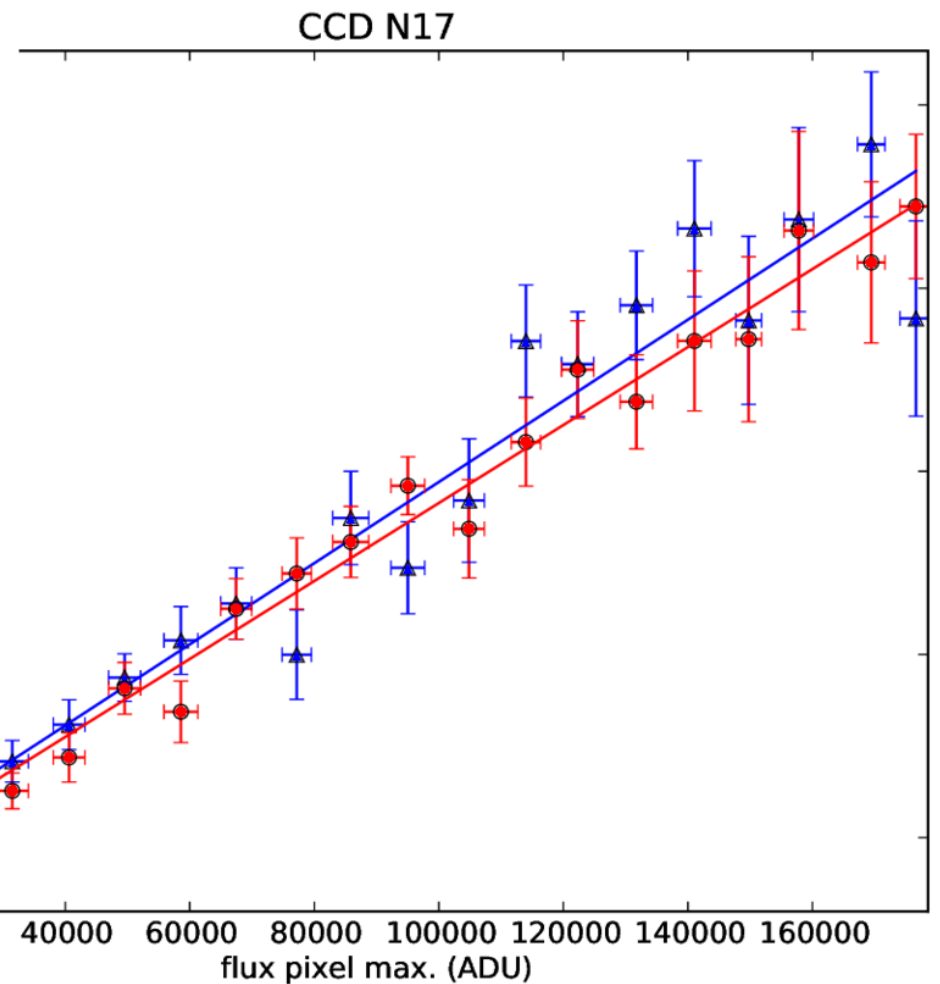
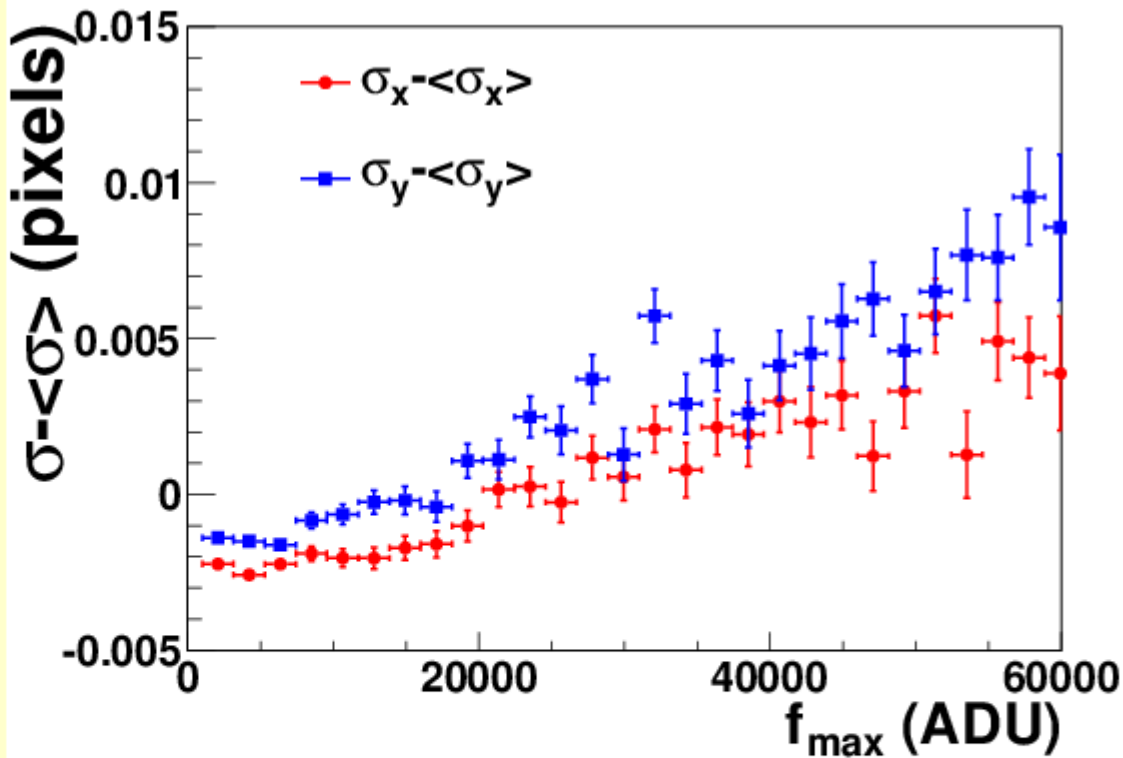
Senseur E2V
pour LSST

Amplitude :
quelques %

C'est une
non-linearité

Brighter-fatter

DECam @ CTIO



Megacam @ CFHT

Brighter-fatter

- C'est pas une bonne nouvelle : aux moins deux cas scientifiques dépendent d'une modélisation de la taille de la PSF au niveau de $\sim 10^{-3}$
 - Photométrie des SNe
 - Morphologie des galaxies pour le cisaillement gravitationnel.

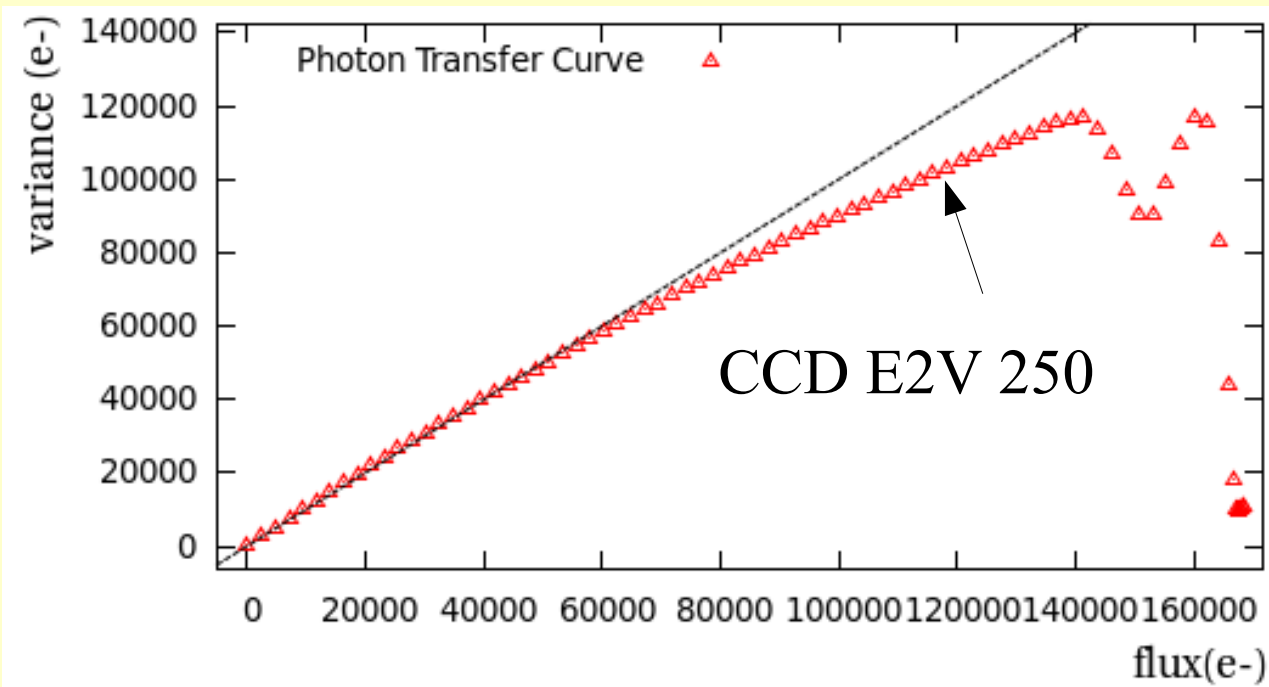
Poisson perplexe

La variance spatiale des champs plats ne suit pas leur moyenne.

Photon Transfer Curve (PTC) :
variance=f(moyenne)



??



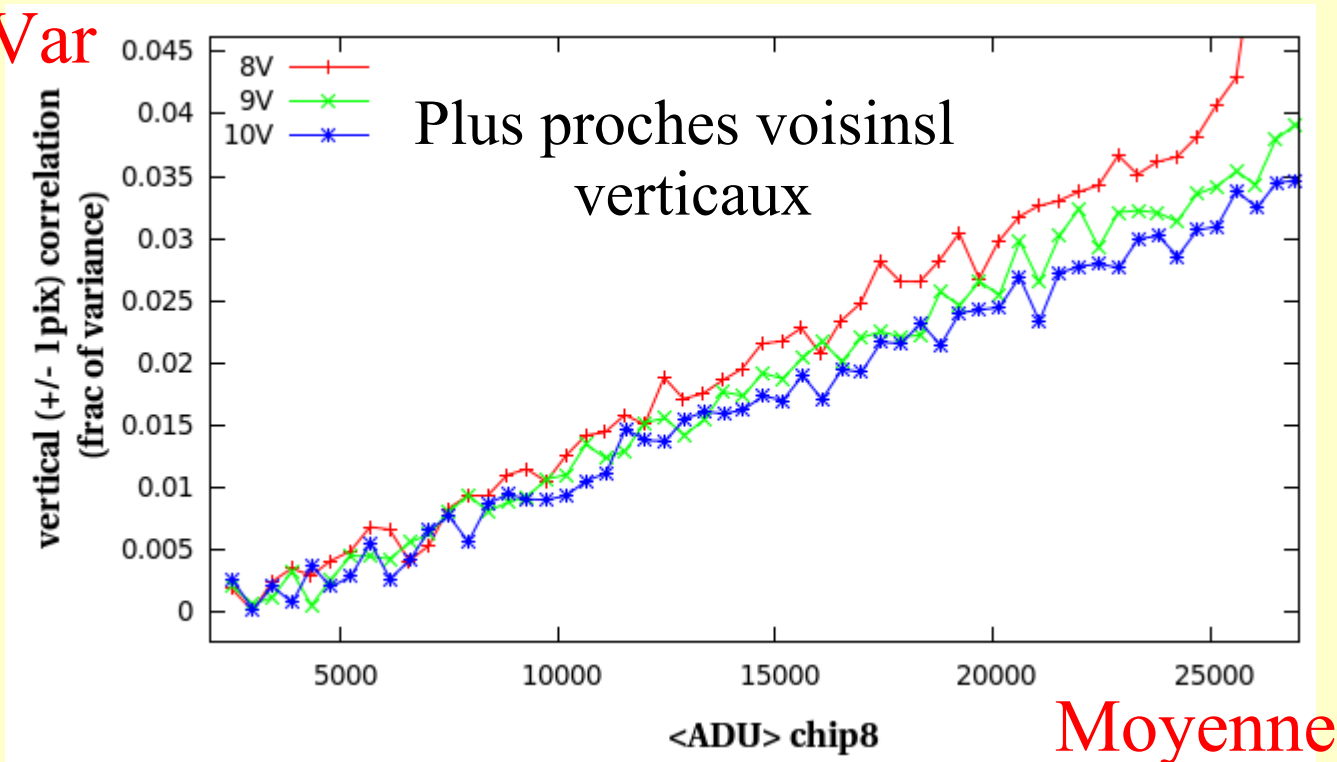
Siméon Denis Poisson

La non-linéarité
tend à décroître
si on regroupe les
pixels.

Les pixels voisins sont corrélés

Les pixels des champs-plats ne sont pas statistiquement indépendants.
Leur corrélation croît (linéairement) avec l'illumination.

Cov/Var



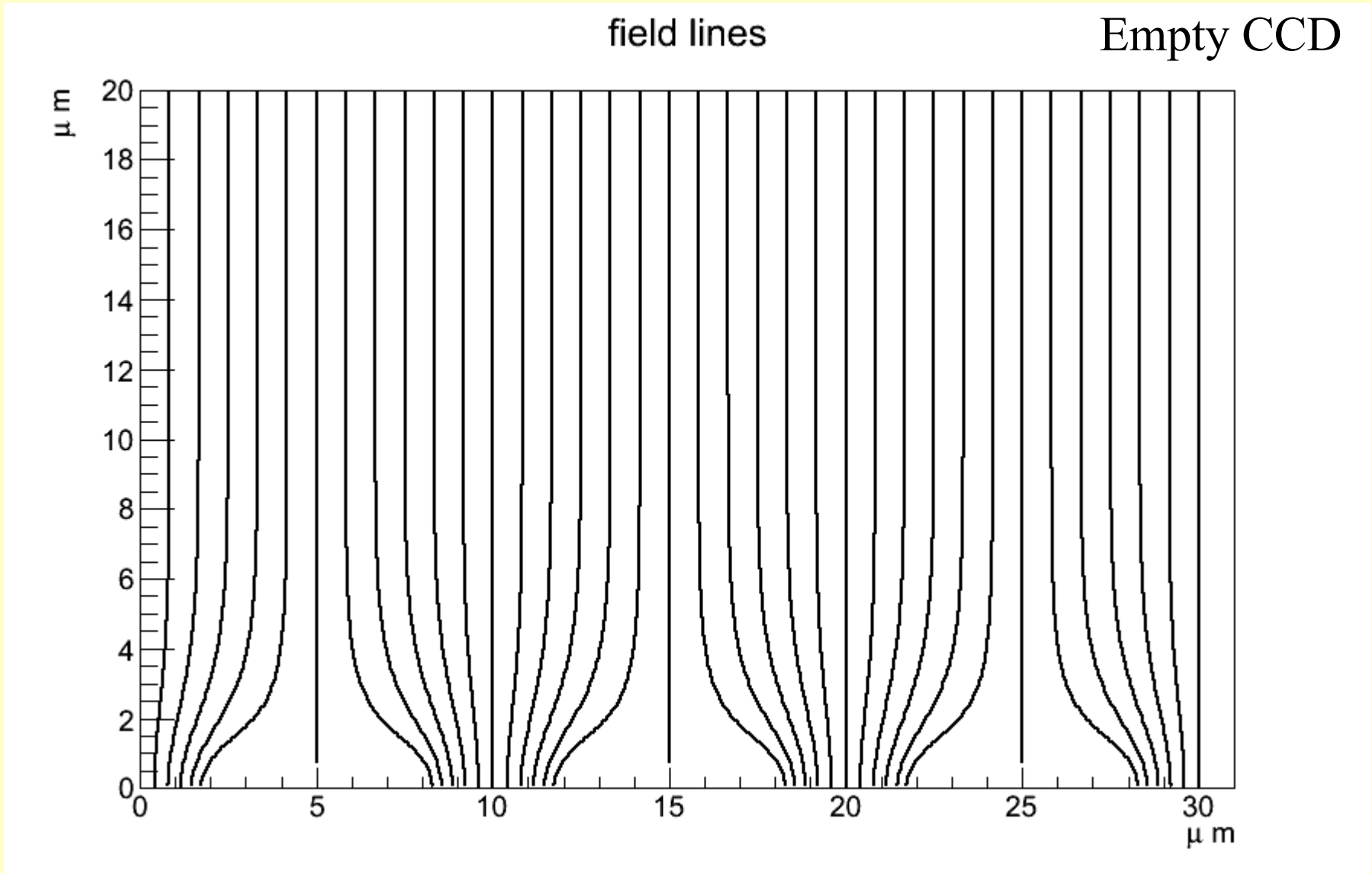
- E2V CCD

- Mesures de P. Doherty (Harvard)

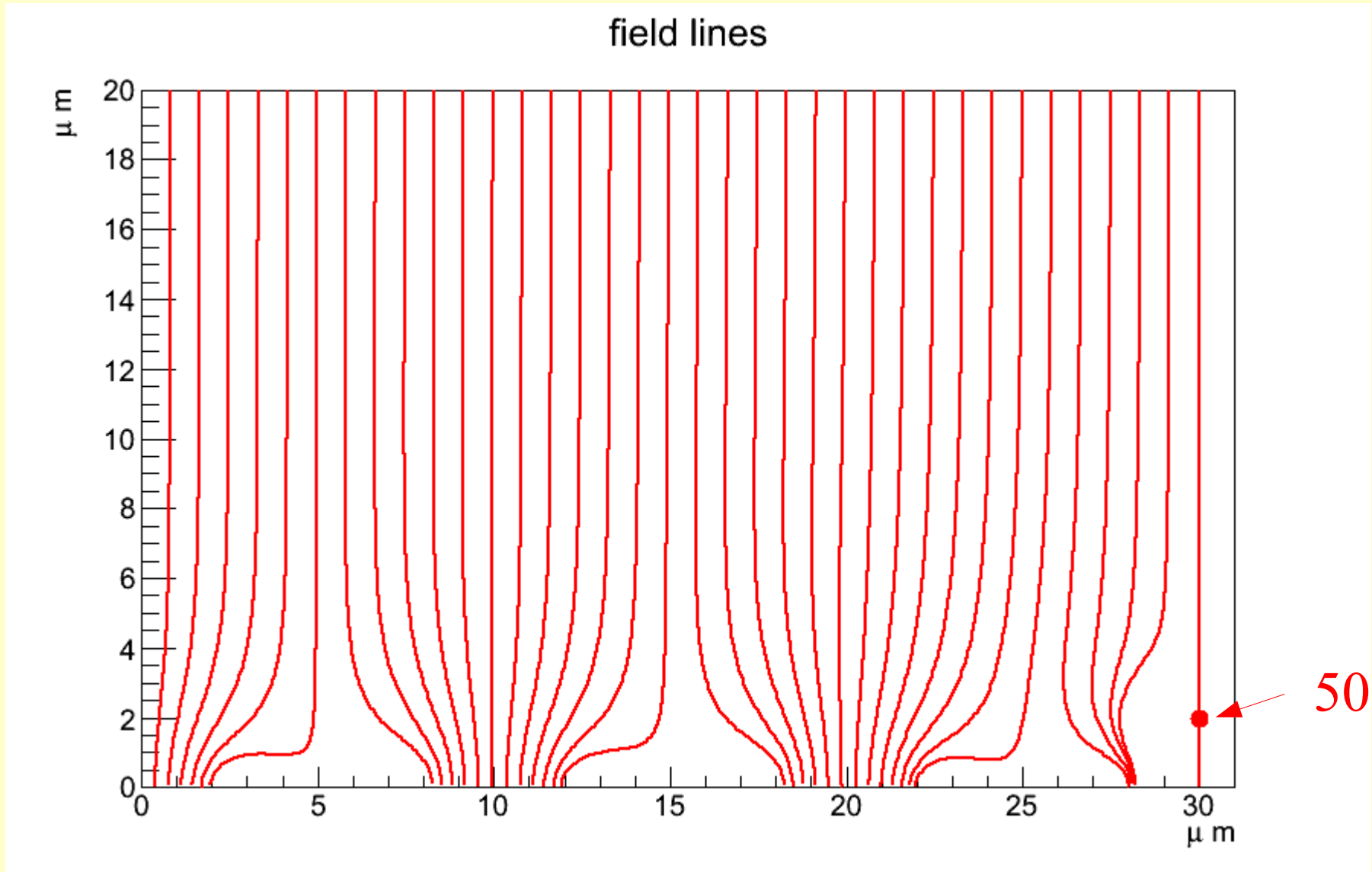
- Analyse d'Augustin Guyonnet

La pente de la corrélation dépend d'une tension électrostatique

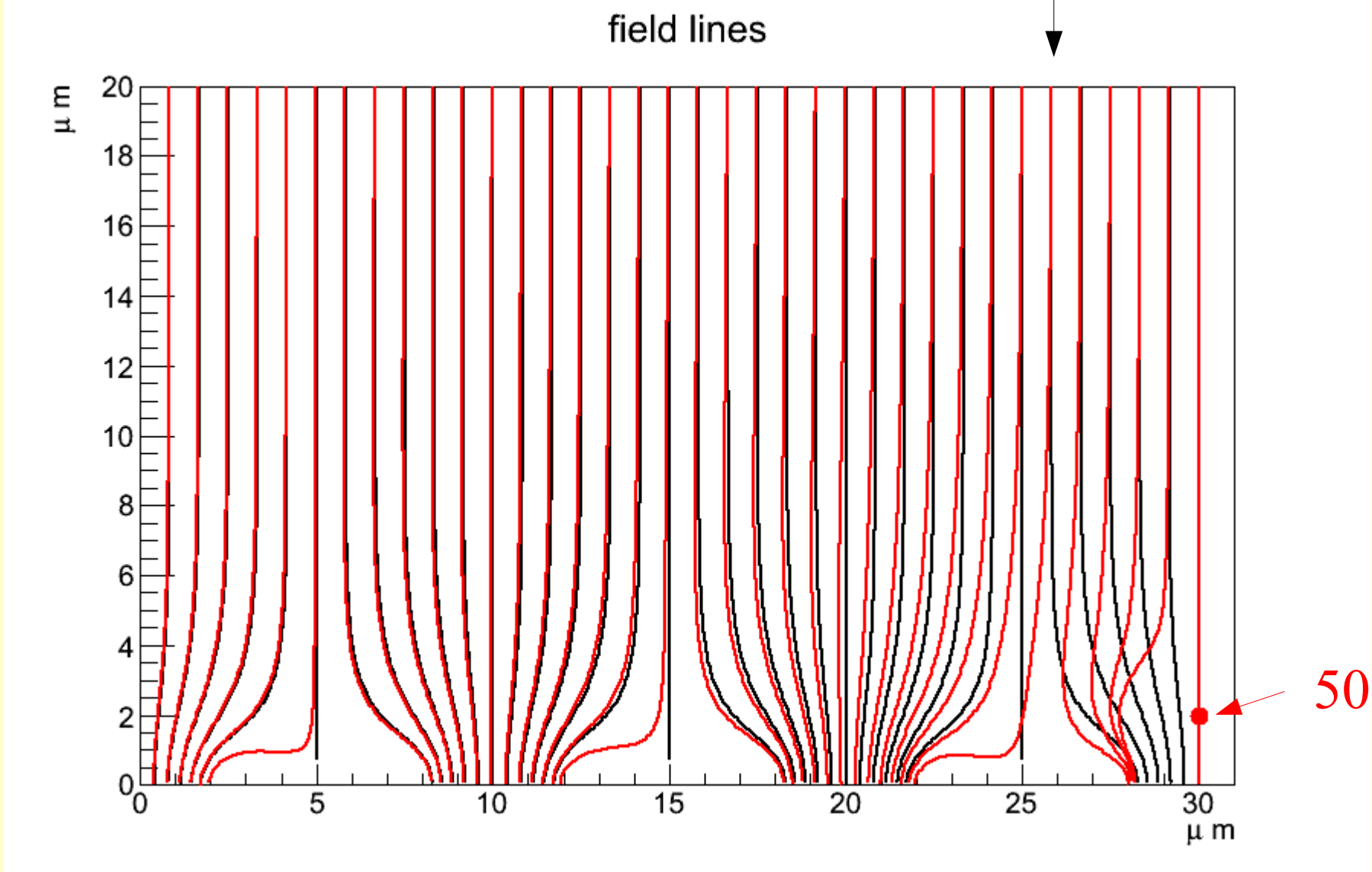
Forces de Coulomb dans un CCD



Forces de Coulomb dans un CCD

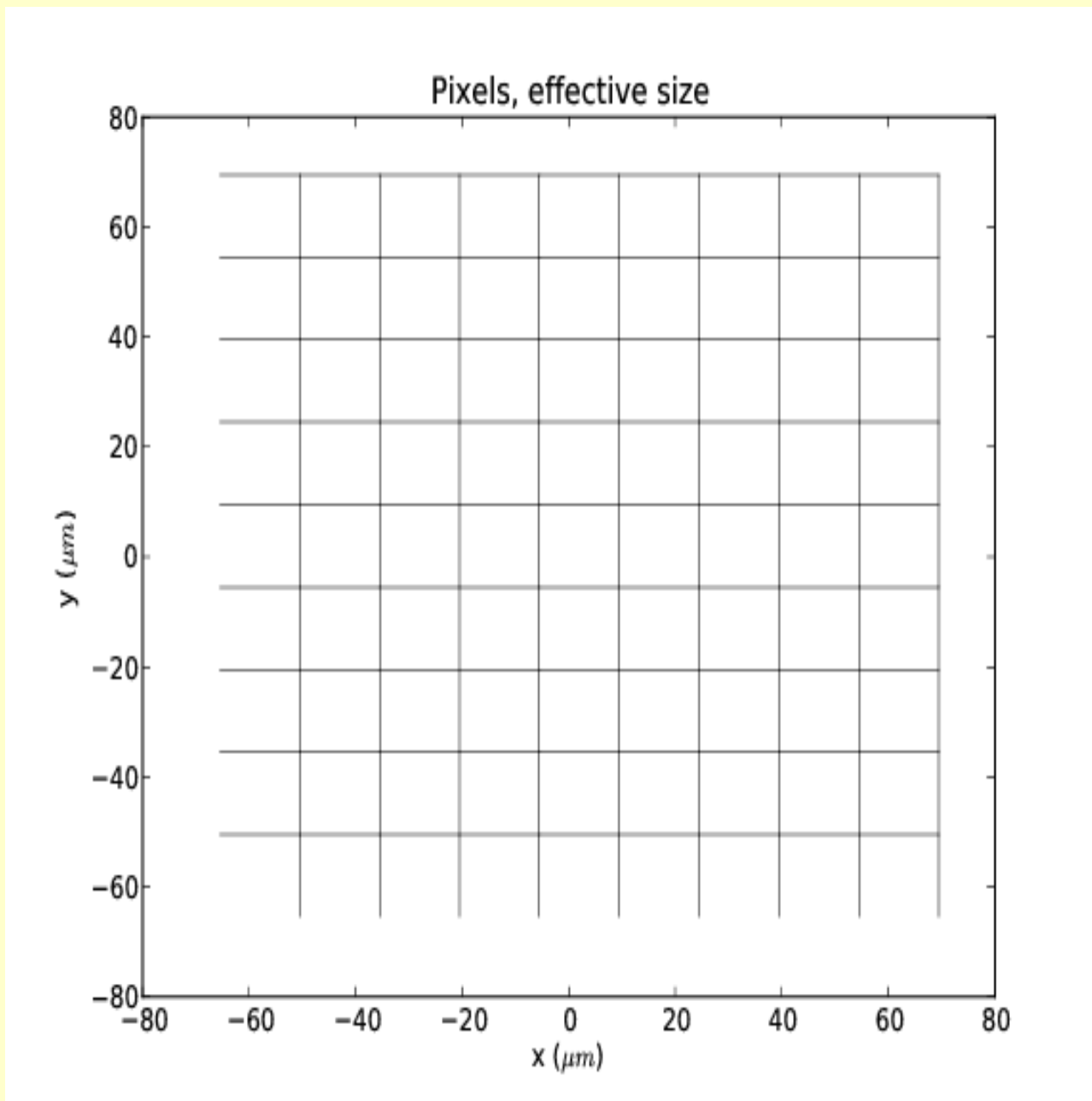


Selon la charge déjà collectée
les électrons qui descendent
ici vont à gauche ou à droite



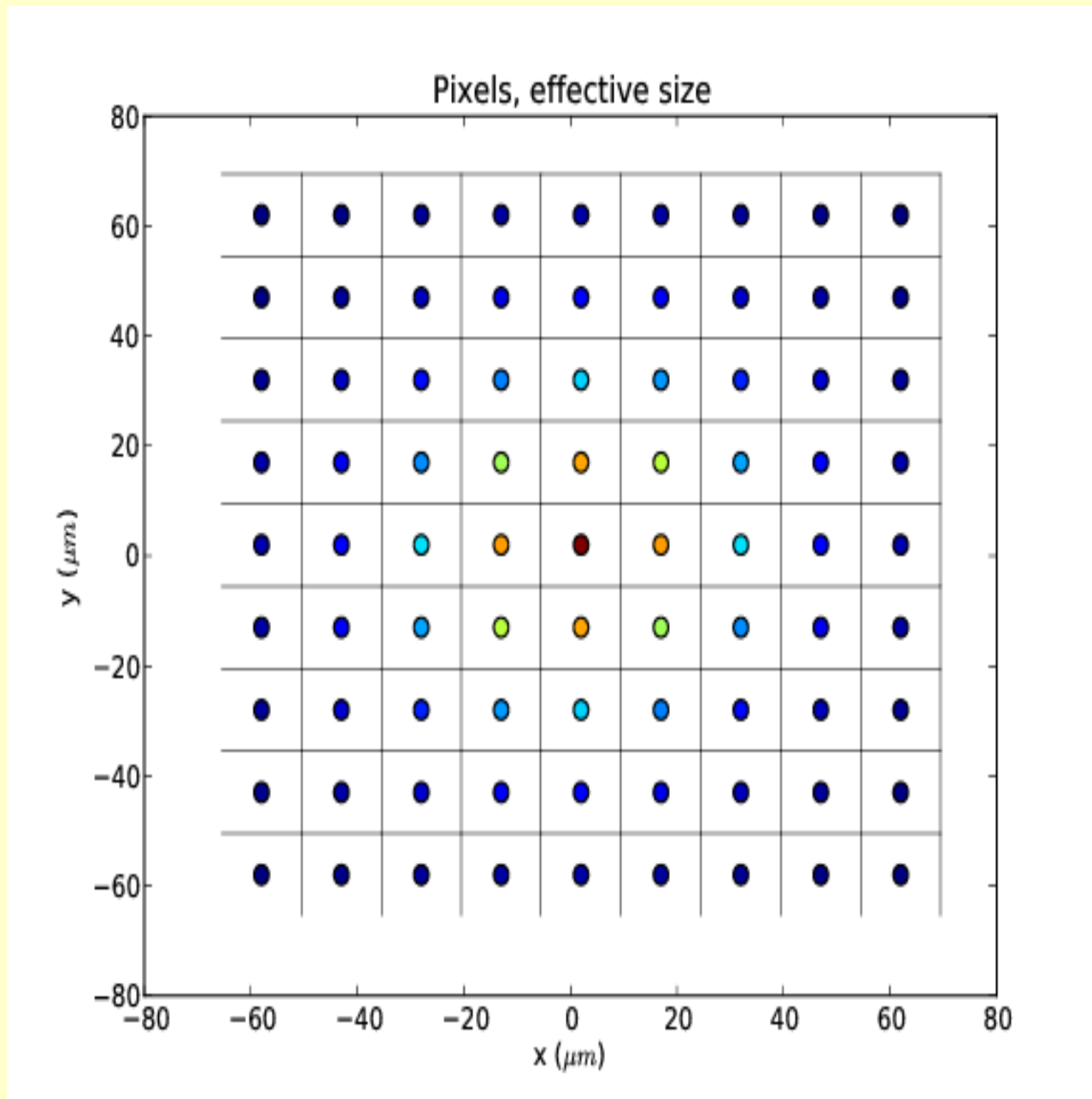
Vue du dessus

CCD vide

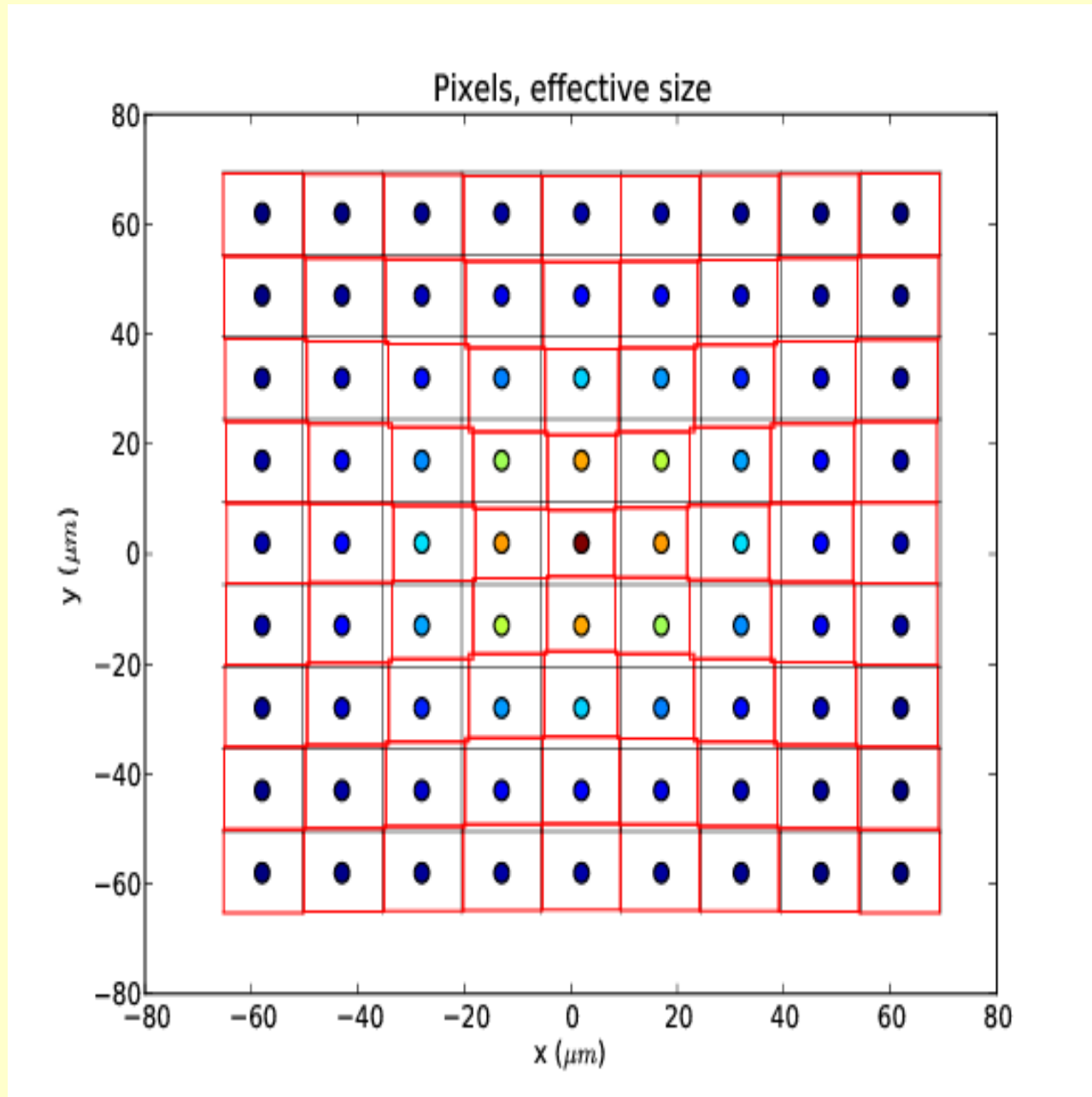


Vue de dessus

Positionnons une étoile brillante

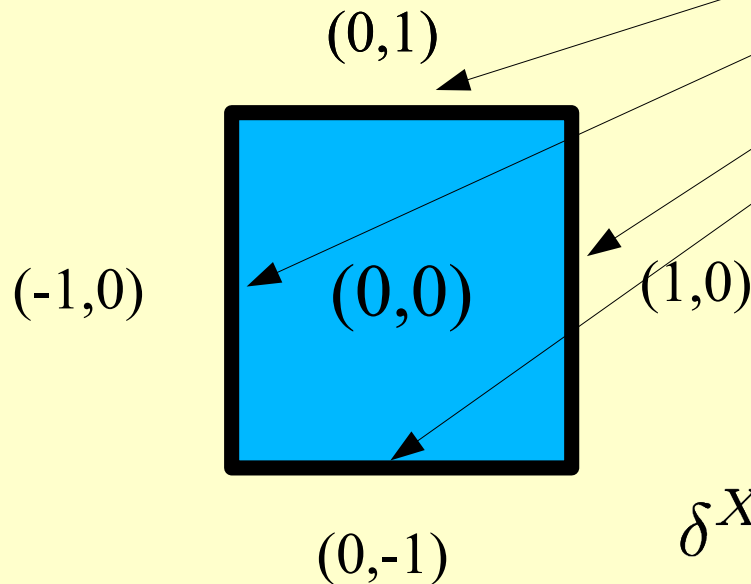


Limites des pixels déplacées (x5)



• Q_{ij}

Modèle phénoménologique



Déplacement de frontière, au premier ordre
Dans les charges source:

$$\delta^X = \sum_{ij} a_{ij}^X Q_{ij} \quad X \in \{(0,1), (1,0), (0,-1), (-1,0)\}$$

“Transfer” de charge (induit par tous les Q_{ij}):

$$\delta Q_{0,0}^X = \delta^X (Q_{00} + Q_X)/2 = \sum_{ij} a_{ij}^X Q_{ij} (Q_{00} + Q_X)/2$$

Somme sur les 4 côtés :

$$\delta Q_{00} = \sum \delta Q_{00}^X$$

Effet non-linéaire

$$\delta Q_{0,0} = \sum_X \sum_{ij} a_{ij}^X Q_{ij} (Q_{00} + Q_X)$$

A déterminer:

- Caractéristique du senseur
- Et des conditions

Charge source

Charge test

Redistribution des charges: pas de pertes

Corrélations dans les flats

$$Q'_{0,0} = Q_{00} + \sum_X \sum_{ij} a_{ij}^X Q_{ij} (Q_{00} + Q_X)$$

Pour un flat (moyenne μ , variance V) on a :

$$Cov(Q'_{00}, Q'_{ij}) = 4\mu V \sum_X a_{ij}^X$$

Somme sur 4 côtés

Donc :

- les corrélations (Cov/V) croissent linéairement avec l'illumination.
- variance des flats : terme de Poisson moins une correction quadratique

Est-ce que l'effet brighter-fatter et les corrélations des flats partagent la même origine physique ?

The brighter-fatter effect and pixel correlations in CCD sensors

P. Antilogus^a, P. Astier^{a*}, P. Doherty^b, A. Guyonnet^a and N. Regnault^a

Probablement

Evidence for self interaction of charge distribution in CCDs.

A. Guyonnet¹, P. Astier¹, P. Antilogus¹, and N. Regnault¹

Certainement

On peut donc utiliser les corrélations dans les flats pour prédire l'effet brighter-fatter

Résumé

- Le groupe « cosmologie » produit des papiers, avec des résultats dedans.
- Plusieurs nouveaux papiers sont en route :
 - DICE (système de calibration) (Nicolas)
 - Comparaison SNe distance et proches (Flora)
 - Brighter-fatter (Augustin)
 - Proposition SNe Euclid/LSST (PA)
- Faire de l'instrumentation, ce n'est pas renoncer à la science.