



Université Claude Bernard



DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **12 juin 2023**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur VALADE Aurélien**

Titre de la thèse : « *Découvrir l'Univers Local* »

Résumé



Les galaxies de l'Univers forment un édifice gigantesque et complexe, appelé structure à grande échelle (LSS). Cependant, la grande majorité de la matière est considérée comme sombre, c'est-à-dire qu'elle n'est pas directement observable par nos télescopes et qu'elle n'est détectable que par son interaction gravitationnelle avec son environnement. La relation entre la distribution des galaxies et celle de la matière n'étant à ce jour pas entièrement bien décrite, la LSS ne peut être réduite aux galaxies qui l'habitent.

Dévoiler la distribution de la matière et le champ de vitesse associé dans l'Univers local est une tâche extrêmement difficile. Une approche consiste à combiner, pour chaque galaxie, une mesure du décalage vers le rouge et une estimation de la distance pour obtenir sa vitesse par rapport à son environnement local. La seule source de mouvement à ces échelles étant la gravitation, le champ de vitesse est étroitement lié à la distribution de matière, et les deux peuvent être reconstruits ensemble. Cependant, l'estimation des distances, et donc des vitesses, est difficile à réaliser : les données sont rares, entachées d'erreurs et entachées de biais d'observation. Seule la composante radiale de la vitesse peut être mesurée et la taille de l'erreur croît avec la distance. Des méthodes mathématiques puissantes doivent donc être employées.

Notre méthode suit l'approche de l'inférence bayésienne développée au cours de la dernière décennie pour pallier les insuffisances de la méthodologie du filtre de Wiener, dont la modélisation simpliste des données nécessite un traitement quelque peu ad hoc des données préalables. La première étape de l'inférence bayésienne consiste à écrire la probabilité conditionnelle d'un ensemble de paramètres d'un modèle donné, à partir d'un ensemble d'observations. La deuxième étape consiste à créer une série de réalisations de cette loi de probabilité à l'aide d'une méthode de Monte Carlo, sur laquelle des statistiques sommaires peuvent être calculées.

Cependant, ce processus est très coûteux en temps de calcul, et les méthodes développées précédemment n'ont pas pu faire face à la taille croissante des problèmes actuels et futurs. Ce travail répond à cette question grâce à deux innovations majeures. Tout d'abord avec l'utilisation de la méthode de pointe Hamiltonian Monte Carlo pour créer les réalisations du postérieur, et avec l'implémentation d'un code accéléré par le GPU qui réduit le temps de calcul par des ordres de grandeur : la reconstruction HAmiltonian Monte Carlo de l'environnement localT (Hamlet).

Hamlet est d'abord appliqué à des données fictives compatibles avec le modèle mis en œuvre. Nous démontrons que notre méthode converge correctement avec le nombre de contraintes et l'amplitude des incertitudes.

Ensuite, Hamlet est exécuté sur un autre catalogue fictif extrait d'une simulation cosmologique de matière noire uniquement. Parallèlement à Hamlet, nous appliquons au même catalogue l'exemple le plus récent de l'approche double canonique : le pipeline Bias Gaussianization correction / Wiener Filter (BGc/WF). Par rapport au BGc/WF, Hamlet est capable d'extraire plus d'informations des données et de produire des cartes plus contrastées. Cependant, de nouveaux biais apparaissent dans sa reconstruction.

Enfin, nous appliquons Hamlet à la dernière version des catalogues de vitesses particulières Cosmicflows : Cosmicflows-4. Nous comparons notre reconstruction de la distribution de matière à une large compilation de relevés de décalage vers le rouge, démontrant une correspondance remarquable entre les deux. Nous analysons les bassins d'attraction du champ de vitesse ainsi que le monopôle et le dipôle, montrant une légère tension avec Λ CDM.