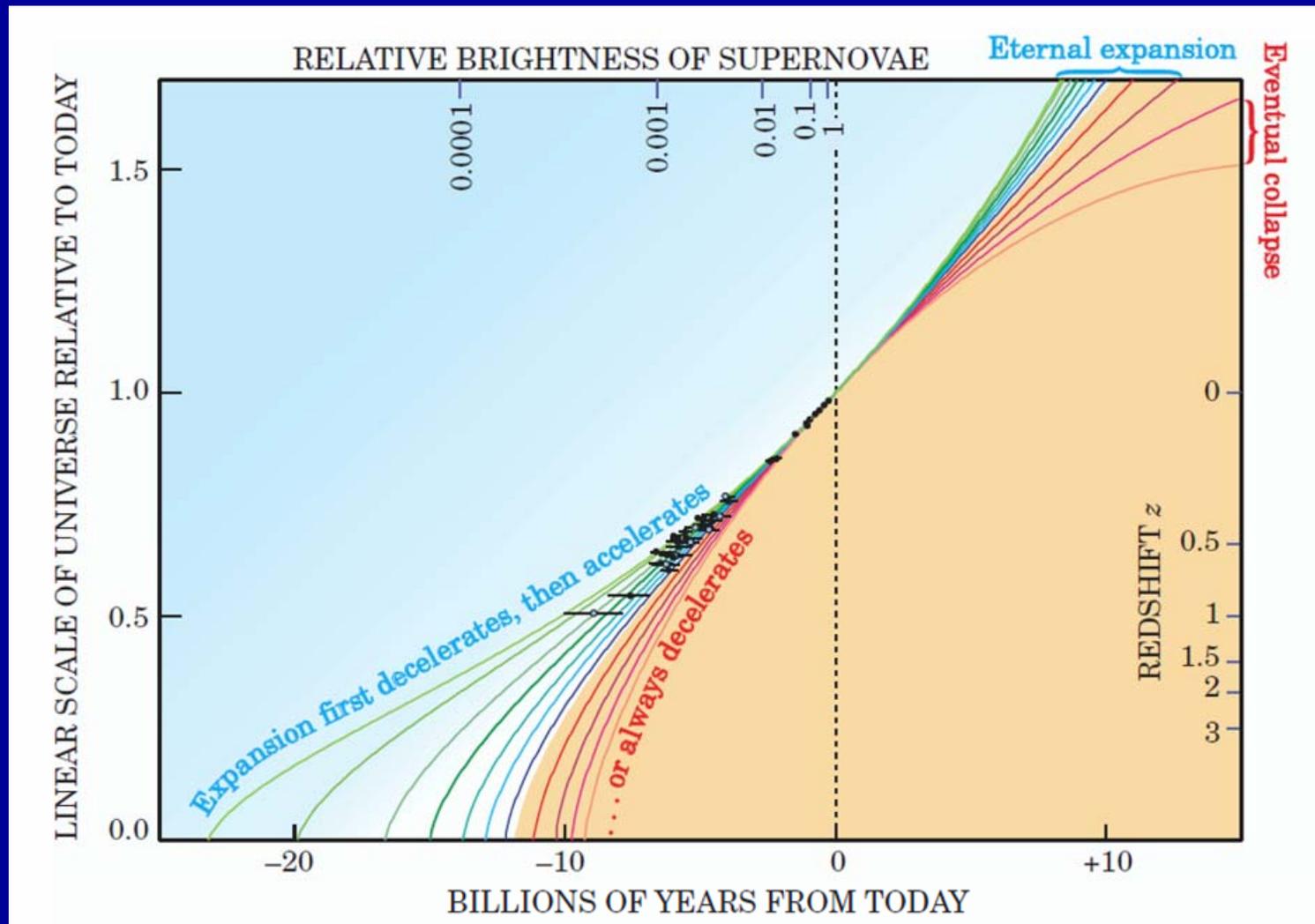




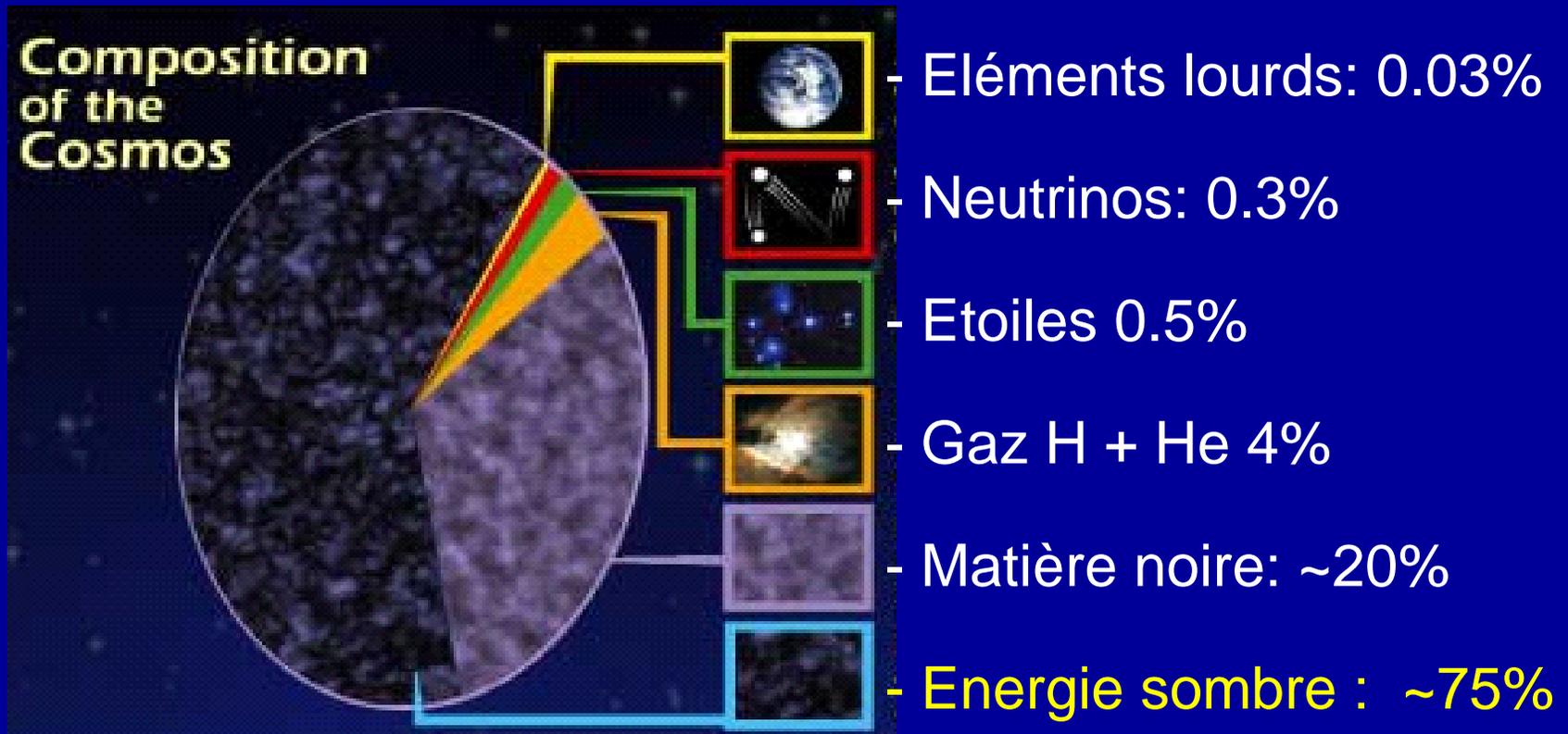
Energie Sombre

Journée Programme AstroParticule, 7 sept. 2007

SNIa: l'Univers est en expansion accéléré



Le responsable de l'accélération: une composante inconnue mais dominante: « l'énergie sombre »



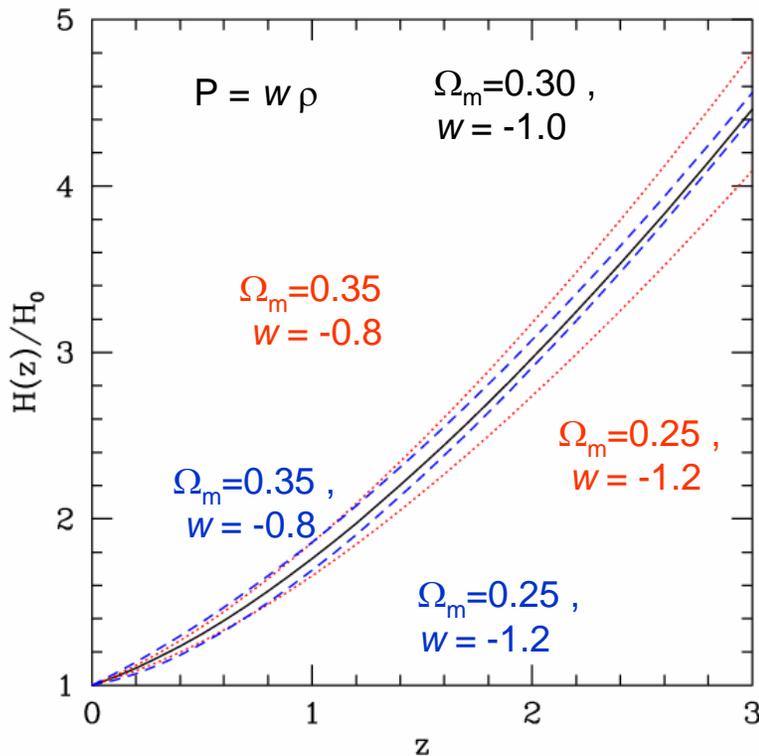
L'Univers est dominé par une composante énergie sombre

- Quelle quantité?
- Quelles propriétés?
- Quelle est sa nature?
- Pourquoi domine t-elle aujourd'hui?
- Quelle théorie fondamentale sous-jacente?

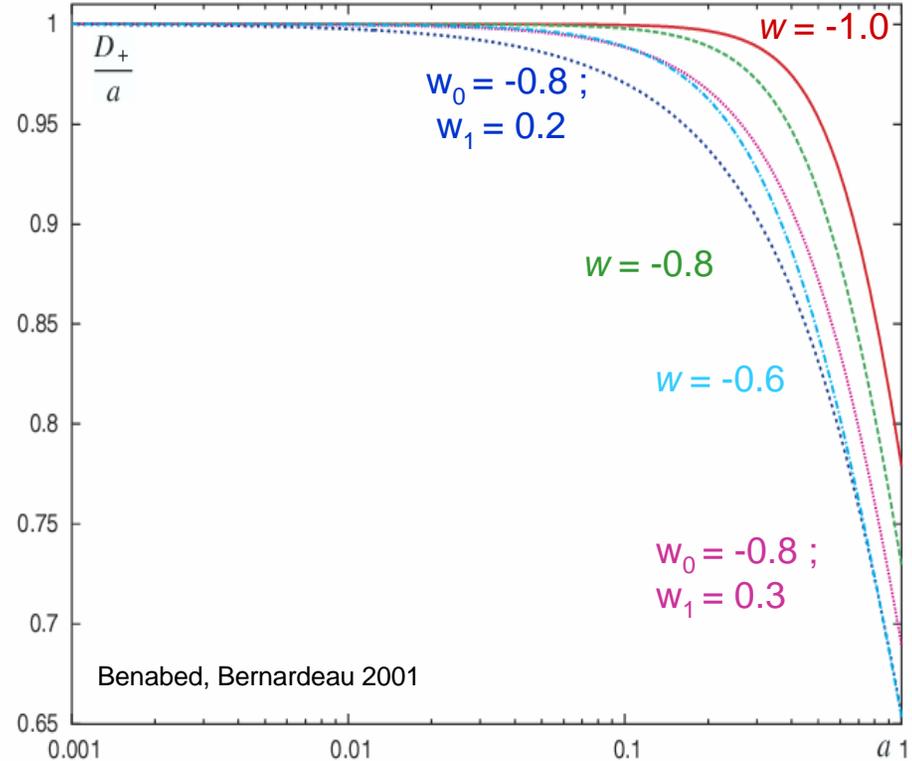
Nature et caractérisation

- Constante cosmologique $w=P/\rho = -1$?
- Une nouvelle physique:
 - nouvelle composante de nature inconnue dont l'équation d'état (effective) reste à déterminer et pourrait dépendre du temps :
 - $w(z)=P(z)/\rho(z)$?
 - e.g. quintessence, k-essence,
 - Ou bien la relativité générale est incorrecte?
- Comment déterminer ses propriétés et sa nature?

L'Univers avec de l'énergie sombre



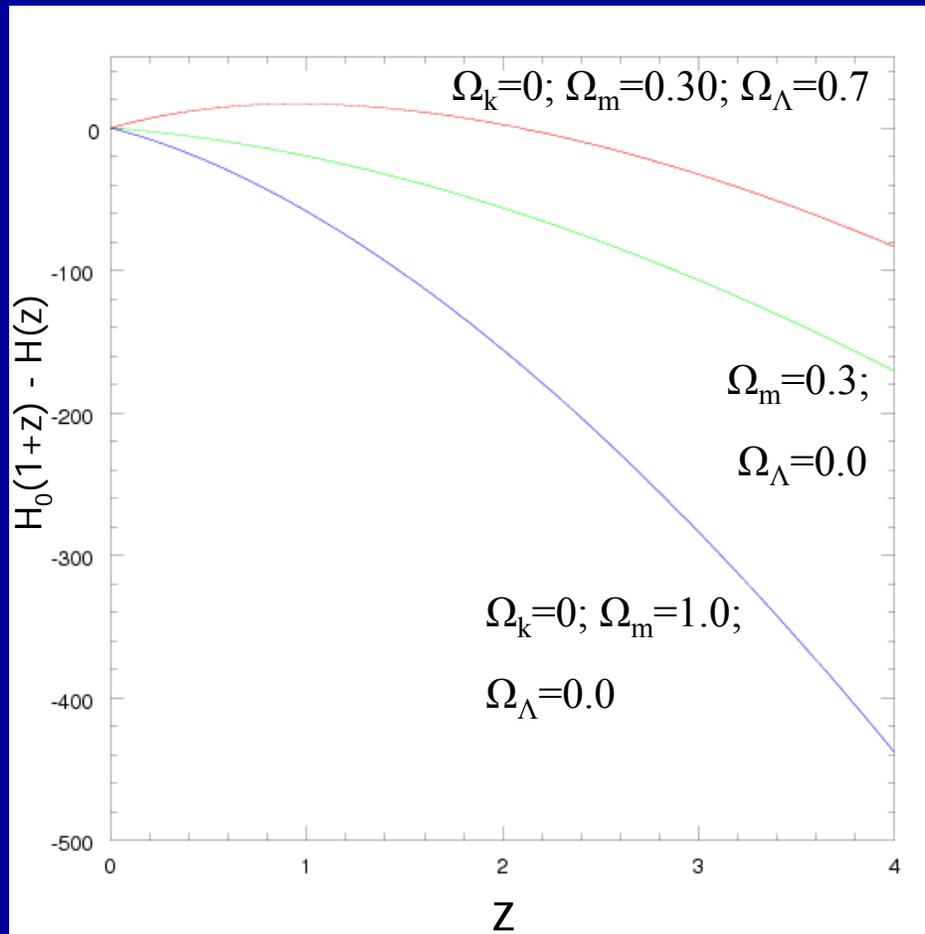
Expansion



Croissance des structures

L'Univers avec de l'énergie sombre: variation temporelle de z

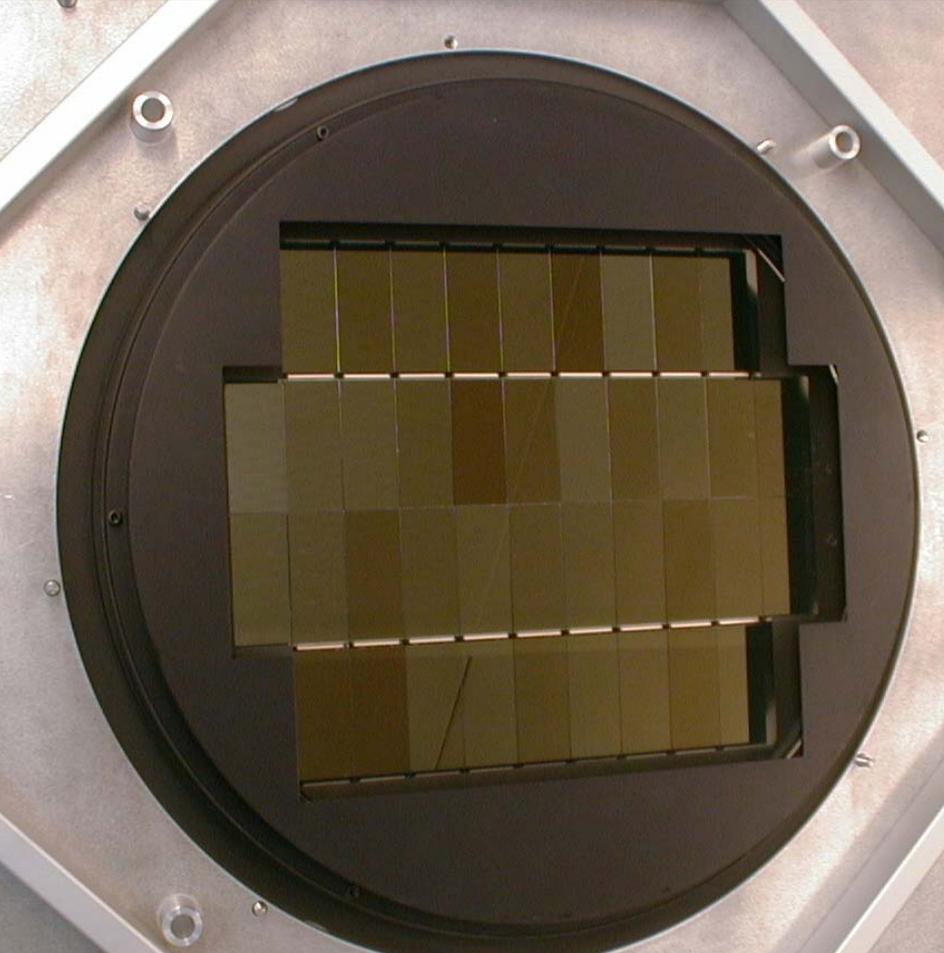
$$\dot{z} = H_0(1+z) - H(z)$$



Sondes de l'énergie sombre

- Expansion
 - Chandelles standards
 - SNIa
 - Echelles standards
 - Tests d'Alcock et Paczynski (L_{α})
 - Position des pics acoustiques dans le CMB
 - Oscillations acoustiques des baryons (BAO)
 - Tomographie par corrélation croisée des effets de lentille gravitationnelle
 - « Atomes standards »
 - dz/dt (déplacement des raies atomiques)
- Taux de croissance des structures et distances
 - Comptage des amas de galaxies
 - Cosmic shear simple ou avec tomographie (WL)
 - CMB polarisation et effet Sachs Wolfe intégré (ISW)
 - Corrélation croisée de l'effet Sachs Wolfe intégré avec les grandes structures

Canada-France-Hawaii-Telescope Legacy Survey



MegaPrime et opération:
INSU et CNRC

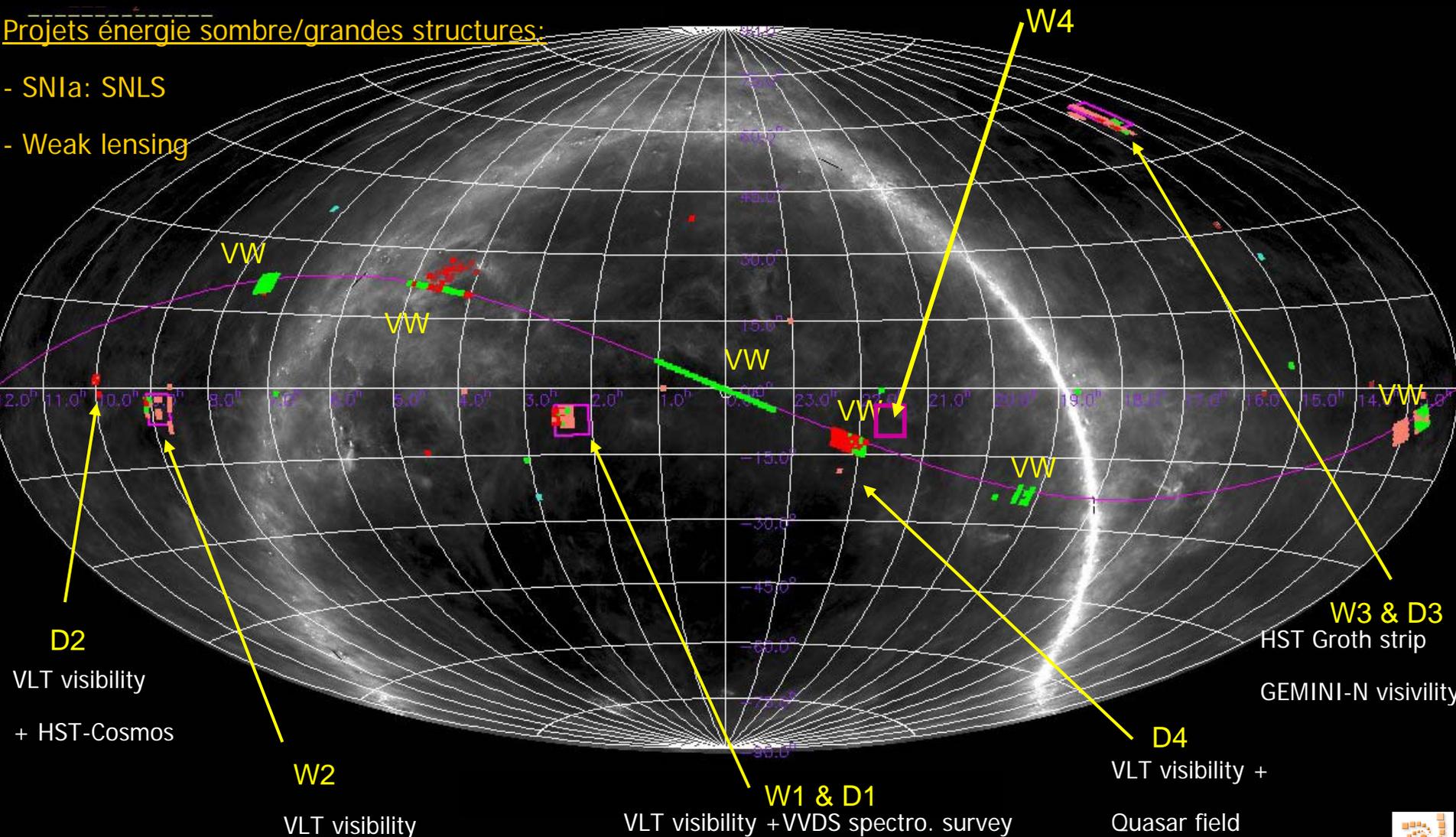
Caméra: CEA ; CCD: CEA+INSU+CNRC

Canada-France-Hawaii Telescope Legacy Survey: Canada-France collaboration

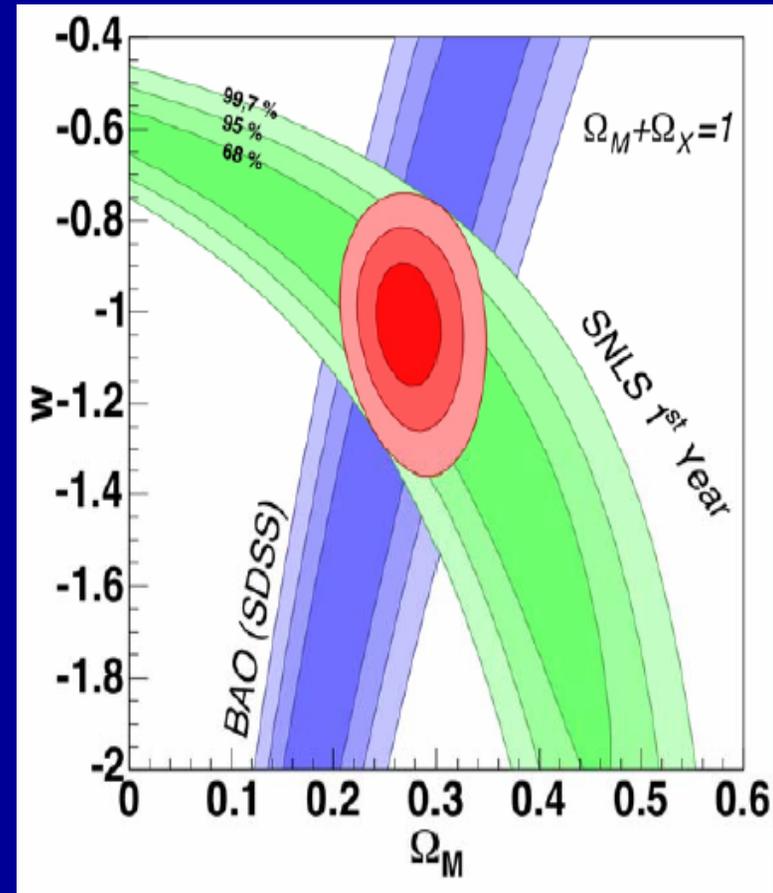
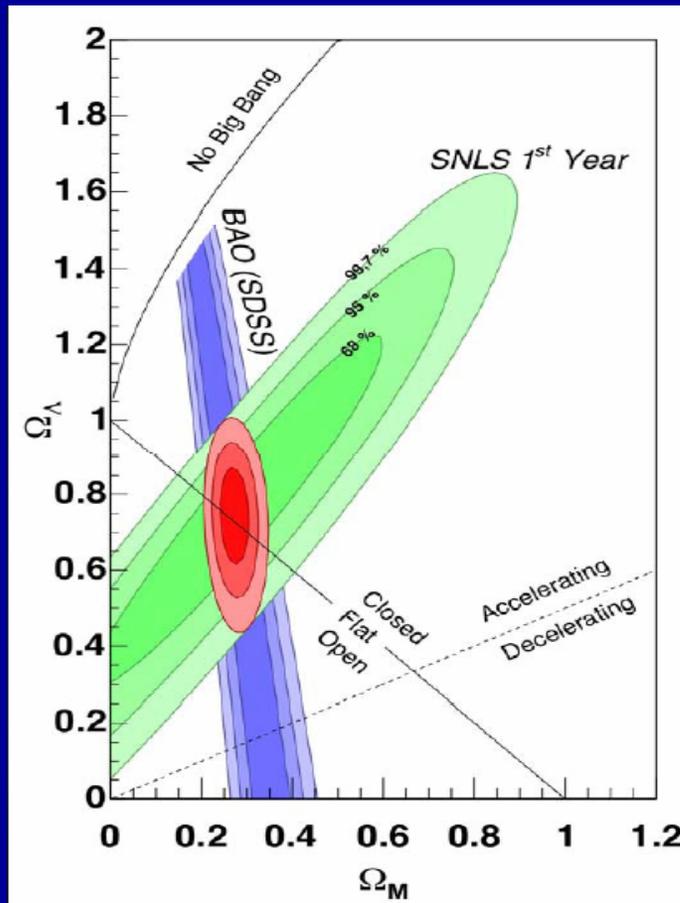
- 4 W-fields of 50 deg² (CFHTLS-Wide, 1h/filter), 4 D-deep fields of 1 deg² (CFHTLS-Deep, 50hrs/filter)
- 500 nights between June 2003 and June 2008

Projets énergie sombre/grandes structures:

- SNIa: SNLS
- Weak lensing



Les contributions PAP/PNC: CFHTLS / SNLS

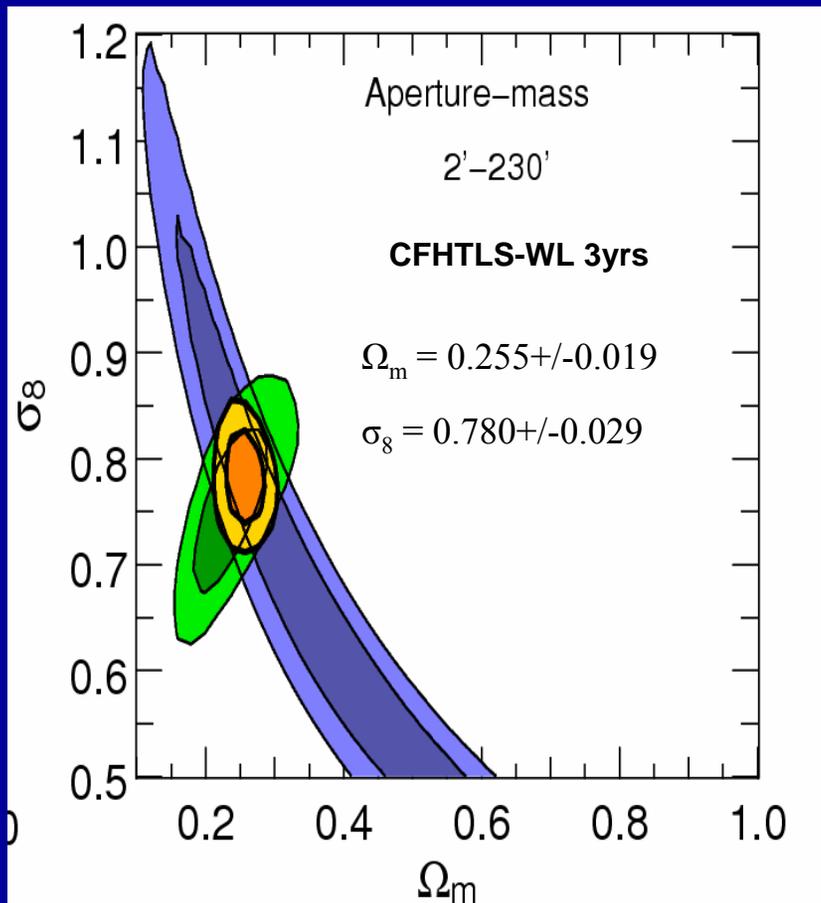


Astier et al 2006

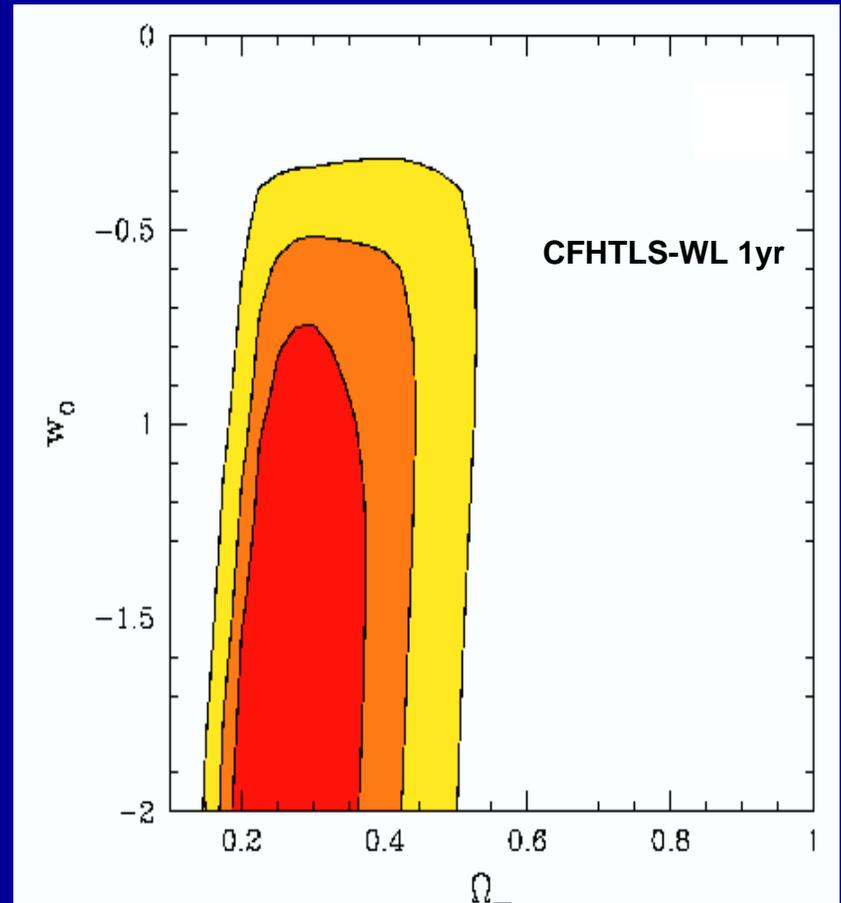


Cluster of galaxies Abell 1698, $z \sim 0.2$; HST/ACS

Les contributions PAP/PNC: CFHTLS / WL



Fu et al 2007

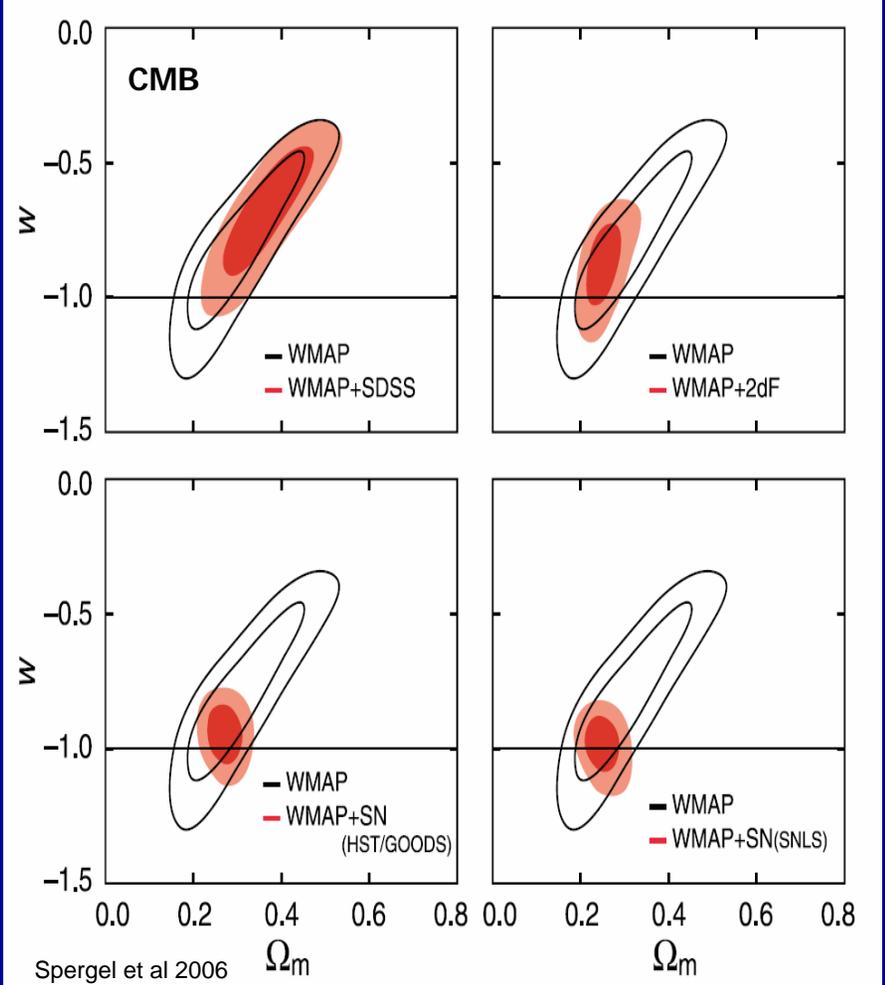
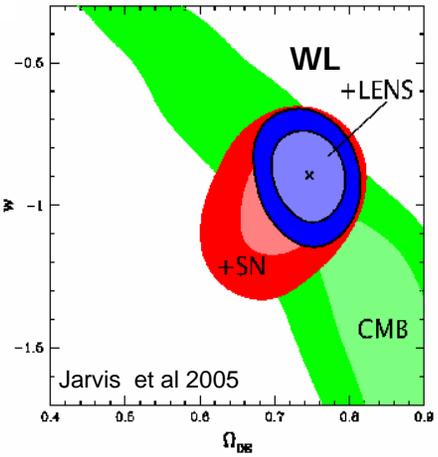
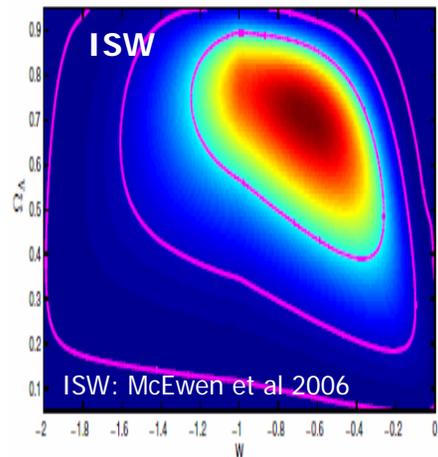
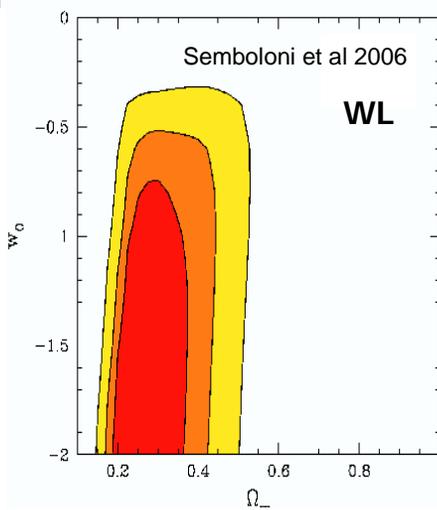
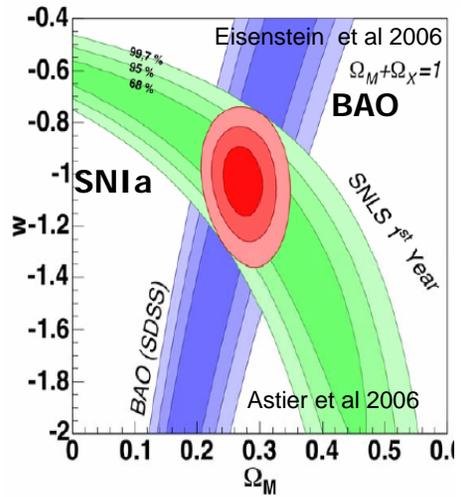
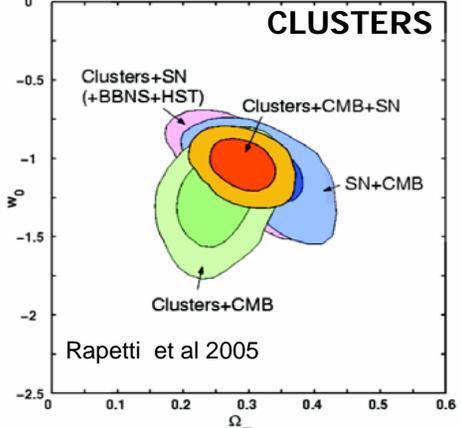


Hoekstra et al 2006 Semboloni et al 2006

Voir aussi: Schimd et al 2007, Lesgourdes et al 2007

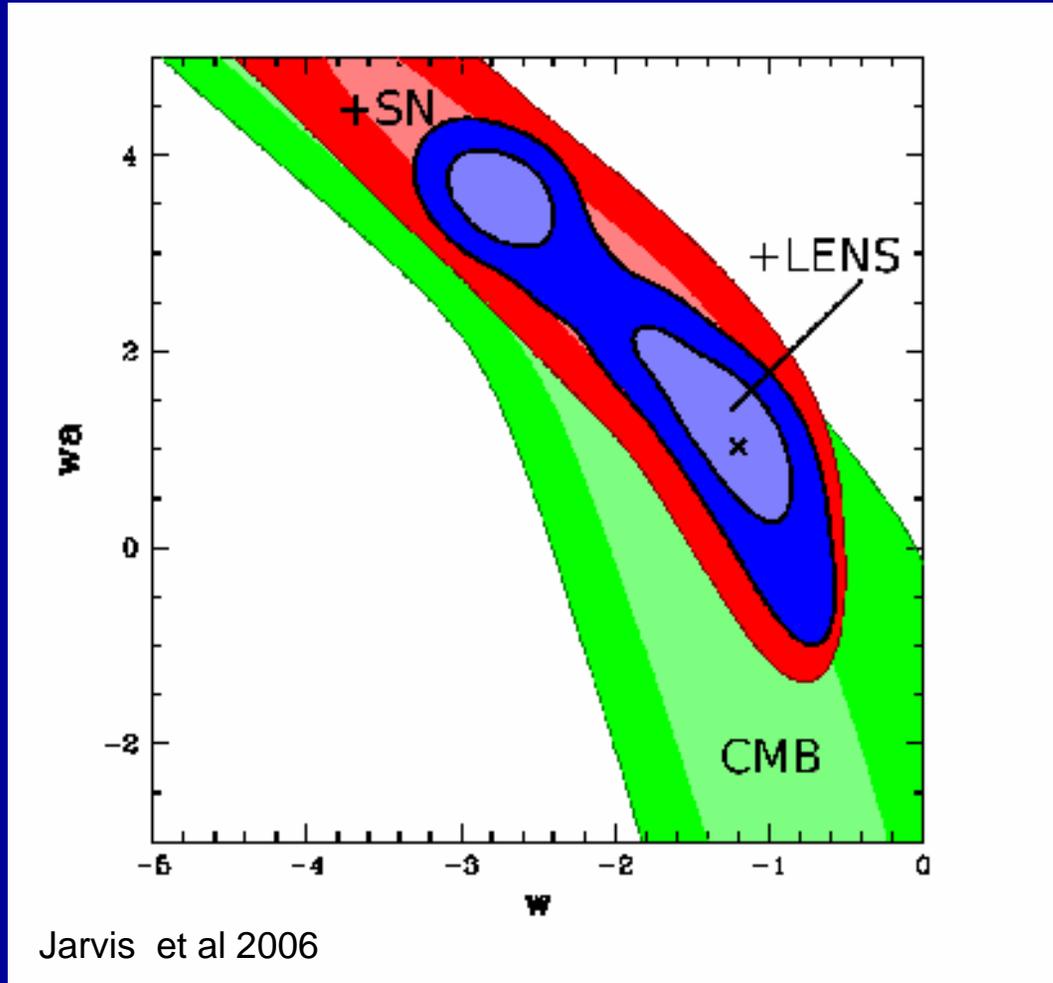
Status aujourd'hui:

$w = -1$ en accord avec l'ensemble des données

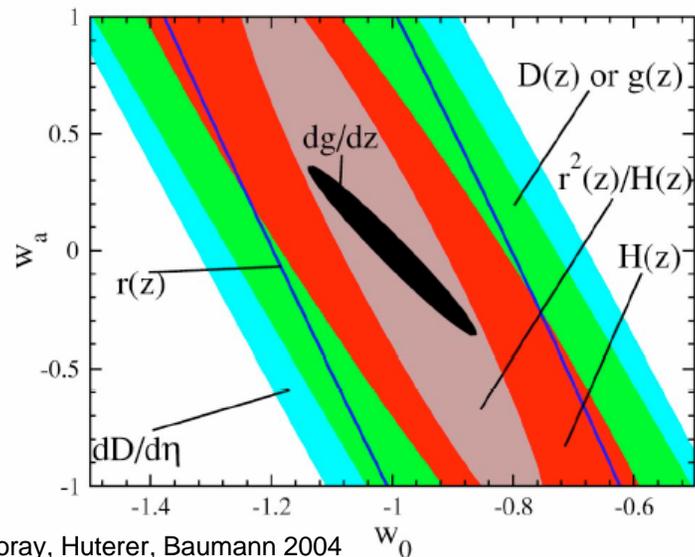
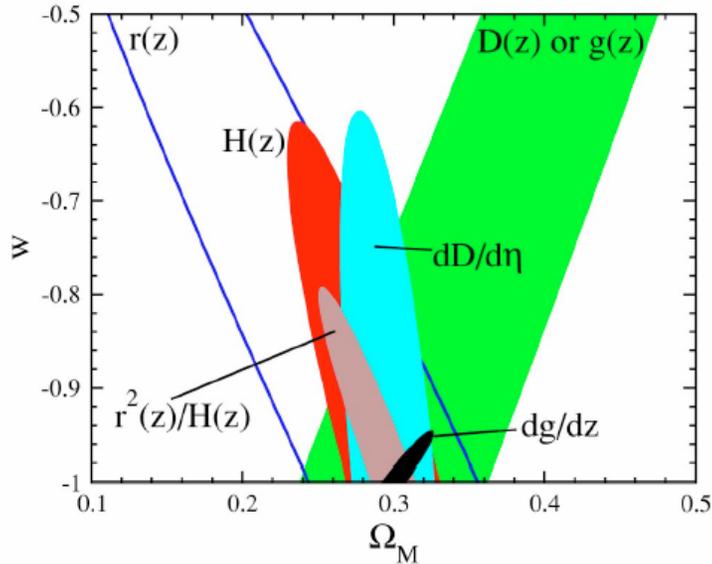


Futurs objectifs

$w(z)$, nature et propriétés de l'énergie sombre



Quelles sont les sondes observationnelles de l'énergie sombre?



Cooray, Huterer, Baumann 2004

Sensibilité à l'énergie sombre:

Si $w(z) = w_0 + w_a z/(1+z)$

$r(z)$ = distance comobile

$r(z)(1+z)$ = distance lumineuse

$r(z)/(1+z)$ = distance diamètre angulaire

$r(z)^2 H(z)$ = élément de volume comobile

$D(z), g(z)$ = taux de croissance

Donc:

Pour w :

- Taux de croissance et taux d'expansion sont complémentaires.
- dg/dz semble le meilleur test

Pour w_0/w_a :

- dg/dz le meilleur test: cosmic shear, amas de galaxies ?

MAIS:

- Les systématiques sont les points critiques et dg/dz a des erreurs plus grandes que les mesures de distances.
- dg/dz dégénéré avec les distances.

MODEL: (combined with Stage II)	$\sigma(w_0)$	$\sigma(w_a)$	$\sigma(w_p)$	$\sigma(\Omega_{DE})$	Facteur de mérite: DETF
BAO-IIIp-o	0.103	0.461	0.035	0.010	1.1
BAO-IIIp-p	0.109	0.494	0.036	0.011	1.1
BAO-IIIs-o	0.091	0.376	0.034	0.009	1.5
BAO-IIIs-p	0.094	0.393	0.034	0.010	1.4
BAO-IVLST-o	0.092	0.376	0.033	0.009	1.5
BAO-IVLST-p	0.099	0.427	0.034	0.010	1.3
BAO-IVSKA-o	0.071	0.222	0.023	0.007	3.7
BAO-IVSKA-p	0.082	0.305	0.029	0.008	2.1
BAO-IVS-o	0.069	0.210	0.025	0.007	3.6
BAO-IVS-p	0.078	0.279	0.030	0.008	2.2
CL-IIIp-o	0.081	0.292	0.026	0.007	2.4
CL-IIIp-p	0.100	0.420	0.034	0.010	1.3
CL-IVS-o	0.080	0.287	0.026	0.007	2.5
CL-IVS-p	0.098	0.405	0.033	0.010	1.4
SN-IIIp-o	0.071	0.349	0.025	0.009	2.1
SN-IIIp-p	0.095	0.453	0.027	0.010	1.5
SN-IIIs	0.077	0.369	0.026	0.009	2.0
SN-IVLST-o	0.062	0.311	0.022	0.008	2.7
SN-IVLST-p	0.089	0.426	0.027	0.010	1.6
SN-IVS-o	0.060	0.271	0.020	0.006	3.5
SN-IVS-p	0.070	0.328	0.023	0.008	2.5
WL-IIIp-o	0.073	0.261	0.030	0.007	2.4
WL-IIIp-p	0.085	0.336	0.033	0.009	1.7
WL-IVLST-o	0.043	0.116	0.015	0.005	11.0
WL-IVLST-p	0.076	0.292	0.032	0.009	2.0
WL-IVSKA-o	0.035	0.106	0.013	0.004	13.8
WL-IVSKA-p	0.083	0.336	0.026	0.006	2.1
WL-IVS-o	0.046	0.133	0.017	0.005	8.1
WL-IVS-p	0.056	0.161	0.024	0.007	4.8

Quelles sont les sondes de l'énergie sombre?

- Rapport Dark Energy Task Force
- Rapport ESA/ESO WG on Fundamental cosmology
- BEPAC recommendations

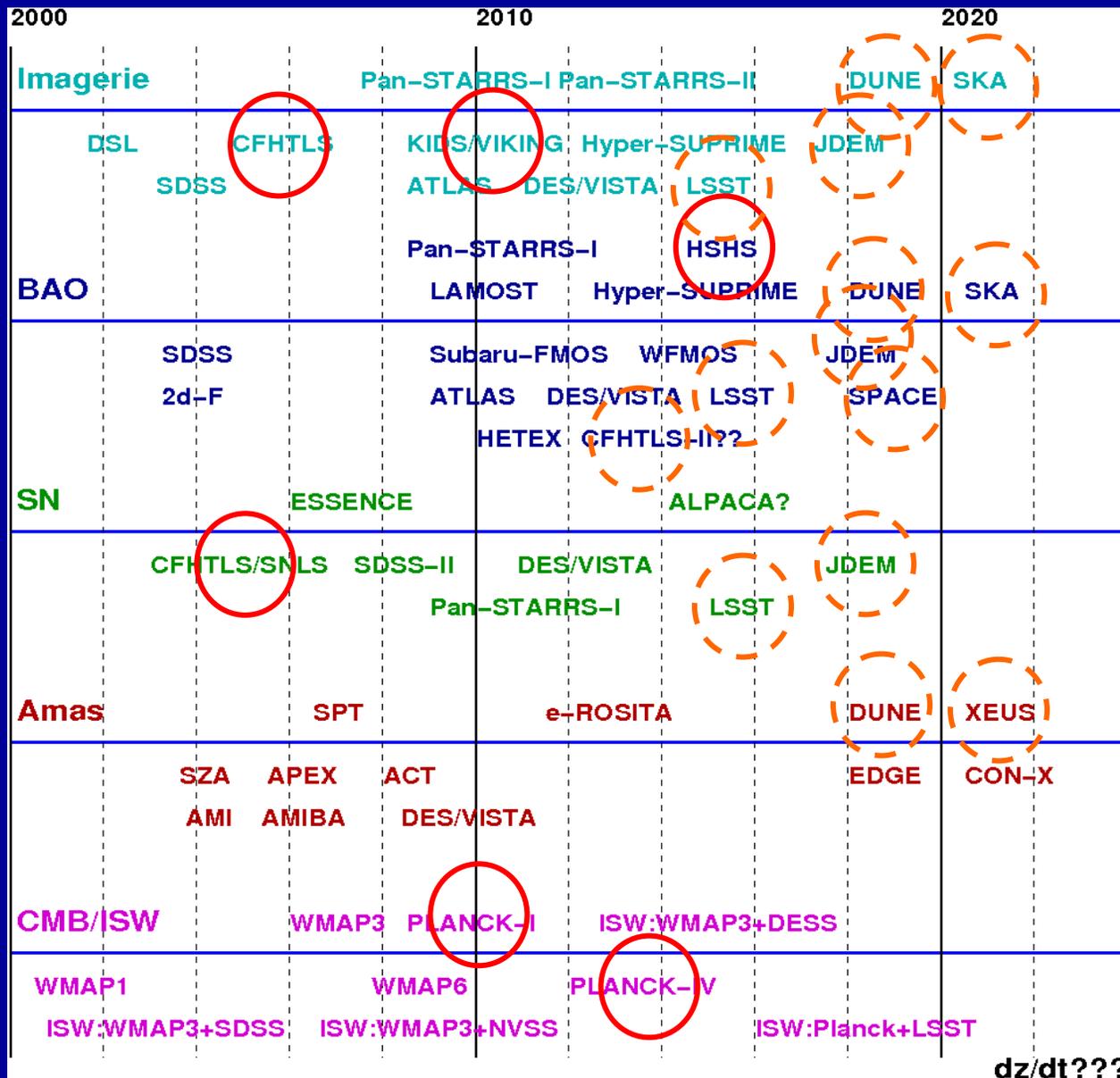
Les projets 2008-2025

	2000			2010			2020		
Imagerie				Pan-STARRS-I Pan-STARRS-II			DUNE SKA		
	DSL	CFHTLS		KIDS/VIKING	Hyper-SUPRIME	JDEM			
	SDSS			ATLAS	DES/VISTA	LSST			
BAO				Pan-STARRS-I	HSHS				
				LAMOST	Hyper-SUPRIME	DUNE	SKA		
	SDSS			Subaru-FMOS	WMOS	JDEM			
	2d-F			ATLAS	DES/VISTA	LSST	SPACE		
				HETEX	CFHTLS-II??				
SN		ESSENCE			ALPACA?				
	CFHTLS/SNLS	SDSS-II		DES/VISTA		JDEM			
				Pan-STARRS-I	LSST				
Amas		SPT		e-ROSITA		DUNE	XEUS		
	SZA	APEX	ACT			EDGE	CON-X		
	AMI	AMIBA	DES/VISTA						
CMB/ISW		WMAP3	PLANCK-I		ISW:WMAP3+DESS				
	WMAP1		WMAP6		PLANCK-IV				
	ISW:WMAP3+SDSS		ISW:WMAP3+NVSS		ISW:Planck+LSST				

Inspiré de
la table de
S. Bridle

dz/dt???

Les projets 2015-2025

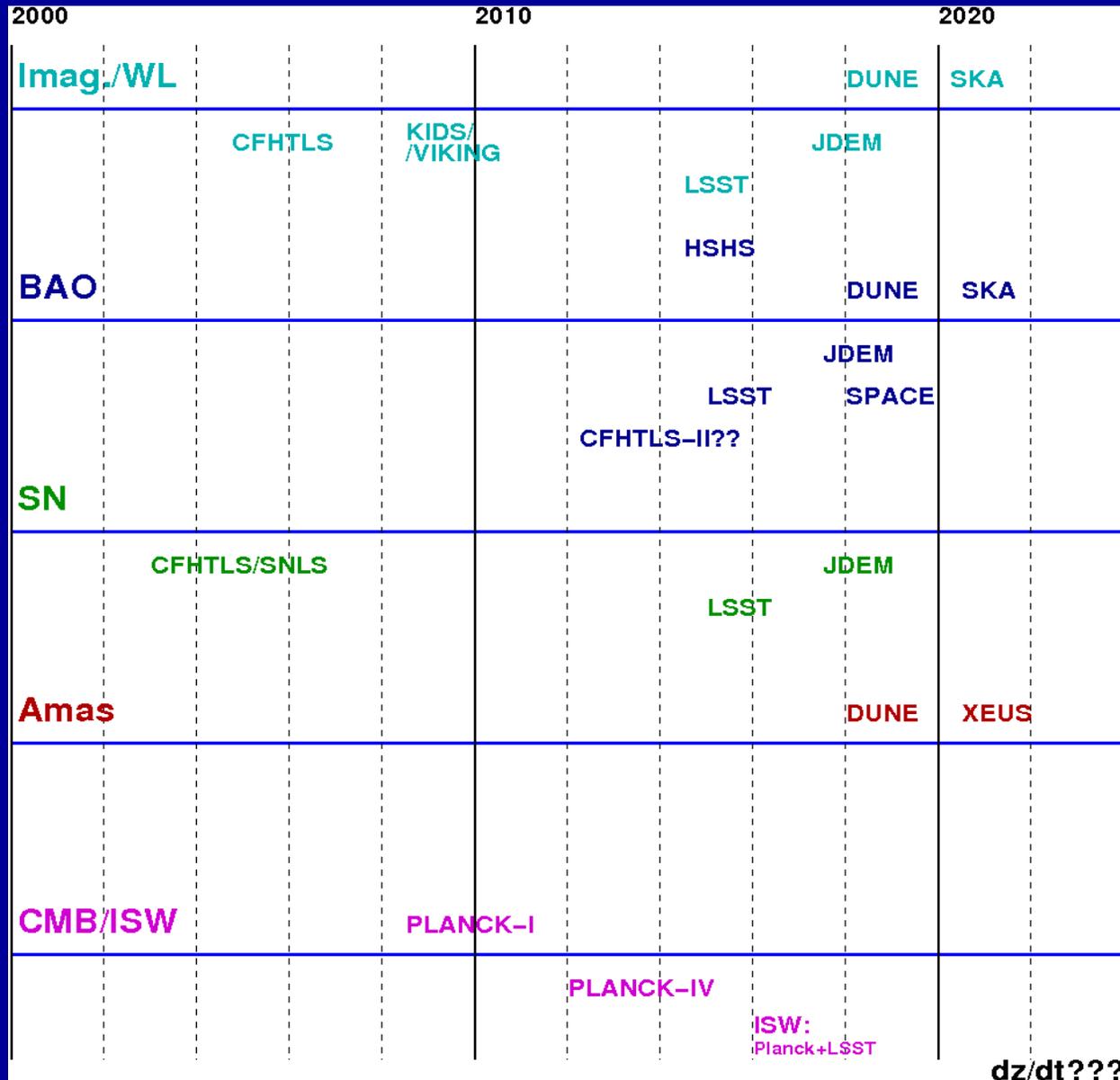


Le « désert » 2009-2015

	2000		2010		2020
Imag./WL			Pan-STARRS-I	Pan-STARRS-IV	DUNE SKA
	DLS	CFHTLS	KIDS/ VIKING	Hyper-SUPRIME	JDEM
	SDSS		ATLAS	DES/ VISTA	LSST
BAO			Pan-STARRS-I LAMOST	Hyper-SUPRIME	HSHS DUNE SKA
	SDSS 2d-F		Subaru-FMOS ATLAS	WFMOs DES/ VISTA	LSST JDEM SPACE
SN		ESSENCE		HETEX	CFHTLS-II?? ALPACA?
	CFHTLS/SNLS	SDSS-II	Pan-STARRS-I	DES/ VISTA	LSST JDEM
Amas		SPT		e-ROSITA	DUNE XEUS
	SZA AMI	APEX AMIBA	ACT	DES/ VISTA	EDGE CON-X
CMB/ISW		WMAP3	PLANCK-I	ISW: WMAP3+DESS	
WMAP1	ISW: WMAP3+SDSS		WMAP6	PLANCK-IV	
		ISW: WMAP3+NVSS		ISW: Planck+LSST	

dz/dt???

Le « désert » 2009-2015



JDEM en 2007

- **ADEPT**: *Advanced Dark Energy Physics Telescope*, PI C. Bennett.
Tel. 1.3m NIR, 1000 SN, spectro sans fente H_{alpha}, BAO sur 10⁸ galaxies, 28000deg², n(z) pour WL
- **SNAP-L**: *SuperNovae Accelation Probe-Lensing*: PI S. Perlmutter.
Tel. 2m, Vis.+NIR, 2000 SN, WL sur 1000-4000 deg², photo-z pour WL
- **DESTINY**: *Dark Energy Space Telescope*, PI T. Lauer.
Tel. 1.65m, NIR, GRISM, 3000 SN, 2 10⁸ galaxies NIR
WL sur 1000deg²

Missions énergie sombre soumises à l'ESA Cosmic Vision

- **DUNE:** *Dark UNiverse Explorer*,
PI A. Réfrégier.
Tel. 1.2m Vis.+NIR, WL sur, 20000deg², BAO par photo-z
avec appui sol (notamment conjoint LSST).
- **SPACE:** *SPectroscopic All sky Cosmic Explorer*.
PI A. Cimatti.
Tel. 1.5m, Vis.+NIR, NIR spectro-survey $H_{AB}=23$ sur
30000 deg², $5 \cdot 10^8$ galaxies + $H_{AB}=26$ sur 10 deg², $2 \cdot 10^6$
galaxies. BAO + $n(z)$ WL. Spectro à fente via technologie
DMD. R=400.

Les meilleures options?

- **Plusieurs voies simultanées** : aucune n'a un contrôle garanti des systématiques à la précision nécessaire pour les objectifs de 2015-2025
- **Court terme (2008-2015)** : CFHTLS à terminer, KIDS-VIKING, CFHTLS-II (BAO?), HSHS .
Attention un creux de vague se dessine: peu de participation entre 2009 et 2015...
- **Moyen terme (2015-2020)** : DUNE, LSST, SNAP, SPACE?
- **Long terme (>2020)** : SKA (mais dépendra des résultats des moyens termes)
- **Ajouter** : participation à des grands relevés spectro-z / photo-z (indispensables pour BAO, ISW et WL), SPACE?