



EUCLID 2015

7-8 Janvier 2016

APC - Université Paris Diderot, Paris



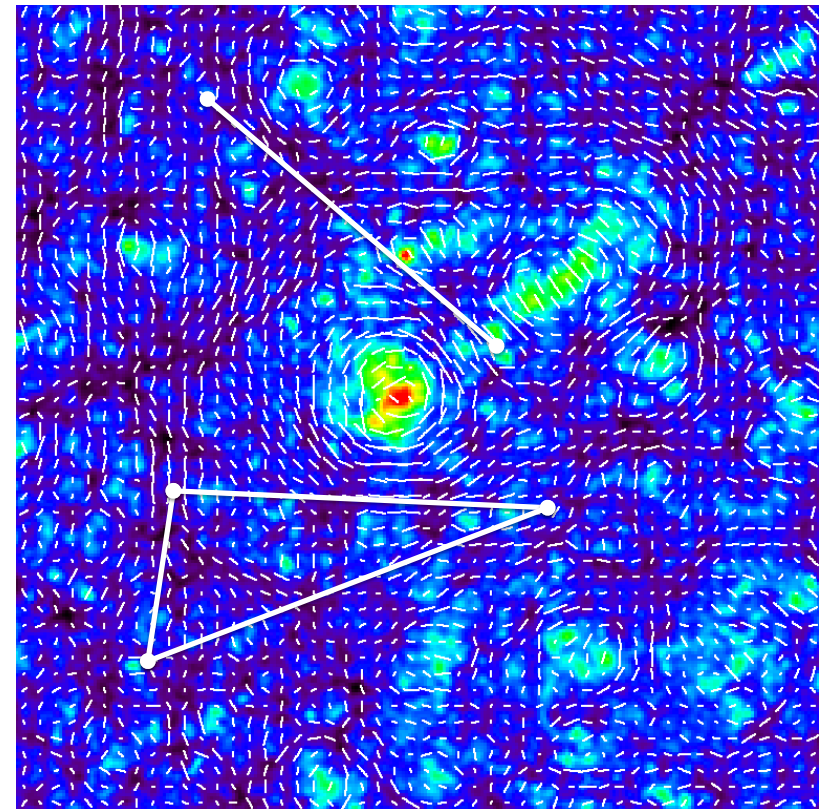
Crédit: Creative Commons



**Francis Bernardeau,
IAP**

La science au delà des statistiques
d'ordre 2 (3-points et plus)

*“Higher Order Statistics” work package
(Vincenzo F. Cardone)*



1. Quelles observables ?

Combinaison du shear et/ou de la densité de galaxies au delà de l'ordre 2, $\langle \gamma\gamma\gamma \rangle$ $\langle \gamma\gamma\gamma\gamma \rangle$ $\langle \gamma\gamma n_g \rangle$

Connexions possibles avec d'autres observables (Minkowski, comptages/correlations de pics...)

2. Pourquoi les mesurer ?

Information complémentaire du spectre

Analyse biais/alignement intrinsèque

Nouvelle fenêtre d'observation/de découverte

3. Comment les mesurer?

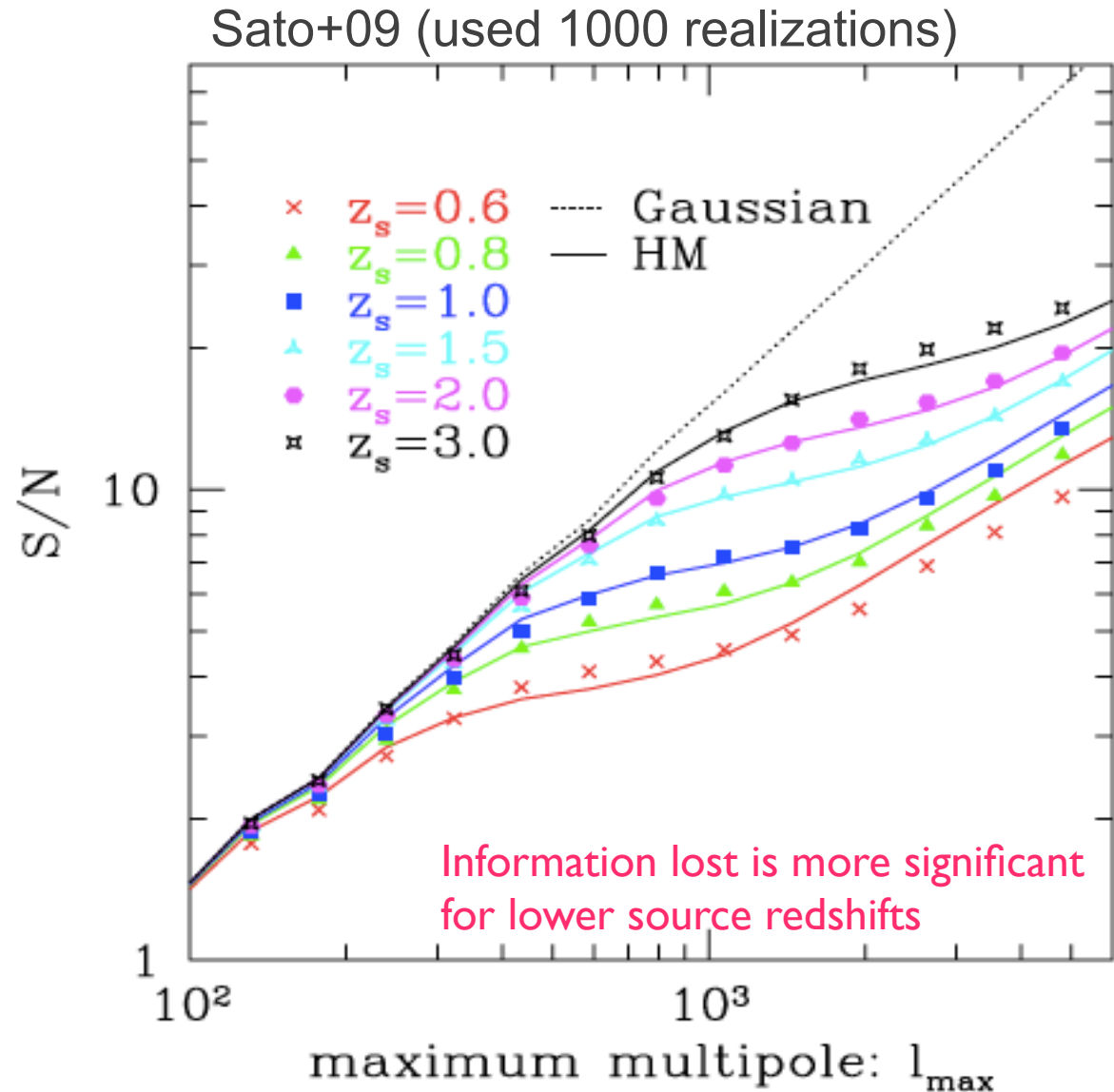
En espace réel, mais plus sûrement en espace Harmonique

4. Sait-on les décrire ?

Théorie des perturbations et modèles phénoménologiques

2. Information (mode amplitudes) content from bispectra

- The information content of WL power spectrum is (significantly) smaller than the Gaussian expectation (also see Lee & Pen 08; MT & Jain 09; Yu+09)
- The power spectrum is not enough in WL case
- Where is the information contained in the initial field gone? The initial information is lost?



(Kayo, Takada & Jain 2012)

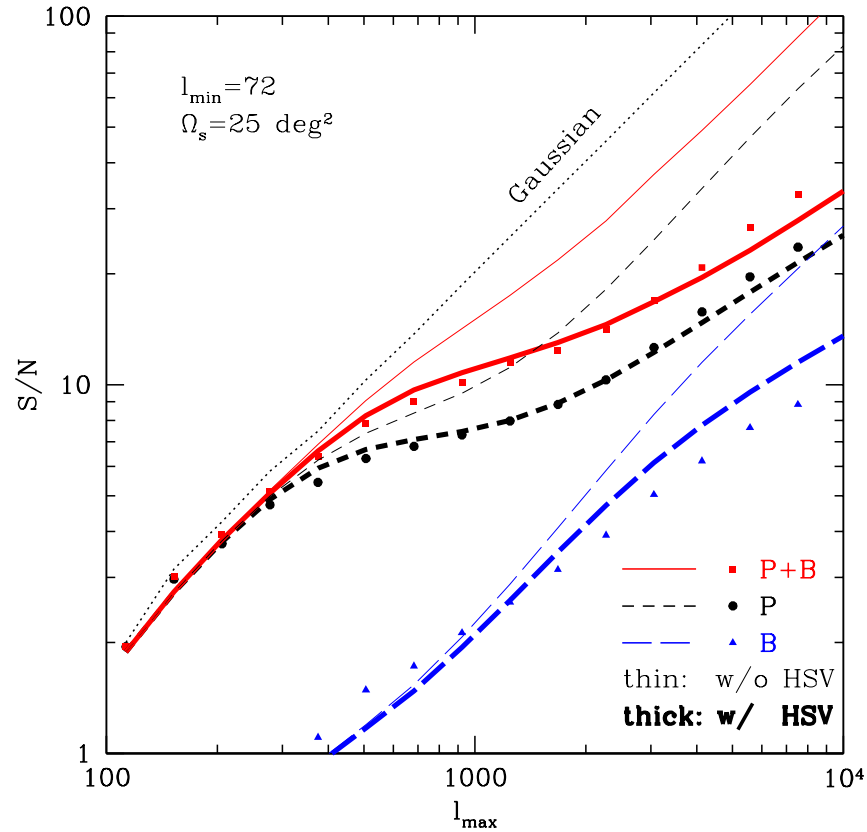
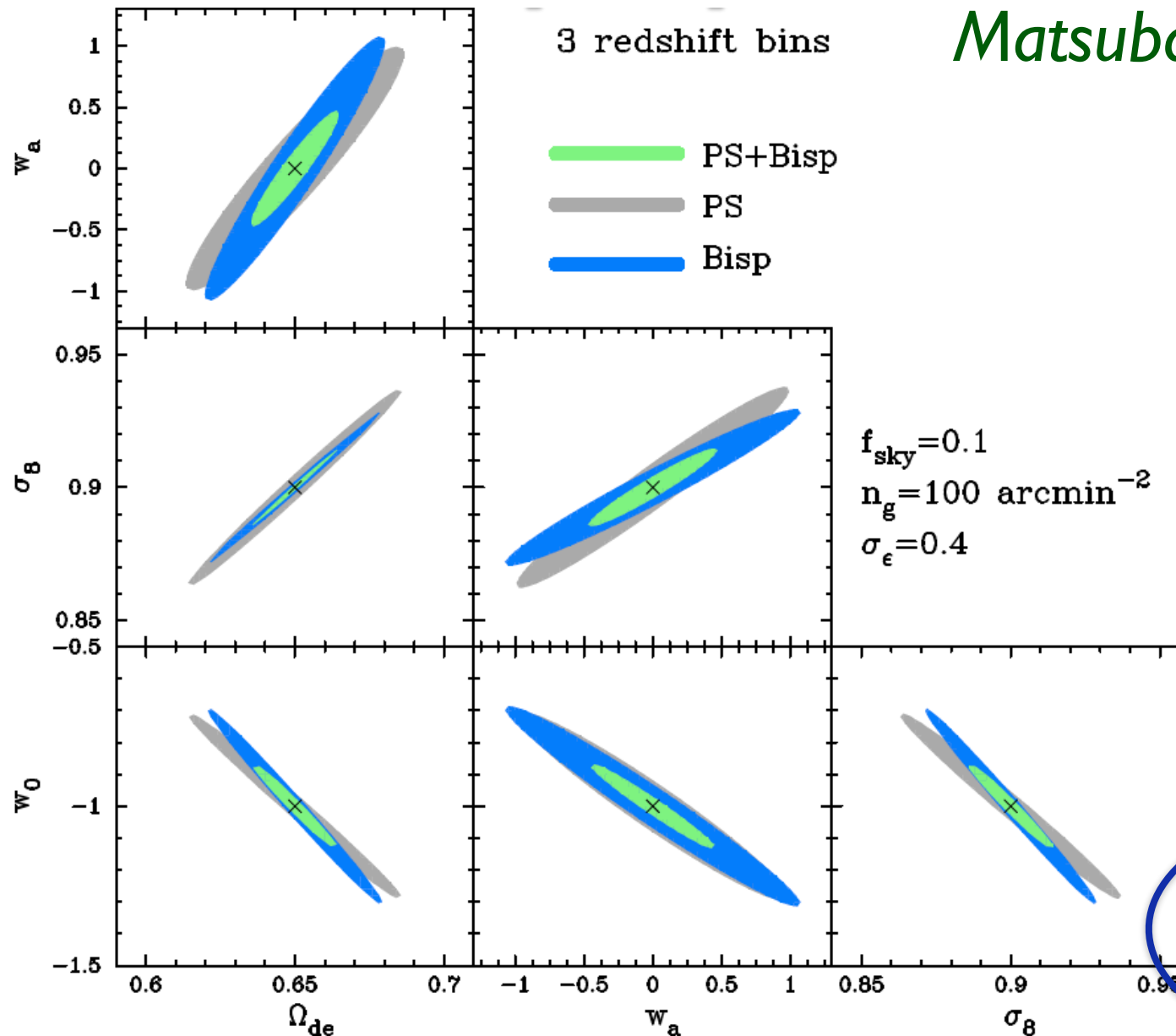


Figure 10. Cumulative S/N for the power spectrum (P), the bispectrum (B) and the joint measurement ($P + B$) for a survey area of 25 deg^2 and source redshift $z_s = 1$. They are shown as functions of the maximum multipole l_{\max} , where the power spectrum and/or bispectrum information are included over $l_{\min} \leq l \leq l_{\max}$ (see equations 27, 28 and 31). The minimum multipole is set to $l_{\min} = 72$. We do not include the shape noise contamination here – it is shown in the next figure. The circle, triangle and square symbols are the simulation results for P , B and $P + B$ measurements, respectively, computed from the 1000 realizations. The thick short-dashed, long-dashed and solid curves are the corresponding halo model predictions. The corresponding thin curves are the results without the HSV contributions. For comparison, the dotted curve shows the S/N for the power spectrum for the Gaussian field, which the primordial density field should have contained. Note that the simulation results for B and $P + B$ could be overestimated by about 10 per cent due to a finite number of the simulation realizations used to estimate the covariance matrices (Hartlap et al. 2007).

Cosmic Shear, tomographic spectres & bispectres

Matsubara & Jain '04



A factor 2-3 improvement (by recovering the initial information content via 3pt function)

This forecast includes all the triangle configurations for a given $l_{\text{max}}=3000$

Non-Gaussian errors need to be included

Au delà des mesures de modes,

2pt functions

$$\langle \gamma\gamma \rangle \propto W_{\text{gl}}^2 P_\delta(k)$$

$$\langle \gamma h \rangle \propto b W_{\text{gl}} P_\delta(k)$$

$$\langle hh \rangle \propto b^2 P_\delta(k)$$

3pt functions

$$\langle \gamma\gamma\gamma \rangle \propto W_{\text{gl}}^3 P_\delta^2(k)$$

$$\langle h\gamma\gamma \rangle \propto b W_{\text{gl}}^2 P_\delta^2(k)$$

$$\langle hh\gamma \rangle \propto b^2 W_{\text{gl}} P_\delta^2(k)$$

$$\langle hhh \rangle \propto b^3 P_\delta^2(k)$$

- Les différentes fonctions de corrélation dépendent des biais, du spectre de puissance, de la fonction d'efficacité des lentilles, des effets d'alignement intrinsèque, de manière différentes ;
- Besoin de mettre en place une analyse conjointe complète (déjà fait à l'ordre 2, jamais complètement pour l'ordre 3)
- Quelles combinaisons ? quels gains ? Sur quelles quantités ($P(k)$, w_0 , w_1 , modification de la gravité ?)

3. Comment les mesurer, quelques résultats :

Pen et al. (03) : detection de la MAp skewness
à partir CFHT data

Bernardeau et al. 02 :

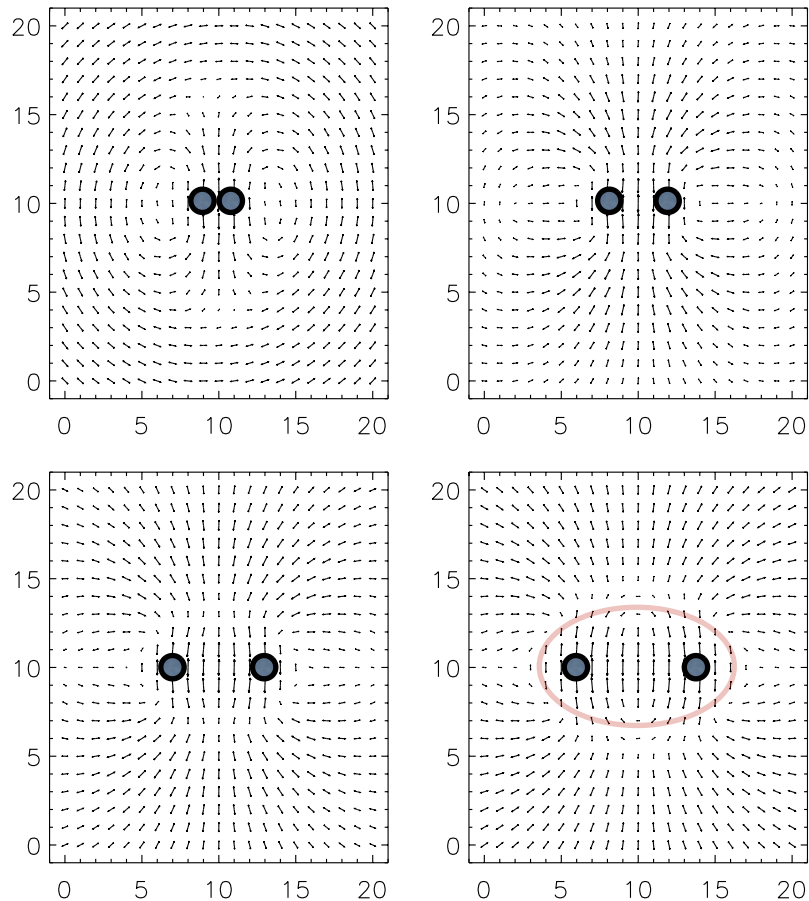
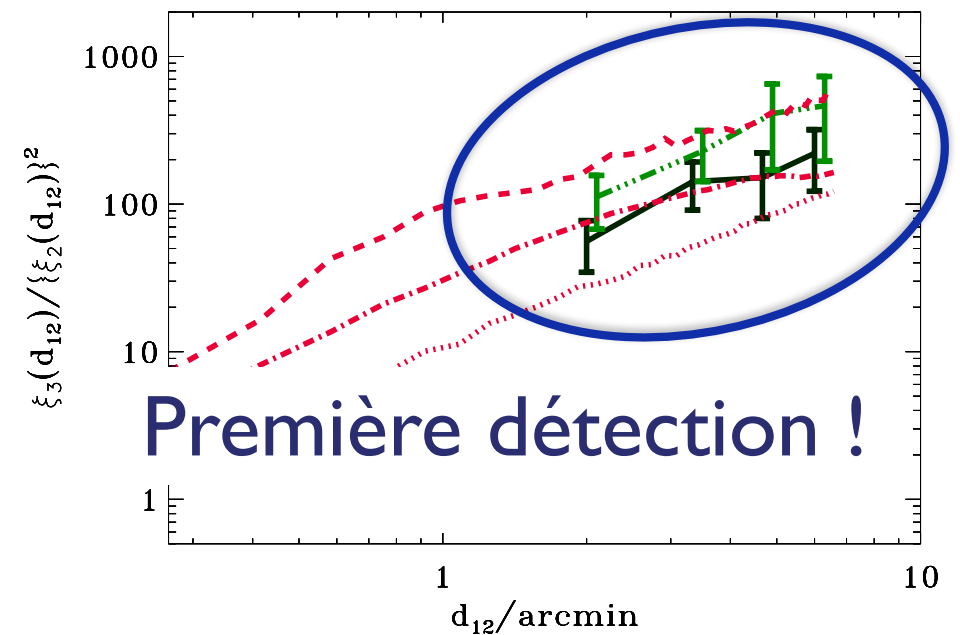
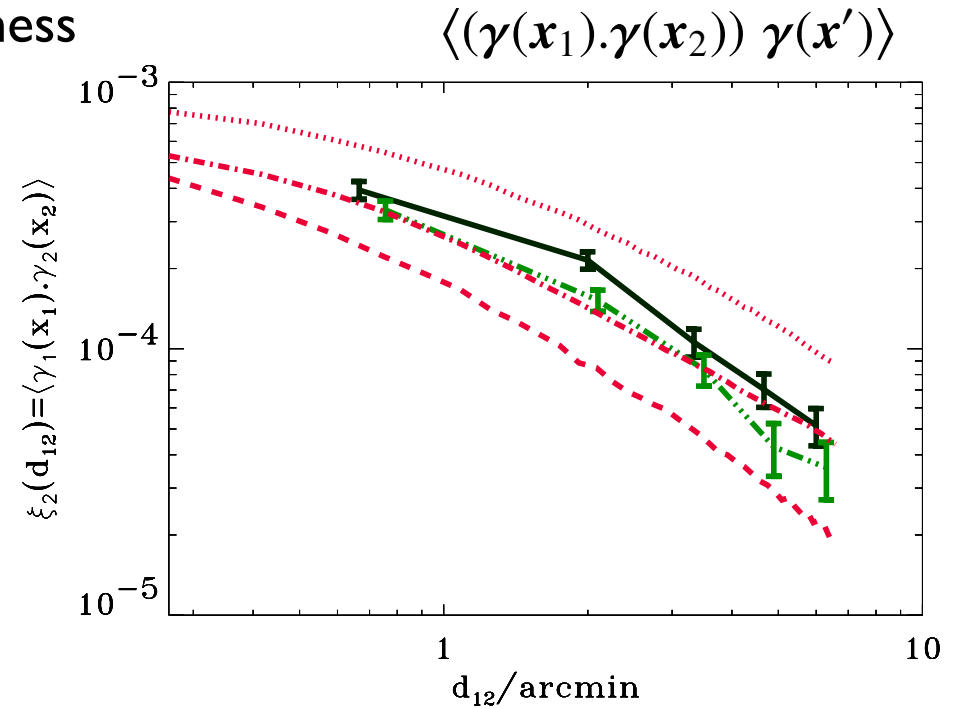


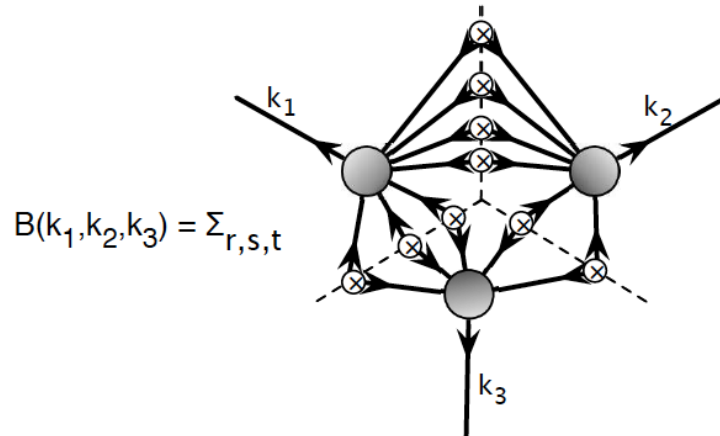
Fig. 4. The shear pattern of $\langle(\gamma(x_1).\gamma(x_2))\gamma(x')\rangle$ measured in ray-tracing simulations (Jain et al. 2000) for increasing pair separation $|\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1|$. The separations are, from top to bottom and left to right, 2, 4, 6, and 8 in plot units (1 unit corresponds to about $10''$). The pair points are along the horizontal axis.



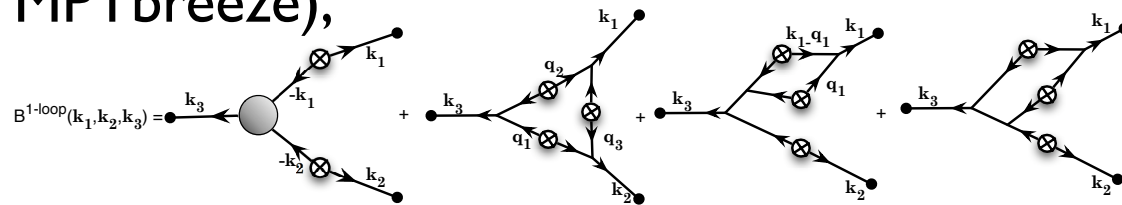
3. Descriptions : prédictions théoriques

Lazanu et al. 2015

Théorie des perturbations pour les grandes échelles

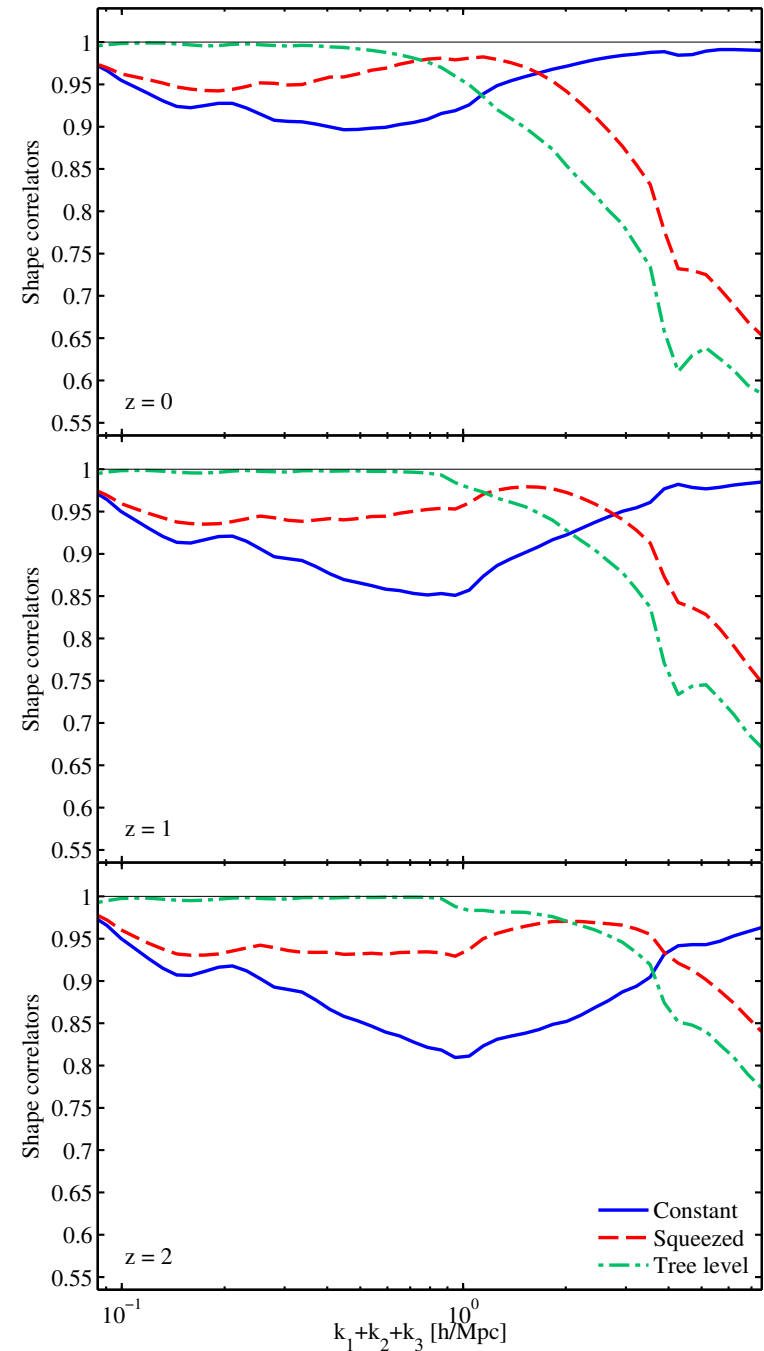


Résultat à l'ordre d'une boucle (RegPT, MPTbreeze),



Modèles des halos ou formes purement phénoménologiques pour les échelles intermédiaires et les petites échelles.

Matrices de covariance ????

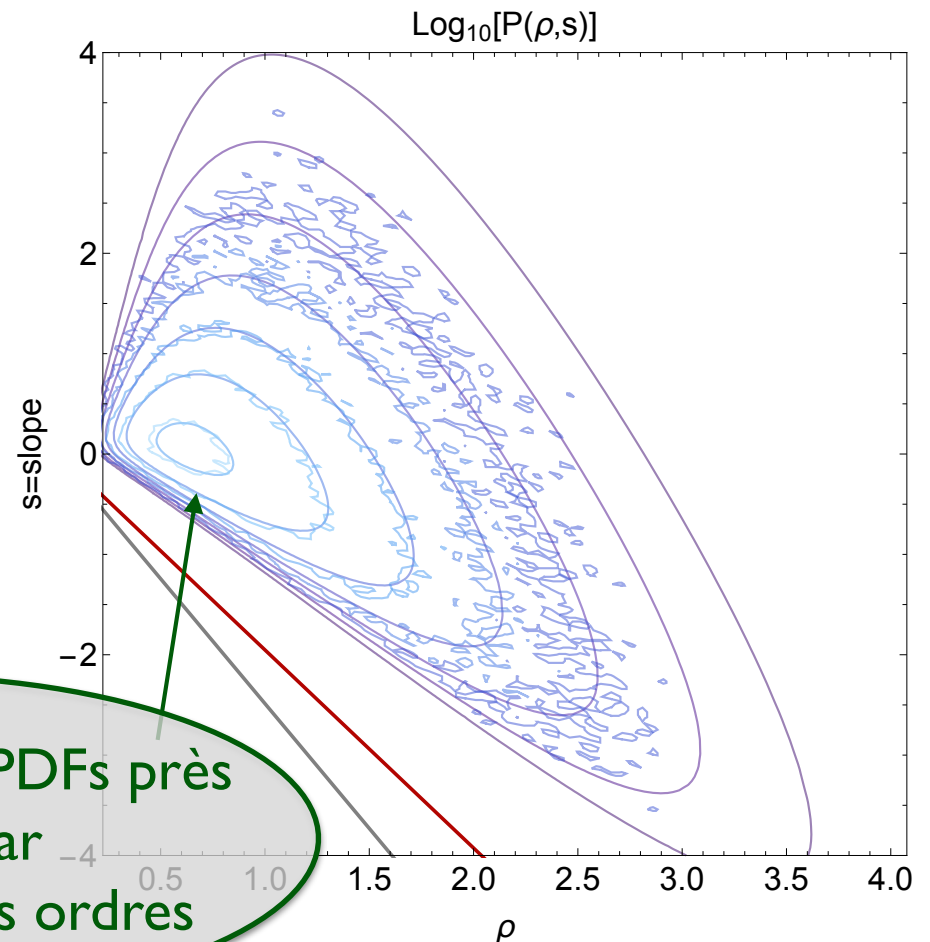
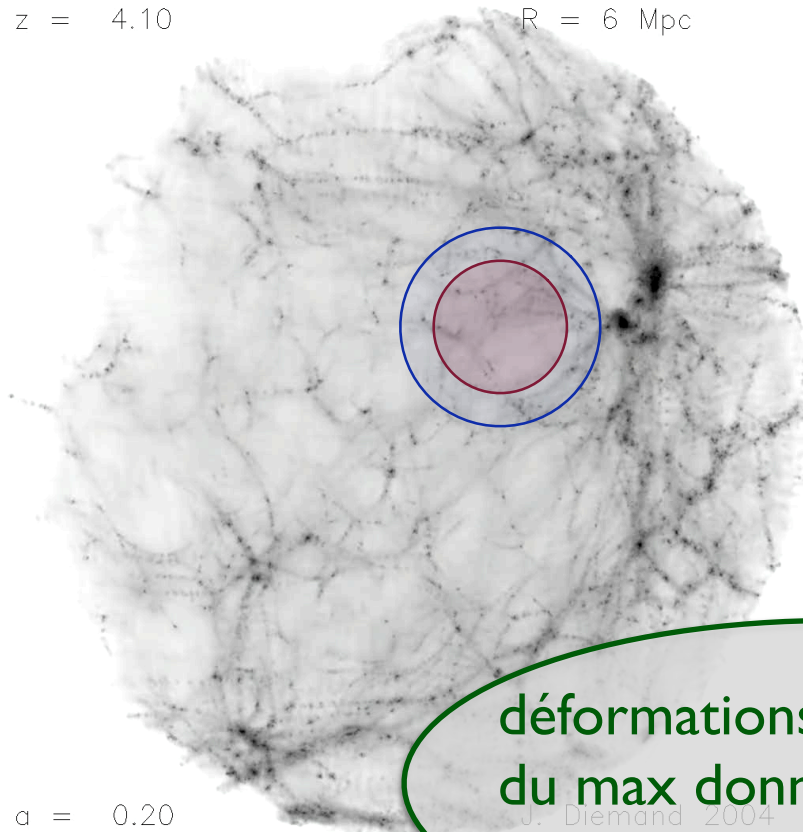


Au delà de fonctions à 3-points ?

- Fonctionnelles de Minkowski
- densité et corrélation de pics
- PDFs de densité/profiles

Collaboration avec
P. Reimberg (postdoc IPhT)
Ch. Pichon (IAP)
S. Codis (IAP et CITA)
C. Uhlemann (univ. Utrecht)

$z = 4.10$ $R = 6$ Mpc



déformations des PDFs près
du max données par
corrélateurs de bas ordres

Conclusions / Résumé :

- Quelle que soit la sonde des grandes structures de l'univers utilisée (WL ou galaxies), le spectre de puissance ne suffit pas à extraire toute l'information cosmologique : on ne peut se permettre d'ignorer les corrélations d'ordre plus élevé.
- En combinant les fonctions à 2-points et celles de plus grands ordres on peut (en principe)
 - améliorer les contraintes cosmologiques
 - **mieux calibrer les erreurs systématiques**
- Une nouvelle fenêtre sur les NG primordiales et/ou modification de la gravité (modification des couplages)
- Et tout reste à faire, groupe de travail "Higher Order Statistics" work package (Vincenzo F. Cardone)
- co-financement CNES pour une thèse