

PROPOSITION DE STAGE 2020-21

L'IRRÉVERSIBILITÉ EST-ELLE UNE TRANSITION DE PHASE EN TURBULENCE ?



En 1845, James Prescott Joule montre expérimentalement que l'application d'une force de 1050 J sur une turbine mettant en mouvement une livre d'eau augmente la température du fluide d'un degré Fahrenheit. Ceci est une illustration d'un processus global se produisant dans la plupart des fluides, par lequel l'énergie mécanique (travail) est convertie en énergie thermique (chaleur), en accord avec la première loi de la thermodynamique régissant la variation de l'énergie totale du fluide dans un système fermé $\Delta E_{tot} = Q + W$ en fonction de la chaleur Q et du travail ajouté W . Elle traduit également le fait que dans un fluide, la viscosité induit une dissipation d'énergie qui chauffe le fluide. Cette observation recèle cependant un profond mystère : si je répète l'expérience avec différents fluides, de moins en moins visqueux, j'observerai que la dissipation d'énergie adimensionnée est une constante et ne dépend pas de la viscosité !

D'un point de vue physique, on peut voir cette anomalie comme une brisure spontanée de la symétrie par renversement du temps dans les équations constitutives du fluide. La question, non résolue actuellement est : qu'est-ce qui provoque cette brisure de symétrie ? Peut-on la décrire avec les outils de la mécanique statistique et en particulier, les modèles de transition de phase ? La difficulté majeure dans la réponse à ces questions, et que les fluides sont fondamentalement hors équilibre, et que la théorie de la physique hors équilibre est encore balbutiante.

Le but de ce stage est d'essayer de contourner cette difficulté en étudiant une modification des équations des fluides, qui permet de rendre le système à l'équilibre. L'équation correspondante est alors appelée équation de Navier-Stokes réversible et a été proposée par un mathématicien, Gallavotti. Des simulations préliminaires de cette équation ont montré en effet l'existence d'une transition de phase, mais elle n'a pas été caractérisée. Dans ce stage, on effectuera et analysera donc des simulations de cette équation afin de caractériser cette transition, et de voir dans quelle mesure elle permet d'expliquer l'anomalie de dissipation.

Le cœur de ce stage est numérique, mais des développements théoriques sur la théorie de la turbulence via la mécanique statistique hors-équilibre pourront être effectués. Ce stage sera encadré par B. Dubrulle (CNRS). Le sujet requiert une solide formation de physicien, en particulier en physique non linéaire et statistique, ainsi qu'un goût prononcé pour le numérique. Il pourra éventuellement déboucher sur une thèse financée par l'ANR sur une thématique voisine.

CONTACTS : Bérengère Dubrulle, 01 69 08 72 47, berengere.dubrulle@cea.fr