

Mesure de la croissance des structures avec les galaxies du DESI BGS et les supernovae de type Ia de ZTF : vers une analyse jointe

Stage de fin d'études

Antoine Gilles-Lordet
encadré par Pauline Zarrouk et Nicolas Regnault

10 octobre 2024

① Introduction

Contexte

DESI

ZTF

Croissances des structures

② Chaîne d'analyse cosmologique avec SNe Ia

Générations des SNe

Sélection par PETs

Reconstruction des paramètres de standardisations

Reconstruction des distances et de la cosmologie

Reconstruction des vitesses particulières

③ Résultats

Vitesses particulières obtenues

Exemple de contribution dans la chaîne : Réglages des hyperparamètres dans NaCl

④ Conclusion

Validation des objectifs

Perspectives futures

Table of Contents

① Introduction

Contexte

DESI

ZTF

Croissances des structures

② Chaîne d'analyse cosmologique avec SNe Ia

③ Résultats

④ Conclusion

Cosmologie

- Le modèle cosmologique le plus simple est Λ CDM
- Décrit remarquablement bien les données
- La cosmologie est un domaine en plein essor : Euclid, DESI, LSST...

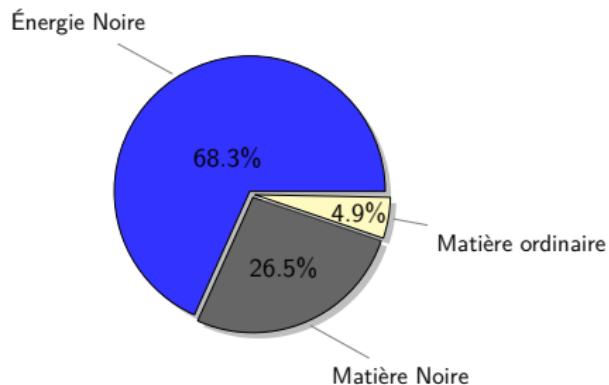


Figure 1 – Composition de l'Univers tel que décrit par Λ CDM

Matière noire et galaxies

La matière noire est nécessaire pour expliquer la vitesses de rotation des galaxies et la distribution de matière dans l'univers

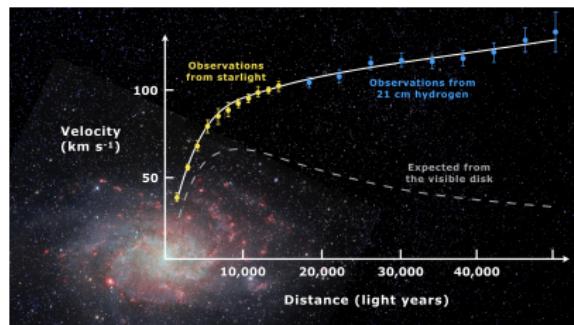


Figure 2 – Courbe de rotation de la galaxie spirale Messier 33

Credits : Wikipedia

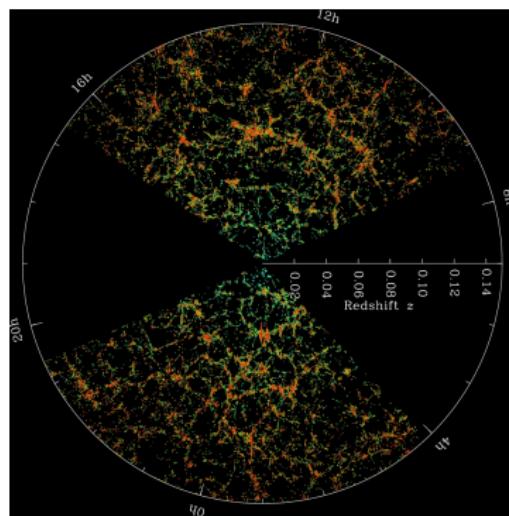


Figure 3 – Distribution des galaxies observées par le Sloan Digital Sky Survey

Credits : M. Blanton and the Sloan Digital Sky Survey

Energie noire et SNe Ia

- L'énergie noire a été introduite pour expliquer l'accélération de l'expansion de l'univers.
- Cette accélération a été découverte à l'aide de SNela par S. Perlmutter, B. Schmidt et A. Riess
- Magnitudes décrites par la formule de Tripp

$$M_{b,SN}^* = M_b - \alpha x_{1,SN} + \beta c_{SN} + n(\sigma_{int}) \quad (1)$$

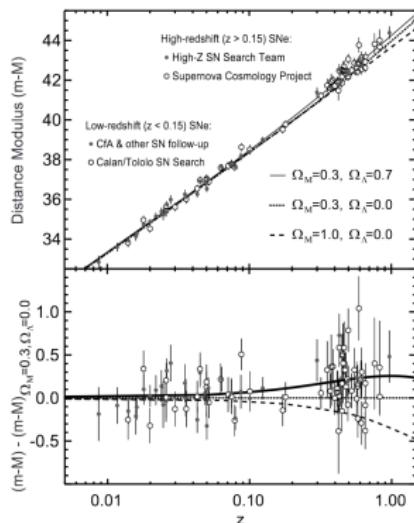


Figure 4 – Diagramme de Hubble construit par Perlmutter et Schmidt en 2003

Dark Energy Spectroscopic Instrument

- Utilise le Mayall Telescope à l'Observatoire de Kitt peak
- 4m de diamètre pour un champ de 8.0 degrés carré
- 5 000 fibres robotisées
- ~ 30 millions de galaxies ciblées

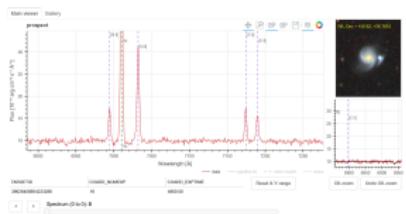


Figure 5 – Exemple de spectre observé par DESI
Credits : Wikipedia

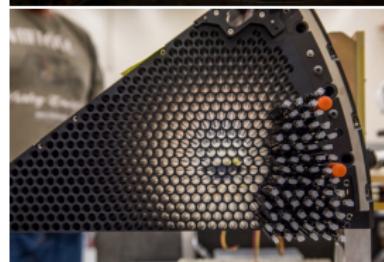


Figure 6 – Vue d'artiste du Mayall Telescope avec les données DESI Y1 et plan focal supportant les robots
Credits : DESI Collaboration/KPNO/NOIRLab/NSF/AURA/P. Horálek/R. Proctor

ZTF

- Situé à l'Observatoire de Palomar, utilise le telescope P48
- 1,22m de diamètre pour un champ de 47 degrés carré
- 16 CCDs de 6144×6160 pixels
- Couvre le ciel de l'hémisphère nord deux fois par nuit

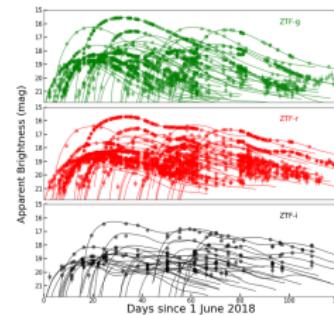


Figure 7 – Telescope P48 utilisé par ZTF et exemples de courbes de lumière de SNe Ia
Credits : Caltech/Palomar

Croissance des structures dans l'Univers

Taux de croissance des structures : $f(z)$

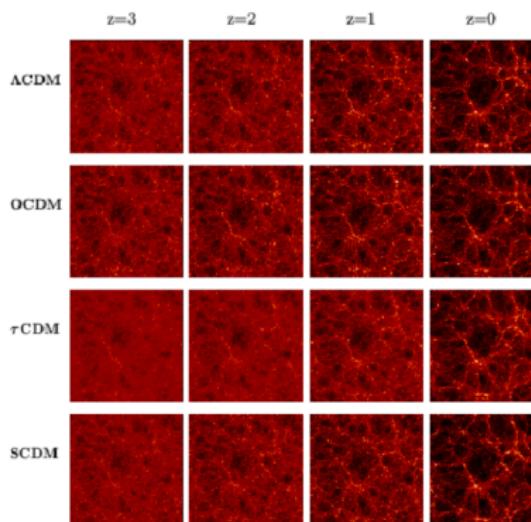


Figure 8 – Formation des structures pour différents modèles

Credits : Kauffmann, Colberg, Diaferio, and White

Observations

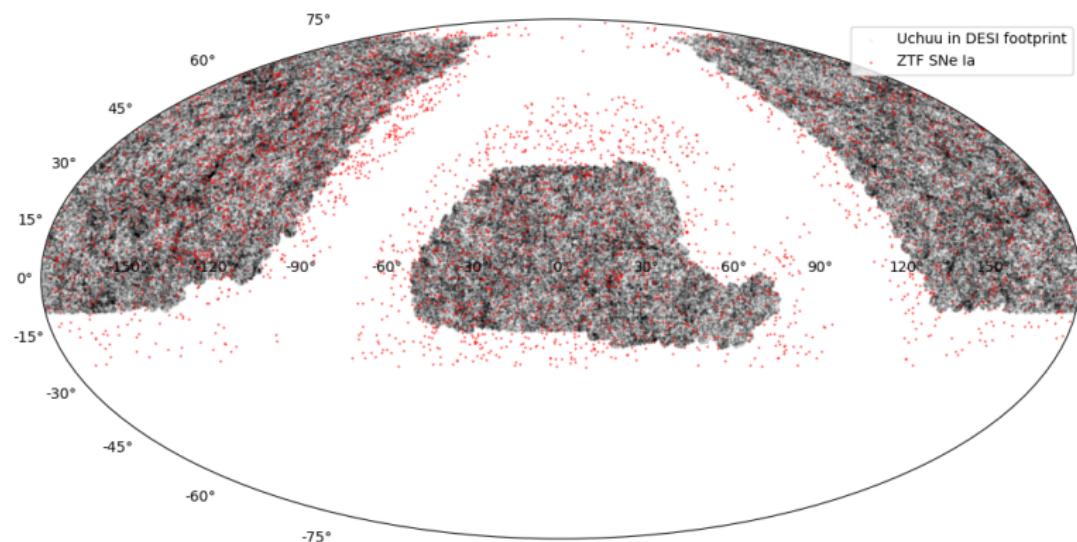


Figure 9 – SNe Ia issues de la DR1 de ZTF et footprint DESI

Redshift Space Distortion et clustering des galaxies

Les vitesses particulières des galaxies sont proportionnelles à $f(z)\sigma_8(z)$ et décalent le redshift observé

$$z_{obs} = (1 + z_{cosmo})(1 + z_{pec}) = (1 + z_{cosmo}) \left(1 + \frac{1}{c} \mathbf{v}_{pec} \cdot \hat{\mathbf{r}}\right) \quad (2)$$

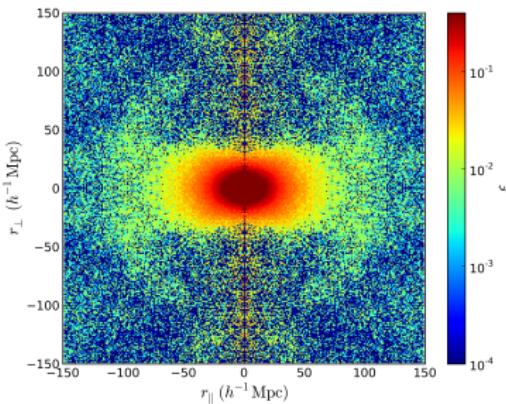


Figure 10 – Fonction de corrélation 2D des galaxies du relevé DR11 CMASS

Credits : SDSS Collaboration, Samushia et al. (2013)

Analyse jointe entre galaxies et SNe Ia

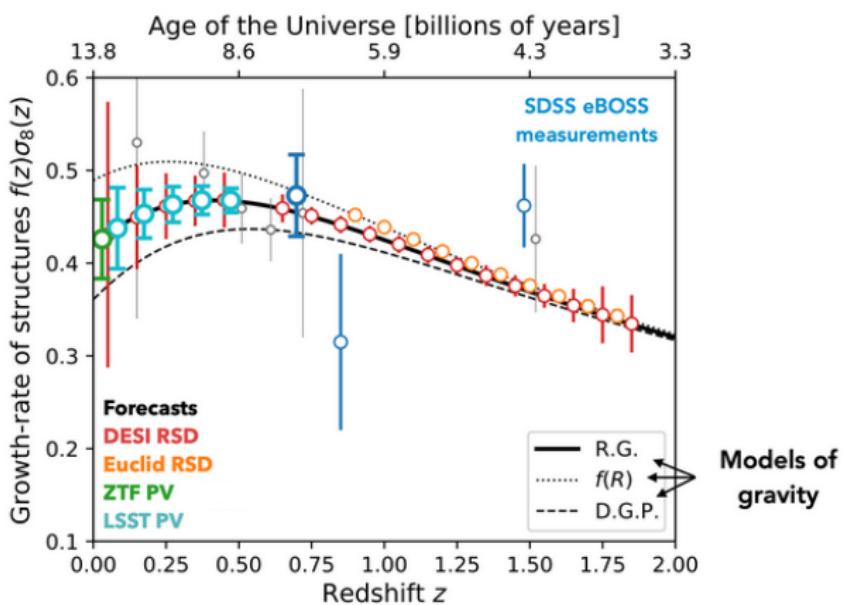


Figure 11 – Gain apporté par les vitesses particulières des SNe sur $f\sigma_8$

Objectifs du stage

- ① Générer des supernovae incluant des effets de vitesses particulières
- ② Permettre un test du pipeline LEMAÎTRE
- ③ Reconstruire les vitesses particulières des SNe Ia en vu d'une analyse $f\sigma_8$

Table of Contents

① Introduction

② Chaîne d'analyse cosmologique avec SNe Ia

Générations des SNe

Sélection par PETs

Reconstruction des paramètres de standardisations

Reconstruction des distances et de la cosmologie

Reconstruction des vitesses particulières

③ Résultats

④ Conclusion

Générations des SNe

Paramètres des SNe selon les distributions usuelles

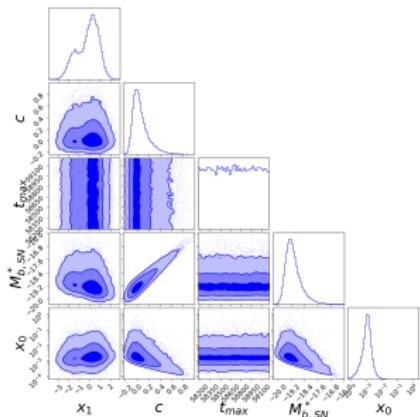


Figure 12 – Distribution des paramètres des SNe

Position (ra, dec, z) uniformément dans Uchuu BGS ($z < 0.06$)

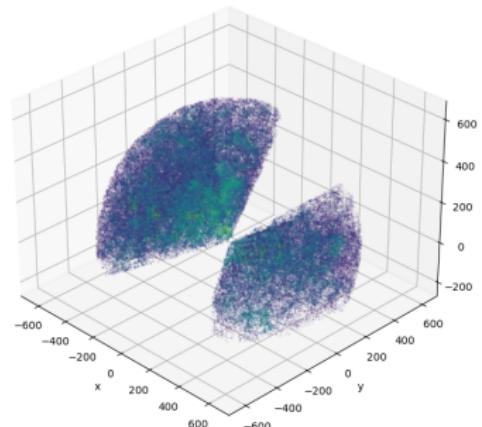


Figure 13 – Distributions des galaxies du Uchuu BGS

Générations des SNe

Paramètres des SNe selon les distributions usuelles

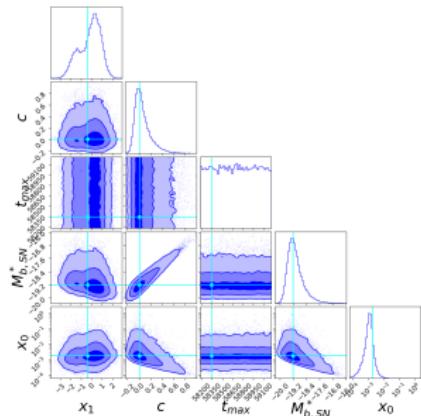


Figure 12 – Distribution des paramètres des SNe

Position (ra, dec, z) uniformément dans Uchuu BGS ($z < 0.06$)

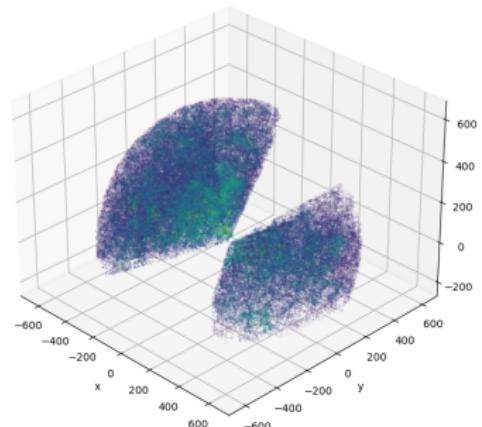


Figure 13 – Distributions des galaxies du Uchuu BGS

Courbes de lumière et spectres

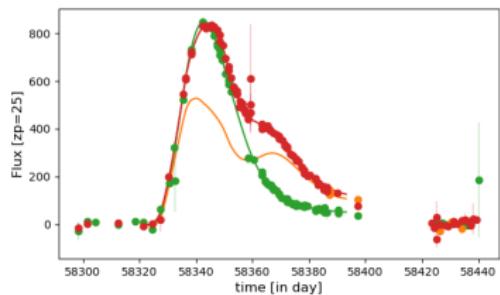


Figure 14 – Courbes de lumière de la SNe tirée

Courbes de lumière et spectres

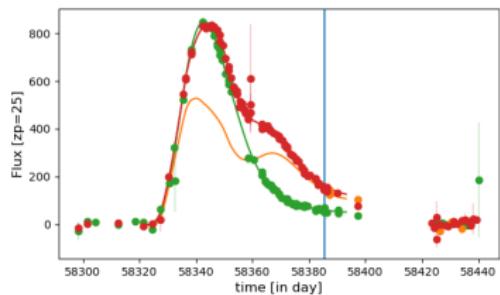


Figure 14 – Courbes de lumière de la SNe tirée

Courbes de lumière et spectres

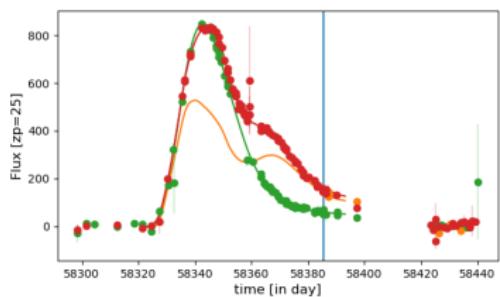


Figure 14 – Courbes de lumière de la SNe tirée

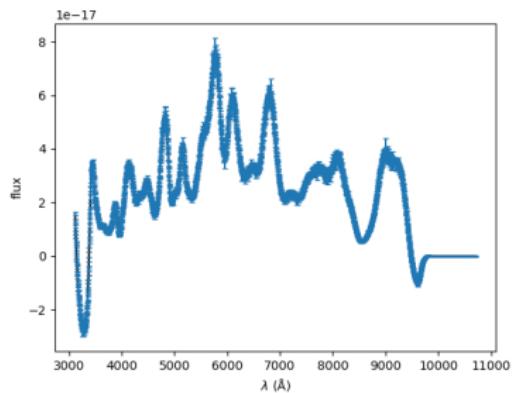


Figure 15 – Spectre de la SNe tirée

Filtrage

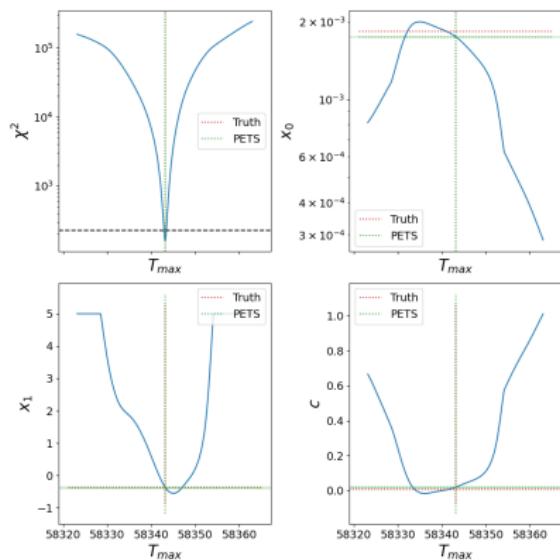


Figure 16 – Variation des paramètres en fonction de t_{max} utilisée par PETS

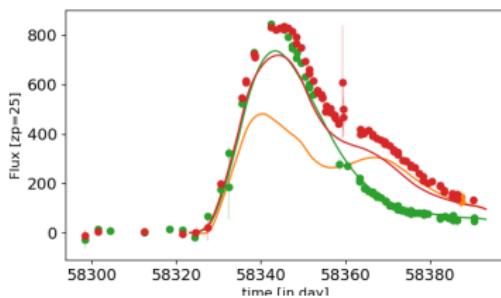


Figure 17 – Courbes de lumière obtenues par PETS

Après correction des cartes de poussières

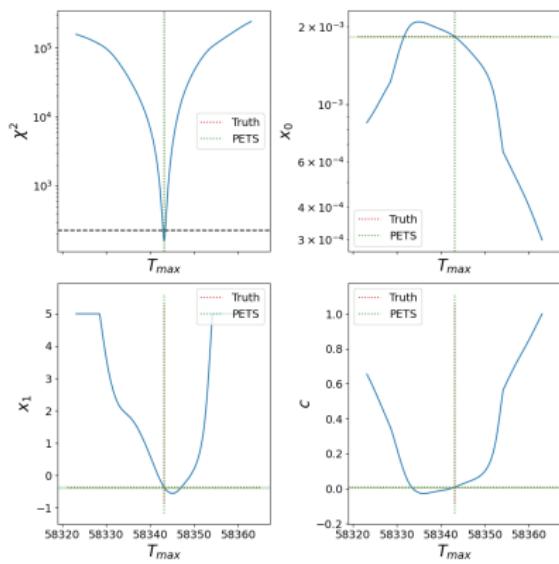


Figure 18 – Variation des paramètres en fonction de t_{max} utilisée par PETS

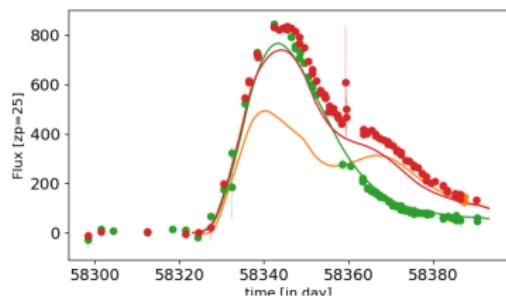


Figure 19 – Courbes de lumière obtenues par PETS

SALT2.4

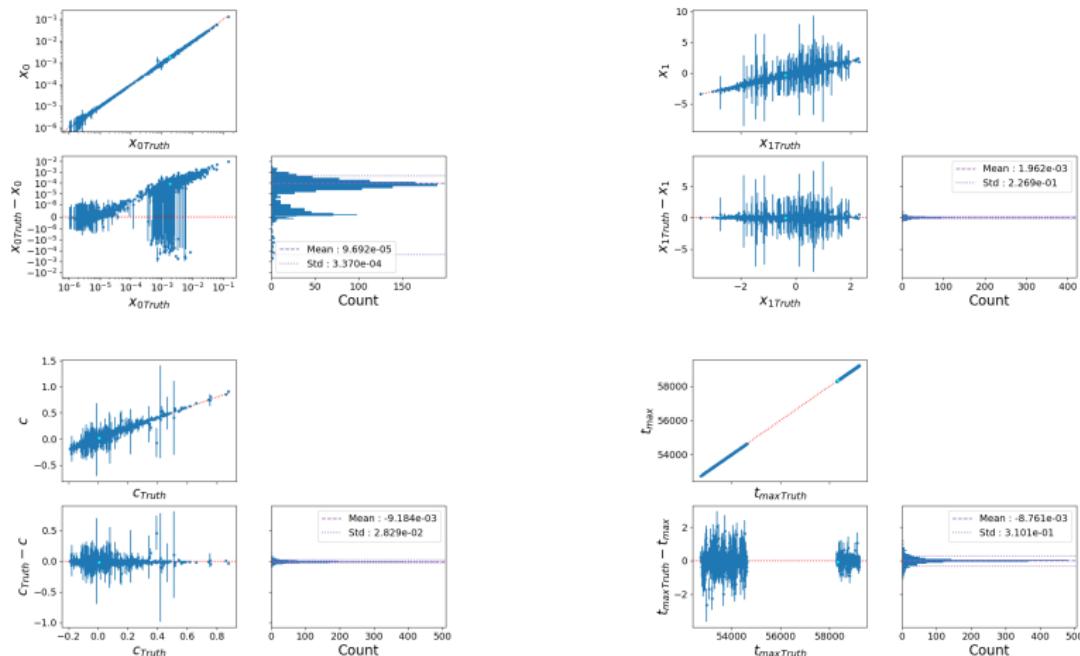


Figure 20 – Paramètres de standardisations reconstruits par SALT2.4

NaCl

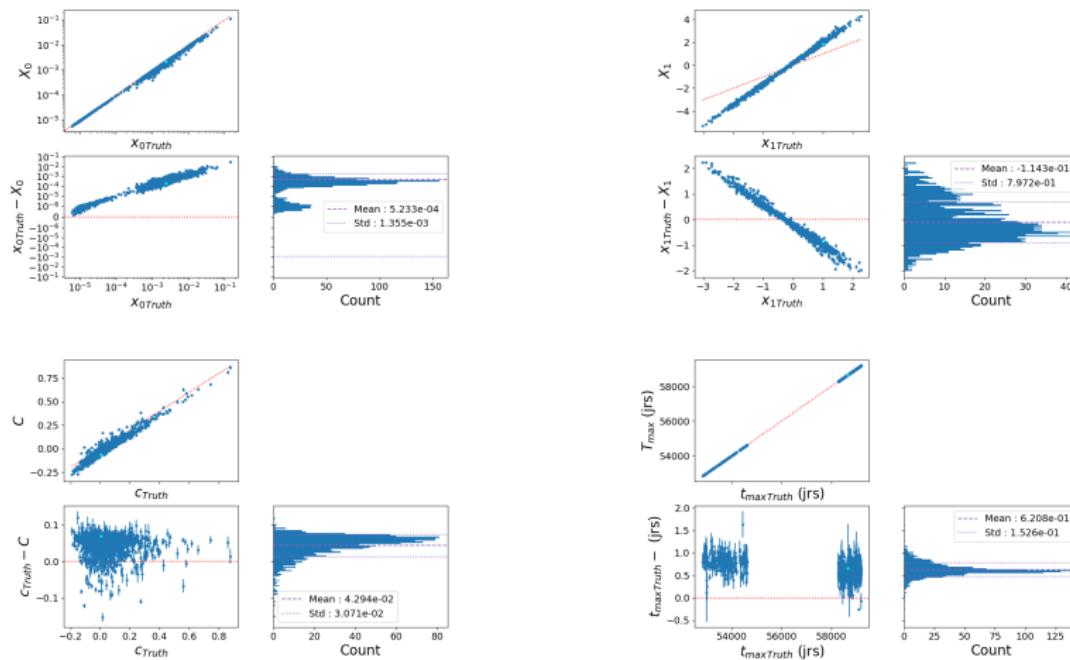


Figure 21 – Paramètres de standardisations reconstruits par NaCl

Première estimation des distances à partir des paramètres de standardisation

En supposant $\alpha = 0.14$ et $\beta = 3.15$ dans la formule de Tripp, on obtient

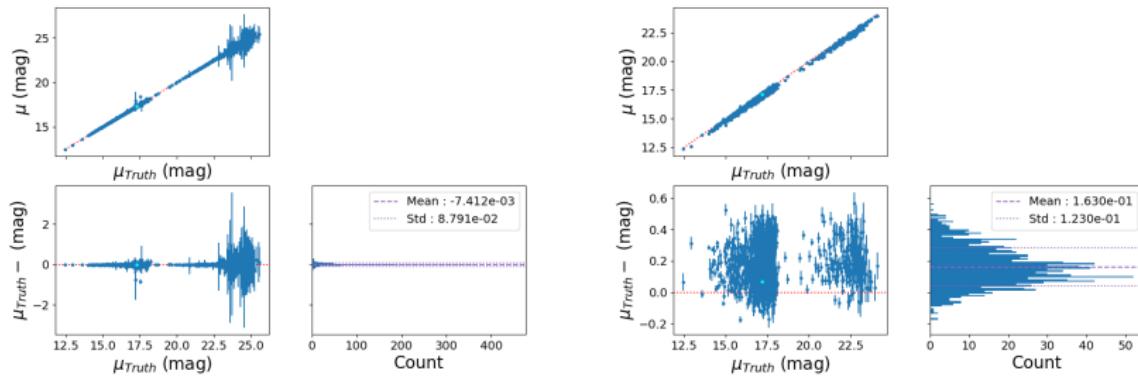


Figure 22 – Modules de distance déterminés en utilisant SALT2.4 (gauche) et NaCl (droite)

Reconstruction des distances et de la cosmologie

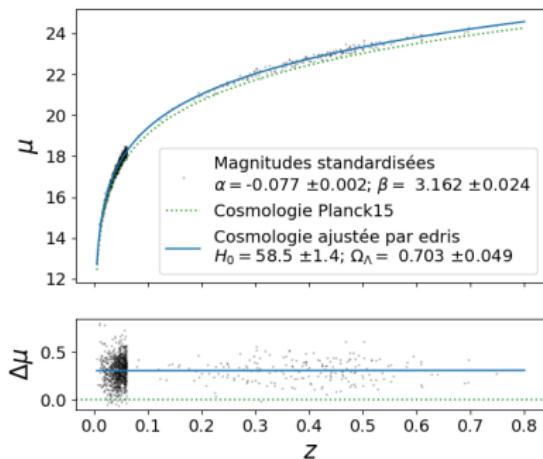
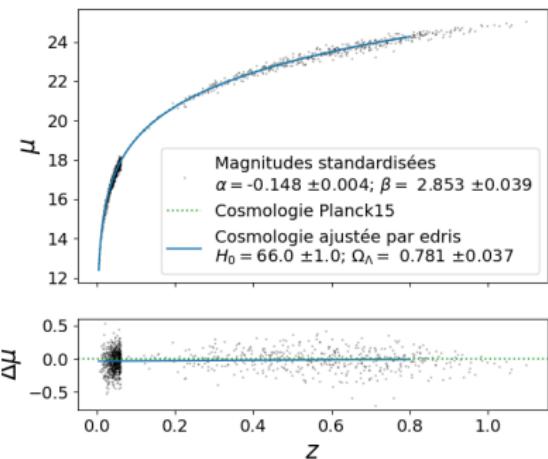


Figure 23 – Modules de distance et cosmologie déterminés par EDRIS pour SALT2.4 (gauche) et NaCl (droite)

Vitesses particulières

Interpolation de la cosmologie $\mu(z)$ trouvée par *EDRIS* pour obtenir $z(\mu)$, puis récupération des vitesses particulières par

$$v_{pec} = c(z_{obs} - z(\mu)) \quad (3)$$

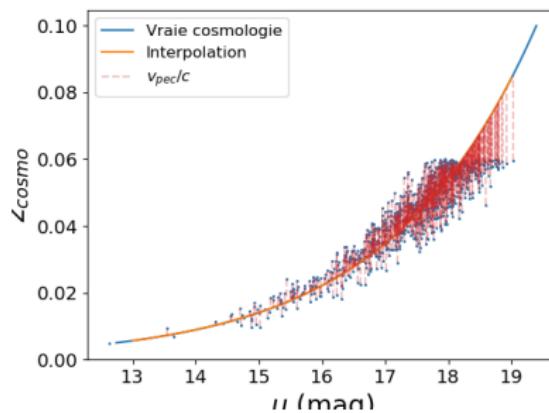


Figure 24 – Inversion de $\mu(z)$ en $z(\mu)$

Table of Contents

① Introduction

② Chaîne d'analyse cosmologique avec SNe Ia

③ Résultats

Vitesses particulières obtenues

Exemple de contribution dans la chaîne : Réglages des hyperparamètres dans NaCl

④ Conclusion

NaCl vs Salt2.4

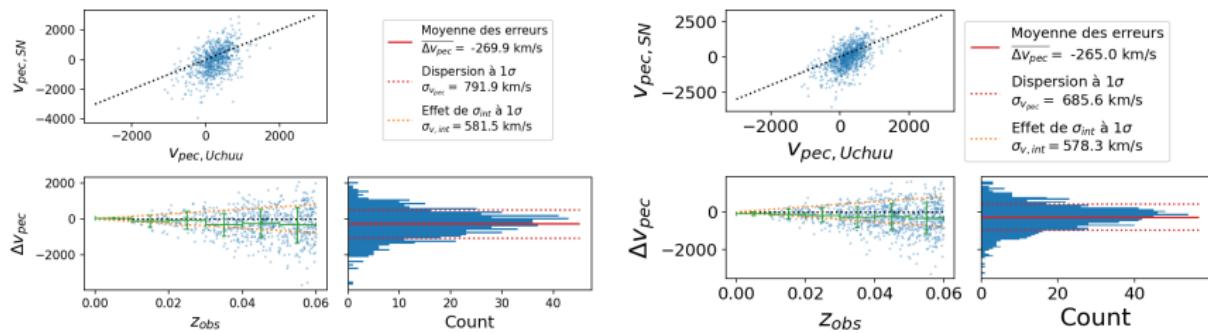


Figure 25 – Vitesses particulières reconstruites à partir de SALT2.4 (gauche) et NaCl (droite)

Réglages de hyperparamètres dans NaCl

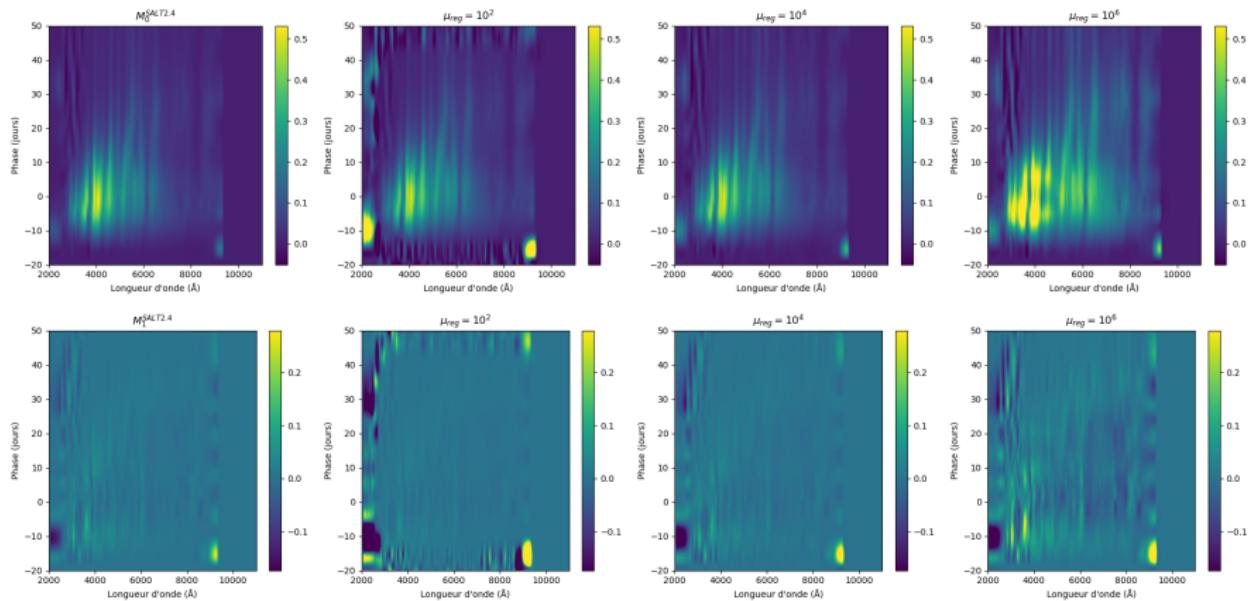


Figure 26 – Effet de μ_{reg} sur la reconstruction des modèles

Réglages de hyperparamètres dans NaCl

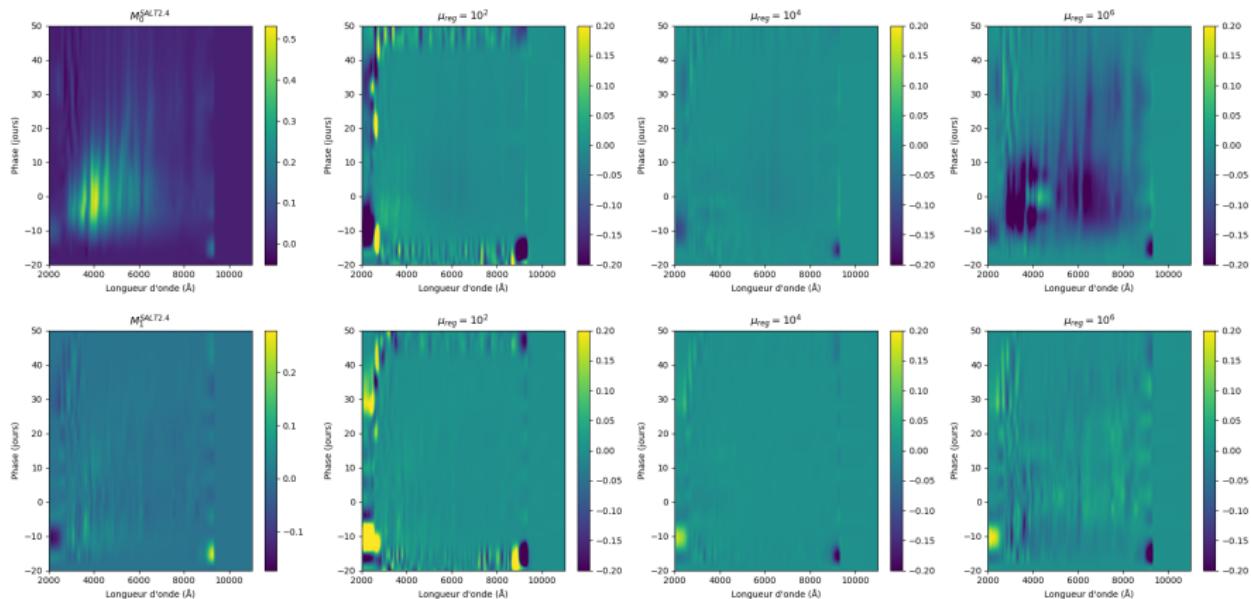


Figure 26 – Effet de μ_{reg} sur la reconstruction des modèles

Table of Contents

① Introduction

② Chaîne d'analyse cosmologique avec SNe Ia

③ Résultats

④ Conclusion

Validation des objectifs

Persepctives futures

Conclusion

- ① Possibilité de générer des SNe Ia possédant des vitesses particulières, actuellement en cours d'intégration à skysurvey.
- ② Le pipeline LEMAÎTRE va produire ses premiers prochainement (Data Challenge 1).
- ③ Les vitesses particulières sont reconstruites

Perspectives futures

- Analyse $f\sigma_8$ utilisant un méthode de comparaison densité-vitesses
- La génération peut utiliser n'importe quelle catalogue de galaxies, réel comme simulé
- Permet l'étude des effets de potentielles erreurs systématiques sur les vitesses particulières