

Promenons-nous dans les bois

une grille de simulation pour les forêts Lyman- α



Arnaud Borde
IRFU/SPP, BOSS



N. Palanque-Delabrouille, Ch. Yèche, J.-M. LeGoff, G. Rossi, J. Bolton,
M. Viel, P. Nugent,

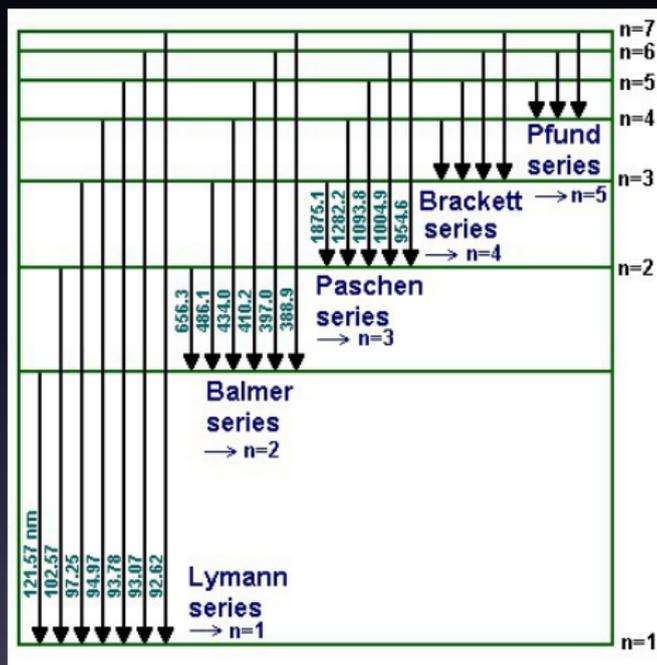
Outline

- 1 Quelques rappels
- 2 L'expérience
- 3 Reconstruction du spectre de puissance 1D
- 4 Simulations cosmologique
 - Le projet
 - Les tests
- 5 Conclusion et popcorn

Plan

- 1 Quelques rappels
- 2 L'expérience
- 3 Reconstruction du spectre de puissance 1D
- 4 Simulations cosmologique
 - Le projet
 - Les tests
- 5 Conclusion et popcorn

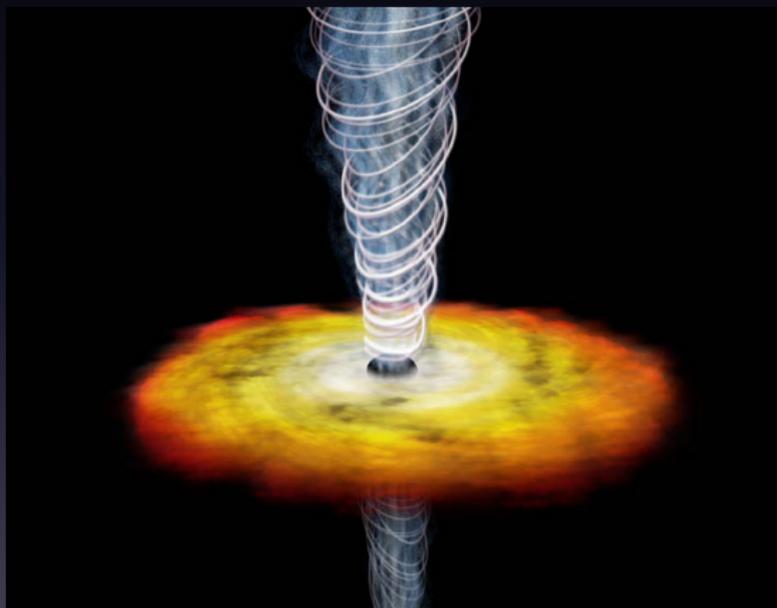
Lyman- α



Transitions de l'hydrogène atomique

Quasars

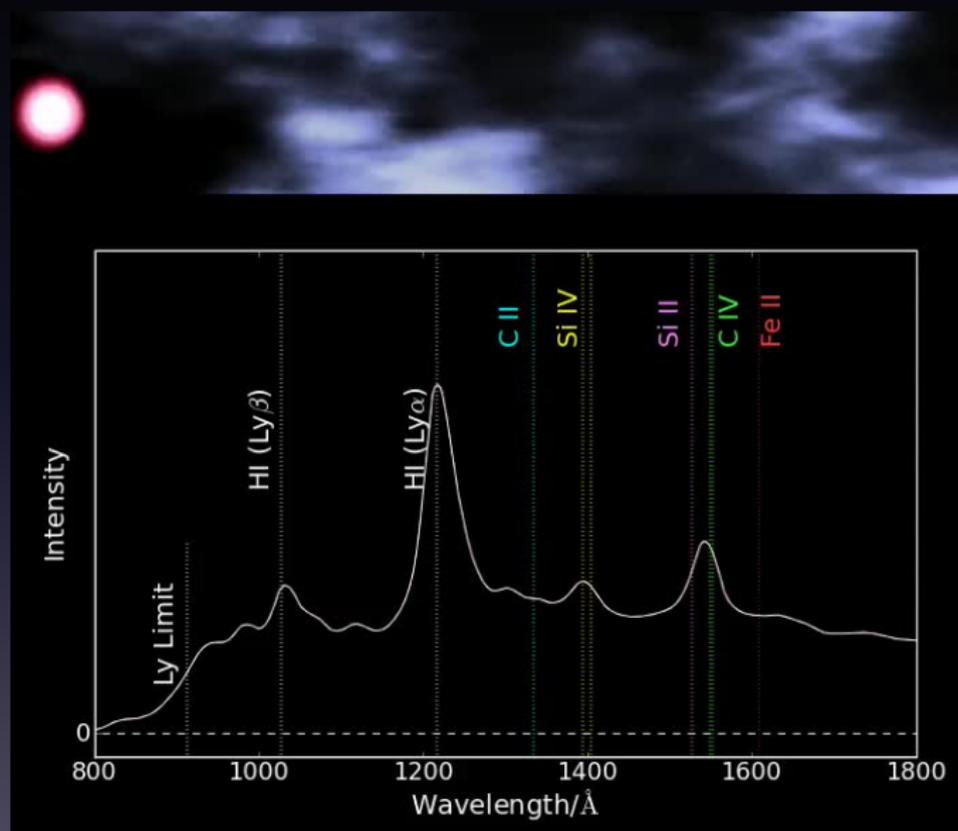
Quasar/QSO (quasi stellar object) = source de rayonnement quasi-stellaire



Vue d'artiste d'un quasar



Quasar vu par le télescope de SDSS-III

Forêts Lyman- α 

Spectre de puissance

Spectre de puissance = carré du spectre d'amplitude de la transformée de Fourier du signal

Pour un signal discret $(x_0, x_1, \dots, x_{N-1})$:

$$P(k) = |A(k)|^2 = \left| \sum_{m=0}^{N-1} x_m e^{\frac{-2i\pi mk}{N}} \right|^2$$

Plan

- 1 Quelques rappels
- 2 L'expérience
- 3 Reconstruction du spectre de puissance 1D
- 4 Simulations cosmologique
 - Le projet
 - Les tests
- 5 Conclusion et popcorn

BOSS

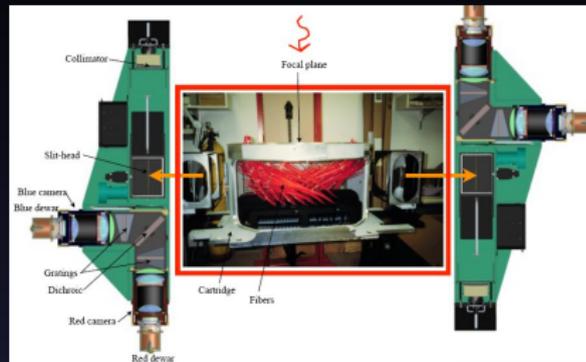
En quelques mots et chiffres:

- Automne 2009 - printemps 2014
- Relevé spectroscopique sur 10000 deg^2
(lune = 0.2 deg^2 , ciel entier = 41253 deg^2)
- 1,5 million de galaxies jusqu'à $z = 0.7$
- 160000 quasars à grand redshift $2.2 < z < 4.5$

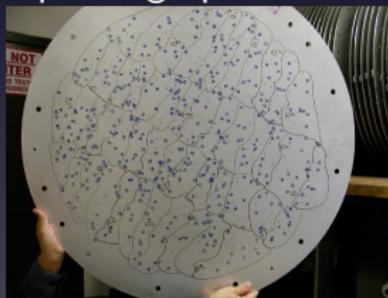
BOSS



Une « cartouche » BOSS

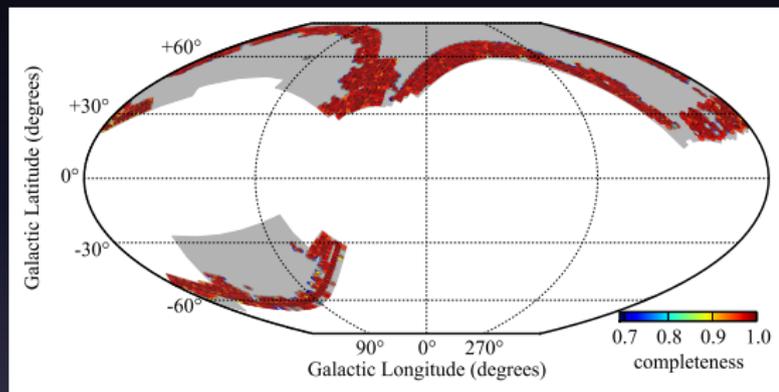
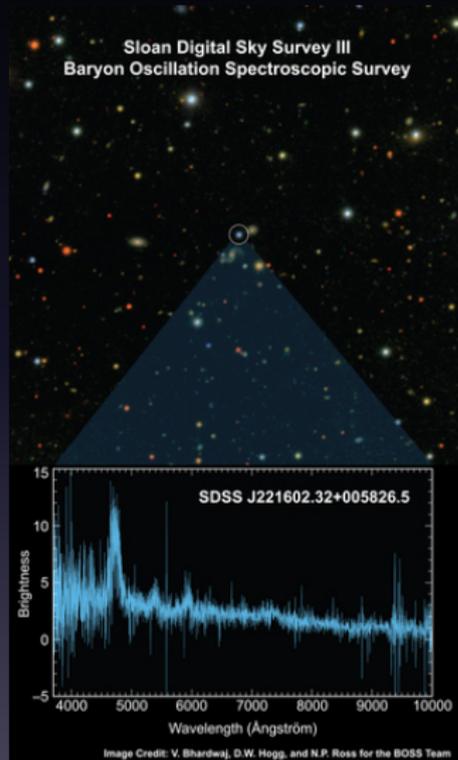


Le spectrographe de BOSS



Une plaque de BOSS (1000 fibres)

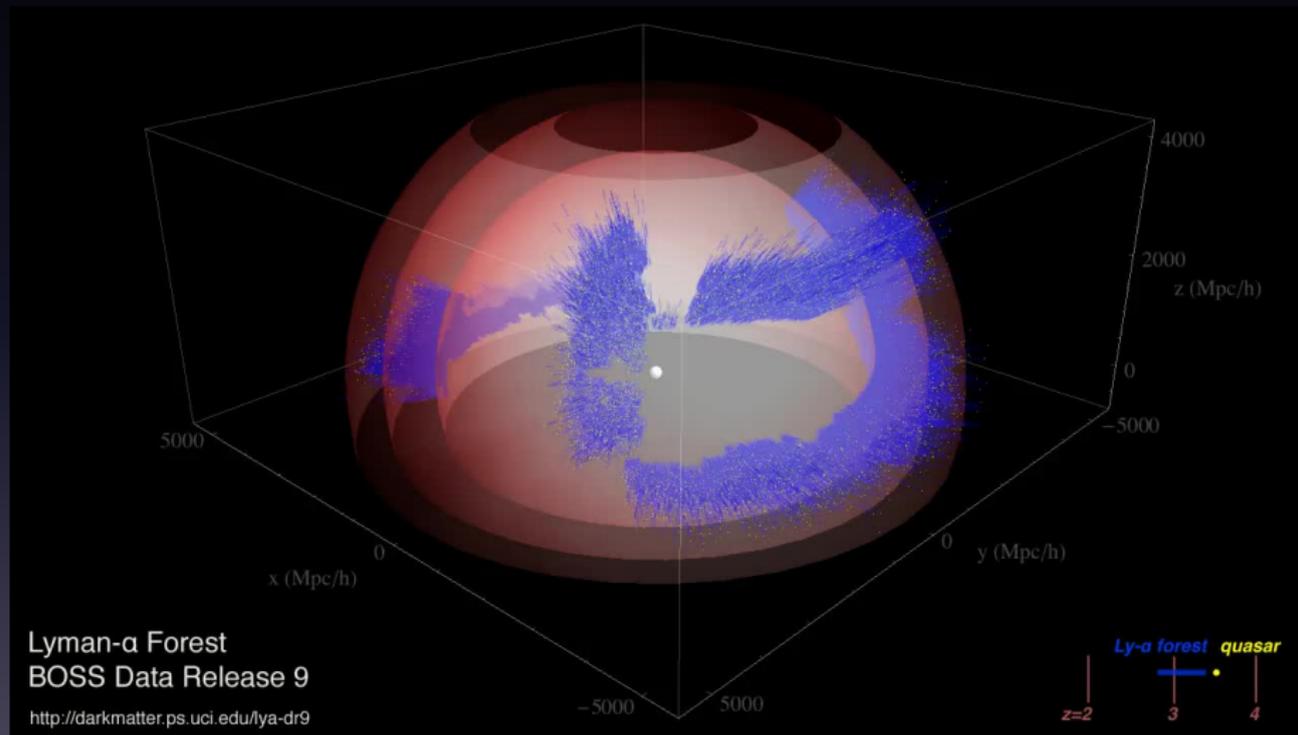
Les données



Portion du ciel couvert par les données DR9
(coordonnées galactiques)

Imagerie et spectroscopie

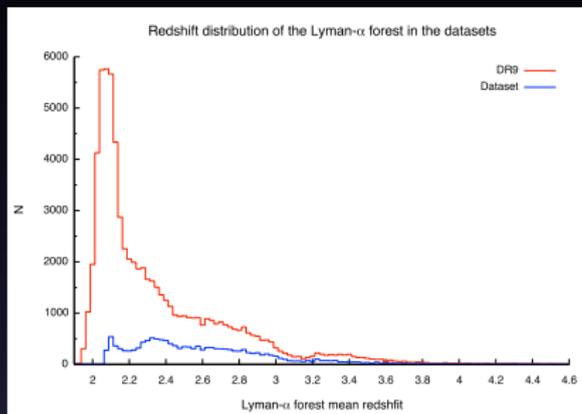
Les données



Plan

- 1 Quelques rappels
- 2 L'expérience
- 3 Reconstruction du spectre de puissance 1D**
- 4 Simulations cosmologique
 - Le projet
 - Les tests
- 5 Conclusion et popcorn

Sélection des données



Données (13000 QSOs) = DR9 (60000 QSOs)

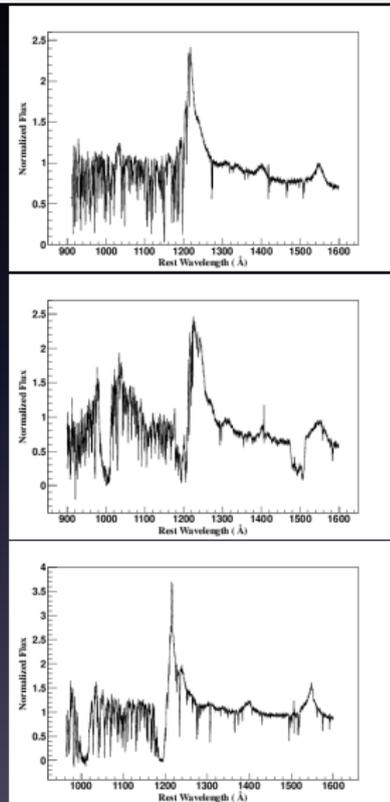
ôter DLA/BAL

$2.1 < z_{\text{forest}} < 4.5$

signal/bruit > 2

résolution $< 85 \text{ km s}^{-1}$

$\Rightarrow \sigma_{\text{sys}} \sim \sigma_{\text{stat}}$



Composantes

$$P_{brut}(k) = \left(P_{HI}(k) + P_{Si\ III-HI}(k) + P_{metaux}(k) \right) \times W^2(k) + P_{bruit}(k)$$

$P_{Si\ III-HI}(k)$ = arrière-plan corrélé dans la forêt Ly- α : Si III

$P_{metaux}(k)$ = arrière-plan non corrélé dans la forêt Ly- α : métaux

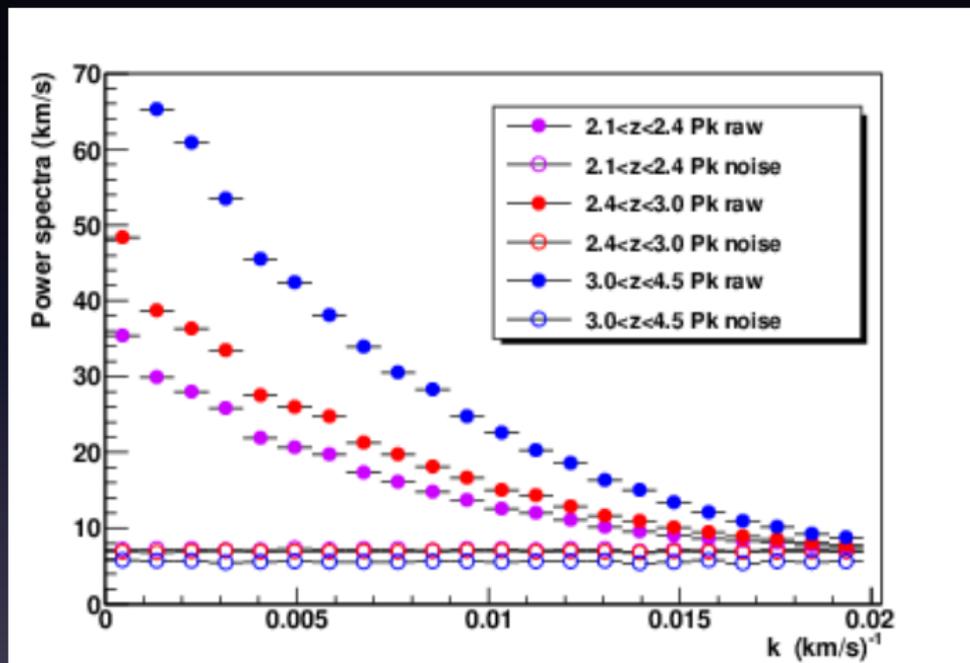
$W^2(k)$ = fonction de fenêtrage : résolution

$$= \exp(-(kR)^2/2) \times \text{sinc}(k\Delta\lambda/2)$$

avec $R \simeq 70(20) \text{ km s}^{-1}$ et $\Delta\lambda = 69 \text{ km s}^{-1}$

$P_{bruit}(k)$ = bruit (pas forcément plat/blanc)

Bruit



Petit k = grande échelles, grand k = petites échelles

Reconstruction

2 méthodes :

① **Transformée de Fourier :**

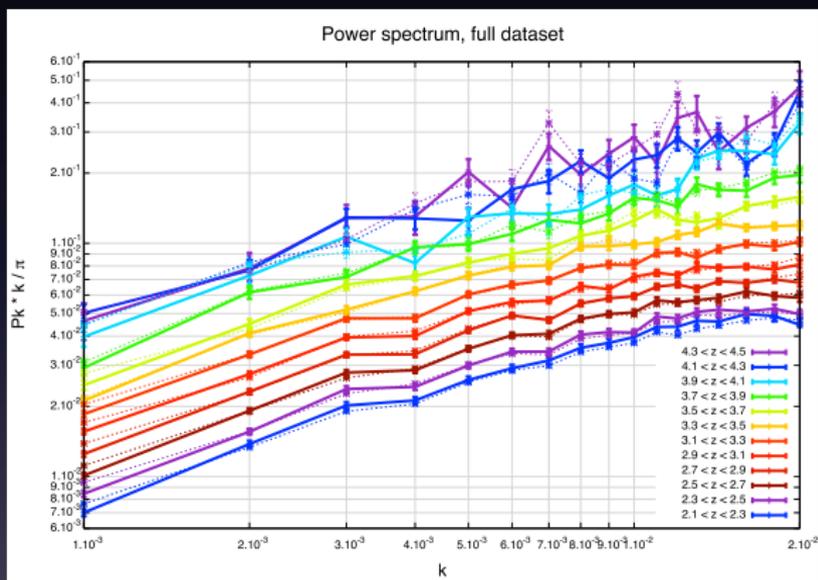
- $P_{brut}(k) = FFT(mesure)$
- méthode rapide

② **Fonction de vraisemblance :**

- $\mathcal{L} = \frac{1}{(2\pi)^{N/2}} \frac{1}{\sqrt{\det C}} \exp\left(-\frac{1}{2} \delta^\dagger C^{-1} \delta\right)$
- matrice de corrélation : $C = C_{signal}(P(k)) + C_{bruit}$ et

$$C_{S_{xx'}} = \int_0^\infty W(k', x) W(k', x') e^{-ik'(x-x')} dk'$$
- méthode plus précise aux petites échelles

Résultats



Très bon accord entre la transformée de Fourier et la fonction de vraisemblance
 \Rightarrow validation des deux méthodes

Plan

- 1 Quelques rappels
- 2 L'expérience
- 3 Reconstruction du spectre de puissance 1D
- 4 Simulations cosmologique**
 - Le projet
 - Les tests
- 5 Conclusion et popcorn

Les objectifs

- 1 ~~Analyse des données Lyman- α des spectres de quasars SDSS-III/BOSS pour obtenir le spectre de puissance 1D.~~
cf <http://arxiv.org/abs/1306.5896>
- 2 Reproduire l'effet de différents paramètres incluant des neutrinos massif sur la formation des structures (et donc sur le spectre de puissance) via des **simulations cosmologiques**
- 3 Extraction de **contraintes** sur la somme des masses des neutrinos (Σm_ν) et d'autres paramètres cosmologiques/astrophysiques ($n_s, \sigma_8, \Omega_m, H_0$) en comparant simulations et données.

Développement de Taylor

Développement de Taylor au 2^{ème} ordre:

$$\begin{aligned}
 f(x + \Delta x, y + \Delta y) &= f(x, y) \\
 &+ [f_x(x, y)\Delta x + f_y(x, y)\Delta y] \\
 &+ \frac{1}{2} [f_{xx}(x, y)(\Delta x)^2 + f_{yy}(x, y)(\Delta y)^2 + 2f_{xy}(x, y)\Delta x\Delta y]
 \end{aligned}$$

avec e.g. $f_{xy} = \frac{\partial f}{\partial x \partial y}$

⇒ Deux simulations par paramètres
+ termes croisés



Grille

Step	# sets required
0. Best guess model	1
1. Varying $n_s, \sigma_8, T_0, \gamma$	14
2. Varying Ω_m, H_0	13
3. Varying neutrino mass	8 (durée double)
Total	44

Demandes de temps de calculs

Deux demandes ont été écrites et soumises :

- ① une française (GENCI) pour 3 millions d'heures (début en janvier)
- ② une européenne (PRACE) pour 7 millions d'heures (début en mars)

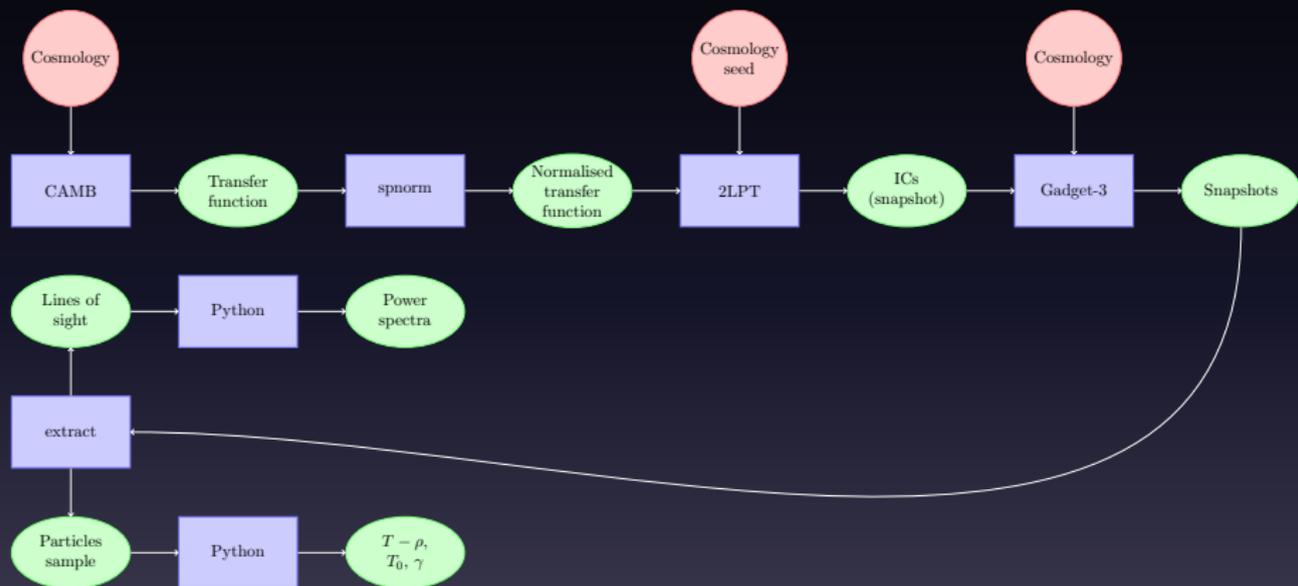
GENCI nous a donné 500k heures, PRACE les 7 millions demandés.

Le supercalculateur Curie



- 1 3 architectures en un calculateurs (noeuds fins, larges, hybrides)
- 2 80640 coeurs (Intel Sandy-Bridge-E octocoeurs à 2.7 GHz, soit 10080 processeurs)
- 3 4 Go par coeur de RAM
- 4 Interconnexion fat tree
- 5 Plus de 15 Po de stockage avec un système à sédimentation

Flux de travail

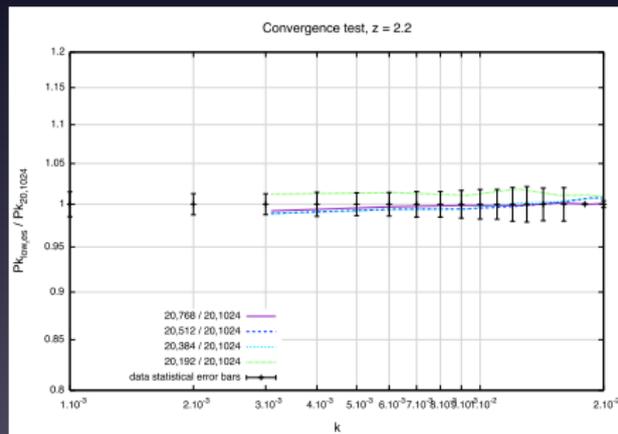
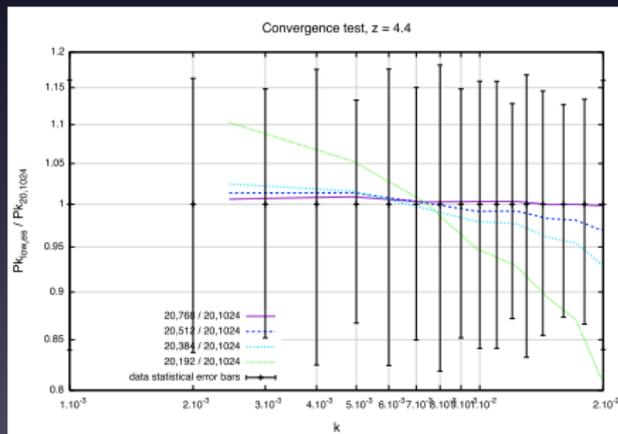


Résolution

Simulations avec la même taille de boîte et des résolutions différentes (cosmologie Λ CDM standard):

- 20,1024 (référence)
- 20,768
- 20,512
- 20,384
- 20,192 (même résolution que 80,768)

⇒ 20,768

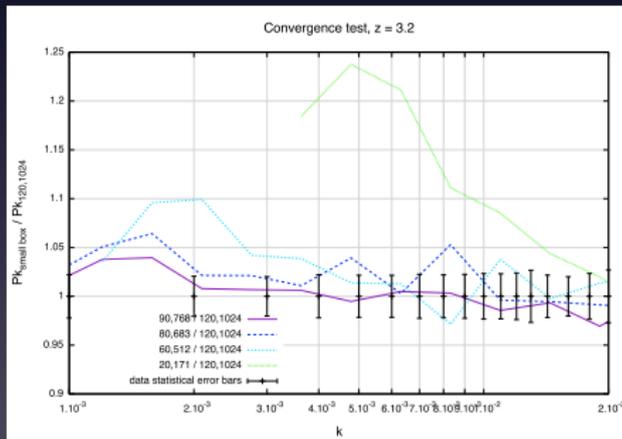


Taille de boîte

Simulations avec la même résolution et des tailles de boîtes différentes (cosmologie Λ CDM standard):

- 120,1024 (reference)
- 90,768
- 80,683
- 60,512
- 20,171 (même taille de boîte que 20,768)

⇒ 100,768



Raboutage de spectres

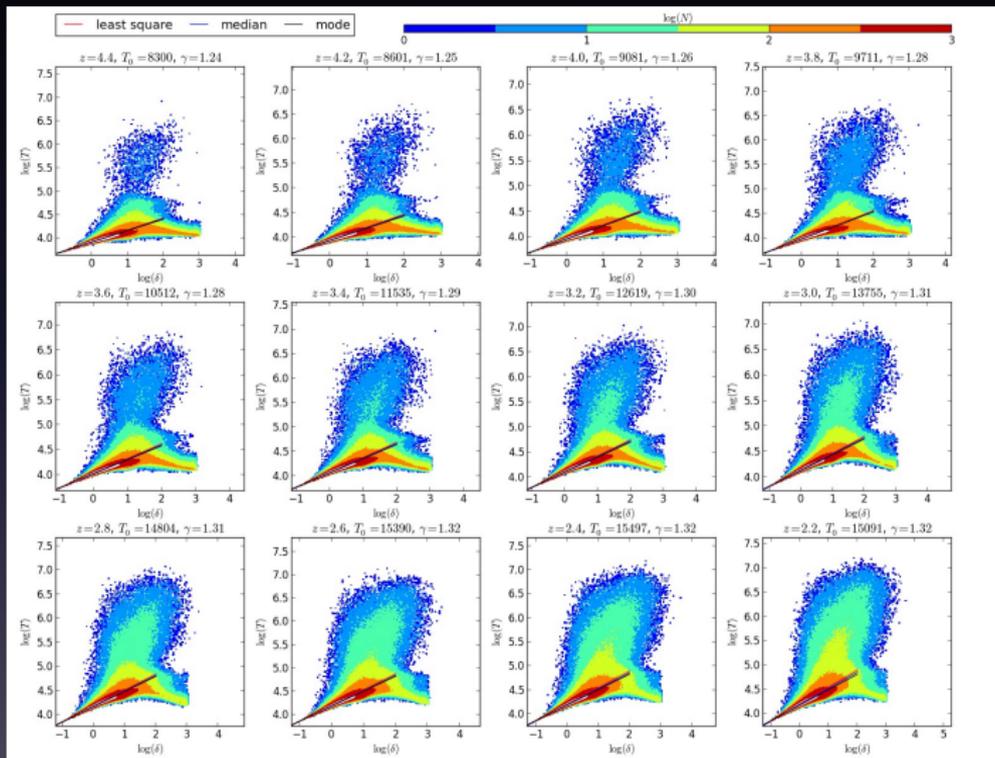
Il est déraisonnable de tourner des 100,3072. On raboute donc les spectres (corrigés) de 2 simulations:

- une avec la **bonne taille de boîte** mais une faible résolution (100,768)
- une avec la **bonne résolution** mais une petite boîte (25,768)

Il y a 2 corrections:

- la taille de boîte
- la résolution

Paramètres astrophysiques

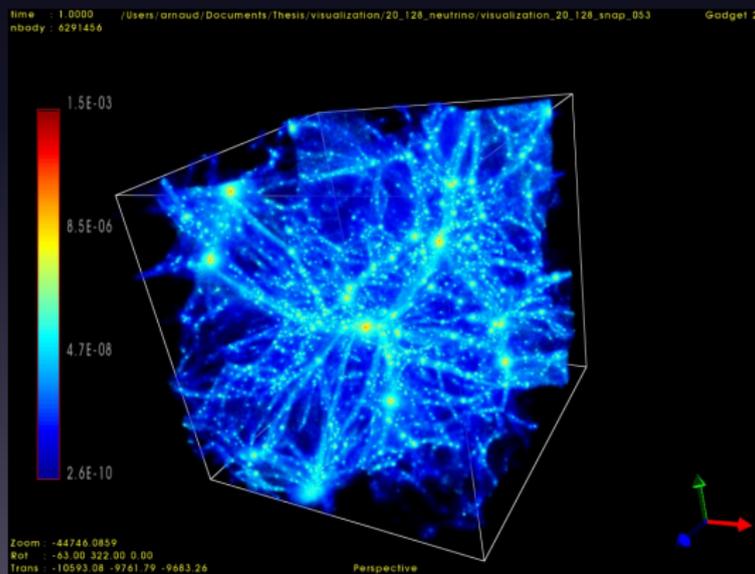


Plan

- 1 Quelques rappels
- 2 L'expérience
- 3 Reconstruction du spectre de puissance 1D
- 4 Simulations cosmologique
 - Le projet
 - Les tests
- 5 Conclusion et popcorn

Conclusion

- Nous tournons en moyenne 2 simulations par semaine
- Une version préliminaire du post-processing fonctionne
- Plusieurs projets de visualisation sont en cours (dont un film 3d)



Bonus

Boxsize = 20 Mpc/h, LambdaCDM + 0.8 eV neutrinos, $z = 15.00$

