

# Proposition de stage de M1

## Est-ce que les effets de marées impactent la masse des étoiles ?

Laboratoire: Centre de Recherche Astrophysique de Lyon (CRAL), École Normale Supérieure de Lyon

Dates: Printemps-Été 2025

Encadrement: Jérémy Fensch<sup>1</sup>, Gilles Chabrier<sup>2</sup>, Pierre Dumond<sup>3</sup>

### Contexte

La compréhension du scénario global de la formation des étoiles reste l'une des questions ouvertes les plus difficiles en astrophysique. Dans ce stage, nous chercherons à faire un pas en avant vers la compréhension de la Fonction de Masse Initiale (IMF) des étoiles, et de son apparente universalité.

Deux études numériques récentes (Lee & Hennebelle 2018b, Colman & Teyssier 2020, voir Fig. 1) ont mis en évidence le rôle des interactions de marée entre les futures étoiles (appelées noyaux pré-stellaires) dans la détermination de la valeur du pic apparemment universel de l'IMF. Cependant, leurs résultats, et notamment l'interprétation actuelle du champ de marée empêchant la formation des structures dans un certain domaine autour de la future étoile, ont été récemment remises en cause par une étude analytique (Dumond & Chabrier, subm. à A&A).

Cependant, comme toutes les études analytiques, leurs résultats dépendent d'hypothèses fortes sur les propriétés de la structure (dont l'homogénéité statistique) et sont basés sur une approche globale pour déterminer sa stabilité (théorème du viriel tensoriel). Il est donc primordial de confronter cette théorie à des expériences numériques afin de tester et d'étendre les résultats analytiques à des cas plus réalistes. Compte tenu de l'impact des résultats attendus, nous estimons que le stage débouchera probablement sur une publication dans une revue à comité de lecture.

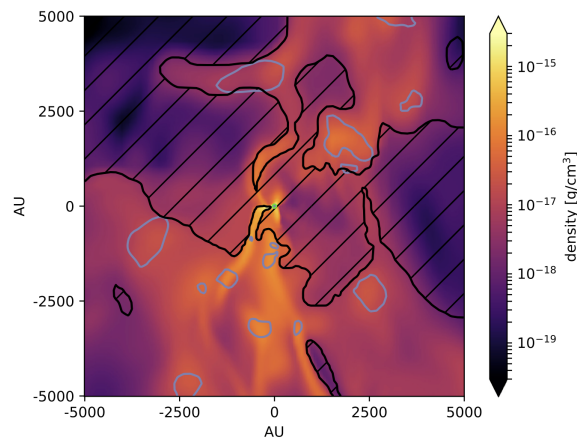


Figure 1: Champ de densité autour d'une future étoile (en vert). La zone noire indique les régions où le champ de marée empêcherait l'effondrement, et les zones grises indiquent un effondrement qui devrait être promu par les marées. Tiré de Colman & Teyssier 2020.

---

<sup>1</sup>jeremy.fensch@ens-lyon.fr

<sup>2</sup>gilles.chabrier@ens-lyon.fr

<sup>3</sup>pierre.dumond@ens-lyon.fr

## Objectifs du stage

- En utilisant le code hydrodynamique RAMSES sur un super-ordinateur, étudier la déformation d'une structure sphérique de densité de gaz sous l'influence du champ de marée produit par une étoile proche. Examiner différentes configurations physiques : nombre de Mach, densité, taille, intensité du champ de marée, dynamique du champ de marée (vitesse de rotation).
- Établir une barrière d'effondrement à partir des différentes configurations étudiées numériquement et établir un critère d'effondrement gravitationnel.
- Comparer ce critère numérique avec le critère numérique obtenu par Dumond & Chabrier (2024). S'il y a une différence significative, suggérer une modification de la théorie.
- (Bonus) Étudier le nombre de structures formées lorsque l'effondrement se produit au cours de la simulation numérique. Cette fragmentation peut-elle être liée à une théorie linéaire de la fragmentation gravitationnelle dans un filament infini (Inutsuka & Miyama, 1992) ? Si ce n'est pas le cas, étudier la perturbation linéaire d'un ellipsoïde dans un champ de marée.

## Bibliographie, disponible [ici](#)

Lee, Y.-N. & Hennebelle, P. 2018b, A&A, 611, A89

Colman, T. & Teyssier, R. 2020, MNRAS, 492, 4727

Dumond & Chabrier, *The role of tides in the early stages of star formation*, subm. to A&A