



DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **29 août 2019**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **MOURIER Pierre**

Titre de la thèse : « *Cosmologie inhomogène relativiste : modèles non perturbatifs et moyennes spatiales des équations d'Einstein* »



Résumé

Dans le modèle standard de la cosmologie, la dynamique globale de l'Univers est modélisée par l'intermédiaire d'un espace-temps de référence (ou de fond) fortement symétrique, admettant des sections spatiales homogènes et isotropes. Le couplage entre les sources fluides, homogènes, et l'expansion globale, y est déterminé par les équations d'Einstein de la Relativité Générale. La formation de structures inhomogènes de matière peut également être décrite dans ce modèle. Selon l'époque et l'échelle considérées, cette description est effectuée soit à l'aide d'un schéma perturbatif relativiste supposant une faible déviation de chaque grandeur par rapport au fond homogène imposé, soit au moyen d'une approche newtonienne au sein du même fond en expansion. L'interprétation des observations dans ce modèle suggère cependant une accélération inattendue de l'expansion, qui requiert une nouvelle composante énergétique mal comprise, l'«Énergie Noire», en plus de la Matière Noire.

La cosmologie inhomogène a pour but de lever les restrictions imposées par ces modèles sur la géométrie et sur les sources sans sortir du cadre de la Relativité Générale. Cela peut notamment permettre d'améliorer le modèle de formation des structures pour prendre en compte de fortes déviations par rapport à l'homogénéité dans la distribution de matière et dans la géométrie. Cela permet également d'étudier les conséquences dynamiques, appelées effets de rétroaction («*backreaction*»), du développement local de telles inhomogénéités sur l'expansion à de plus grandes échelles. De telles rétroactions peuvent alors reproduire, au moins partiellement, les comportements attribués à l'Énergie Noire ou à la Matière Noire.

Au cours de mon travail de thèse sous la direction de Thomas Buchert, j'ai étudié plusieurs aspects analytiques de la cosmologie inhomogène en Relativité Générale. Je présente ci-dessous les résultats de travaux au sein de collaborations, auxquels j'ai apporté des contributions majeures dans le cadre de la thèse. Je me suis tout d'abord concentré sur l'écriture d'un schéma d'approximation relativiste lagrangien, pour décrire la dynamique locale des structures jusqu'à un régime non-linéaire, dans des fluides parfaits barotropes irrotationnels. Je me suis ensuite intéressé à la description effective de fluides inhomogènes admettant un tenseur d'énergie-impulsion général ainsi que de la vorticité, au moyen de deux schémas possibles de moyenne spatiale. Ces schémas s'appliquent à un choix quelconque des hypersurfaces spatiales sur lesquelles moyenner, et fournissent pour chacun de ces choix un système d'équations d'évolution effectives, présentant plusieurs termes de rétroaction, pour un domaine d'intégration suivant la propagation des sources. Cela permet une discussion qualitative de la dépendance au choix du feuilletage des équations moyennes et des rétroactions. J'ai également étudié la réécriture de ces schémas de moyennes et équations d'évolution, et d'autres obtenus de façon similaire, sous une forme unifiée et manifestement 4-covariante. Ce dernier résultat permettra une étude plus explicite de la dépendance au feuilletage.