

# Instabilités laser-plasma multifaisceaux dans les expériences de fusion par confinement inertiel

S. Depierreux<sup>1\*</sup>, C. Neuville<sup>1</sup>, V. Tassin<sup>1</sup>, C. Baccou<sup>2</sup>, R. Bahr<sup>3</sup>, N. Borisenko<sup>4</sup>, L. Borisenko<sup>4</sup>, M. Casanova<sup>1</sup>, A. Colaitis<sup>5</sup>, A. Debayle<sup>1</sup>, G. Duchateau<sup>5</sup>, P. Fremerye<sup>1</sup>, A. Heron<sup>6</sup>, S. Huller<sup>6</sup>, J. Katz<sup>3</sup>, P. Loiseau<sup>1</sup>, P.-E. Masson-Laborde<sup>1</sup>, M.-C. Monteil<sup>1</sup>, P. Nicolai<sup>5</sup>, A. Orekhov<sup>4</sup>, F. Philippe<sup>1</sup>, C. Riconda<sup>7</sup>, P. Seytor<sup>1</sup>, C. Stoeckl<sup>3</sup>, D. Teychenné<sup>1</sup>, G. Tran<sup>1</sup>, W. Seka<sup>3</sup>, V. Tikhonchuk<sup>5</sup>, D. Pesme<sup>6</sup>, C. Labaune<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CEA, DAM, DIF, F-91297 Arpajon, France

<sup>2</sup>Laboratoire pour l'Utilisation des Lasers Intenses, Ecole Polytechnique, Palaiseau, France

<sup>3</sup>Laboratory for Laser Energetics, University of Rochester, 250 East River Road, Rochester, New York 14623-1299, USA

<sup>4</sup>P. N. Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>5</sup>Centre Lasers Intenses et Applications, Université Bordeaux I, CEA, CNRS, Talence, France

<sup>6</sup>Centre de Physique Théorique, Ecole Polytechnique, 91128 Palaiseau cedex, France

<sup>7</sup>Laboratoire pour l'Utilisation des Lasers Intenses, (TIPS) Université Paris 6, CNRS, CEA, Ecole Polytechnique, 94200 Ivry-sur-Seine, France

\* [sylvie.depierreux@cea.fr](mailto:sylvie.depierreux@cea.fr); [sylvie.depierreux@polytechnique.edu](mailto:sylvie.depierreux@polytechnique.edu)

Dans les plasmas denses ( $n_e > 10^{20}$  e<sup>-</sup>/cm<sup>3</sup>) et chauds ( $T_e > 500$  eV) produits par laser, la diffusion Thomson d'une onde électromagnétique laser incidente est source d'ondes électromagnétiques diffusées sur les modes propres du plasma aux fréquences (resp. vecteurs d'onde)  $\omega_1 = \omega_0 \pm \omega_2$  (resp.  $\mathbf{k}_1 = \mathbf{k}_0 \pm \mathbf{k}_2$ ) où  $\omega_0$  (resp.  $\mathbf{k}_0$ ) désigne la fréquence (resp. le vecteur d'onde) du laser et  $\omega_2$  (resp.  $\mathbf{k}_2$ ) la fréquence (resp. le vecteur d'onde) d'une onde dans le plasma. Pour les ondes plasma et diffusée satisfaisant les conditions de résonance, à savoir  $\omega_0 = \omega_1 + \omega_2$  et  $\mathbf{k}_0 = \mathbf{k}_1 + \mathbf{k}_2$ , l'amplitude du mode plasma est simultanément augmentée par le battement pondéromoteur des ondes électromagnétiques diffusée et incidente. Ces mécanismes de couplages non-linéaires donnent lieu à des instabilités laser-plasma aux niveaux d'éclaircements ( $\sim 10^{14}$ - $10^{15}$  W/cm<sup>2</sup>) typiquement utilisés auprès des installations laser de puissance. Ces instabilités conduisent, entre autre, à l'amplification d'ondes électromagnétiques diffusées dans les gammes Raman (dans le cas du couplage avec des ondes plasma électroniques) et Brillouin (dans le cas du couplage avec des ondes acoustiques ioniques). Lors de l'interaction d'un seul faisceau dans un plasma homogène, cette amplification est principalement attendue dans la direction de rétrodiffusion du faisceau laser incident.

Sur les installations laser de classe mégajoule (LMJ, NIF), les faisceaux laser sont distribués en cônes (de quelques dizaines de faisceaux) et superposés à l'entrée d'une cavité pour en irradier les parois de façon relativement homogène. L'éclaircissement laser superposé et la répartition angulaire régulière des faisceaux amènent la possibilité de couplages résonants instables entre les modes propres du plasma et les faisceaux laser dans de nouvelles géométries au travers d'instabilités dites collectives où l'une des ondes est stimulée par plusieurs faisceaux répartis sur un cône. L'existence de ces instabilités dites collectives à plusieurs faisceaux a été démontrée dans deux expériences (S. Depierreux *et al.*, "Experimental investigation of the collective Raman scattering of multiple laser beams in inhomogeneous plasmas", *Phys. Rev. Lett.* **117**, 235002 (2016), C. Neuville *et al.*, "Experimental evidence of the collective Brillouin scattering of multiple laser beams sharing acoustic waves", *Phys. Rev. Lett.* **116**, 235002 (2016)) réalisées auprès de l'installation laser Omega du Laboratory for Laser Energetics aux Etats-Unis.

Dans cet exposé, nous décrirons d'abord ces instabilités laser-plasma dans les géométries d'irradiation multifaisceaux des expériences de FCI puis nous présenterons les expériences ayant permis de démontrer leur existence.