

Laboratory : LPENS (ENS)
Director : Christophe Gissinger (gissinger@ens.fr)
webpage: <https://www.phys.ens.psl.eu/~gissinger/>
Internship location: LPENS, 24 rue Lhomond 75005 PARIS
Thesis possibility after internship : YES
Funding : Internship: YES ; Thesis : concours EDPIF

Étude expérimentale de la turbulence astrophysique dans les fluides conducteurs d'électricité.

Dans un fluide, le transfert d'énergie suit des processus extrêmement complexes, en grande partie à cause de l'influence de la turbulence, qui reste encore mal comprise. Cette complexité est d'autant plus grande dans les environnements astrophysiques, tels que les disques d'accrétion autour des trous noirs et des proto-étoiles, où l'énergie est transportée non seulement par la turbulence, mais aussi par des chocs supersoniques et des interactions avec des champs magnétiques. Ces phénomènes constituent un domaine de recherche très actif en astrophysique, mais ils relèvent aussi de la physique fondamentale : dans des écoulements compressibles et conducteurs de l'électricité, les mécanismes par lesquels la turbulence transporte l'énergie et le moment cinétique en l'absence de dissipation moléculaire demeurent mystérieux. Comprendre comment la turbulence opère dans de tels contextes est crucial pour modéliser précisément ces phénomènes.

Pour aborder ces questions, ce stage propose de modéliser en laboratoire un disque d'accrétion astrophysique. L'expérience consiste à créer un écoulement turbulent de deux métaux liquides superposés et confinés dans un disque mince mis en rotation par une force électromagnétique. Ce dispositif permet, sous certaines conditions, de reproduire et de mesurer précisément plusieurs aspects de la dynamique turbulente observée dans les disques astrophysiques, tels que la dissipation d'énergie, les fluctuations de vitesse, et l'induction d'un champ magnétique.

Au-delà de la motivation astrophysique, le stage se concentrera également sur des questions de physique fondamentale. Par exemple, le forçage magnétique peut engendrer des vitesses suffisamment élevées pour générer, à l'interface entre les deux fluides, des chocs supercritiques dans un écoulement turbulent, un phénomène analogue aux chocs supersoniques dans les gaz. De plus, la présence d'une interface entre deux métaux liquides offre une opportunité unique d'étudier pour la première fois les instabilités interfaciales entre deux fluides électriquement conducteurs. Ce stage se déroulera au sein de l'équipe de physique non-linéaire du laboratoire de physique de l'ENS (LPENS), et pourra être éventuellement poursuivie par une thèse.



Fig 1: Dispositif expérimental 'Kepler-2fluids' (gauche) permettant de modéliser l'écoulement turbulent de gaz observé autour des trous noirs et proto-étoiles (droite).

Bibliographie :

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.129.074501>

<https://physics.aps.org/articles/v15/115>

<https://www.ens.psl.eu/actualites/de-nouvelles-reponses-l-une-des-quetes-les-plus-actives-de-l-astrophysique-moderne>

English version:

Experimental study of astrophysical turbulence in electrically conducting fluids.

In a fluid, energy transfer follows highly complex processes, largely due to the influence of turbulence, which remains poorly understood. This complexity is even greater in astrophysical environments, such as accretion disks around black holes and proto-stars, where energy is transported not only by turbulence but also through supersonic shocks and interactions with magnetic fields.

These phenomena are a very active area of research in astrophysics, but they also fall within the realm of fundamental physics. In compressible and electrically conducting flows, the mechanisms by which turbulence transports energy and angular momentum in the absence of molecular dissipation remain mysterious. Understanding how turbulence operates in such contexts is crucial for accurately modeling these phenomena.

To address these questions, this internship proposes to model an astrophysical accretion disk in the laboratory. The experiment involves creating a turbulent flow of two superimposed liquid metals, confined in a thin disk and set into rotation by an electromagnetic force. Under some conditions, this setup enables the precise reproduction and measurement of various aspects of turbulent dynamics observed in astrophysical disks, such as energy dissipation, velocity fluctuations, and magnetic field induction.

Beyond the astrophysical motivation, the internship will also focus on fundamental physics questions. For example, magnetic forcing can generate sufficiently high velocities to produce supercritical shocks at the interface between the two fluids, a phenomenon analogous to supersonic shocks in gases. Additionally, the presence of an interface between two liquid metals offers a unique opportunity to study, for the first time, interfacial instabilities between two electrically conducting fluids.

This internship will take place within the Nonlinear Physics team at the Physics Laboratory of the ENS (LPENS) and may be followed by a PhD project.

Fig. 1: Experimental setup "Kepler-2fluids" (left), modeling the turbulent gas flow observed around black holes and proto-stars (right).

References:

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.129.074501>

<https://physics.aps.org/articles/v15/115>

<https://www.ens.psl.eu/actualites/de-nouvelles-reponses-l-une-des-quetes-les-plus-actives-de-l-astrophysique-moderne>