

## Formation de magnétar dans une proto-étoile à neutrons accélérée par fallback

**Spécialité** Astrophysique

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [DAp/LMPA](#)

**Candidature avant le** 01/02/2021

**Durée** 3 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [Guilet Jérôme](#)

+33 6 38 62 46 30

[jerome.guilet@cea.fr](mailto:jerome.guilet@cea.fr)

### Résumé

Certaines explosions de supernovae extrêmes proviennent probablement de la naissance des étoiles à neutrons les plus magnétisées, appelées magnétars. Pour comprendre l'origine de ce champ magnétique, ce stage développera des simulations numériques dans le scénario où la rotation de l'étoile à neutrons naissante est accélérée par de la matière retombant sur celle-ci.

### Sujet détaillé

Les magnétars sont les étoiles à neutrons arborant les plus forts champs magnétiques connus dans l'univers. La naissance de ces objets figure parmi les scénarios les plus étudiés pour expliquer certaines des explosions les plus violentes de l'univers : les supernovae superlumineuses, les hypernovae et les sursauts gamma. Ce stage portera sur une question ouverte majeure : quelle est l'origine du champ magnétique extrême des magnétars ? Les mécanismes proposés pour amplifier le champ magnétique dans la phase de proto-étoile à neutrons (l'instabilité magnétorotationnelle (MRI) et la dynamo convective) nécessitent une rotation très rapide de l'étoile progénitrice et on ne sait pas encore si de telles conditions sont suffisamment fréquentes pour expliquer la formation de tous les magnétars. Nous avons donc commencé à étudier un scénario alternatif pouvant se dérouler dans une étoile progénitrice sans rotation mais où de la matière retombant sur l'étoile à neutrons (fallback) vient accélérer sa rotation (comme suggéré par des simulations numériques récentes). Ces conditions pourraient permettre une amplification du champ magnétique par la dynamo de Tayler-Spruit, un mécanisme proposé pour le transport de moment cinétique dans les zones radiatives des étoiles. L'application des formules utilisées dans les codes d'évolution stellaire suggère que ce mécanisme pourrait expliquer la formation des magnétars. Ces formules analytiques reposent cependant sur des hypothèses physiques dont la validité doit être testée à l'aide de simulations numériques pouvant décrire le développement non-linéaire de l'instabilité de Tayler. De premiers développements ont été faits pour adapter les simulations numériques de proto-étoile à neutrons étudiant la MRI et la dynamo convective à l'étude de l'instabilité de Tayler-Spruit. L'objectif de ce stage consistera à participer à ce développement du code MHD MagIC et à exploiter les simulations pour étudier le développement de l'instabilité de Tayler et sa capacité à donner naissance à un cycle dynamo. Ce stage se déroulera au sein du laboratoire de modélisation des plasmas astrophysiques au Département d'Astrophysique du CEA Saclay et sera encadré par Jérôme Guilet. Il s'inscrira dans la dynamique du projet ERC

---

MagBURST «Exploding stars from first principles: magnetars as engines of hypernovae and gamma-ray bursts» (PI : Jérôme Guilet) notamment en collaboration avec Alexis Reboul-Salze (3e année de thèse) et Raphaël Raynaud (Postdoc).

### **Mots clés**

Magnétohydrodynamique, astrophysique des hautes énergies, étoiles à neutrons, supernovae, évolution stellaire, sursauts gamma

### **Compétences**

Simulations numériques

### **Logiciels**

Python, fortran, Code MagIC: <https://github.com/magic-sph/magic>

---

## Summary

## Full description

## Keywords

## Skills

## Softwares

Python, fortran, Code MagIC: <https://github.com/magic-sph/magic>