

Retour vers le Futur... *... en Cosmologie*

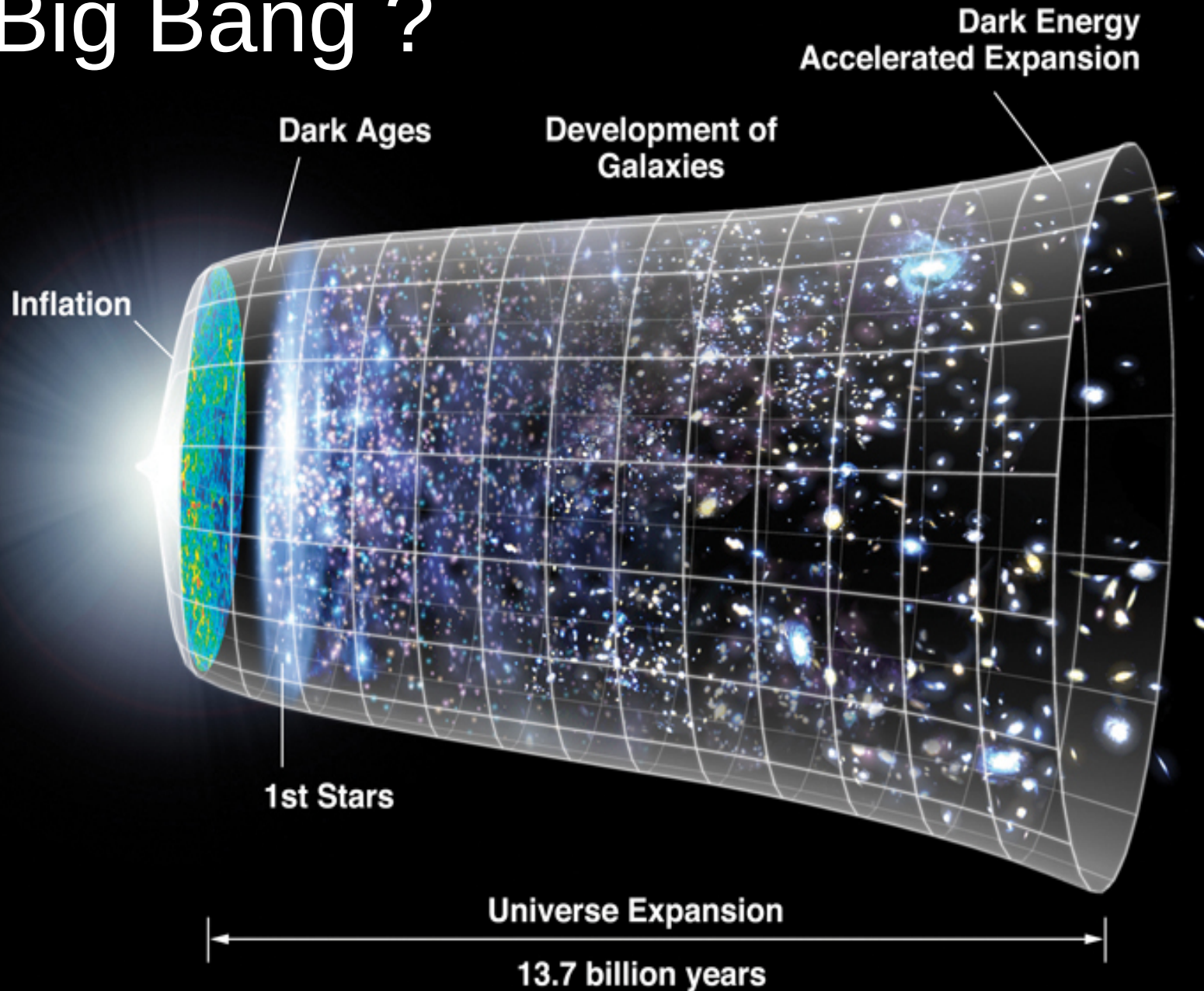
Laurent Le Guillou
(pour le groupe Cosmologie)

Emménagement du LPNHE, 1^{ère} bougie, 6 mai 2011



J'AI LU UN TRUC
SUR LA NAISSANCE
DE L'UNIVERS, ILS
APPELLENT ÇA
LE "BIG BANG".

Le Big Bang ?



C'EST LE GROS PROBLÈME DE LA
SCIENCE: DES EMPIRISTES
ESSAYENT DE DÉCRIRE DES TRUCS
SUPER INIMAGINABLES.





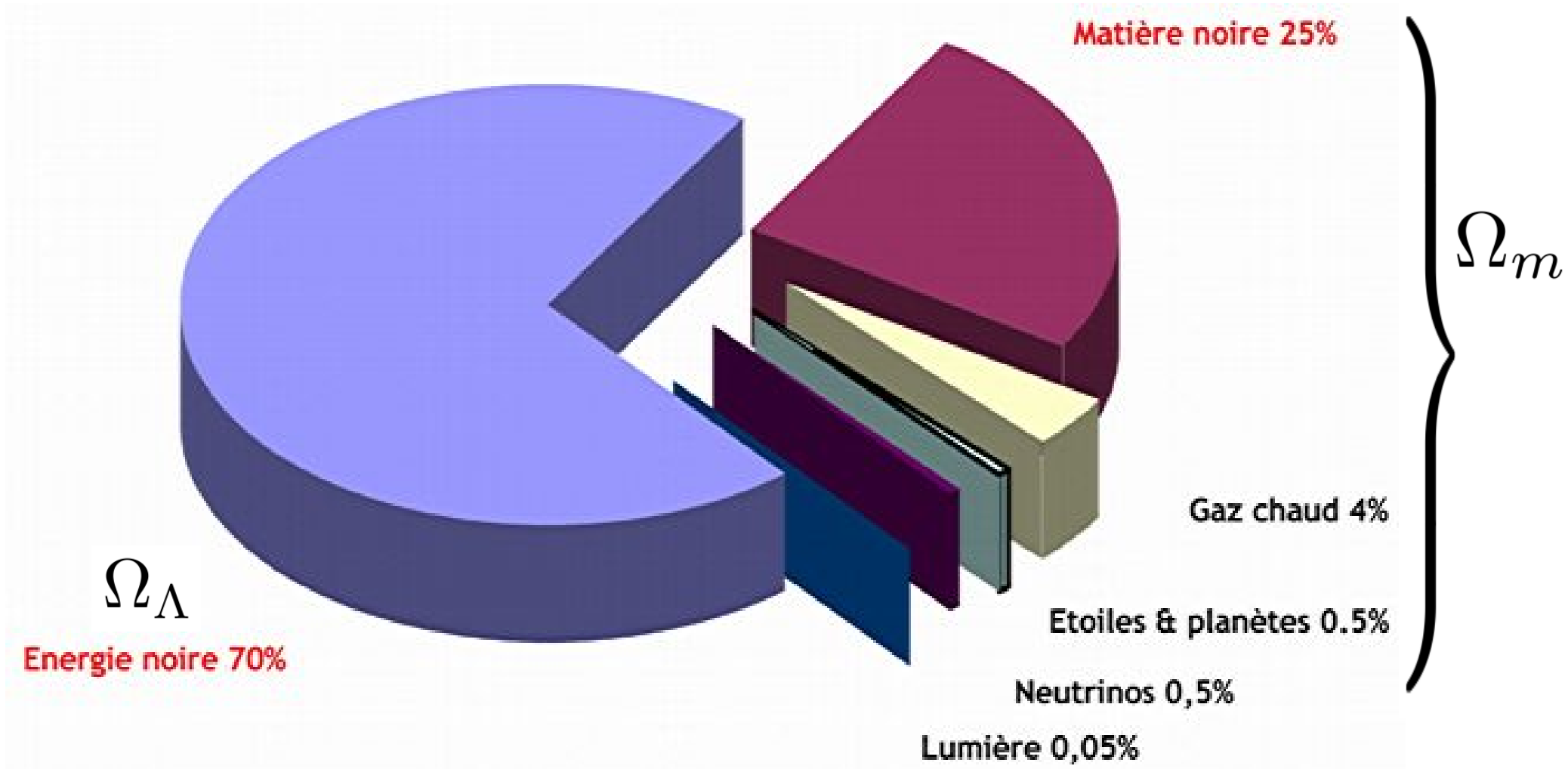
ET TOI, COMMENT TU L'APPELLE-
RAIS, LA CRÉATION DE L'UNIVERS?

"L'ATROÇORRIBLE
KA-BOOUM DE
L'ESPACE!"

Questions ouvertes en Cosmologie

- Premiers instants et histoire de l'Univers
- Géométrie / topologie / dimensions de l'Univers
- **Contenu (matière, ...) de l'univers**
- Formation des structures (amas, galaxies)
- ...

Contenu de l'Univers ?

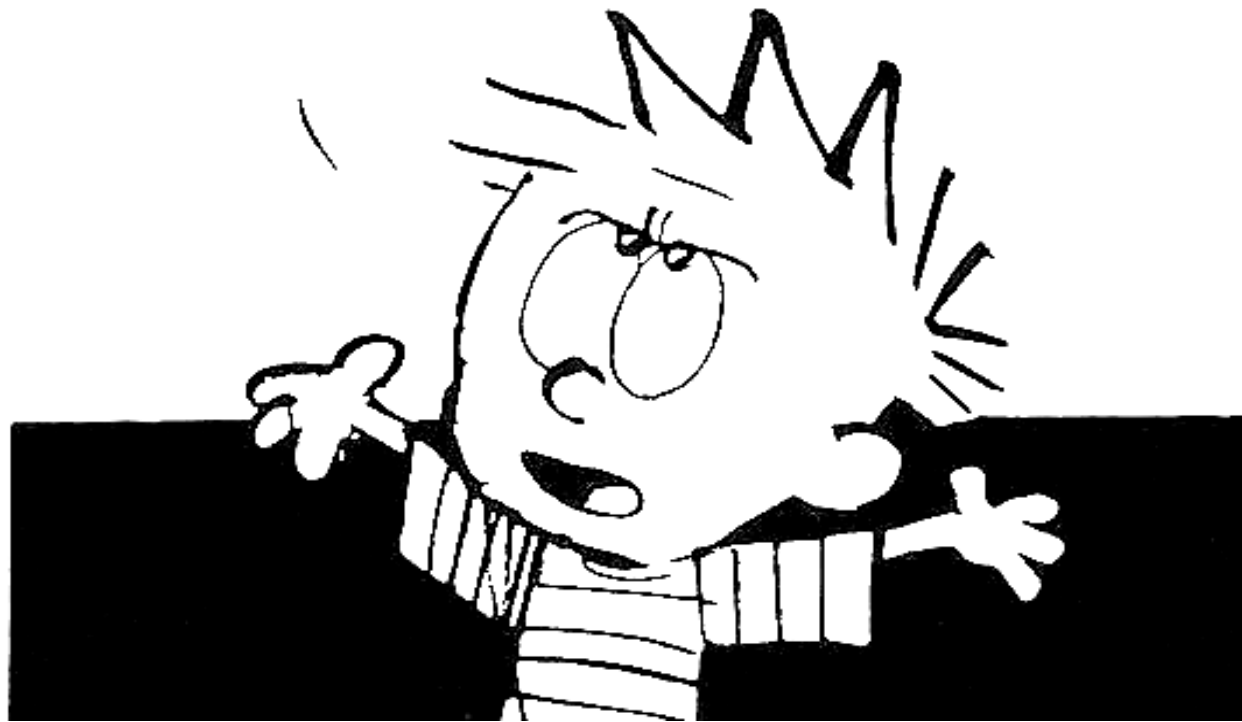


Questions ouvertes en Cosmologie

- Premiers instants et histoire de l'Univers
- Géométrie / topologie / dimensions de l'Univers
- **Contenu (matière, ...) de l'univers :**
 - Nature de la « *matière noire* »
 - **Nature de l'« *énergie noire* » (ou sombre)**
- Formation des structures (amas, galaxies)
- ...

Matière noire, énergie noire...

LES SCIENTIFIQUES PENSENT
QUE L'ESPACE EST CONSTITUÉ
D'UNE MYSTÉRIEUSE MASSE
INVISIBLE, ALORS COMMENT
LA BAPTISENT-ILS ?
" MATIÈRE NOIRE ! " PFF !



Nature de l'énergie noire ?

- L'Univers est en expansion...
- ... et son **expansion s'accélère !**
- « Energie noire » : fluide aux propriétés étranges, remplissant l'univers, et responsable de cet effet
- Nombreuses hypothèses sur sa nature : constante cosmologique, vide quantique, quintessence...
- Caractéristique **mesurable** :
ratio pression / densité : $w = p/\rho$
- Nécessite une mesure **précise** de l'expansion...

Mesurer l'expansion de l'Univers

- Mesurer la **vitesse d'éloignement** : *redshift* z :
via le spectre des objets (galaxies)
- Mesurer des **distances** : via la luminosité
apparente d'objets (*distance de luminosité*)
 - Besoin de trouver des « chandelles standards »
- Etudier la **relation entre *distances* et *vitesse*
*d'éloignement*** des galaxies (*diag. de Hubble*)
- En déduire la **densité de matière** Ω_m et les
propriétés de l'**énergie noire** (paramètre $w = p/\rho$)

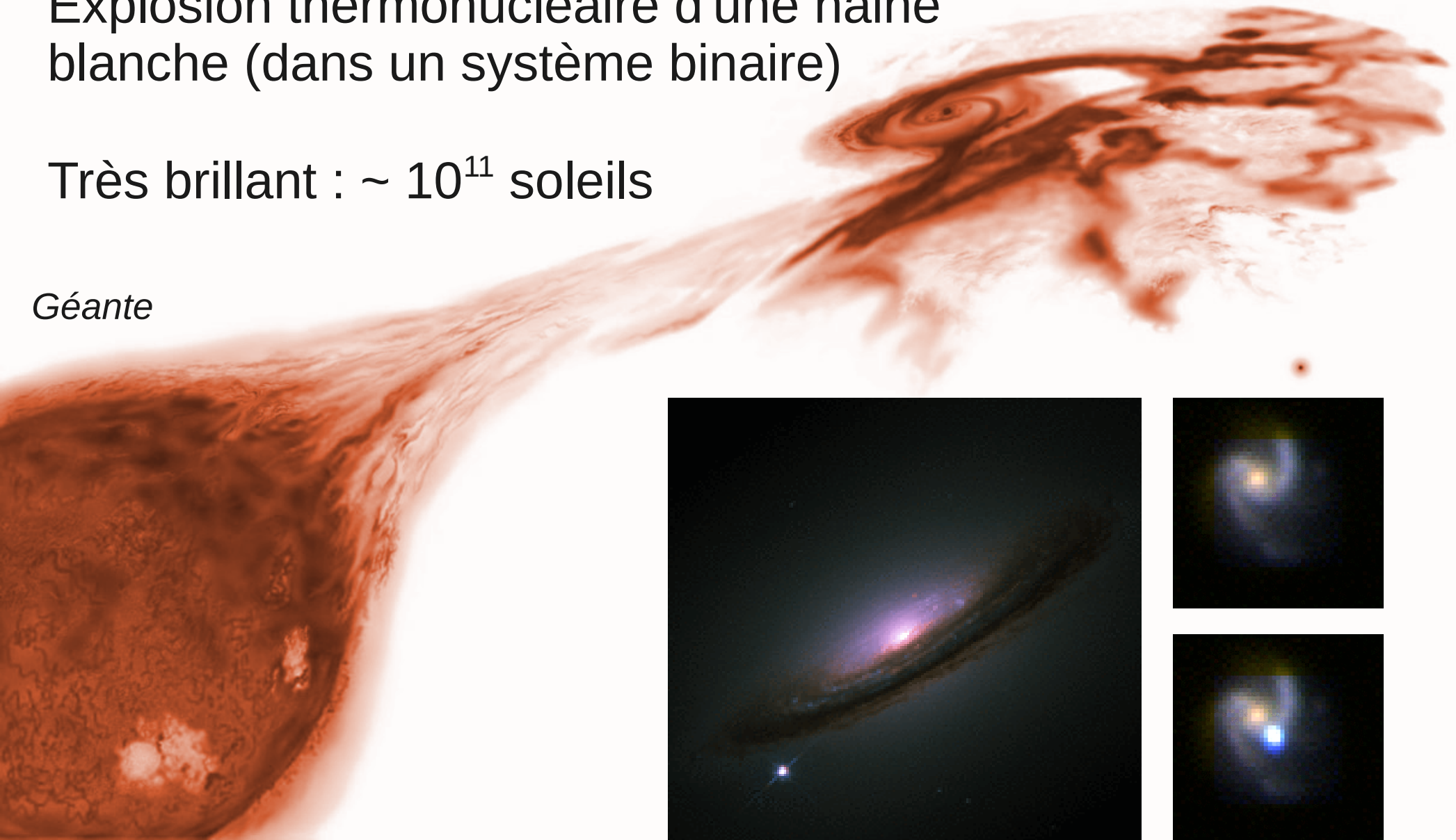
Supernova de type Ia

Explosion thermonucléaire d'une naine blanche (dans un système binaire)

Très brillant : $\sim 10^{11}$ soleils

Naine blanche

Géante



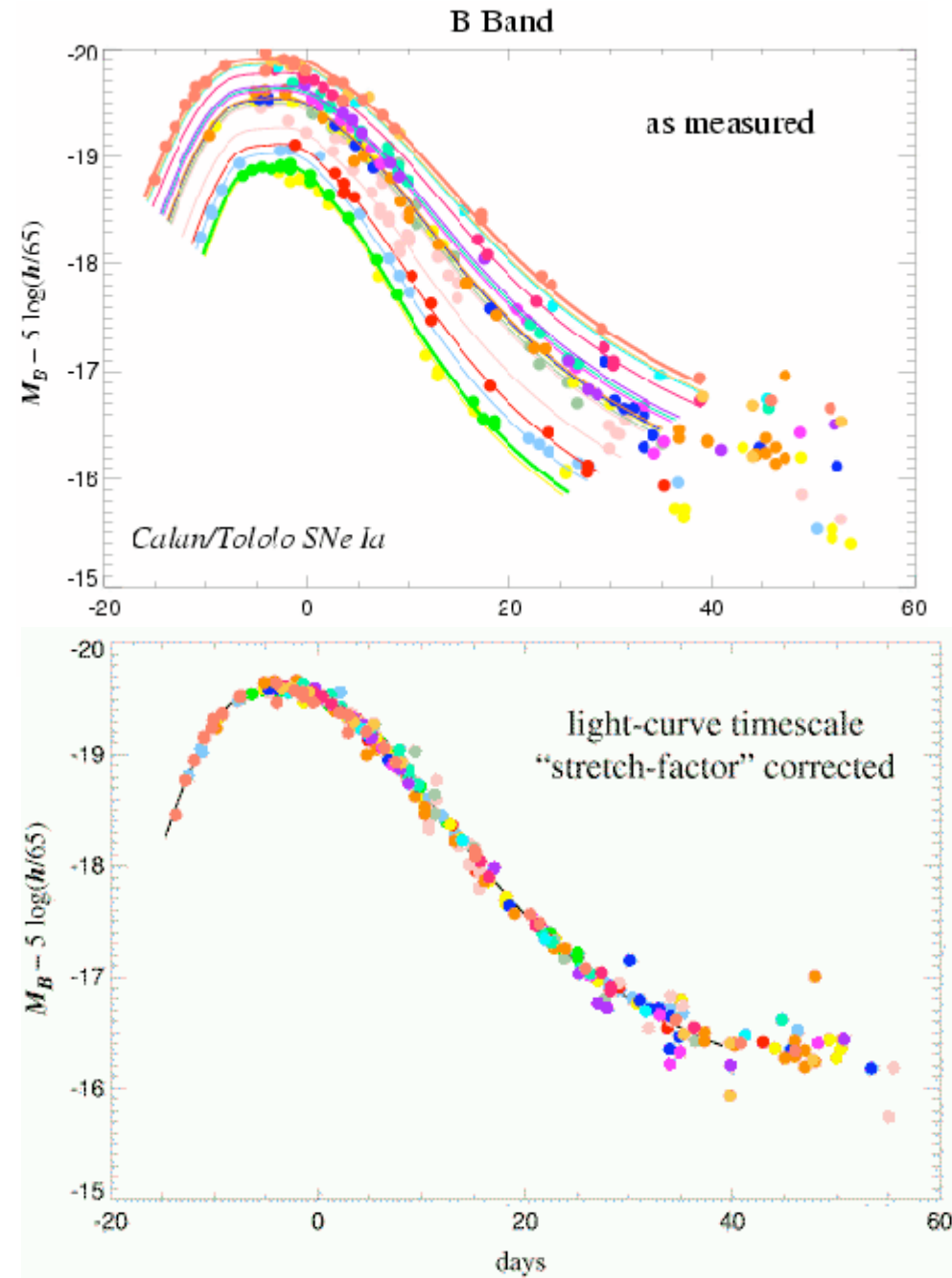
Arpenter l'Univers avec des SN Ia

Evolution de la luminosité après l'explosion

Au pic, **même luminosité** (à 40%) pour toutes les SN Ia

La luminosité apparente au pic permet d'**estimer la distance** de la SN Ia

Corrélation durée-luminosité et couleur-luminosité : améliore la mesure de distance



SNLS : recherche et suivi de SN Ia

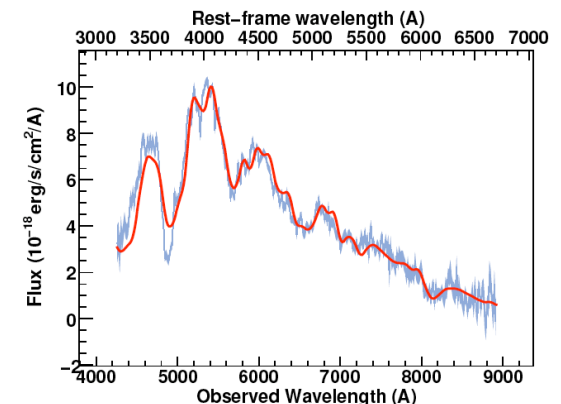
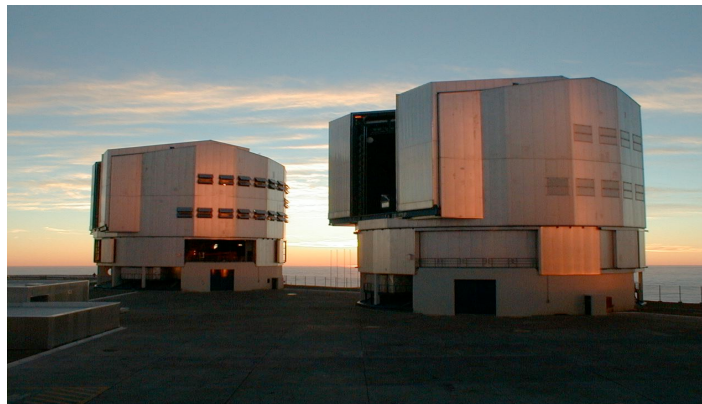
Recherche au CFHT
Hawaii, Mauna Kea

miroir : 3.5 m

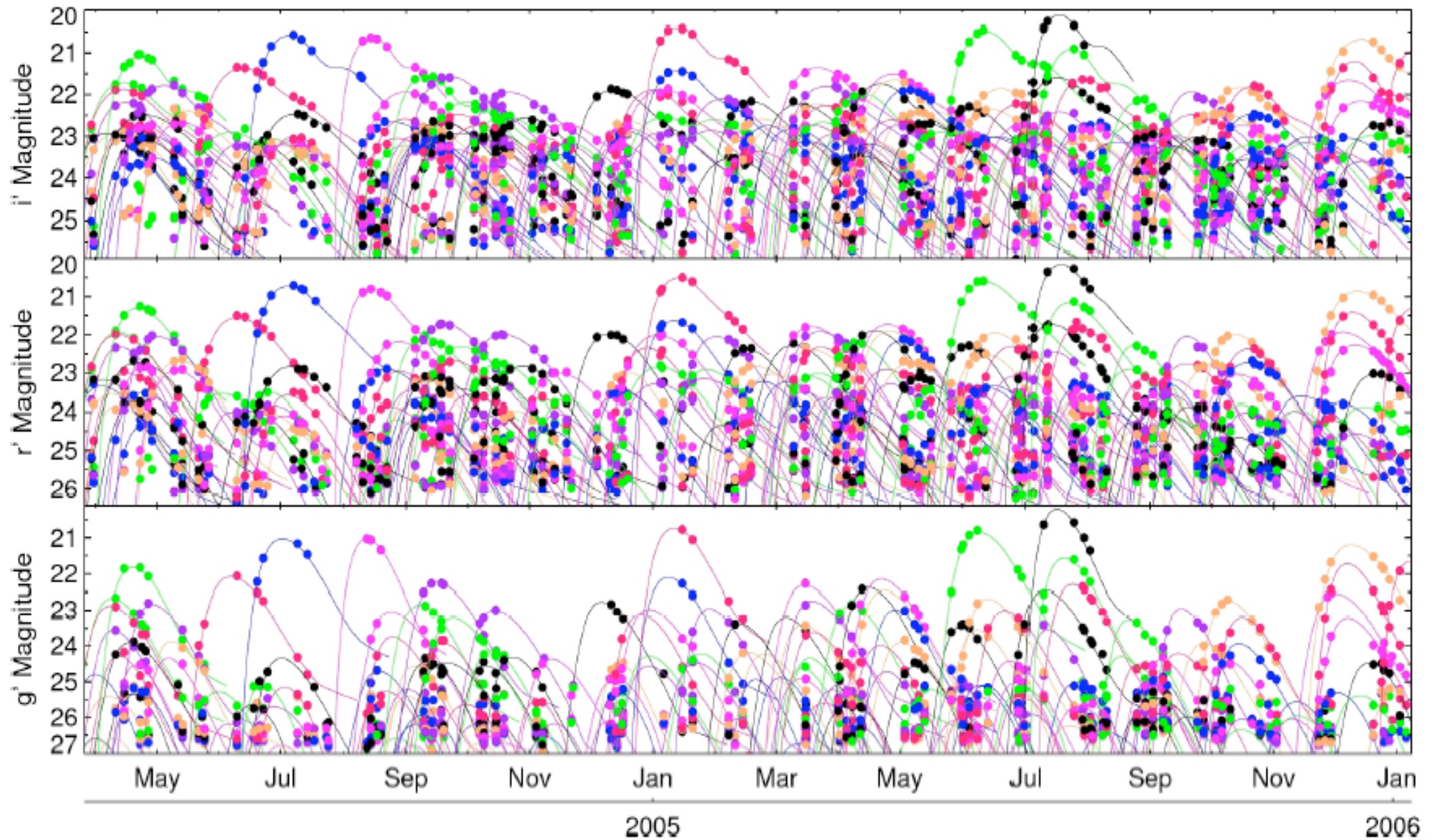
Megacam :
36 CCD 340 Mpixels



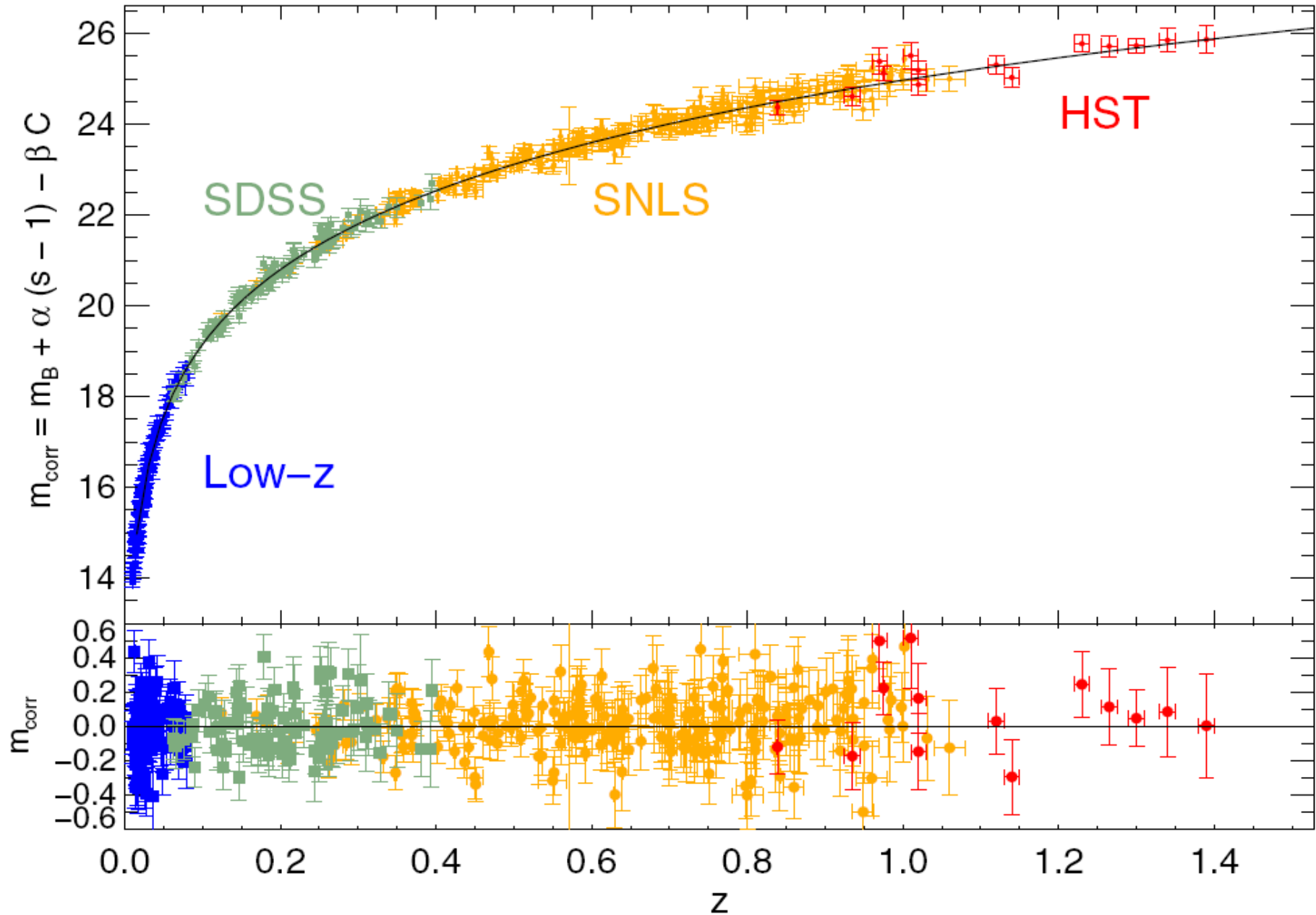
Spectroscopie
télescopes 10-m
(VLT, ...)



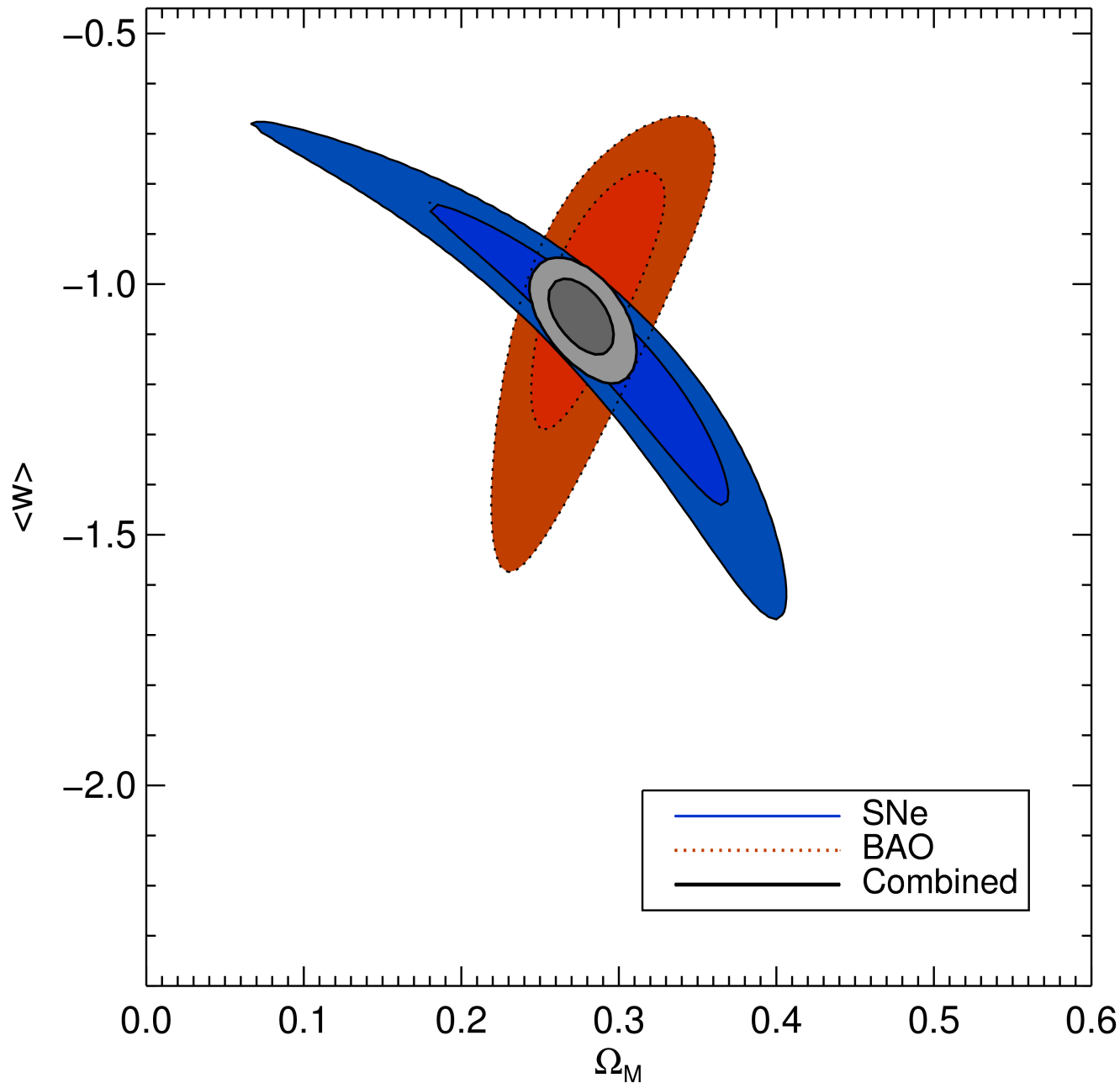
Stratégie : *Rolling search*



Mesure précise de l'expansion



Contraintes obtenues sur Ω_m et w



$$w = -1.08 \pm 0.1$$

(Ω_m fixé à 0.27)

Pour aller plus loin...

... et améliorer les contraintes sur les modèles cosmologiques

- Réduire les systématiques sur la mesure de distance des SN Ia
 - Meilleure calibration photométrique
 - Disposer de SN Ia proches
 - Comprendre la diversité des SN Ia
 - Mieux connaître leur environnement (poussière, ...)
- Découvrir davantage de SN Ia
- Concevoir un survey moins sensible aux systématiques

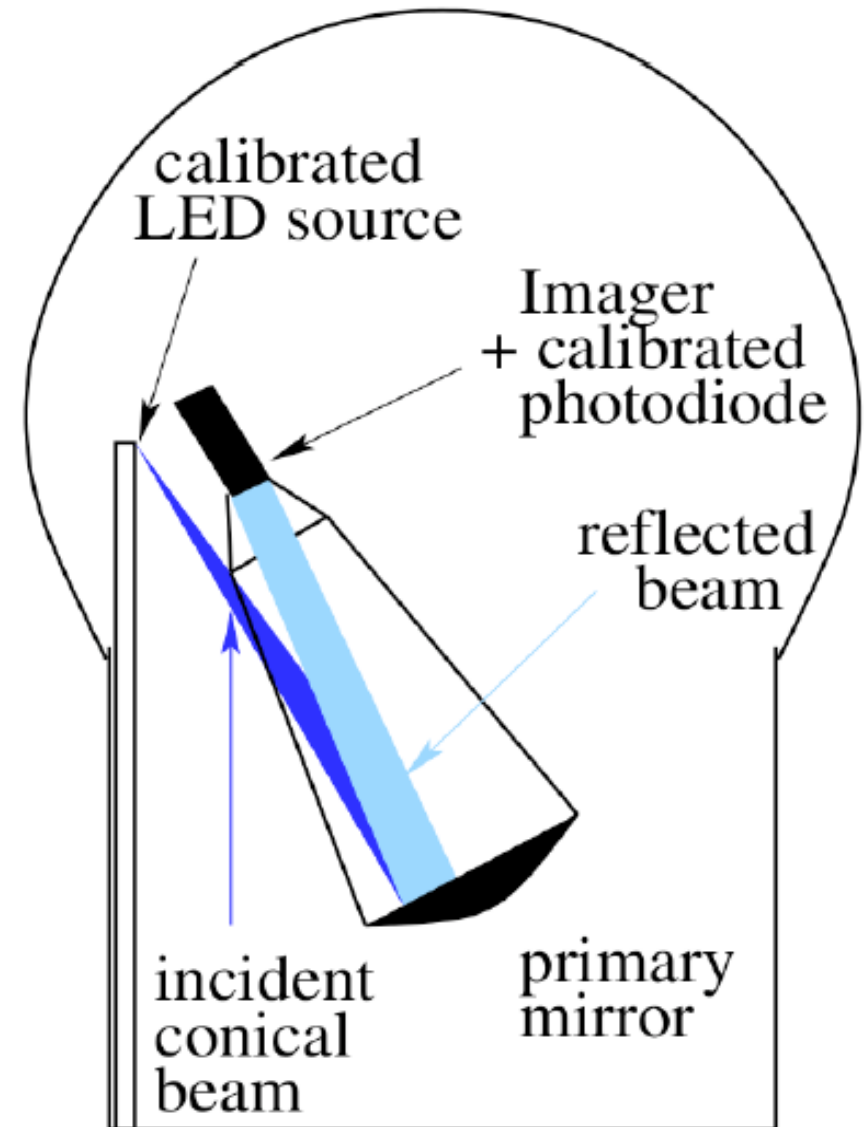
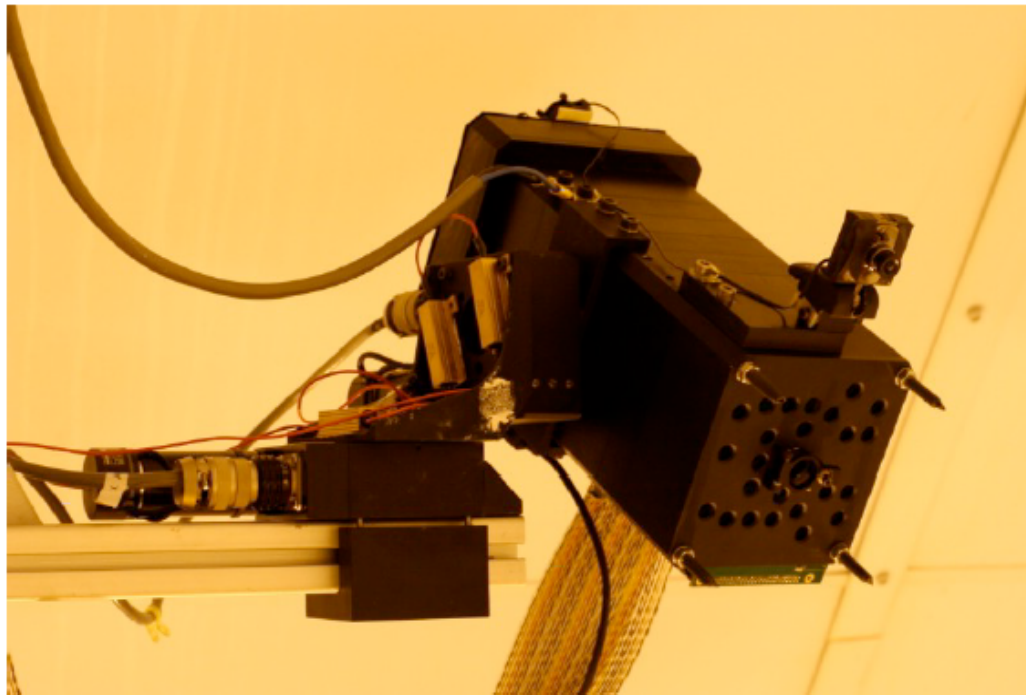
Pour aller plus loin...

... et améliorer les contraintes sur les modèles cosmologiques

- **Réduire les systématiques sur la mesure de distance des SN Ia**
 - **Meilleure calibration photométrique**
 - Disposer de SN Ia proches
 - Comprendre la diversité des SN Ia
 - Mieux connaître leur environnement (poussière, ...)
- Découvrir davantage de SN Ia
- Concevoir un survey moins sensible aux systématiques

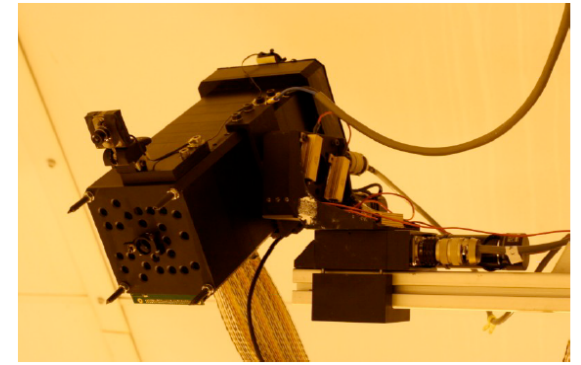
Calibration Instrumentale : SNDICE

- **LED / photodiodes NIST**
au lieu d'étoiles
- Flux LED contrôlé à 0.1%
par photodiode refroidie (CLAP)



Le futur de la calibration ?

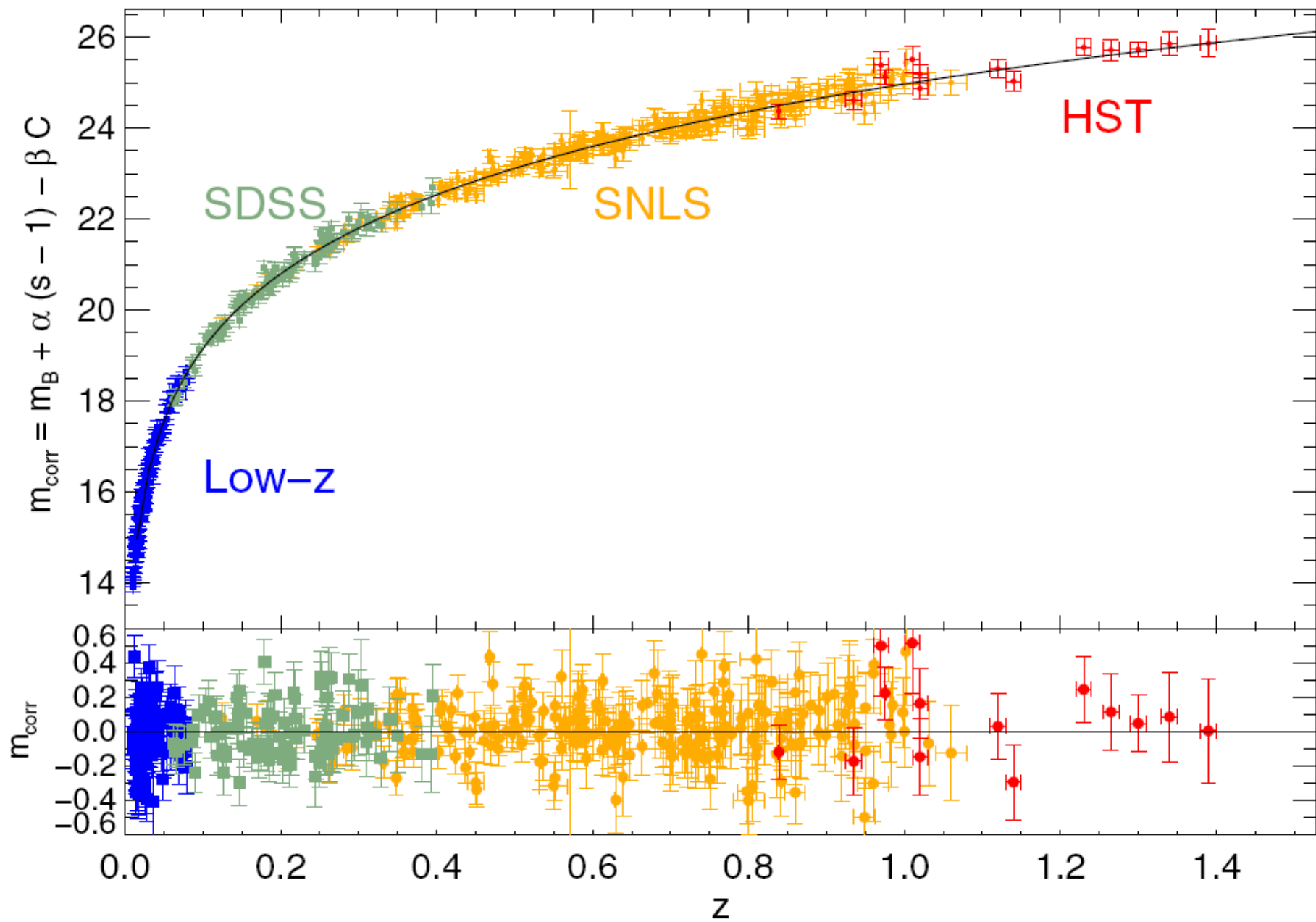
- Prototype : SNDICE au CFHT
- SkyDICE sur Skymapper (Australie)
- Généralisation de cette nouvelle technique de calibration ?
 - LSST
 - Subaru, etc...



Pour aller plus loin...

... et améliorer les contraintes sur les modèles cosmologiques

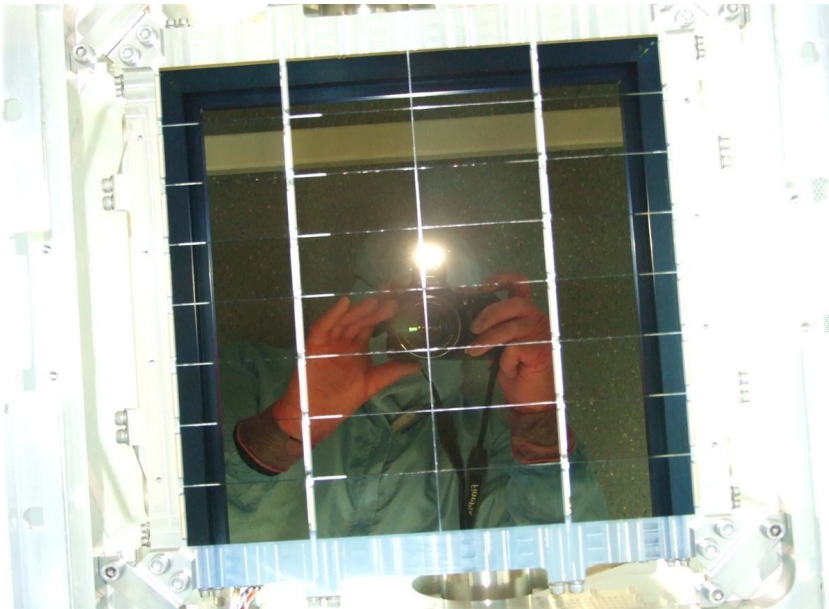
- **Réduire les systématiques sur la mesure de distance des SN Ia**
 - Meilleure calibration photométrique
 - **Disposer de SN Ia proches**
 - Comprendre la diversité des SN Ia
 - Mieux connaître leur environnement (poussière, ...)
- Découvrir davantage de SN Ia
- Concevoir un survey moins sensible aux systématiques



SkyMapper

Siding Springs, Australie

- Survey du ciel austral
- Miroir 1.3 m
- 32 CCDs, 250 Mpixels
- 5.7 degrés-carrés



Recherche de SN Ia
1000 degrés carrés

150 SN Ia proches / an
 $Z < 0.12$ – lot homogène

Démarrage : **2011**

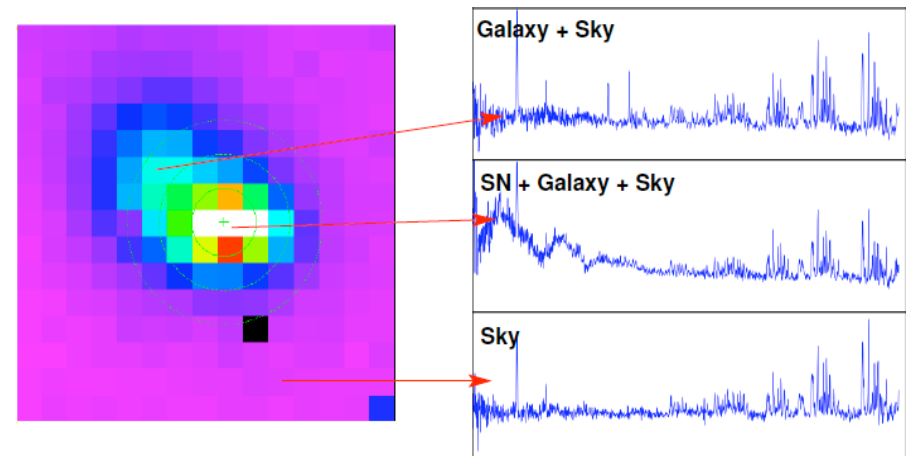
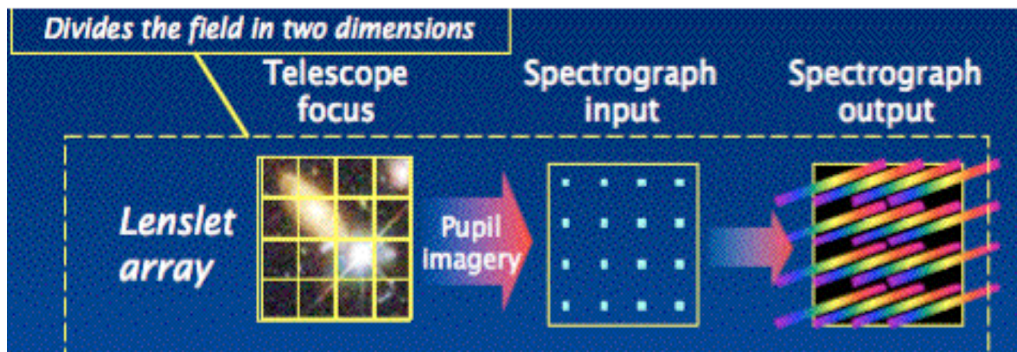
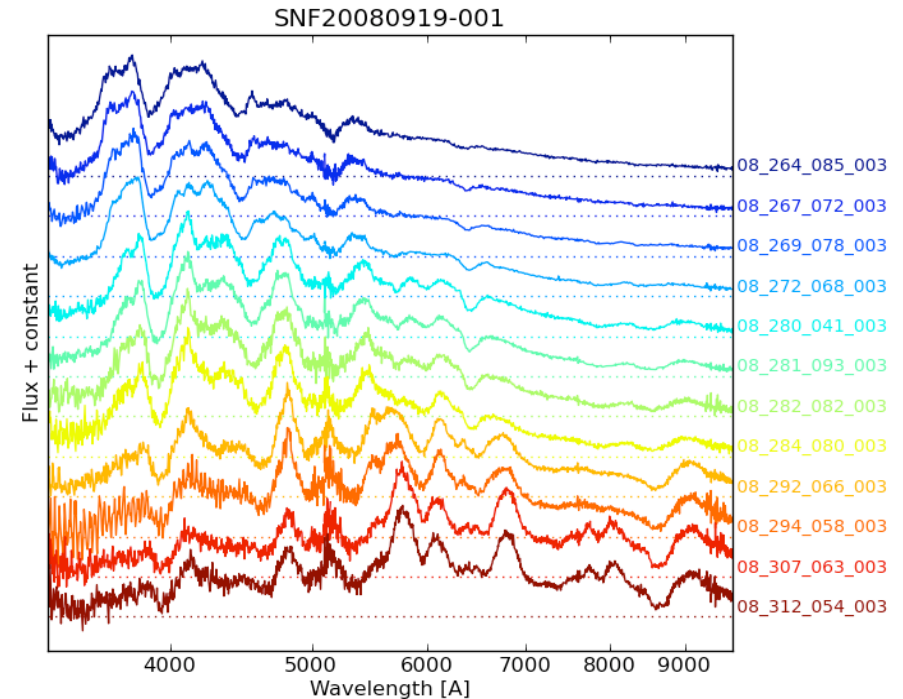
Aller plus loin...

... Améliorer les contraintes sur les modèles cosmologiques

- **Réduire les systématiques sur la mesure de distance des SN Ia**
 - Meilleure calibration photométrique
 - Disposer de SN Ia proches
 - **Comprendre la diversité des SN Ia**
 - Mieux connaître leur environnement (poussière, ...)
- Découvrir davantage de SN Ia
- Concevoir un survey moins sensible aux systématiques

Spectrophotométrie : SNF/SNIFS

- Séquences spectrales et temporelles
- Modélisation / physique des SN Ia
- Estimateur de distance utilisant l'information spectrale (*standardisation spectrale*)



Pour aller plus loin...

... et améliorer les contraintes sur les modèles cosmologiques

- Réduire les systématiques sur la mesure de distance des SN Ia
 - Meilleure calibration photométrique
 - Disposer de SN Ia proches
 - Comprendre la diversité des SN Ia
 - Mieux connaître leur environnement (poussière, ...)
- **Découvrir davantage de SN Ia**
- Concevoir un survey moins sensible aux systématiques

LSST

Large Synoptic Survey Telescope

El Peñón, Chili

Miroir 8.4 m

189 CCDs : 3.2 Gpixels

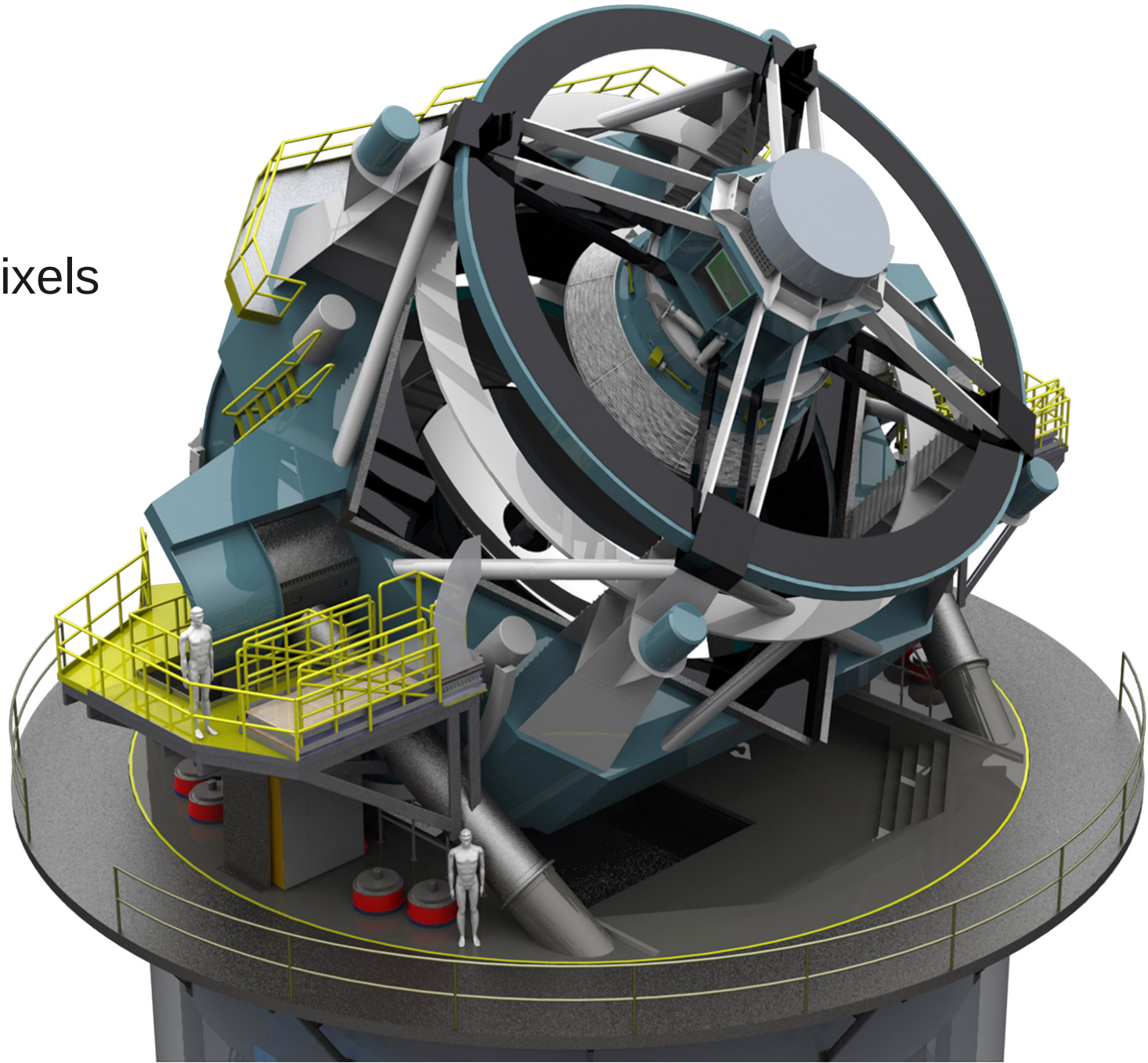
6 filtres UV - NIR

9.6 degrés carrés

Survey : 10 ans

20 000 deg²

Démarrage **2018**



LSST : caméra

189 CCDs : 3.2 Gpixels

6 filtres UV - NIR

9.6 degrés carrés

5×10^6 poses de 15 s

Lecture en 2 s

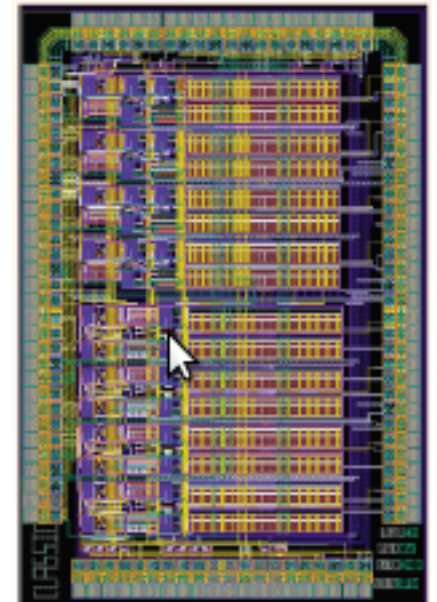
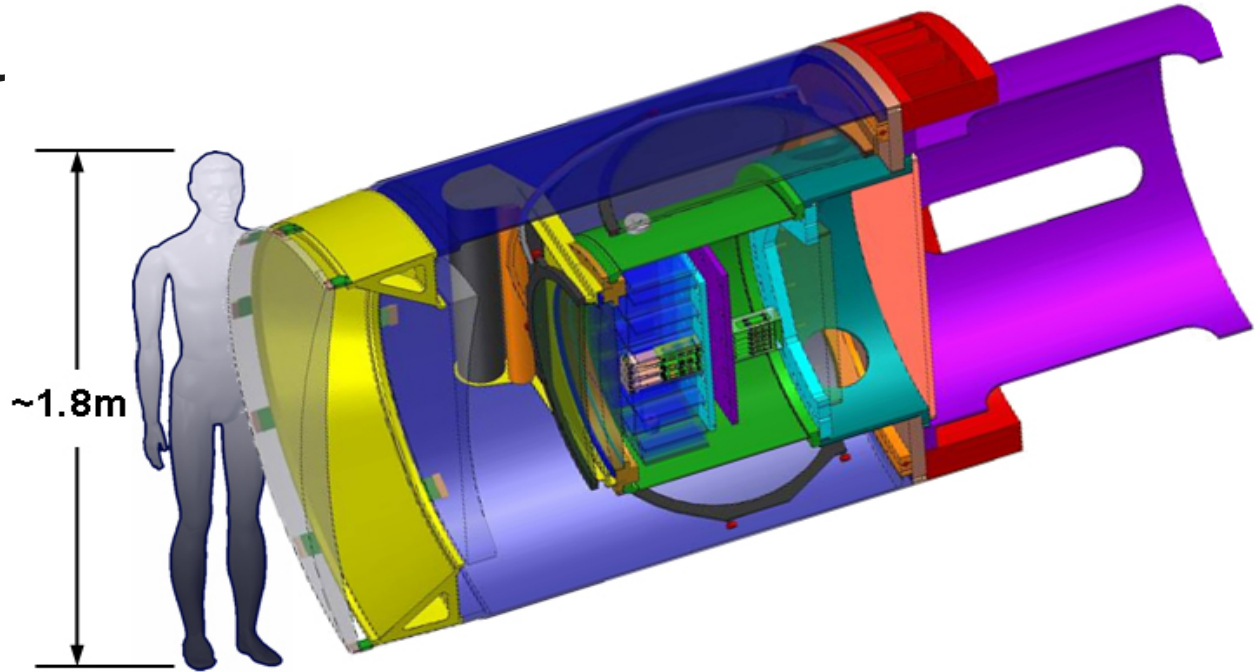
Electronique *Front-end* :

ASPIC dédié

500 kHz – bruit 1 e-

Tests CCD (LBL/SLAC)

Banc de test CCD E2V



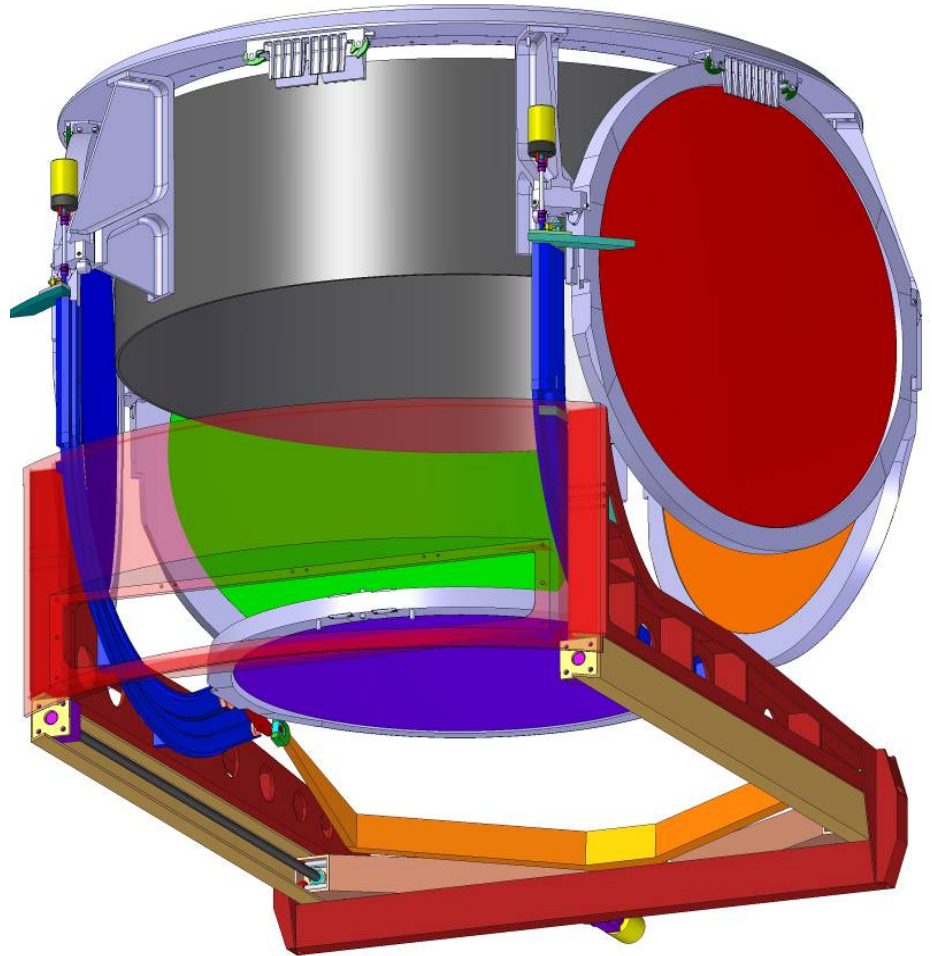
LSST : carrousel à filtres

5 filtres de 70 cm et 30 kg

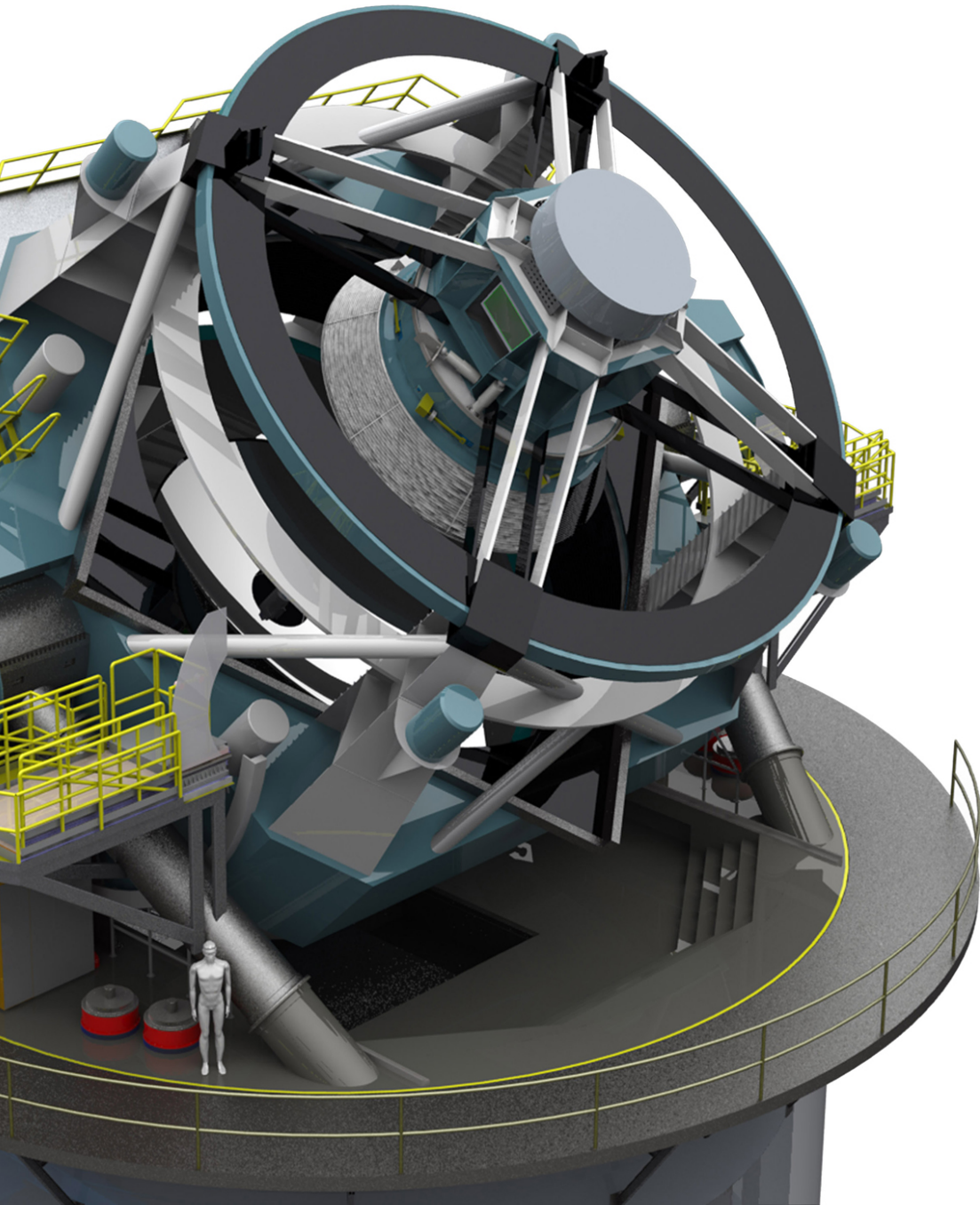
Changement en 2 minutes

40 000 changements

Dessin et prototype opérationnel



LSST : une profusion de SN Ia



Env. 10000 SN Ia / an
 $z \sim 0.5 - 1.4$

Identification et redshift
photométriques

« *Industrialisation* »
de la recherche
et de l'étude des SN Ia

Aller plus loin...

... Améliorer les contraintes sur les modèles cosmologiques

- Réduire les systématiques sur la mesure de distance des SN Ia
 - Meilleure calibration photométrique
 - Disposer de SN Ia proches
 - Comprendre la diversité des SN Ia
 - Mieux connaître leur environnement (poussière, ...)
- Découvrir davantage de SN Ia
- **Concevoir un survey moins sensible aux systématiques : survey spatial**

Mission spatiale dédiée

Dédiée à l'étude de
l'énergie noire

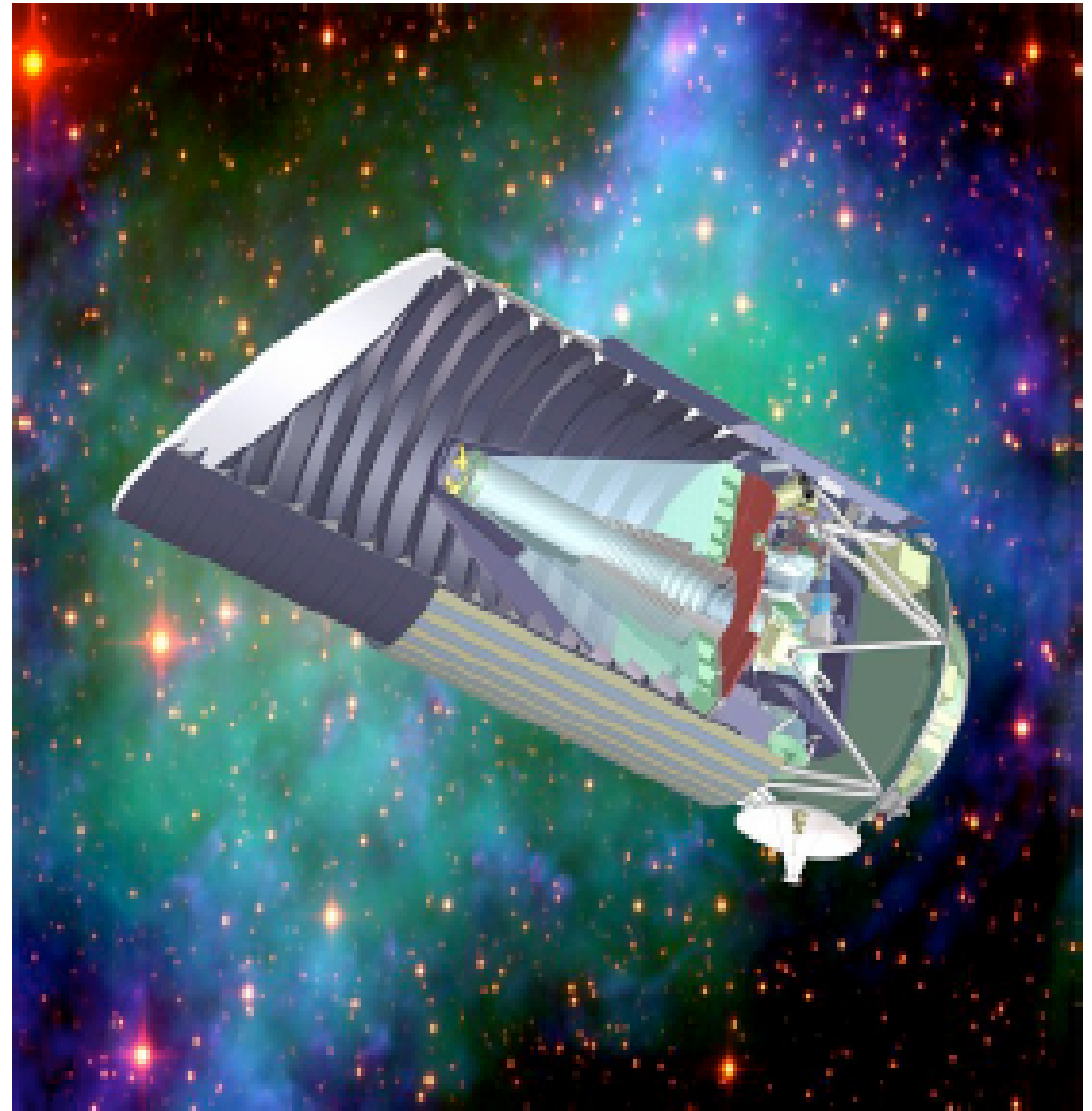
Optimisation pour la
recherche de SN Ia

filtres visibles et IR

10000 SN $0.15 < z < 1.5$

Etudier w
et ses variations avec z

Horizon : 2025



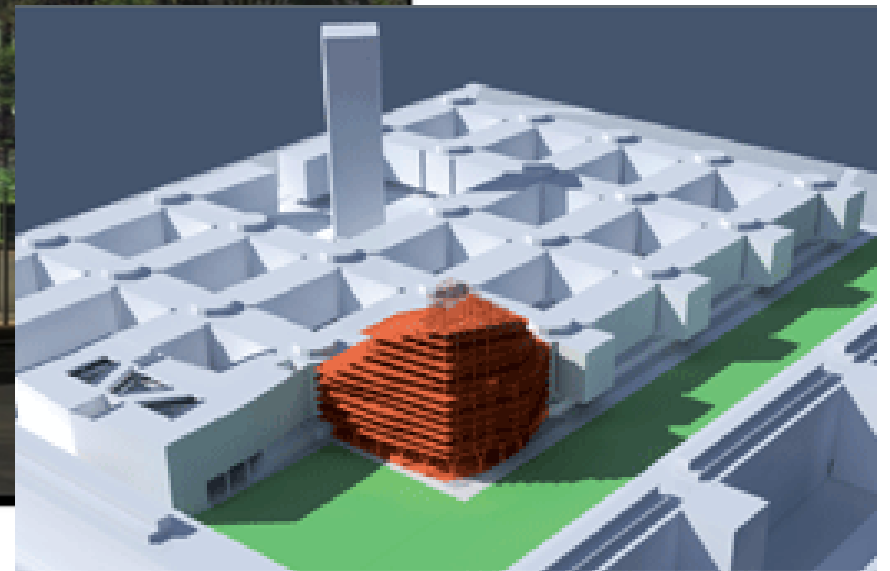
A detailed view of a mechanical watch movement, showing various gears, plates, and a winding crown. The image is a close-up of the internal mechanism, featuring several brass gears of different sizes, a large circular plate, and a winding crown on the right side. The text is overlaid on the image.

***A quoi ressemblera
le LPNHE dans 10 ans ?***

Destination : 2021...

LPNHE 2021...

sur un campus rénové (enfin dépourvu d'amiante)...





LPNHE 2021...

Peut-être un peu serrés...

200 à 250 personnes ?

« Open-space », avec bureaux « paysagés » pour tous ?

« Expansion » et conquêtes territoriales sur le campus ?

LPNHE 2021...

... A la pointe, utilisant les méthodes de travail du futur...

Travail à distance, en réalité virtuelle ?

Meetings et conférences virtuelles 3D ?

Publications dématérialisées ?

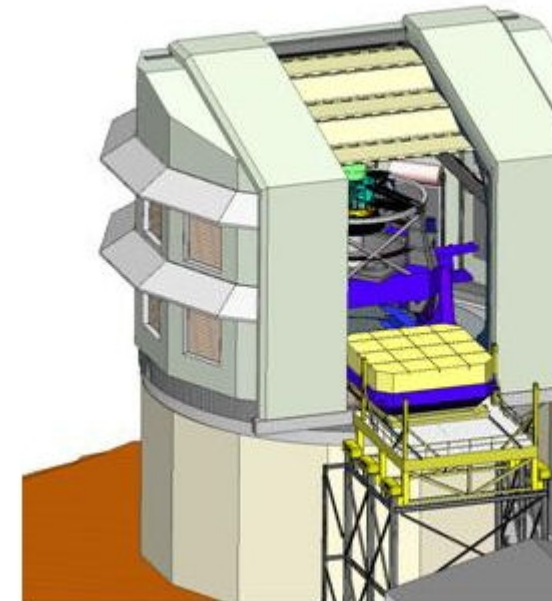
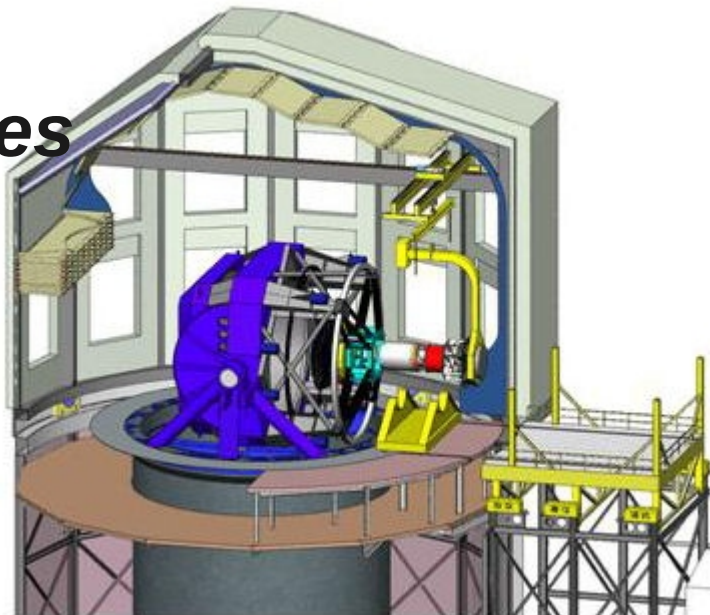
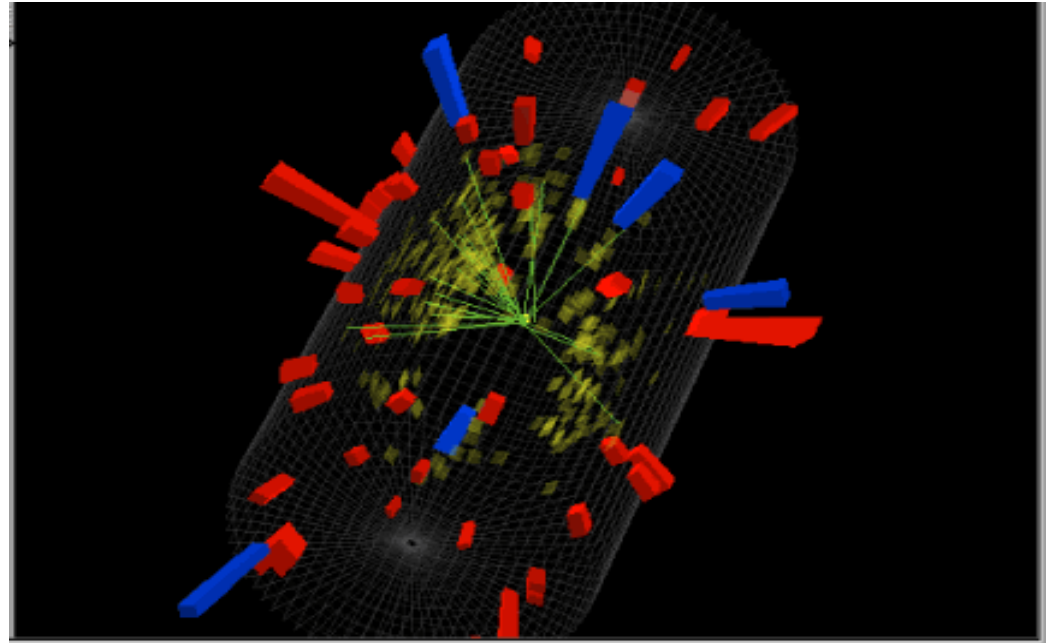


LPNHE 2021...

... dans un monde où les déplacements seront moins indispensables...

***Run « distants »
au CERN ?***

***Télescopes robotiques
en contrôle distant ?***



*La prédiction est un art difficile,
surtout en ce qui concerne le futur...*

L'avenir n'est pas écrit...

Mais il nous appartient !