

---

# BRETZEL: BREakThrough Zoom simulations of thE Local group

DIRECTEUR DE THÈSE : PIERRE OCVRK (SOUTENANCE HDR 21/06/2022)  
OBSERVATOIRE ASTRONOMIQUE DE STRASBOURG, 11 RUE DE L'UNIVERSITÉ, 67000  
STRASBOURG  
TEL : 03 68 85 24 40 ; E-MAIL : [pierre.ocvirk@astro.unistra.fr](mailto:pierre.ocvirk@astro.unistra.fr)

RÉSUMÉ: Le projet de thèse vise à réaliser des simulations zoom de la formation du groupe local (Voie Lactée + M31) en hydrodynamique radiative, depuis le Big Bang jusqu'à nos jours, et en particulier à travers l'époque dite de la reionisation (le premier milliard d'années de l'Univers), afin de mieux comprendre l'impact du champ de rayonnement ionisant local (dû aux étoiles formées in situ) et global (dû aux galaxies ou groupes voisins et lointains) sur les propriétés des galaxies de très faible masse, satellites ou de champ. Matthieu Palanque, en stage M2 avec moi, a d'ores et déjà exprimé son désir de postuler sur ce projet, pour lequel il est un très bon candidat.

CONTEXTE: c'est dans les plus petites des galaxies connues, qu'apparaissent les plus flagrants problèmes de la cosmologie "de concordance"  $\Lambda$ CDM, qui semble produire des prédictions problématiques sur leur abondance (missing satellites problem), leur structure interne (too big to fail et cusp/core crisis), et même leur distribution spatiale (vast planes of satellites). Ces problèmes jouent un rôle important dans la conception et l'analyse de programmes observationnels qui sondent l'univers local tels que SDSS, Pan-STARRS, Dark Energy Survey et prochainement LSST. Ces problèmes sont vus soit comme une motivation à rechercher des formulations alternatives pour la gravitation, soit comme une motivation à améliorer la physique des baryons dans les modèles de formation des galaxies. C'est dans cette deuxième direction que s'inscrit ce projet de thèse, avec une emphase sur les processus radiatifs et leur rôle dans la modération de la formation stellaire.

OBJECTIFS: le résultat de la thèse consistera en l'obtention d'une simulation de la formation du groupe local avec un traitement auto-cohérent du transfert radiatif dans le volume étudié, qui décrit correctement la géométrie complexe du champ de rayonnement et son évolution temporelle. Les propriétés des populations de galaxies satellites en seront extraites et comparées avec celles obtenues par une simulation jumelle utilisant un fond ionisant moyen uniforme.

MÉTHODOLOGIE: nous utiliserons le code communautaire RAMSES-RT [1], avec des conditions initiales de type zoom, c'est à dire à haute résolution dans la région groupe local, et progressivement dégradée dans le reste du volume, qu'il est néanmoins important de prendre en compte car il produit le champ de gravité dans lequel baigne le groupe local. Les conditions initiales seront réalisées en collaboration avec le projet CLUES [2]. Elles seront de type "contraintes", c'est à dire qu'elles taillées sur mesure pour produire une structure ressemblant au groupe local dans un environnement réaliste, tout en étant statistiquement compatibles avec  $\Lambda$ CDM. La calibration de ces simulations est rendue possible par mes travaux sur les simulations grande échelle telles que Cosmic Dawn II [3] et III [4]. Le projet utilisera les moyens HPC Unistra et les moyens nationaux (IDRIS, Jean Zay) sur lesquels j'ai une expérience importante. La combinaison des aspects physique riche (en particulier hydrodynamique radiative, encore peu répandue en formation des galaxies), les conditions initiales contraintes et la haute résolution spatiale nécessaire font de ce projet un défi résolument ambitieux et qui produira un modèle unique, sans équivalent à l'heure actuelle.

[1] J. Rosdahl et al., *The SPHINX cosmological simulations of the first billion years: the impact of binary stars on reionization*, MNRAS, 479, 1, 994, 2018.

[2] <https://www.clues-project.org/cms/>

[3] P. Ocvirk et al., *Cosmic Dawn II (CoDall): a new radiation-hydrodynamics simulation of the self-consistent coupling of galaxy formation and reionization*, MNRAS, 396, 4, 4087, 2020.

[4] <https://coda-simulation.github.io/>