

La turbulence d'un plasma dense observée à l'échelle microscopique

En radiographiant grâce au faisceau X d'un laser à électrons libres un plasma généré par un laser de puissance, les chercheurs ont pour la première fois observé le régime turbulent d'un plasma dense avec une résolution spatiale exceptionnelle de l'ordre d'un micromètre.

La turbulence est un phénomène physique majeur dans la dynamique des systèmes fluides à grande vitesse d'écoulement. On la rencontre dans des milieux neutres ou dans des milieux ionisés, et elle joue un rôle important aussi bien sur Terre que dans l'Univers, comme par exemple dans les phénomènes atmosphériques ou dans les mécanismes de formation des étoiles. C'est un phénomène multi-échelle caractérisé par l'apparence de tourbillons de tailles variées qui contribue à la dissipation de l'énergie en la transférant jusqu'à l'échelle où elle est totalement dissipée. Cette dernière échelle, appelée longueur de Kolmogorov, est plus petite de plusieurs ordres de grandeur que celle de départ. L'étude des phénomènes turbulents dans les plasmas est ainsi soumise à une contrainte majeure : la difficulté à étudier, tant expérimentalement que numériquement, les échelles spatiales les plus petites.

Dans ce travail, un plasma dense a été généré par interaction d'une cible avec un laser de puissance. Celui-ci a été radiographié à l'aide du faisceau XFEL (X-rays Free Electron Lasers) de l'installation SACLA au Japon couplé à un détecteur à haute résolution constitué d'un cristal de LiF. Grâce aux qualités de brillance et de collimation du faisceau XFEL, le régime turbulent qui s'est installé suite au développement d'instabilités dites de Rayleigh-Taylor a été observé sur une taille millimétrique et avec une résolution spatiale inégalée. Cette première observation d'un écoulement plasma à l'échelle du micromètre a révélé des structures inattendues dans le spectre des longueurs associées à la turbulence et une telle précision d'observation contribuera à une modélisation plus précise des phénomènes associés. Ces travaux ont été menés par des physiciens du Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses ([LULI](#), CNRS/Ecole polytechnique/Sorbonne Univ./CEA), au sein d'une collaboration internationale impliquant aussi la Direction des Applications Militaires (DAM, CEA) et le Centre lasers intenses et applications ([CELIA](#), CNRS/CEA/Univ. Bordeaux). Ils sont publiés dans la revue *Nature Communications*.

De futures expériences sont planifiées sur l'installation XFEL SACLA, notamment en jouant sur la nature de la cible, afin d'élucider l'origine des structures inconnues mesurées. Au-delà de la turbulence, ce nouveau dispositif expérimental pourra être utilisé pour de nombreux autres sujets d'études impliquant une étude fine des plasmas en conditions extrêmes.

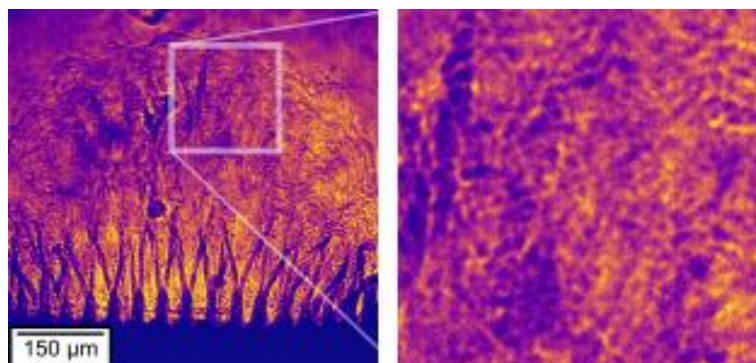


Figure : Radiographie expérimentale et zoom associé montrant en fausses couleurs une zone turbulente apparaissant 60 ns après l'impulsion laser ayant créé le plasma.
© M. Koenig, LULI

Bibliographie

Micron-scale phenomena observed in a turbulent laser-produced plasma. G. Rigon, B. Albertazzi, T. Pikuz, P. Mabey, V. Bouffetier, N. Ozaki, T. Vinci, F. Barbato, E. Falize, Y. Inubushi, N. Kamimura, K. Katagiri, S. Makarov, M. J.-E. Manuel, K. Miyanishi, S. Pikuz, O. Poujade, K. Sueda, T. Togashi, Y. Umeda, M. Yabashi, T. Yabuuchi, G. Gregori, R. Kodama, A. Casner & M. Koenig *Nature Communications*, Publié le 11 mai 2021.
DOI : [10.1038/s41467-021-22891-w](https://doi.org/10.1038/s41467-021-22891-w)

Article disponible sur la base d'archives ouvertes [hal](#)

Contacts

Michel Koenig | Directeur de recherche CNRS | LULI | michel.koenig@polytechnique.fr

Gabriel Rigon | Chercheur post-doctorant | Nagoya University | gabriel.rigon@ens-lyon.org

Communication CNRS-INP | inp.com@cnrs.fr

