
1

Conclusion

Dans ce manuscrit, j'ai présenté le résultat de mes recherches effectuées au sein du groupe de cosmologie du CEA Saclay, dans le cadre de la préparation de ma thèse de doctorat. Durant ces trois ans, j'ai développé des simulations qui imitent les données Lyman alpha ($\text{Ly}\alpha$) acquises par eBOSS et bientôt par DESI. Ces simulations produisent un relevé de quasars, dont les forêts $\text{Ly}\alpha$ présentes dans les spectres synthétiques possèdent les bonnes fonctions de corrélation. Pour ce faire, elles utilisent les champs aléatoires gaussiens. D'abord, nous générons un champ aléatoire qui représente le champ de densité. Nous donnons à ce champ aléatoire la bonne fonction de corrélation à l'aide des transformations de Fourier. Puis, grâce à une transformation log-normale, nous tirons un relevé de quasars. Ensuite, à partir de chaque quasars, nous reconstruisons la densité le long de la ligne de visée en interpolant ce champ. Enfin, nous obtenons la fraction de flux transmise en appliquant l'approximation de Gunn-Peterson (FGPA) au champ interpolé le long de la ligne de visée. Ceci nous permet d'obtenir la forêt d'absorption $\text{Ly}\alpha$ pour chaque quasar de notre relevé. Aussi, nous calculons la prédiction des fonctions de corrélation que nous devons obtenir avec ces simulations. Ceci nous permet de vérifier leur construction en comparant la fonction de corrélation prédite à la fonction de corrélation mesurée dans nos simulations. Enfin, l'analyse des fonctions de corrélation issues des mocks (présentée dans le chapitre ??) montre que les mocks sont en très bon accord avec la prédiction, et qu'ils sont très bien décrits par les modèles utilisés pour ajuster les données.

Ces simulations ont été utilisées dans l'analyse qui mesure l'échelle des oscillations acoustiques de baryon (BAO) à partir des données finales d'eBOSS DR16 (DU MAS DES BOURBOUX et al. 2020) afin de vérifier que cette analyse produisait des mesures non biaisées de l'échelle BAO. Elles seront aussi utilisées par la collaboration DESI afin de vérifier les analyses $\text{Ly}\alpha$. Par ailleurs, ces simulations ont été utilisées par RAVOUX et al. (2020) pour produire une carte tomographique du champ de matière à grande échelle à partir des données d'eBOSS. Elles ont permis de valider l'algorithme utilisé pour reconstruire ce champ de matière.

Nos simulations, avec celles présentées dans FARR et al. (2019), sont à la pointe des programmes qui simulent la distribution d'absorption $\text{Ly}\alpha$ à grande échelle. Ces simulations sont un atout majeur et indispensable aux analyses de mesure de l'échelle BAO et de mesure des distorsions dans l'espace des redshifts (RSD) avec le $\text{Ly}\alpha$. Les simulations que nous présentons dans ce manuscrit ont l'avantage de posséder une fonction de corrélation prédictible, ce qui profite beaucoup aux analyses RSD. Cette prédiction nous permet d'ajuster efficacement les valeurs du biais $b_{\text{Ly}\alpha}$, du paramètre RSD $\beta_{\text{Ly}\alpha}$, de la transmission moyenne \bar{F} et du spectre de puissance $P^{1D}(k)$ à chaque redshift. De plus, ces simulations bénéficient aussi de distributions de quasars et HCD (High Column Density) très proches de celles observées dans les données, ce qui permet d'obtenir des fonctions de corrélation croisées entre les différents éléments des simulations très correctes. Afin d'améliorer encore ces simulations, il conviendrait d'ajouter les absorptions causées par les HCD et les métaux directement lors de la

construction des forêts $\text{Ly}\alpha$, avant l'ajout du continuum de chaque quasar.

Grâce à l'étude approfondie de nos simulations (voir les chapitres ?? et ??), nous montrons que l'analyse des données finales d'eBOSS DR16, présentée dans DU MAS DES BOURBOUX et al. (2020), produit une mesure des paramètres BAO α_{\parallel} et α_{\perp} non biaisée à 1 % près. Nous montrons aussi que nous comprenons la forme de la fonction de corrélation $\text{Ly}\alpha \times \text{Ly}\alpha$, c'est à dire la mesure du biais $b_{\text{Ly}\alpha}$ et du paramètre RSD $\beta_{\text{Ly}\alpha}$ du $\text{Ly}\alpha$, à environ 20 %. Pour affiner cette compréhension, nous devons comprendre pourquoi les distorsions induites sur la fonction de corrélation $\text{Ly}\alpha \times \text{Ly}\alpha$ par l'ajustement du continuum des quasars ne sont pas complètement prises en compte par la matrice de distorsion. Ceci doit passer par une comparaison approfondie des simulations brutes (les raw mocks) et des simulations avec continuum (les mocks eboss-0.0). Afin de simplifier les comparaisons, il est prévu d'étudier les mocks avec continuum sans ajouter le bruit de mesure et sans considérer la diversité des quasars.

Lors de l'étude des simulations avec HCD (voir le chapitre ??), nous montrons que la modélisation des HCD n'est pas parfaite, et qu'elle mène à une mesure du biais $b_{\text{Ly}\alpha}$ et du paramètre RSD $\beta_{\text{Ly}\alpha}$ du $\text{Ly}\alpha$ biaisée. Premièrement, la valeur du paramètre L_{HCD} dans l'analyse des données d'eBOSS (présentée dans DU MAS DES BOURBOUX et al. (2020)), fixée à $10 h^{-1} \text{ Mpc}$, est mal choisie. Nous suggérons d'utiliser $L_{\text{HCD}} = 2,8 h^{-1} \text{ Mpc}$ si le modèle de Rogers est utilisé. Deuxièmement, nous étudions une modélisation alternative des HCD, que nous appelons le modèle C-G (voir le chapitre ??). Ce modèle produit des mesures compatibles sur les mocks. Cependant, des différences restent à comprendre lorsque nous ajustons les données, notamment lorsque nous ajustons les données avec HCD masqués ou sans masquer les HCD. Suite à ces observations, nous privilégions la piste d'un effet inconnu, présent dans les données (et non dans les mocks) et étant à l'origine de ces différences. Tant que notre compréhension des HCD et de leur modélisation n'aura pas évolué, nous pensons qu'il est préférable d'utiliser le modèle C-G, sans masquer les HCD. Ceci pour deux raisons : le fait de ne pas masquer les HCD permet de disposer d'une plus grande statistique pour mesurer la position du pic BAO et les paramètres $\text{Ly}\alpha$. De plus, les paramètres $\text{Ly}\alpha$ sont moins corrélés dans un tel cas. La seconde raison est que le fait de masquer les HCD peut potentiellement introduire des systématiques dans la fonction de corrélation : les pixels d'absorptions identifiés comme HCD et masqués dans l'analyse ne correspondent pas à une partie aléatoire des données, mais à des régions très denses du ciel. Les masquer peut introduire des systématiques dans l'analyse.

Avec l'arrivée du relevé DESI, une grande quantité de données, et donc une grande puissance statistique, sera mise à la disposition de la communauté scientifique. Cette puissance statistique va permettre d'effectuer des mesures BAO avec le $\text{Ly}\alpha$ à différents redshifts, et peut-être de mener une première analyse RSD avec le $\text{Ly}\alpha$. Dans ce but, un effort doit être fait pour comprendre les problèmes liés à la matrice de distorsion et comprendre la modélisation des HCD. Un effort doit aussi être fait pour comprendre les différences qu'il y a entre les mesures faites sur l'auto-corrélation $\text{Ly}\alpha \times \text{Ly}\alpha$ et les mesures faites sur la corrélation croisée $\text{Ly}\alpha \times \text{QSO}$ (voir le chapitre ??). Nous montrons dans ce manuscrit que les simulations que nous avons développées permettent d'étudier ces effets et ainsi de comprendre les potentielles systématiques qui affectent ces mesures. Ces simulations sont donc un atout majeur pour préparer les analyses $\text{Ly}\alpha$ du relevé DESI.

Bibliographie

- DU MAS DES BOURBOUX, Héliion et al. (2020). « The Completed SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: Baryon acoustic oscillations with Lyman-alpha forests ». In : arXiv : [2007.08995](#) (cf. p. [1](#), [2](#)).
- FARR, James et al. (2019). « LyaCoLoRe: Synthetic Datasets for Current and Future Lyman-alpha Forest BAO Surveys ». In : DOI : [10.1088/1475-7516/2020/03/068](#). arXiv : [1912.02763](#) (cf. p. [1](#)).
- RAVOUX, C. et al. (2020). « A tomographic map of the large-scale matter distribution using the eBOSS Stripe 82 Lyman-alpha forest ». In : arXiv : [2004.01448](#) (cf. p. [1](#)).