

Sujet : Modélisation d'une dynamo anisotrope fluide

Contact : Franck Plunian (franck.plunian@univ-grenoble-alpes.fr)

Laboratoire : ISTerre, Grenoble

L'effet **dynamo** désigne la génération d'un champ magnétique par le mouvement d'un matériau électriquement conducteur. Ce processus est à l'origine des champs magnétiques de la plupart des objets astrophysiques, à commencer par la Terre et le Soleil, et s'étend à des échelles bien plus grandes, telles que celles des galaxies. Reproduire l'effet dynamo en laboratoire a longtemps constitué un défi. Cependant, un nouveau concept facilitant le déclenchement de la dynamo a récemment été développé sur le plan théorique et mis en œuvre expérimentalement (Fig. 1). Cette dynamo est dite « anisotrope », car les matériaux qui la composent lui confèrent une **conductivité électrique équivalente anisotrope**.

Une telle anisotropie pourrait être à l'œuvre au sein des **galaxies spirales** (Fig. 2), en supposant que les courants électriques circulent principalement le long des bras spiraux (Fig. 3).

L'objectif de ce stage est de modéliser une dynamo anisotrope au sein d'un **fluide en rotation** confiné dans une couche cylindrique d'épaisseur très faible, et dont la géométrie s'apparente donc à celle d'une galaxie spirale. Cette étude, principalement numérique, sera réalisée à l'aide du logiciel COMSOL Multiphysique. Le(a) candidat(e) devra être intéressé(e) par les simulations numériques et posséder une solide maîtrise des équations de Maxwell, de Navier-Stokes et de la loi d'Ohm.



Fig.1-Expérience de laboratoire.



Fig.2-Galaxie spirale.

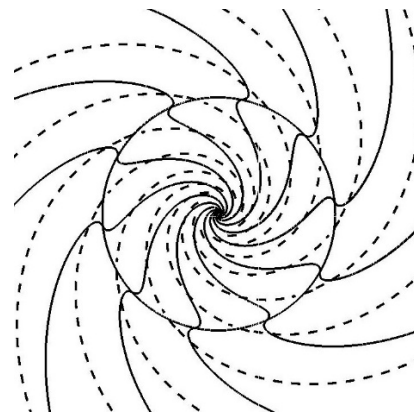


Fig.3- Courants électriques et lignes de champ magnétique d'une dynamo anisotrope.

Références:

- Gomez P., Plunian F., Alboussière T., Can the Dynamo of Spiral-arm Galaxies Be Explained by Anisotropic Conductivity? *The Astrophysical Journal*, **981**, 164 (2025).
- Plunian F., Alboussière T., Fast and furious dynamo action in the anisotropic dynamo, *Journal of Fluid Mechanics*, **941**, A66 (2022).
- Alboussière T., Plunian F., Moulin M., Fury: an experimental dynamo with anisotropic electrical conductivity, *Proceedings Royal Society A*, 478, 20220374 (2022).
- Plunian F., Alboussière T., Axisymmetric dynamo action is possible with anisotropic conductivity, *Physical Review Research*, **2**, 013321 (2020).

Sujet : Modelling of an anisotropic fluid dynamo

Contact : Franck Plunian (franck.plunian@univ-grenoble-alpes.fr)

Laboratoire : ISTerre, Grenoble

The **dynamo effect** refers to the generation of a magnetic field by the movement of an electrically conducting material. This process is responsible for the magnetic fields of most astrophysical objects, starting with the Earth and the Sun, and extending to much larger scales such as those of galaxies. Reproducing the dynamo effect in the laboratory has long been a challenge. However, a new concept designed to facilitate the onset of the dynamo has recently been developed theoretically and implemented experimentally (Fig. 1). This dynamo is known as an anisotropic dynamo because the materials it is made of give it the equivalent of **anisotropic electrical conductivity**.



Fig. 1 – Laboratory experiment.

Such anisotropy could be at work within **spiral galaxies** (Fig. 2), assuming that electric currents flow mainly along the spiral arms (Fig. 3).



Fig.2-Spiral Galaxy.

With this in mind, the aim of the internship is to model an anisotropic dynamo within a **rotating fluid** confined within a cylindrical layer of very small thickness, the geometry of which is therefore similar to that of a spiral galaxy. This study, primarily numerical, will be carried out using COMSOL Multiphysics software. The candidate must have an interest in numerical simulations and a solid grasp of Maxwell's equations, the Navier–Stokes equations and Ohm's law.

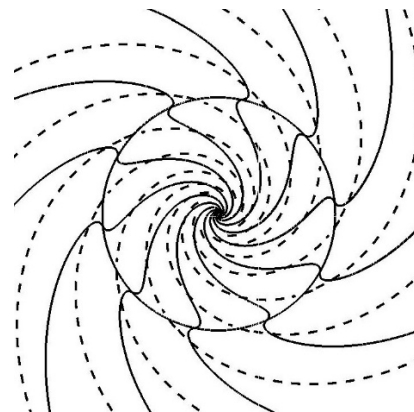


Fig.3- Electric currents and magnetic field lines in an anisotropic dynamo.

References:

- Gomez P., Plunian F., Alboussière T., Can the Dynamo of Spiral-arm Galaxies Be Explained by Anisotropic Conductivity? *The Astrophysical Journal*, **981**, 164 (2025)
- Plunian F., Alboussière T., Fast and furious dynamo action in the anisotropic dynamo, *Journal of Fluid Mechanics*, **941**, A66 (2022)
- Alboussière T., Plunian F., Moulin M., Fury: an experimental dynamo with anisotropic electrical conductivity, *Proceedings Royal Society A*, 478, 20220374 (2022)
- Plunian F., Alboussière T., Axisymmetric dynamo action is possible with anisotropic conductivity, *Physical Review Research*, **2**, 013321 (2020)