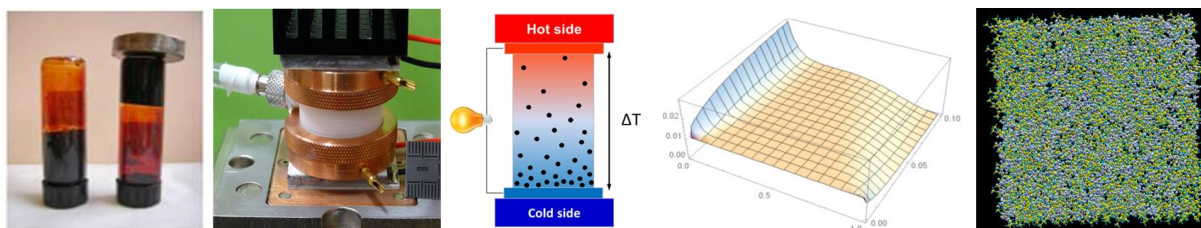


PROPOSITION DE STAGE/THESE 2016/2017

EFFETS THERMOELECTRIQUES DANS LES LIQUIDES IONIQUES ET FERROFLUIDES



Aujourd'hui, une grande part de l'énergie utilisée dans les processus industriels, entre 20 et 50%, est inutilement perdue en « chaleur fatale » sans être réutilisée. Jusqu'à 60-70% de l'énergie dans les moteurs à combustion interne est tout simplement relâchée dans l'atmosphère. Dans ce contexte, la récupération et la transformation en énergie électrique ou mécanique d'une partie de la chaleur fatale représente un enjeu important pour réduire la consommation globale.

Lorsqu'on chauffe un barreau conducteur à une extrémité, les électrons acquièrent de l'énergie cinétique et diffusent vers la partie froide. Les ions positifs par contre restent immobiles et il en résulte un déséquilibre de charge d'où l'apparition d'un champ électrique et d'un potentiel électrique ΔV proportionnel à la différence de température ΔT : $\Delta V = -S\Delta T$. Le facteur de proportionnalité S est appelé «coefficient Seebeck». Ceci fournit un schéma de principe à la conversion d'énergie thermique en énergie électrique (effet Seebeck) ou réciproquement (effet Peltier). Dans les deux cas, le rendement est une fonction croissante du «facteur de mérite» $ZT = (S^2\sigma/\kappa)T$ où σ et κ représentent les conductivités électrique et thermique du matériau. L'effet thermoélectrique dans des liquides conducteurs tels que les liquides ioniques, les solutions colloïdales chargées, etc., font l'objet de nombreuses études à cause de leur coefficient Seebeck très élevé. L'origine de la valeur élevée du coefficient Seebeck n'est pas encore complètement comprise. De possibles interprétations sont que le coefficient Seebeck croît avec l'entropie transportée par les ions et par les particules colloïdales chargées et que les macro-ions ou particules colloïdales chargées sont adsorbées à la surface des électrodes en créant un effet de double couche électrique (très élevé, à enlever).

Dans ce stage, nous proposons l'étude expérimentale des propriétés thermoélectriques de fluides complexes (e.g., liquides ioniques, ferrofluides (solutions colloïdales de nanoparticules magnétiques) afin de faire progresser notre compréhension sur l'origine physique de ce phénomène et d'identifier les nouveaux matériaux thermoélectriques dans le domaine du stockage de l'énergie (générateur thermoélectrique et supercondensateurs.). Le travail expérimental fera appel aux techniques de mesure du transport thermoélectrique et électrique, à la mesure de la charge thermoélectrique, à la caractérisation électrochimique (voltamétrie cyclique) ainsi que à l'acquisition automatisée des données et à l'interprétation des mesures.

Ce stage peut déboucher sur une thèse (financement CEA ou européen)

CONTACTS : Sawako Nakamae ([web](#)), 01 69 08 75 38, sawako.nakamae@cea.fr

PROPOSITION DE STAGE/THESE 2016/2017

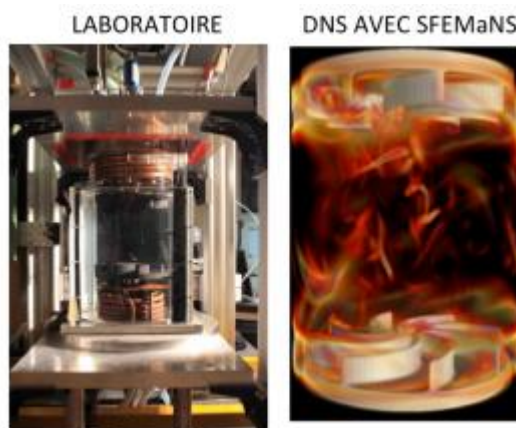
DISSIPATION, CASCADES ET SINGULARITES EN TURBULENCE

La turbulence est un état atteint par la majeure partie des fluides dans des conditions "extrêmes" - fortes vitesses ou températures, grande taille du système-. Elle se manifeste dans de nombreux domaines industriels (turbines), aéronautiques (avions, fusées), géophysiques (atmosphère, océan) ou astrophysiques (étoiles, galaxies). Comprendre les phénomènes de turbulence constitue donc un enjeu scientifique, technologique et économique important. Soumis à une agitation mécanique, un fluide visqueux convertit le travail appliqué en chaleur via un processus complexe: son écoulement se structure en mouvements tourbillonnaires qui se ramifient sur plusieurs échelles allant de la taille du système (océan, lac, récipient ...) à l'échelle la plus fine, fonction de la viscosité. L'énergie injectée dans le fluide est finalement dissipée par effet de viscosité. Depuis près de 80 ans, on décrit ce processus par un modèle de cascade auto-similaire, dû à Kolmogorov. Ce modèle sert de base à presque tous les modèles actuels de turbulence, et permet de reproduire extrêmement bien la majeure partie des grandes échelles des écoulements turbulents. Cependant, ce modèle devient de plus en plus mauvais au fur et à mesure que l'on descend vers les petites échelles, et ne permet pas de comprendre le comportement très intermittent de la dissipation d'énergie. Cela limite considérablement la modélisation des processus impliquant la turbulence à petite échelle, comme la combustion (problème pour simuler les moteurs) ou la condensation de gouttes (problème pour simuler la pluie en météo ou en climat).

Le but de la thèse est de tester une nouvelle description de la cascade d'énergie, basée sur l'hypothèse que la turbulence contient des singularités dans la limite de la viscosité tendant vers zéro. La quête des singularités dans les équations d'Euler ou de Navier-stokes représente un problème bien connu (cf. AMS Millenium Clay Prize), mais les récentes avancées, tant au niveau numérique qu'expérimental, remettent ce problème de nouveau d'actualité. En particulier, notre groupe a récemment mis en évidence, dans un écoulement turbulent de laboratoire, l'existence d'événements intenses de dissipation d'énergie non-visqueuse qui pourraient être associés aux singularités recherchées par les mathématiciens (Saw et al, Nature Communication 7, 12466 (2016)). Ces événements ne sont pas décrits par le modèle de Kolmogorov, et pourraient servir de base à de nouvelles modélisations plus fidèles à petite échelle.

Nous proposons dans cette thèse une étude détaillée des processus de cascade et de dissipation d'énergie en utilisant le code SFEMaNS, qui sera testé par comparaisons avec les mesures expérimentales. Ce code utilise des éléments finis et une décomposition spectrale ainsi que des méthodes avancées de pénalisation, pour reproduire fidèlement l'expérience de laboratoire utilisée au SPEC (cf. Figure).

Le coeur de cette thèse est numérique, mais il aura des ramifications théoriques et mathématiques (une étape dans la résolution du prix Clay) et expérimentales (validation et extrapolation de mesures physiques). C'est un sujet adapté pour une poursuite de carrière aussi bien dans la recherche académique, que dans la recherche privée ou dans une industrie impliquant la turbulence (e .g. DASSAULT, AIRBUS, RENAULT, SAINT-GOBAIN). La thèse se déroulera à cheval entre le SPEC, CEA Saclay et le LIMSIS (U-Paris Saclay), avec des séjours possibles à College Station au Texas. Cette thèse sera co-encadrée par B. Dubrulle (SPEC, CNRS) et C. Nore (LIMSIS, Professeur UPSud), et sera menée en collaboration avec J-L. Guermond (Texas A&M University). Le sujet de thèse requiert une solide formation de physicien/mécanicien, en particulier en mécanique des fluides, ainsi qu'un goût prononcé pour le numérique.



CONTACTS : Bérengère Dubrulle ([web](#)), 01 69 08 72 47, berengere.dubrulle@cea.fr
Caroline Nord ([web](#)), 01 69 08 72 47, Caroline.Nore@limsi.fr

PROPOSITION DE STAGE/THESE 2016/2017

DYNAMICAL MEASUREMENT OF DISSIPATED POWER IN TURBULENT FLOWS

Turbulent flows generate complex structures to transfer all the power injected at large scales up to the small scales where the viscous damping becomes efficient. The seminal works of Kolmogorov use the flow stationarity, in a statistical sense, to balance the mean injected power with the mean dissipated power and the mean rate of energy transferred through the intermediate scales. This energy budget, constrains some of the properties of the fluctuations observed experimentally. However this does not explained the puzzling intermittent phenomena occurring in turbulent flow. To go beyond, one can show that the stationarity of the flow also imposes some constrains on the temporal fluctuations of these global quantities entering in the energy budget.

To do so, we would like to use an optical measurement method to estimate the square of the velocity gradient integrated on the entire volume of the confined flow. This quantity, directly proportional to the dissipated power, is deduced from the study of the coherent light multi-diffused by the turbid moving fluid. This innovative measurement using fast camera and images processing, will be coupled to more standard measurements (PIV, LDV, hot-wire and Ultrasonic anemometry, torque measurement ...) allowing us to estimate simultaneously the injected power and the local structure within the flow.

Firstly, the measurement method shall be calibrated and measurement with decaying turbulence will be performed. Then we shall concentrate on the fluctuations of injected and dissipated power that will be estimated in a flow driven by a propeller. Finally, we shall try to connect these correlations and the structures generate by the flow. The measurement method may be also extended to others setup like the study of dissipation in wall turbulence and in wave turbulence.

This internship will take place at the Service de Physique de l'Etat Condensé du CEA-Saclay in the group SPHYNX (<http://iramis.cea.fr/spec/SPHYNX/indexEN.php>) and could be extended by a PhD thesis. Autonomous and motivated applicants with sense of initiative will be promoted.

CONTACTS : Sébastien Aumaitre ([web](#)) +33 1 69 08 74 37 sebastien.aumaitre@cea.fr

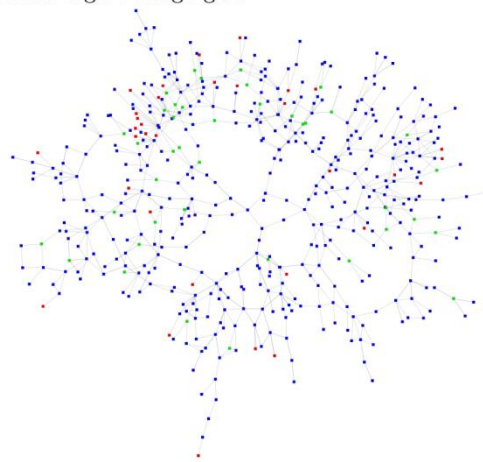
PHD/INTERNSHIP POSITION 2016/2017

THE FORM OF SYNCHRONIZED SOLUTIONS IN POWER-GRID MODELS

The intern will work within NESTOR project. NESTOR aims at the determination of best strategies to include energy storage technologies in power grids.

Many real-world systems can be considered networks of coupled phase oscillators, with power transmission grids often being described by an extension of the paradigmatic Kuramoto model. In this setting, an oscillator's phase is driven both by its own natural frequency and by its phase difference to connected oscillators. Oscillators with positive and negative natural frequencies can be associated with power grid producers and consumers, respectively (Filatrella et al. 2008). For stable grid operations, frequency synchronization of all oscillators is necessary, which is achieved for sufficiently strong coupling. In an appropriately chosen co-rotating reference frame, this synchronization translates into a steady state where all oscillator phases are "locked".

German high-voltage grid



The shape of these phase-locked solutions generally depends on the underlying grid topology, and moreover hints at constraints on the system's flow even outside the steady state. Hence knowing and predicting the shape of phase-locked solutions has a twofold importance: In modelling, a massive complexity reduction can be achieved by just considering dynamics in aforementioned constrained subspaces (Gottwald et al. 2015), so that an analytically tractable description of the high-dimensional original system becomes feasible. In practice, phase-locked configurations are of interest to power engineers, as they expose transmission lines along which the power flow may exceed critical limits.

The proposed internship aims to describe and perhaps to explain the form of phase-locked solutions for several grid topologies. To that end, the prospective intern would

- write and run simulations of Kuramoto-type dynamics on various simple network topologies.
- search for closed-form expressions of resulting phase-locked solutions through fitting routines and/or heuristic arguments.
- using said expressions to set up simplified models (time permitting).

Programming skills in either C, Python, Matlab or Mathematica are required, as well as an interest in nonlinear dynamics and the theory of complex networks.

References:

https://en.wikipedia.org/wiki/Kuramoto_model

G. Filatrella, H. A. Nielsen, and F. N. Pedersen. Analysis of a power grid using a kuramoto-like model. The European Physical Journal B , 61(4), 2008

G. A. Gottwald. Model reduction for networks of coupled oscillators. Chaos , 25(5), 2015.

CONTACTS : Stefan Wieland ([web](#)), 06 13 33 28 36 / 01 69 08 97 10, stefan.wieland@cea.fr
Hervé Bercegol ([web](#)), 06 17 91 24 79 / 01 69 08 74 37, herve.bercegol@cea.fr