

Francis Bernardeau  
IPhT Saclay, France

# Théorie : enjeux et progrès pour la mission Euclid en cosmologie

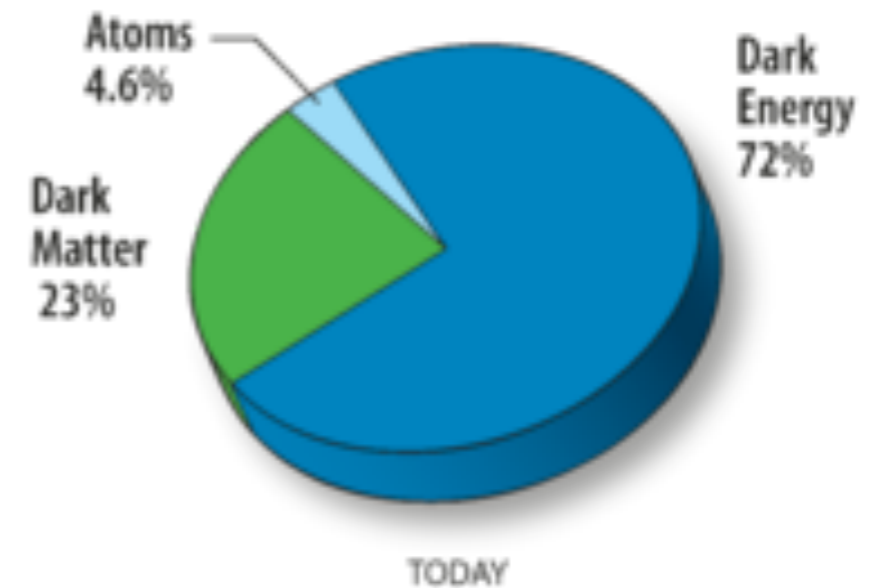
*Toulouse, 3 décembre 2012*

# A "concordant" model of cosmology but that contains three puzzling ingredients:

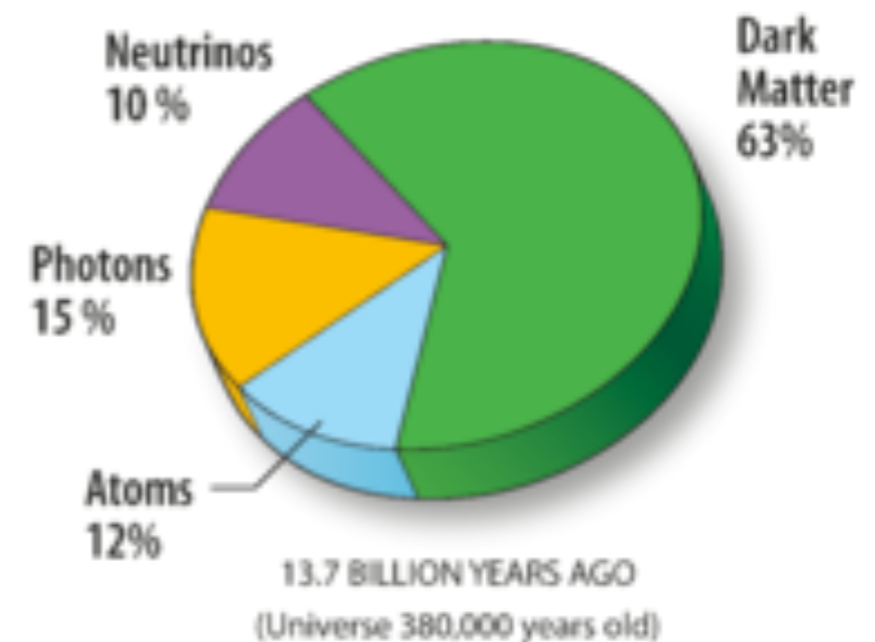
- ▶ *An inflationary stage*
- ▶ *dark matter*
- ▶ *dark energy or a cosmological constant responsible for the (recent) acceleration of the universe*

*low redshift manifestations through the way the **large-scale structure of the universe** forms and evolves?*

## LSS



## CMB



# Thèmes et sujets

*Construction de modèles et calculs de leurs conséquences phénoménologiques pour l'énergie noire/modification de la gravité, matière noire (par exemple masse des neutrinos), l'inflation (indice spectral,  $f_{NL}$ , etc.)*

**WP 1 : Cosmic Acceleration,**

**WP 2 : Testing Gravity,**

WP 3 : *Dark Matter and Particle Cosmology,*

WP 4 : *Initial Conditions,*

WP 5 : *Deviations from Homogeneity and Isotropy,*

WP 6 : *Statistical Methods and Forecasting,*

**WP 7 : Analytical Approaches to Non-linearities,**

WP 8 : *Probe Combination,*

WP 9 : *Relativistic effects in observations*

WP 10 : *New Observational Probes,*

# Energie noire/gravité modifiée:

- *construction de modèles*
- *recherche de signatures observationnelles (a priori pour Euclid mais pas forcément uniquement)*

Il n'existe pas de modèle réellement motivé par la physique des hautes énergies qui soit viable (d'un point de vue théorique).

De nombreux travaux actuels concernent

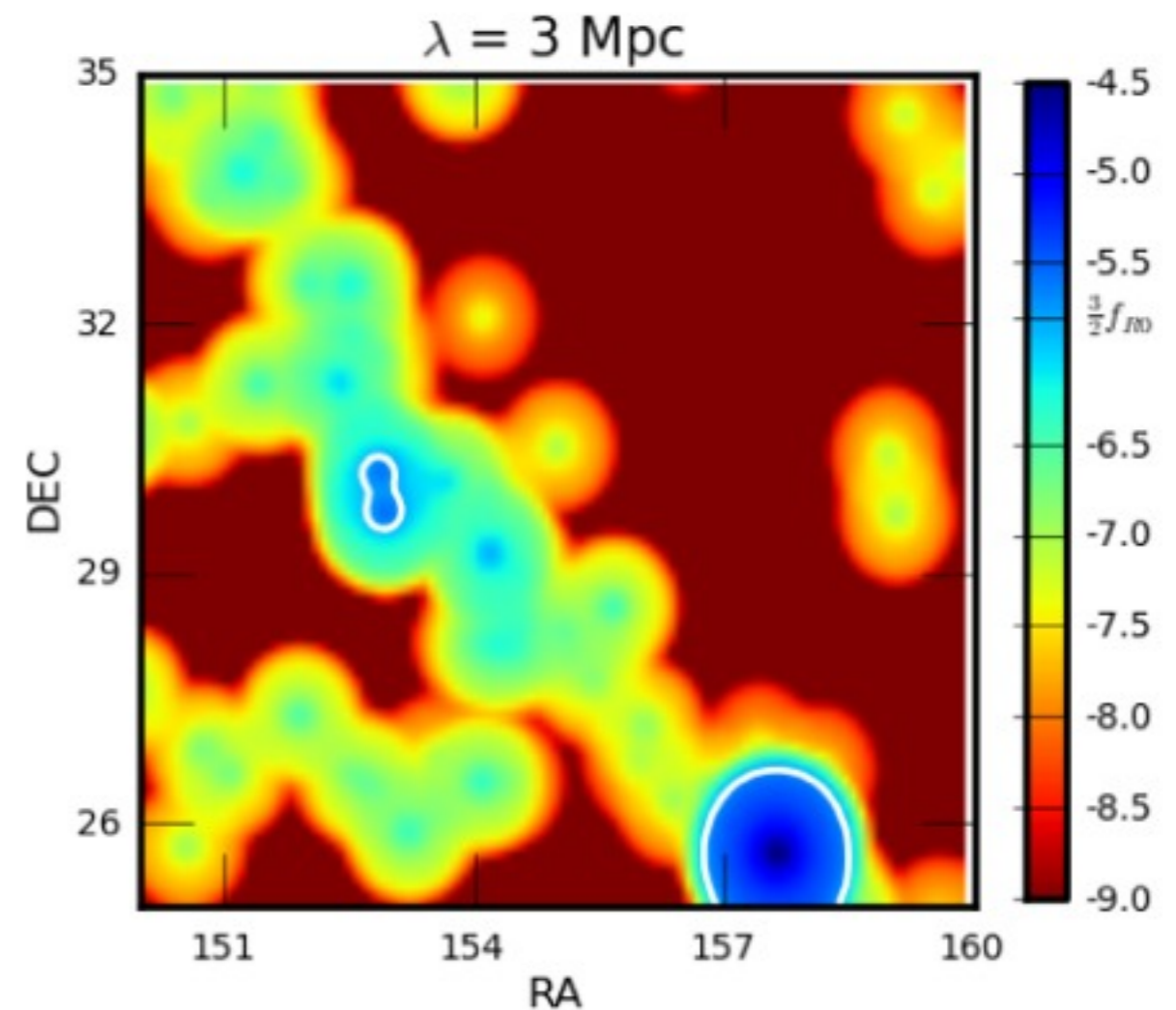
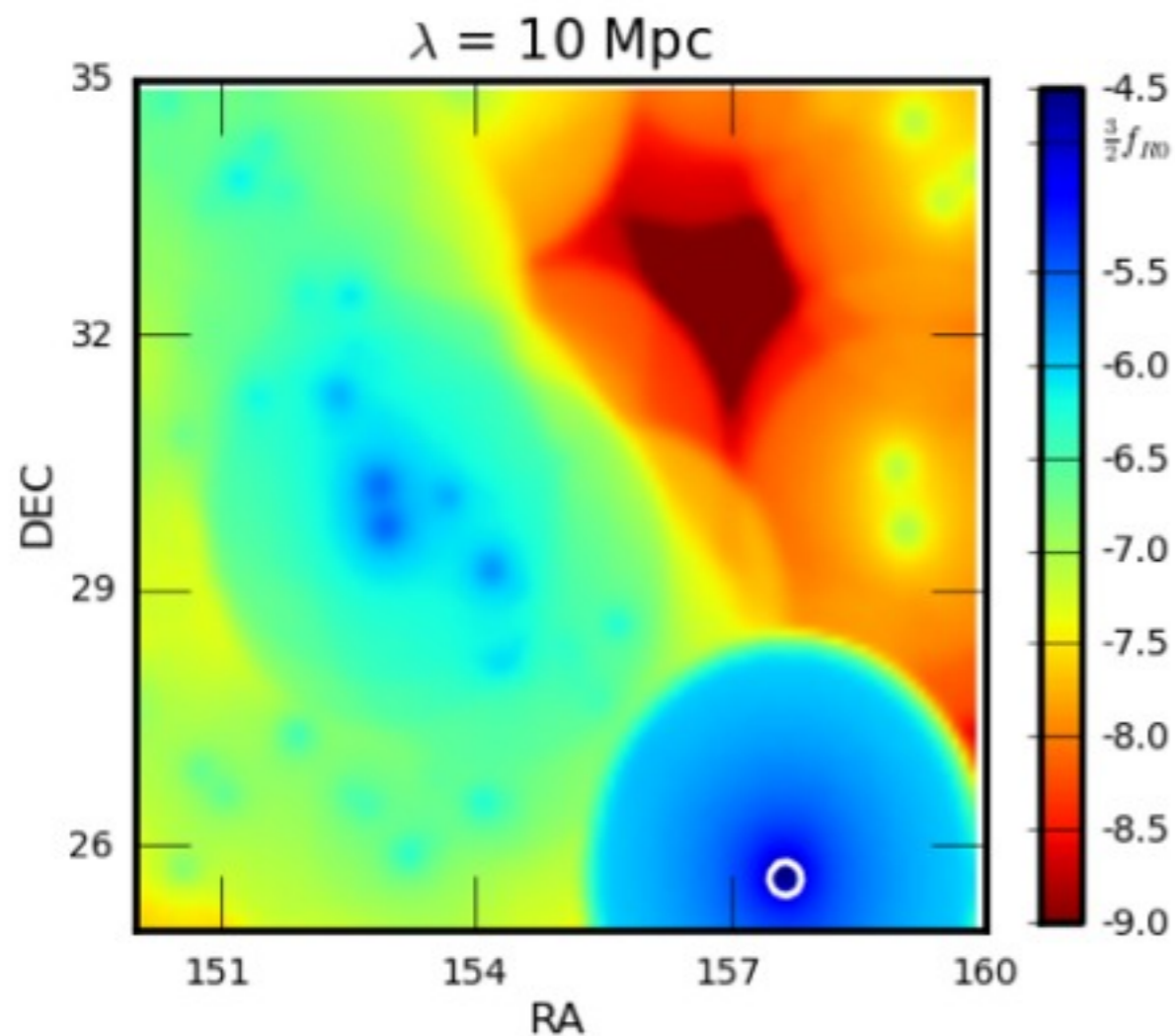
- la construction de modèles de gravité massive (avec tout un corpus de résultats théoriques remarquable qui est en train d'être construit).
  - *le mécanisme de Vainshtein marche (Deffayet et al. '09)*
  - *il est possible d'avoir des modes massifs sans fantômes (de Rham, Gabadadze, Tolley, '10, '11)*
  - *pas de background FRW pour l'instant...*
- Modèle de type "chameleon" (modèle un peu ad-hoc) : exploration des conséquences phénoménologiques (validation de l'effets d'écrantage)
- construction de théories effectives pour l'énergie noire.

**Les effets non-linéaires sont  
omniprésents...**

# Simulations N-body de gravité avec effet caméléon : carte d'écrantage

- ▶ It is essential to find places where GR is not recovered
  - ▶ Small galaxies in underdense regions
  - ▶ SDSS galaxies within 200 Mpc

Cabre, Vikram, Zhao, Jain,  
Koyama  
1204.6046



# Développement des grandes structures : calculs à partir de principes premiers

*In fine pour faire des prédictions robustes il faut pouvoir calculer les propriétés attendues pour une grande variété de modèles.*

*Théorie des perturbations appliquée au calcul de la croissance des structures*

*Equation maîtresse (peut dépendre du contenu de l'univers):*

$$\frac{\partial}{\partial \eta} \Phi_a(\mathbf{k}, \eta) + \Omega_a^b(\eta) \Phi_b(\mathbf{k}, \eta) = \gamma_a^{bc}(\mathbf{k}_1, \mathbf{k}_2) \Phi_b(\mathbf{k}_1) \Phi_c(\mathbf{k}_2)$$

*Diagrams contributing to the power spectrum at up to 2-loop order:*

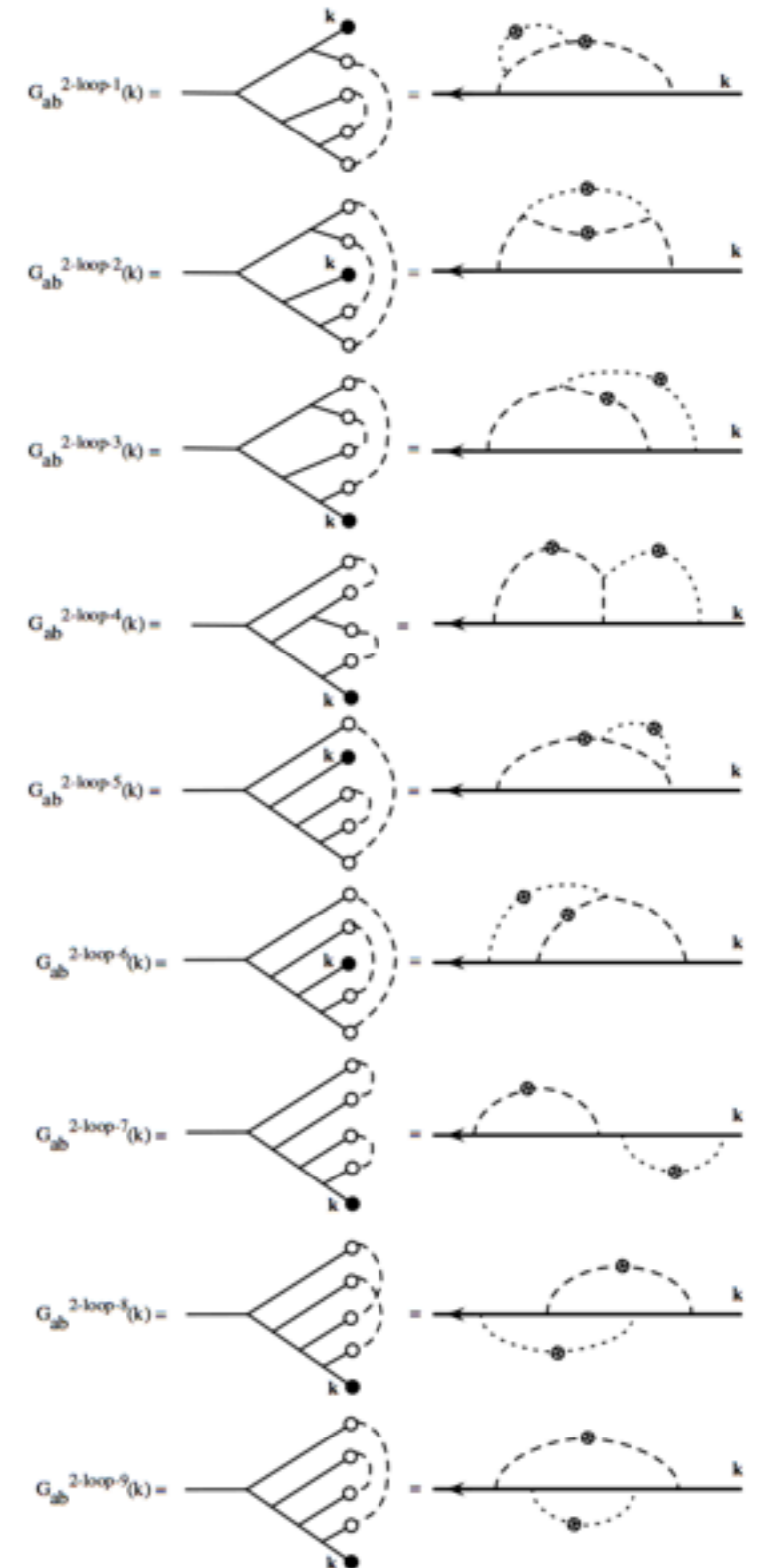
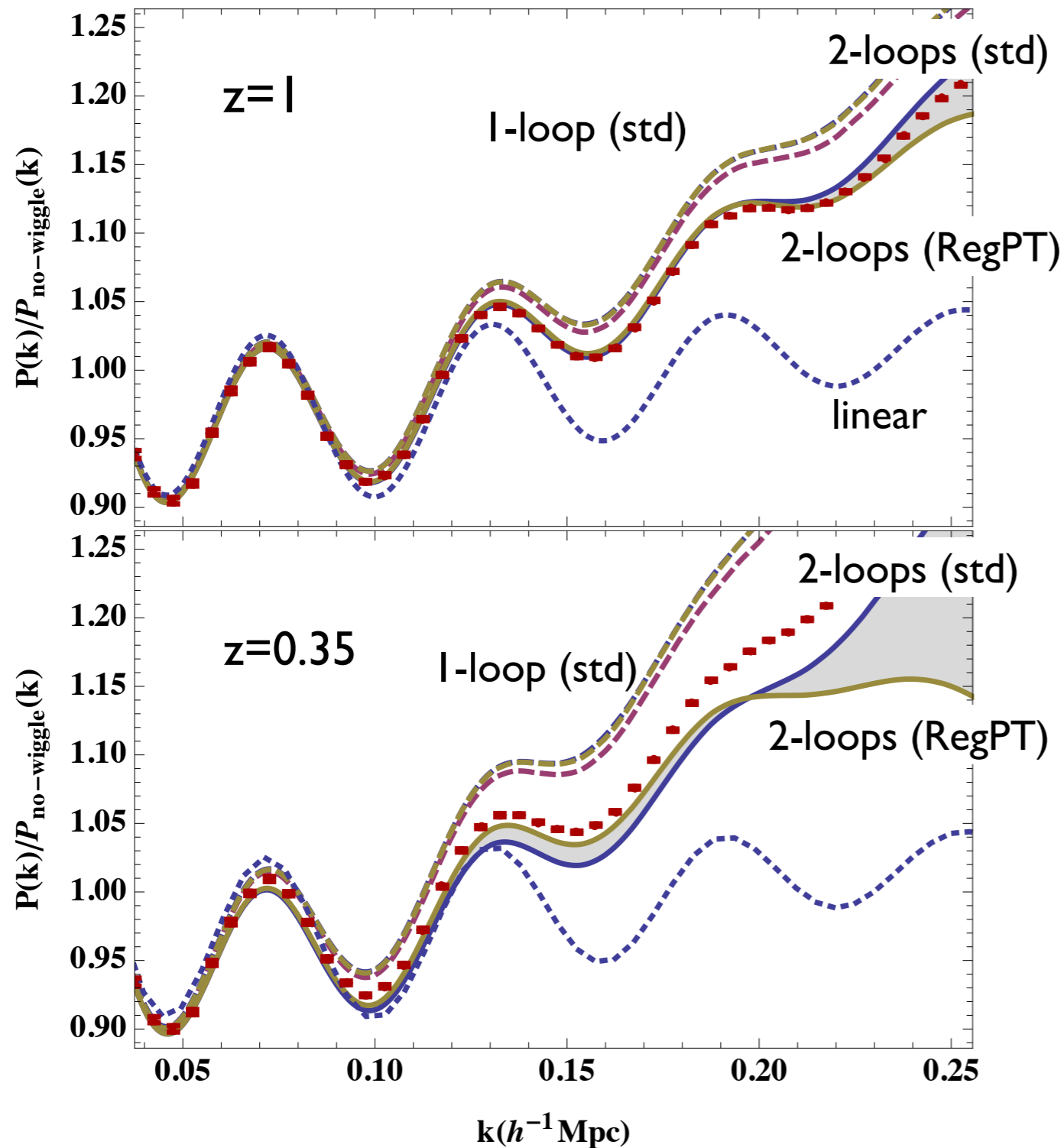


FIG. 4: Diagrams contributing to the two-loop expression of the propagators.

# Spectres de puissance à l'ordre de 2 boucles

Taruya, FB, Nishimichi, Codis '12    Crocce, Scocimarro, FB, '12

1st computation of 2-loop order effects in Okamura, Taruya, Matsubara, '11



- Public codes for fast computations of power spectra at 2-loop order are now available.

<http://maia.ice.cat/crocce/mptbreeze/>

[http://www-utap.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~ataruya/regpt\\_code.html](http://www-utap.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~ataruya/regpt_code.html)

- Theoretical predictions are within 1% accuracy.



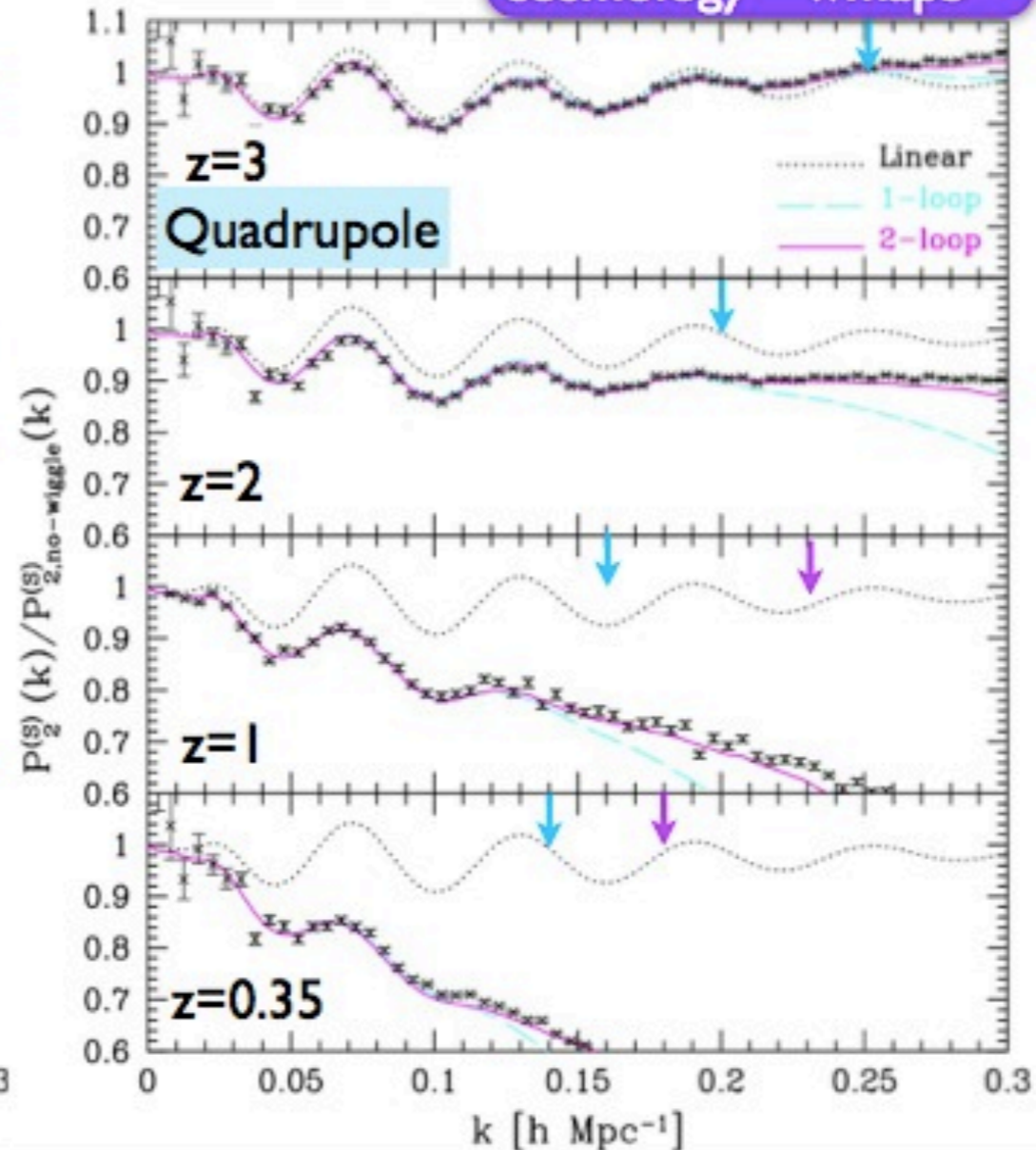
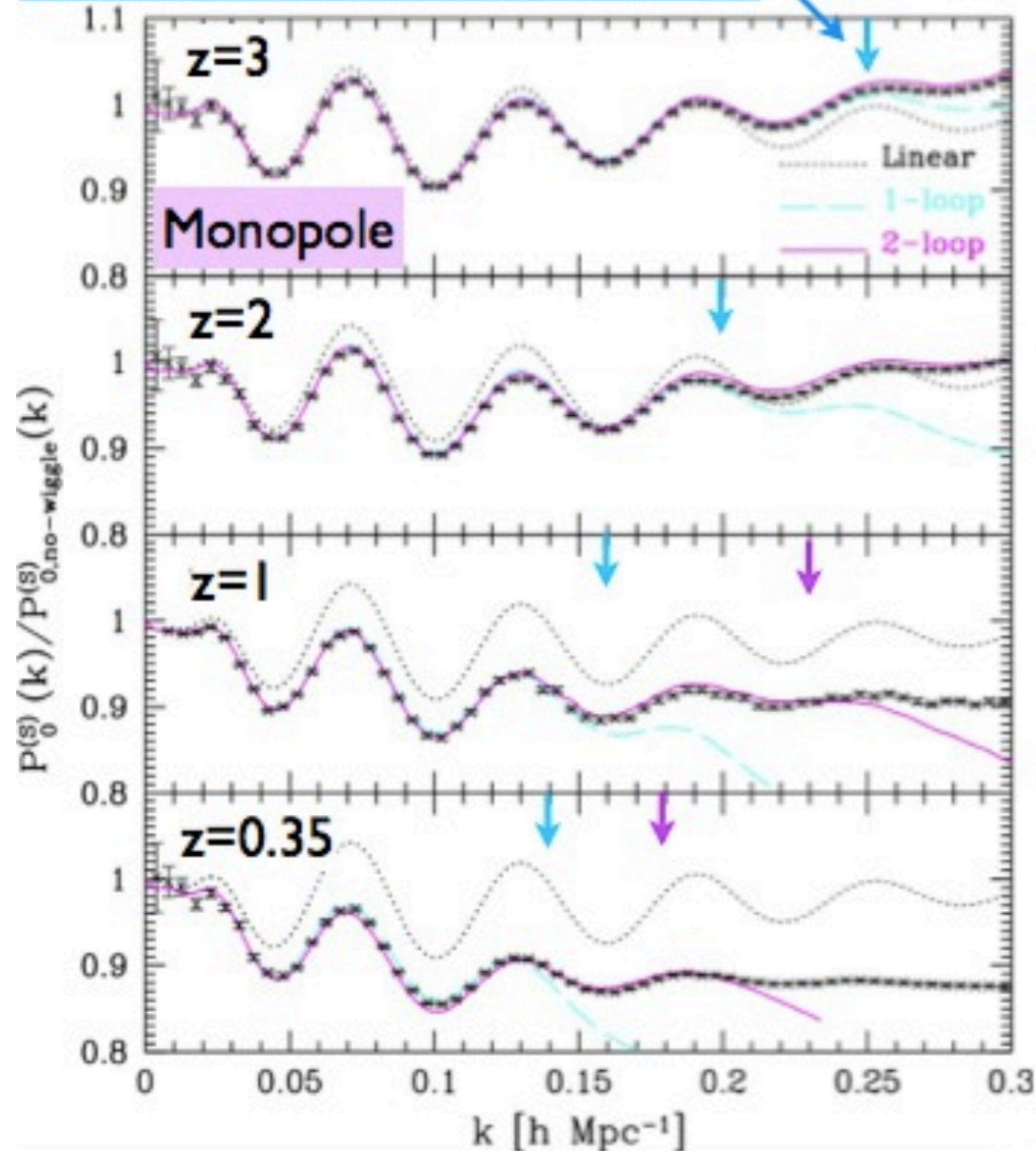
# Application aux mesures dans l'espace des z:

à partir de description de Taruya et al. '11

## Results: TNS+RegPT

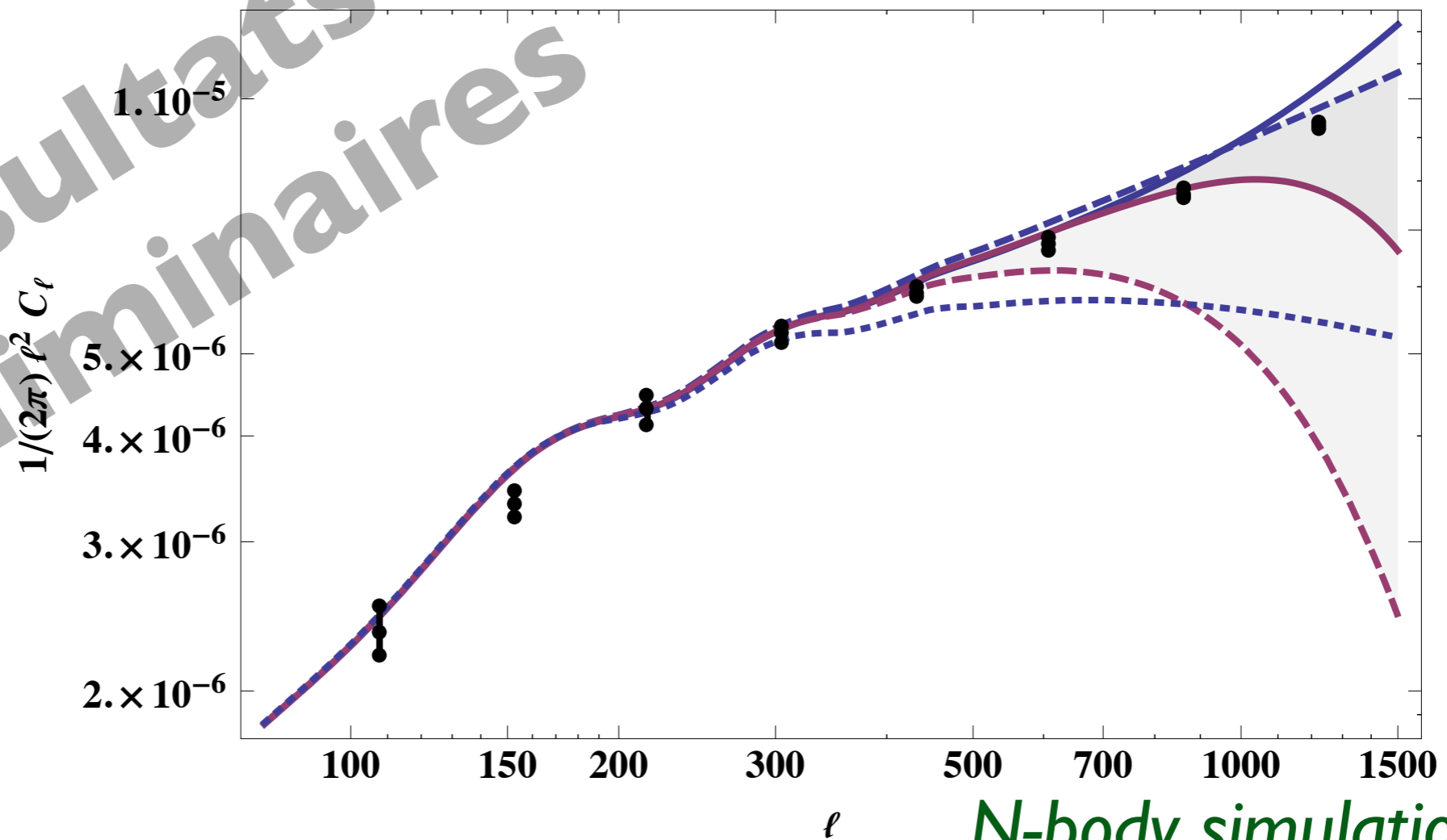
$L_{\text{box}} = 2,048 h^{-1} \text{ Mpc}$   
# of particles :  $1,024^3$   
# of runs : 60  
cosmology : wmap5

$k_{\text{max}}$ , below which percent-level accuracy is achieved in real space



Application aux mesures de cosmic shear (sources de  $z$  entre 0.6 et 1.6):

Résultats  
Préliminaires



*N-body simulations de  
Sato et al. '09*

► On peut prédire l'amplitude de  $3^2$  fois plus de modes par rapport à la théorie linéaire...

# Conclusions provisoires

*On comprend mieux la gravité à grande échelle, à la fois ses extensions possibles et la dynamique d'instabilité. Les calculs de spectres de puissance sont bien maîtrisés (progrès pour redshift space !).*

*Un grand défi : aller au delà d'observables type spectre : on sait qu'il y a de l'information cachée dans des indicateurs statistiques plus élaborés (bispectre, autres?).*