

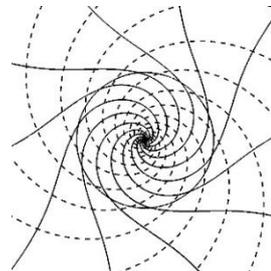
Sujet : Dynamo anisotrope : modélisation et expérience

Contacts : Franck Plunian (franck.plunian@univ-grenoble-alpes.fr)
Thierry Alboussière (thierry.alboussiere@ens-lyon.fr)

On appelle effet dynamo la génération d'un champ magnétique par le mouvement d'un matériau conducteur de l'électricité. Ce processus est à l'origine du champ magnétique de la plupart des objets astrophysiques, à commencer par la Terre, le Soleil ou encore à des échelles bien supérieures comme celles des galaxies. Reproduire un effet dynamo en laboratoire a longtemps été une gageure, mais récemment un nouveau concept de dynamo a été élaboré théoriquement et réalisé expérimentalement (expérience Fury). Les matériaux qui la composent lui confèrent l'équivalent d'une conductivité électrique anisotrope. Une telle anisotropie pourrait être à l'œuvre au sein des galaxies spirales, chaque bras galactique étant le lieu d'une direction de circulation privilégiée des courants électriques.



Expérience Fury



Courant électrique et champ magnétique



Galaxie spirale

Dans la thèse que nous proposons, co-dirigée par F. Plunian et T. Alboussière, deux nouveaux objectifs sont poursuivis : miniaturiser davantage la dynamo, et modéliser une dynamo fluide générée par un rotor anisotrope.

1. **Miniaturiser davantage la dynamo** : nous prévoyons de construire une dynamo expérimentale fondée cette fois non pas sur l'anisotropie de conductivité électrique mais sur l'anisotropie de perméabilité magnétique. Une étude préliminaire montre qu'alors la dynamo pourrait être atteinte avec une dimension centimétrique voire inférieure, ce qui en ferait la plus petite dynamo au monde ! A l'aide du code FreeFem++ il faudra donc optimiser la géométrie de l'expérience comme cela a été fait pour Fury, mais cette fois avec une anisotropie de perméabilité magnétique. Une nouvelle expérience de démonstration sera ensuite réalisée.
2. **Modéliser une dynamo fluide générée par un rotor anisotrope** : nous prévoyons de simuler les équations de la dynamo produite par la rotation d'un matériau anisotrope, comme dans Fury, mais cette fois immergé dans un métal liquide dont les propriétés sont isotropes. Une étude préliminaire montre qu'en géométrie infinie un effet dynamo est alors possible. L'objectif est d'évaluer le seuil de cette dynamo en géométrie finie, puis d'étudier numériquement les interactions non linéaires entre le mouvement du fluide, la rotation du rotor et le champ magnétique généré par effet dynamo anisotrope. De cette manière nous espérons étudier des comportements dynamiques intéressants tels que l'intermittence ou les inversions de polarité magnétique.

Le(a) candidat(e) devra avoir un intérêt pour la compréhension des équations de la physique classique (Maxwell, loi d'Ohm, Navier-Stokes), pour les simulations numériques et les réalisations expérimentales.

Références :

- Alboussière, T., Plunian, F., & Moulin, M. (2022). Fury: an experimental dynamo with anisotropic electrical conductivity. *Proceedings of the Royal Society A*, 478(2268), 20220374. (<https://doi.org/10.1098/rspa.2022.0374>)
- Plunian, F., & Alboussière, T. (2022). Fast and furious dynamo action in the anisotropic dynamo. *Journal of Fluid Mechanics*, 941, A66. (<https://doi.org/10.1017/jfm.2022.349>)
- Plunian, F., & Alboussière, T. (2021). Axisymmetric dynamo action produced by differential rotation, with anisotropic electrical conductivity and anisotropic magnetic permeability. *Journal of Plasma Physics*, 87(1), 905870110. (<https://doi.org/10.1017/S0022377820001634>)
- Plunian, F., & Alboussière, T. (2020). Axisymmetric dynamo action is possible with anisotropic conductivity. *Physical Review Research*, 2(1), 013321. (<https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.2.013321>)
- Alboussière, T., Drif, K., & Plunian, F. (2020). Dynamo action in sliding plates of anisotropic electrical conductivity. *Physical Review E*, 101(3), 033107. (<https://doi.org/10.1103/PhysRevE.101.033107>)