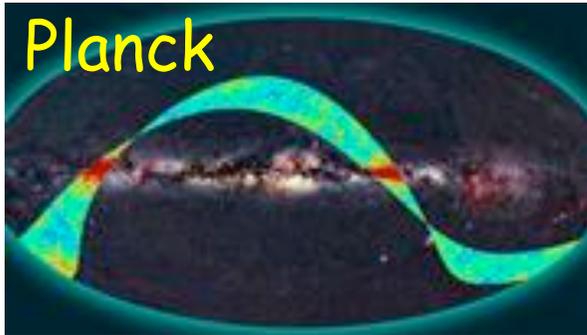
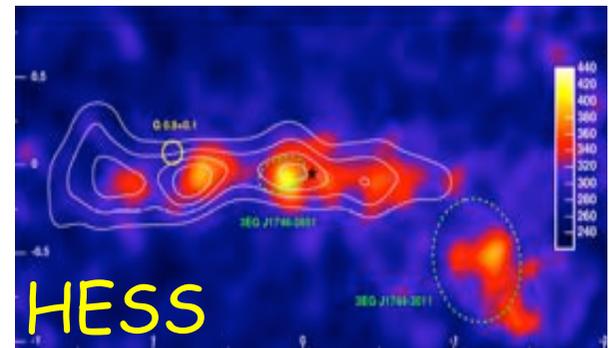


P2: Matière et énergie sombres

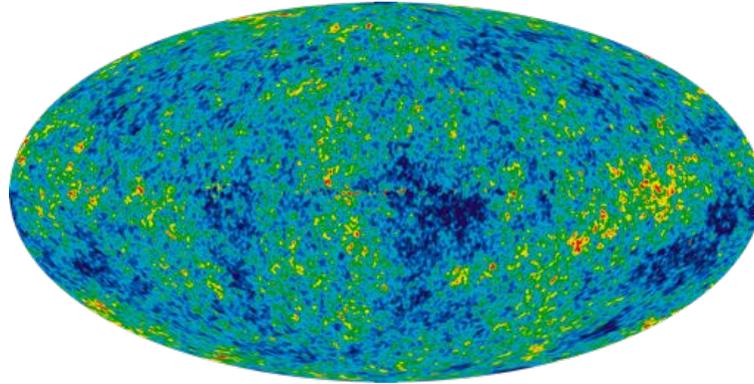


Nathalie Palanque-Delabrouille
CEA-Saclay, IRFU
P2IO



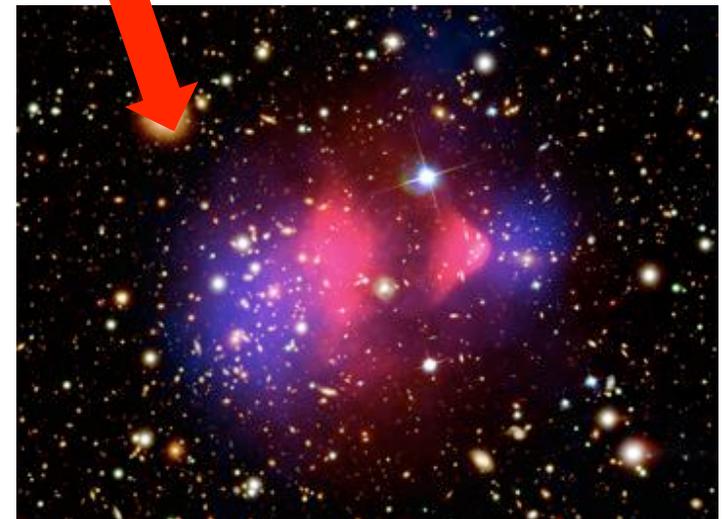
Matière et énergie sombres

Géométrie

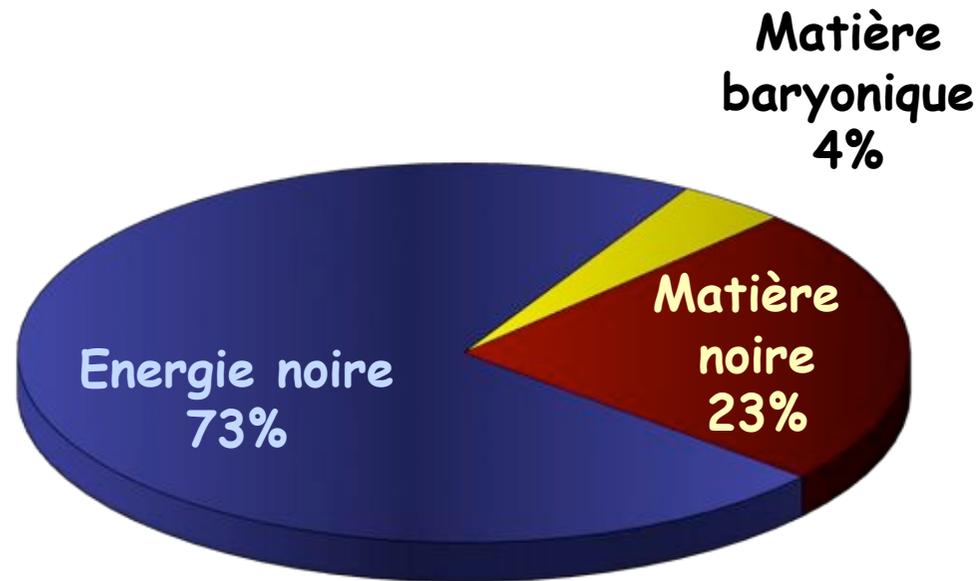


$$1 - \Omega_k = \Omega_\Lambda + \Omega_{cdm} + \Omega_b$$

Contenu



Matière et énergie sombres



Matière noire dans la Galaxie

Matière baryonique ?
(planètes, naines blanches, trous noirs...)



Particules ?
(WIMPs)



Matière noire dans la Galaxie



Choc d'un WIMP
dans cristal de Germanium ultra pur

- **Elévation de température**
de **1 millionième** de degré
- **Signal électrique (faible)**
3 fois plus petit que pour radioactivité

**Edelweiss
et les WIMPS**

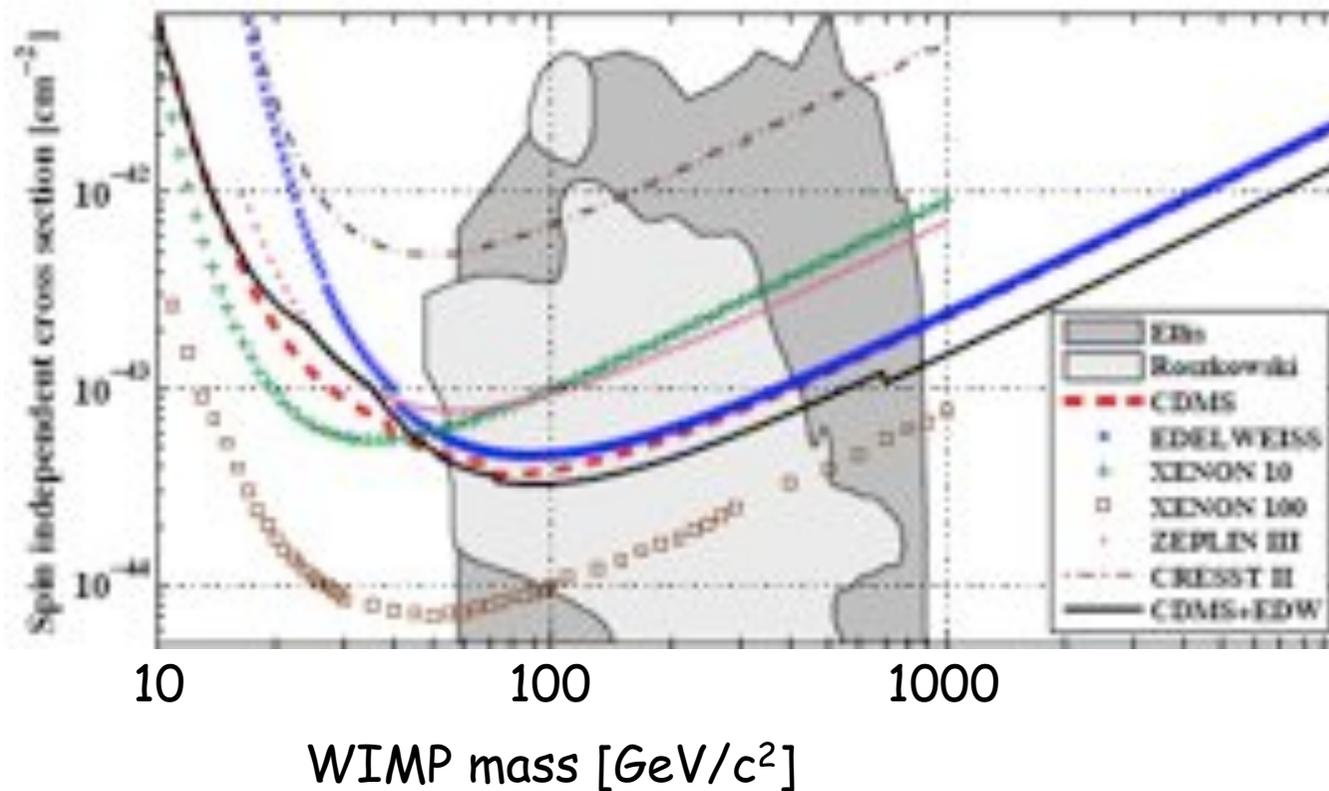


Laboratoire de Modane, 1700m sous terre

Matière noire dans la Galaxie

Ahmed et al., [arXiv:1105.3377]

"Combined limits on WIMPs from the CDMS and Edelweiss experiments"



400 kg.jr
chacune

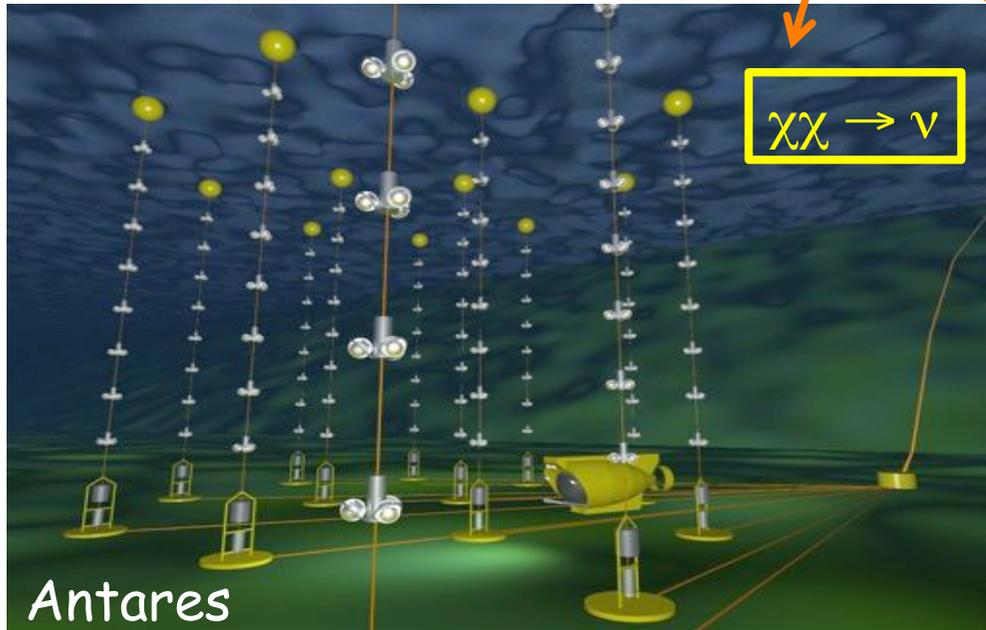
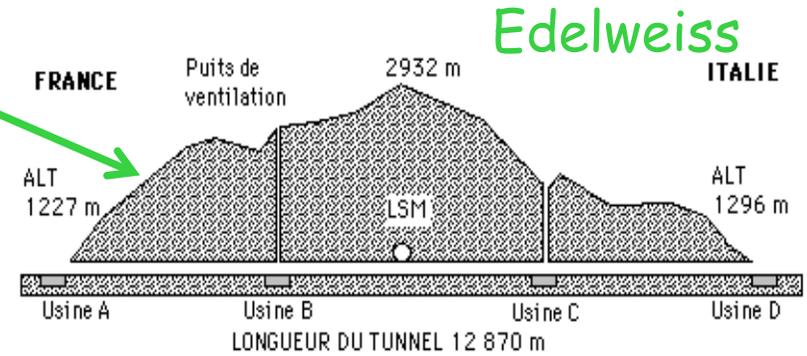
Edelweiss III ($40 \times 800\text{g} = 32 \text{ kg}$): $5 \cdot 10^{-45} \text{ cm}^2$

Eureca (1 t)

Matière noire dans la Galaxie

détection directe

détection indirecte



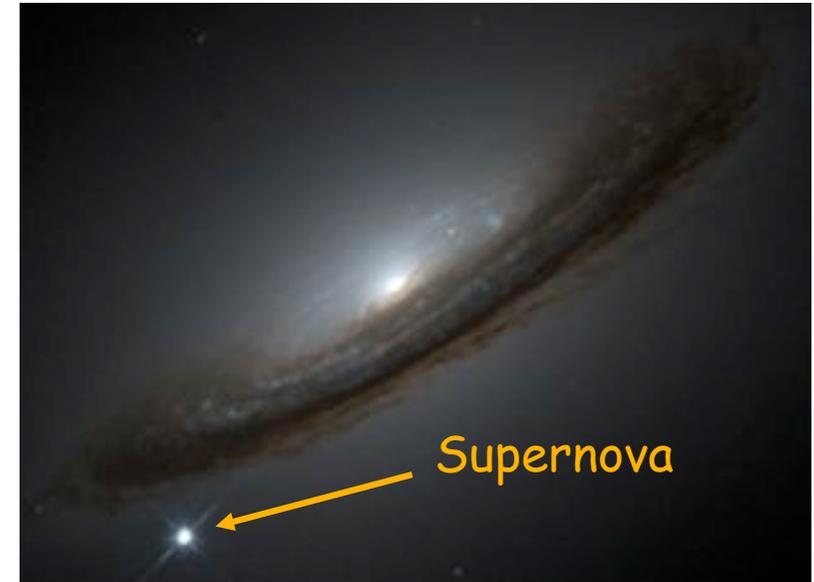
2012 ... toujours pas la moindre trace de WIMP

Energie noire: supernovae

~40 supernovae
"chandelles standard"

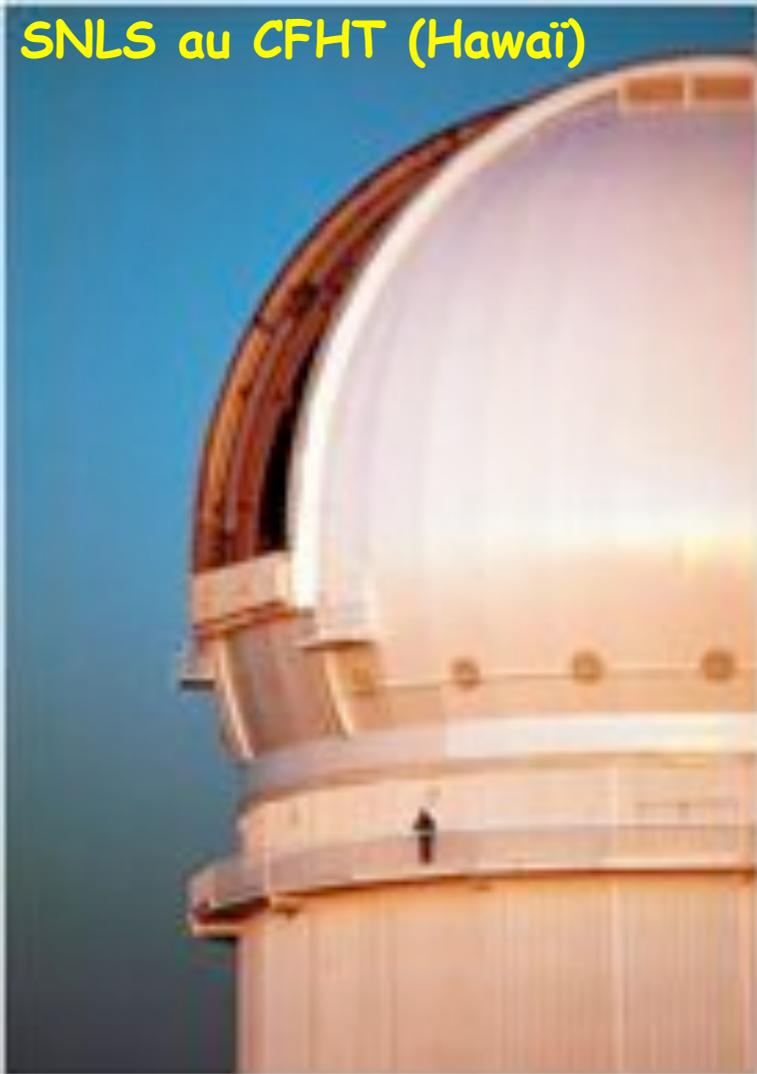
→ Accélération de l'expansion
de l'Univers

→ Energie noire



Energie noire: supernovae

SNLS au CFHT (Hawaï)

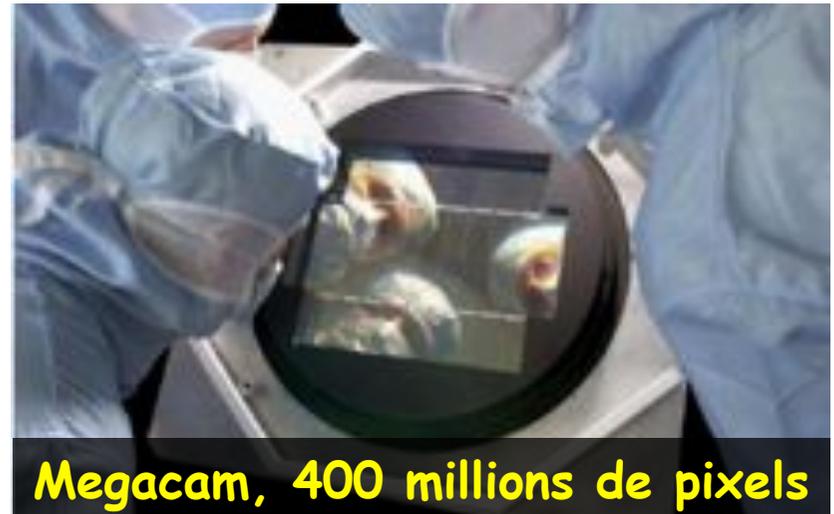


Megacam

Conçue, construite au sein de P2IO
1 deg²

SNLS

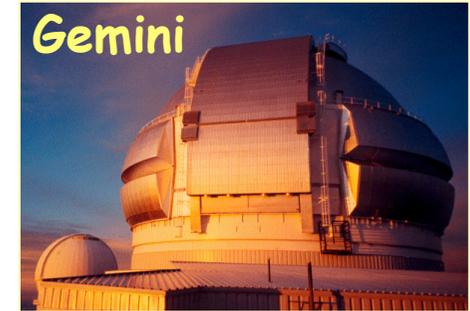
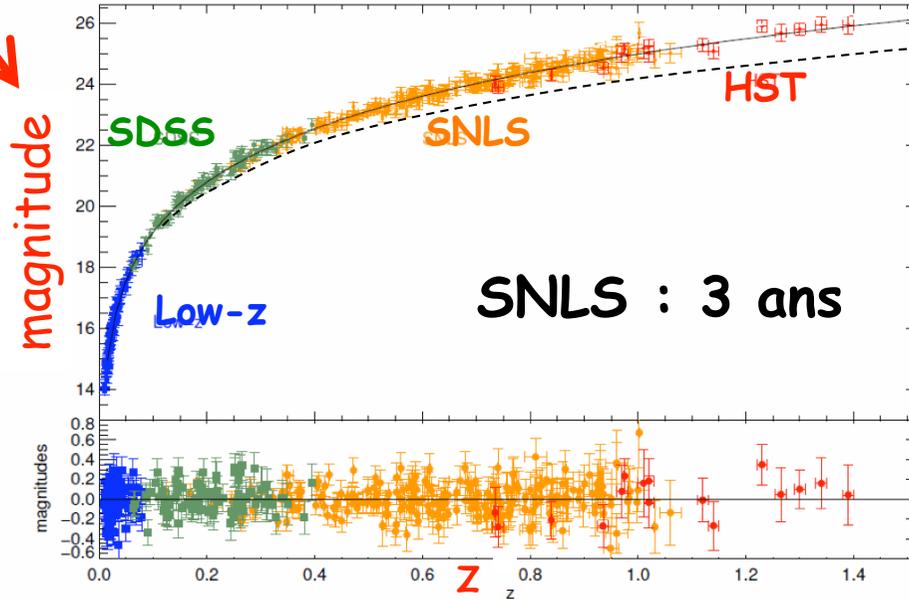
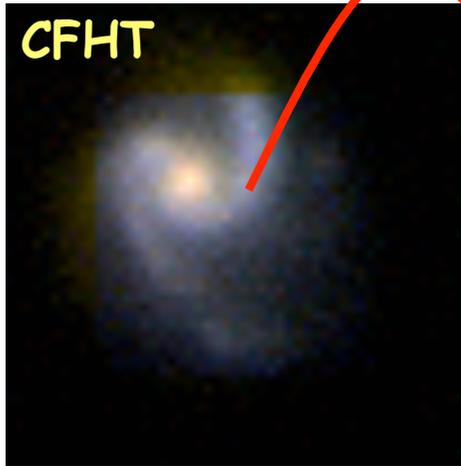
Télescope de 3,6 m (CFHT) à Hawaï
Megacam au foyer
500 SN Ia (2003-2008)



Megacam, 400 millions de pixels

Energie noire: supernovae

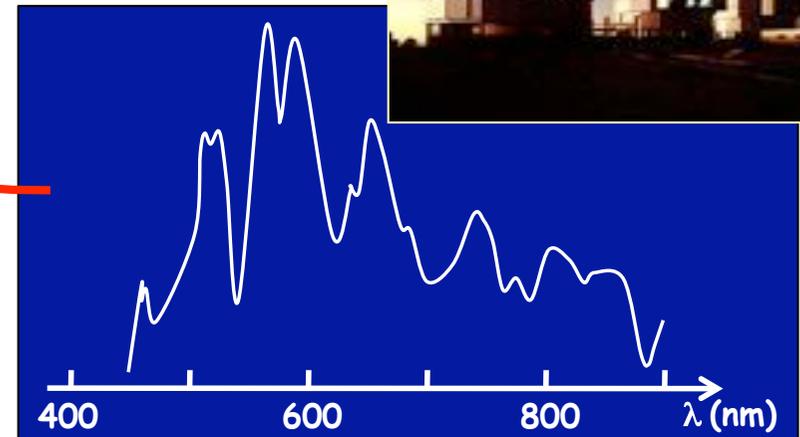
Sullivan et al., ApJ 737, 102 (2011), "SNLS3: Constraints on dark energy combining the Supernova Legacy Survey 3-year data with other probes"



472 SNIa dont 242 de SNLS

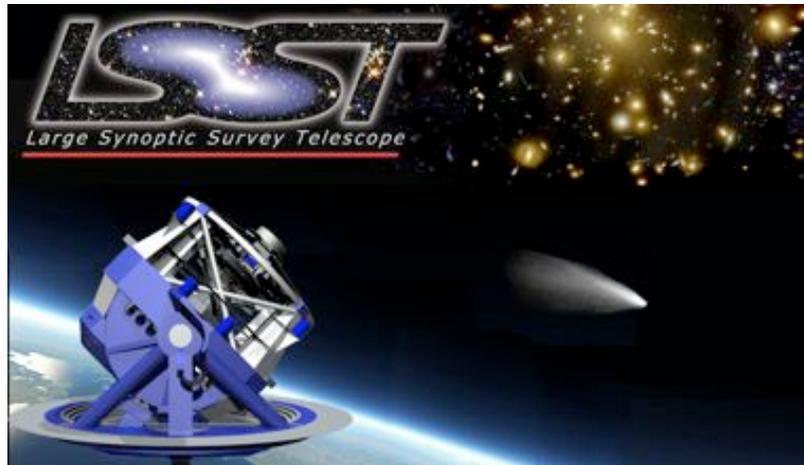
Expansion de l'Univers accélérée
Energie noire confirmée à 99.99%

$$(\Omega_m, \Omega_\Lambda) = (0.27, 0.73)$$



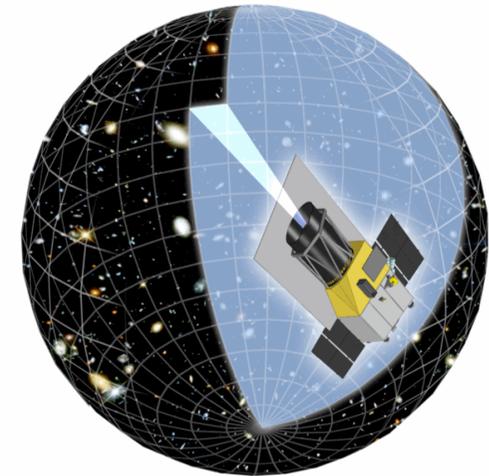
Energie noire: supernovae

Les supernovae toujours à l'honneur



LSST: 6 filtres visibles

>10000 SNe, systématiques réduites (calibration)



Euclid: 3 filtres IR

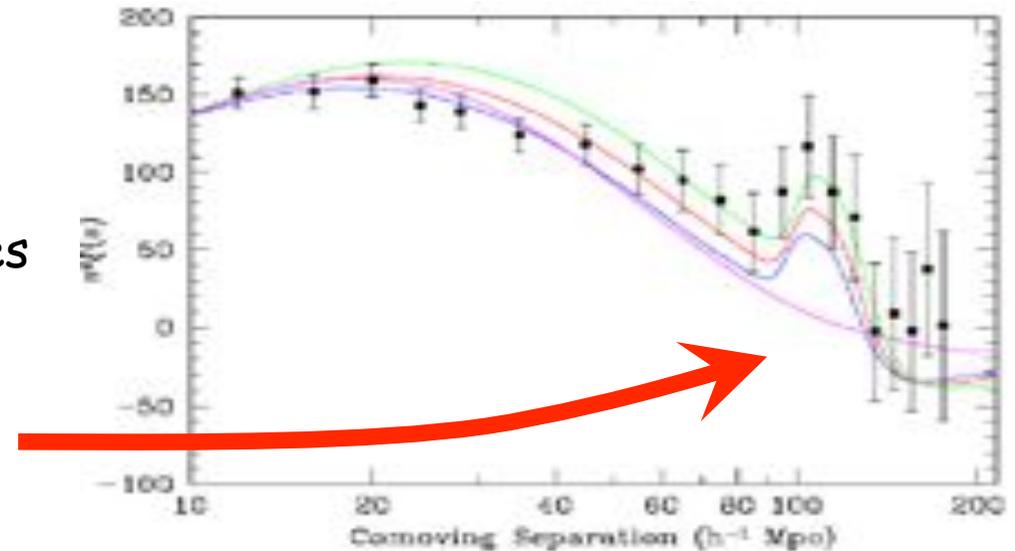
De nouvelles approches

Energie noire: BAO

Empreinte dans l'Univers:

Répartition non uniforme des galaxies
Empreinte des fluctuations primordiales

→ excès de galaxies à ~ 150 Mpc
SDSS: Eisenstein et al., ApJ 633, 560 (2005)



de
chandelle standard (SNIa)
à
règle standard (BAO)

Energie noire: BAO

SDSS-III: projet BOSS

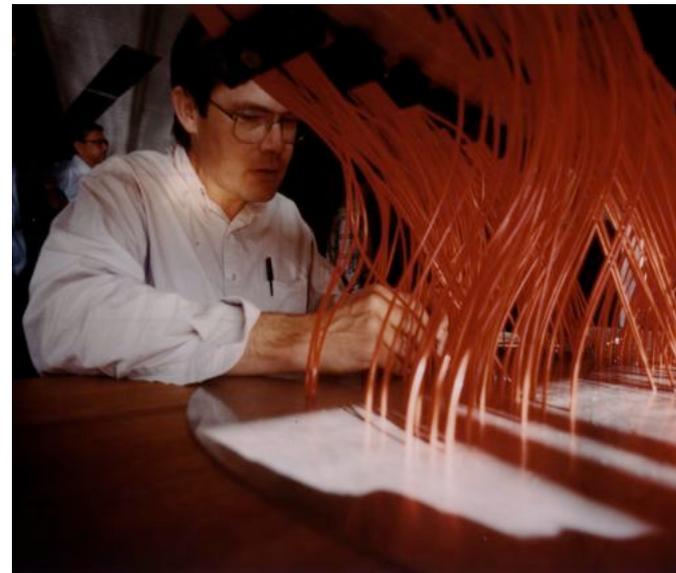
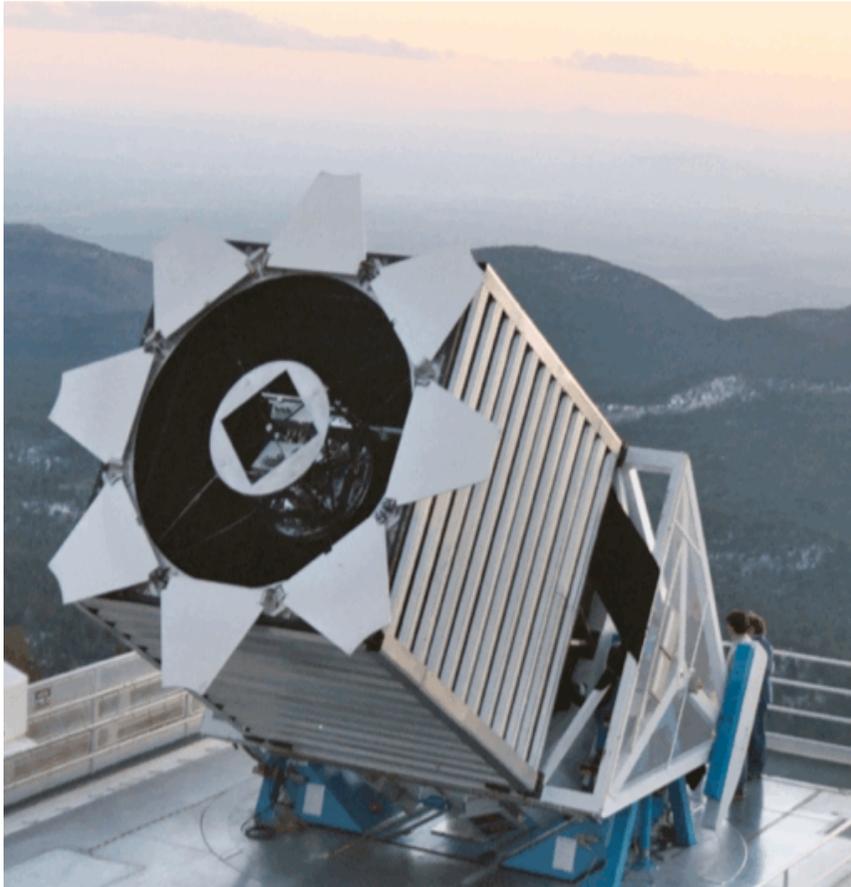
Télescope grand champ (7 deg²)

Caméra 5 filtres

(~120 millions de pixels)

Spectrographe avec fibres optiques

~ 1000 « z » simultanés



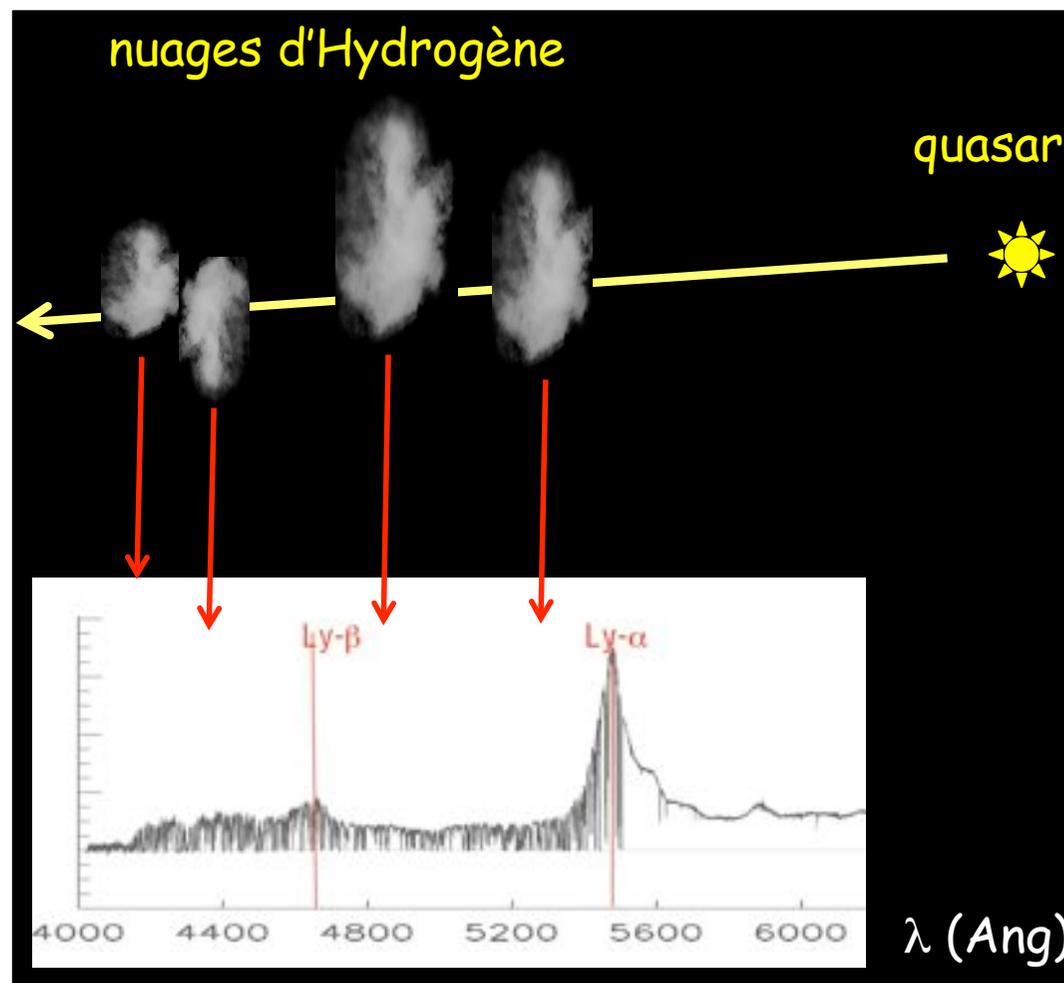
Energie noire: BAO

BOSS Projet spectroscopique

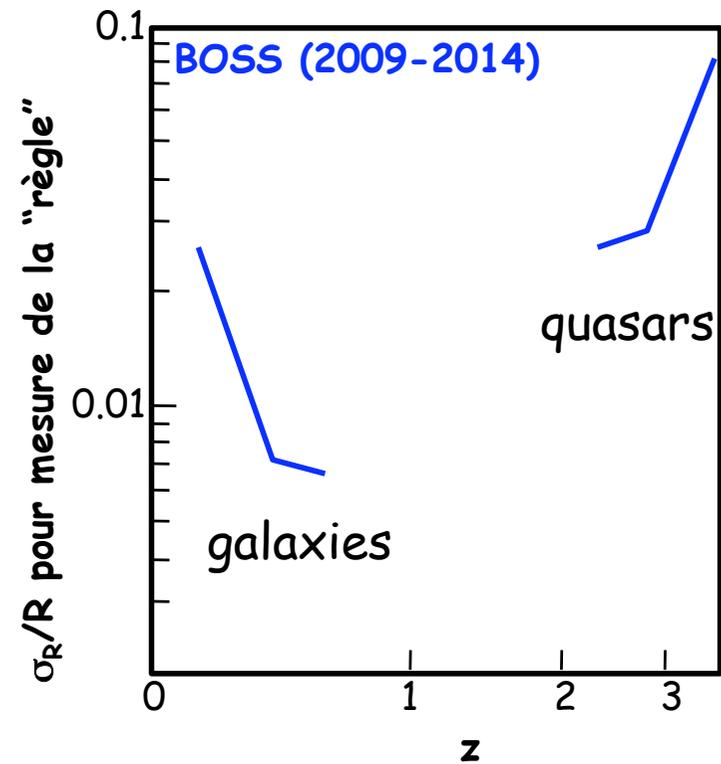
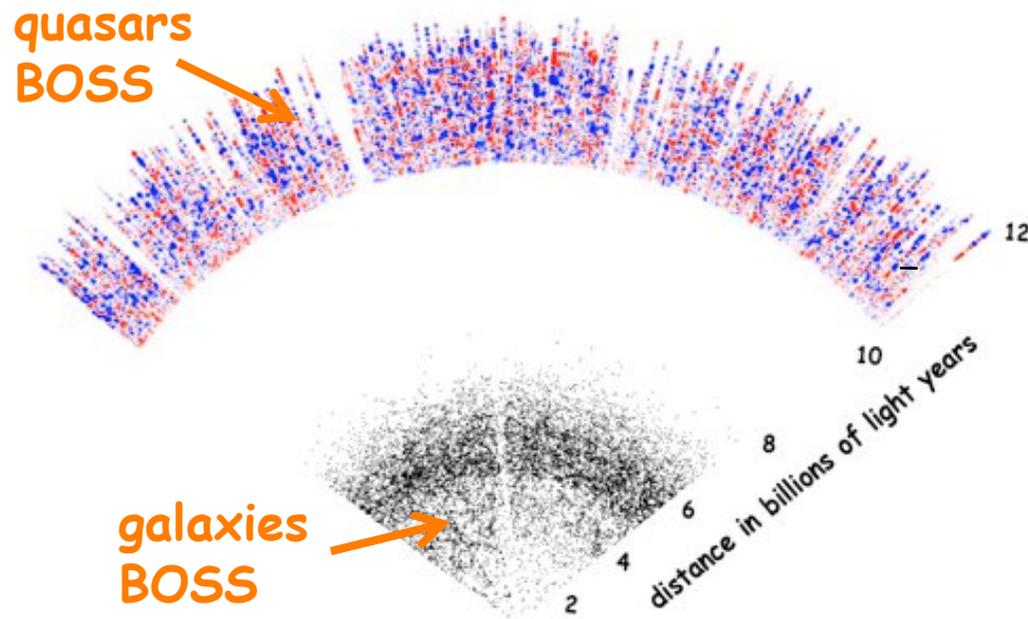
1,5 million de galaxies
 $z \sim 0.7$
7 milliards d'années-lumière

160.000 quasars
phares les plus lointains de l'univers
 $2.2 < z < 3.5$
à 10 milliards d'années-lumière

Premiers résultats: été 2012



Energie noire: BAO



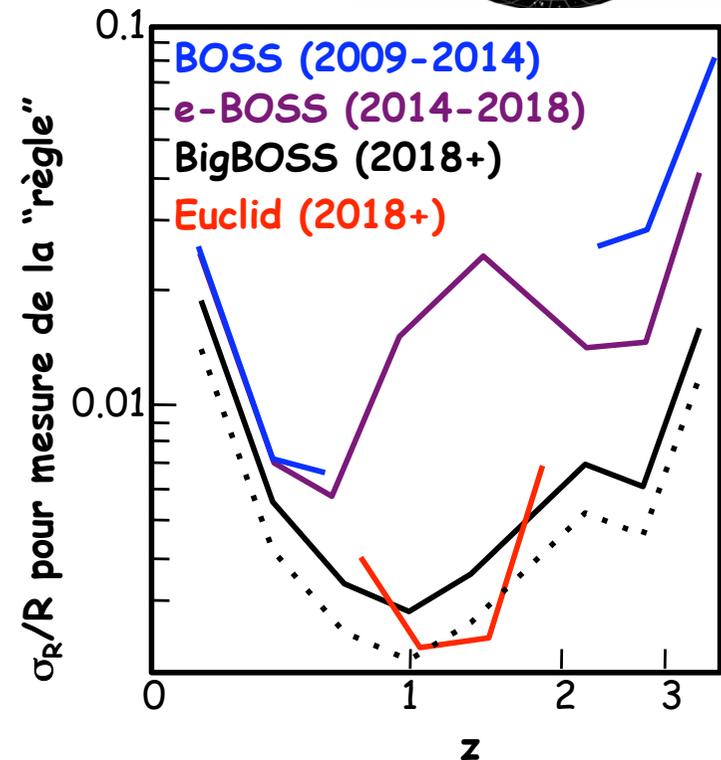
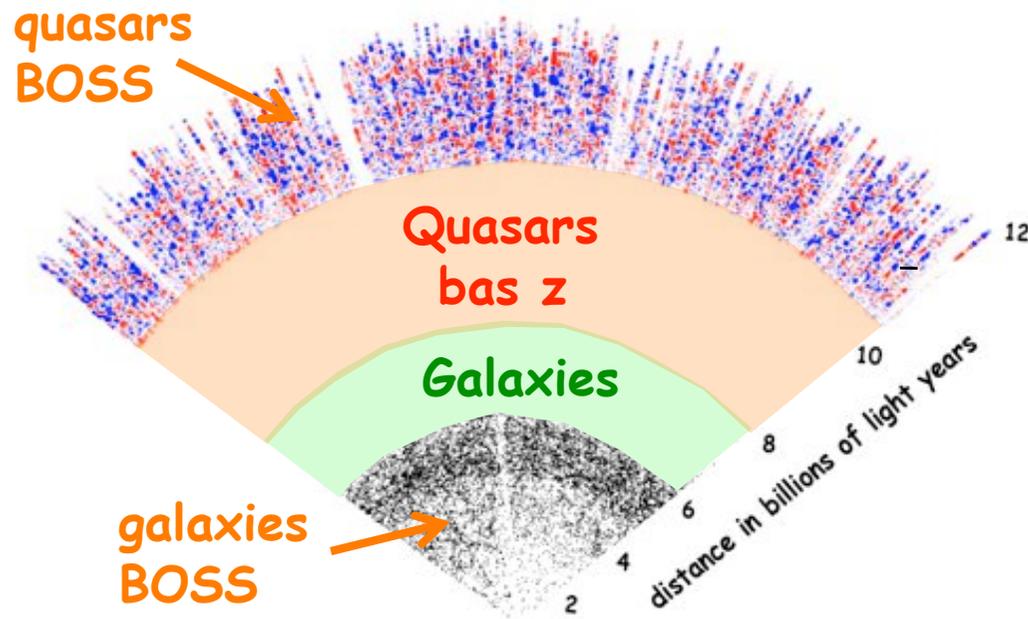
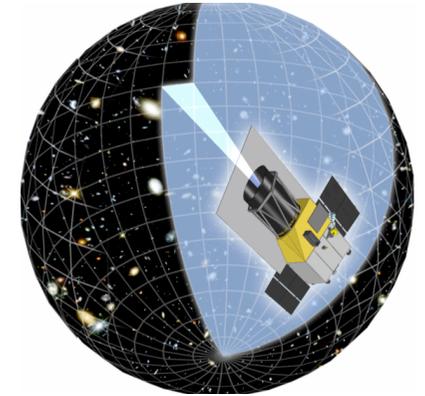
Energie noire: BAO

Le BAO continue...

Nouveaux projets (eBOSS, BigBOSS, Euclid ...)

Nouvelles cibles (galaxies à raies d'émission, quasars $z > 1$)

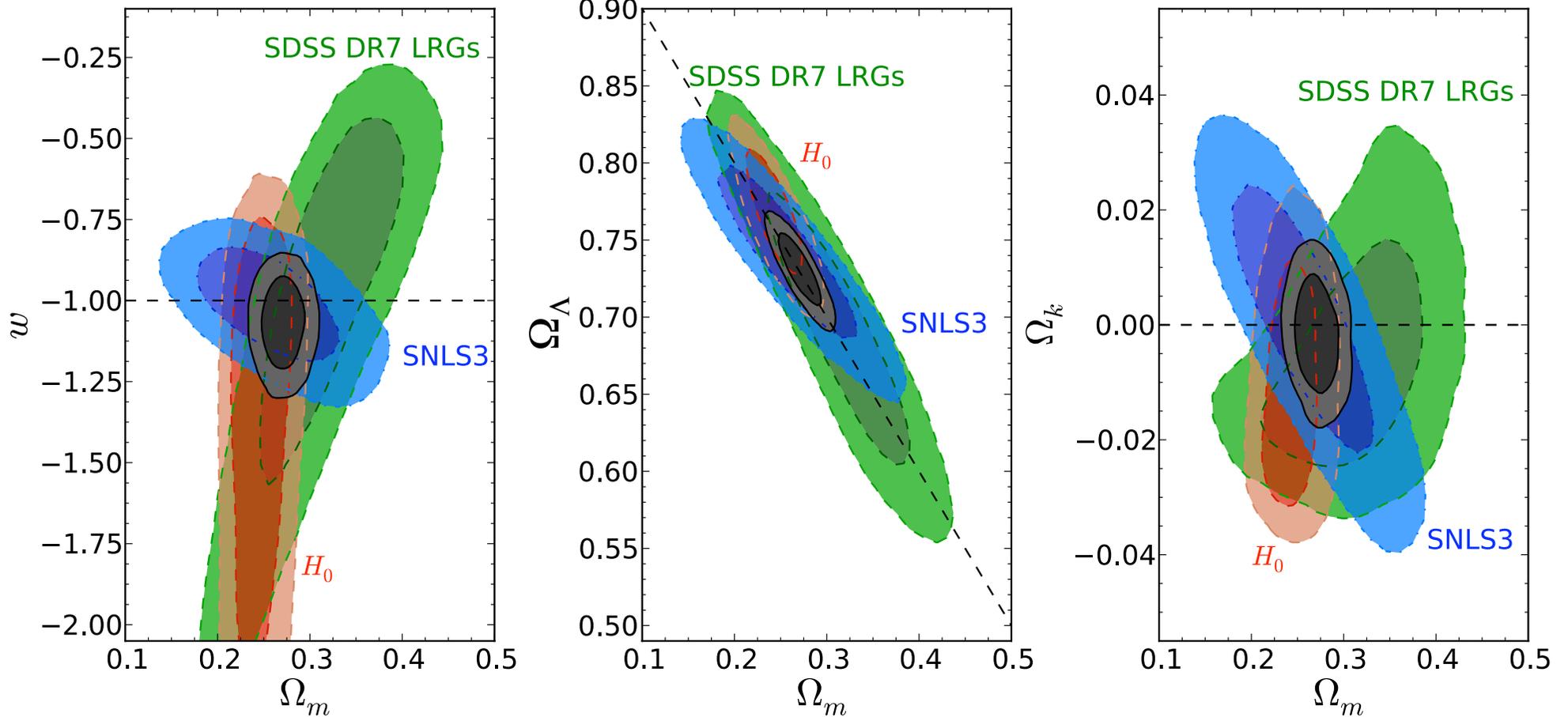
→ Mesure de la « règle standard » à $\sim 1\%$ près



Energie noire

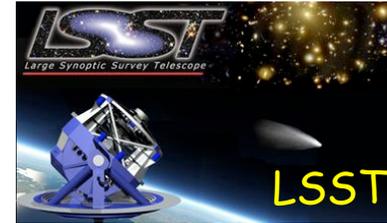
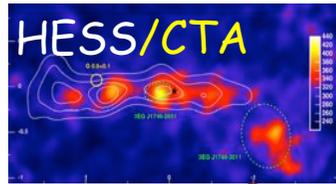
WMAP7 + ...

Sullivan et al., ApJ 737, 102 (2011)



$$1 - \Omega_k = \Omega_\Lambda + \Omega_{cdm} + \Omega_b$$

L'Univers sombre et P2IO



| | Théorie | Dét. directe | Dét. indirecte | Energie sombre | TOTAL |
|--------------|----------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| CSNSM | | 8 | | | 8 |
| LAL | | | 5 | 20 | 25 |
| IRFU | 7 | 5 | 4 | 18 | 34 |
| LPT | 10 | | | | 10 |
| IPHT | 7 | | 1 | | 8 |
| LLR | | | 13 | | 13 |
| IPN | | | 5 | | 5 |
| IAS | | 3 | | 22 | 25 |
| TOTAL | 24 | 16 | 28 | 60 | 128 |