

Sonographie: une nouvelle méthode pour caractériser les filaments de lumière créés par des impulsions laser ultra-intenses

J. Yu, D. Mondelain, J. Kasparian, E. Salmon, S. Geffroy, C. Favre, V. Boutou and J. P. Wolf
LASIM, UMR CNRS 5579, Université Claude Bernard Lyon 1, F-69622 Villeurbanne Cedex, France
Tél. 04 72 43 26 63, fax: 0 4 72 44 58 71, e-mail: jinyu@lasim.univ-lyon1.fr

Des filaments de lumière de diamètre quasi-constant de l'ordre de 100 μm sont formés par des impulsions femtosecondes ultra-intenses ($P \geq GW$) se propageant dans l'air¹. Cette propagation non linéaire ouvre des perspectives d'applications dans les domaines tels que le lidar multi-longueurs d'onde à lumière blanche² ou le contrôle de la foudre par laser³. Ces applications de leur tour, stimulent le besoin d'une meilleure caractérisation des filaments.

Nous présentons une nouvelle méthode pour mesurer le canal de plasma associé à un filament. Elle consiste à détecter dans la bande audible l'onde de choc émise lors de l'expansion de la colonne de plasma. Par rapport aux autres méthodes existantes (fluorescence, courant transitoire induit, diffraction par le plasma, champ électrique ou onde terahertz), cette nouvelle méthode présente un avantage certain de simplicité et peut être facilement utilisée dans une expérience de propagation sur une grande distance de l'ordre du km dans l'atmosphère. En représentant l'amplitude de l'onde sonore détectée par un microphone en fonction de la distance de propagation (Fig.1), nous remarquons les changements de pente (marqués par les flèches), ce qui indique le démarrage de la MPI et donc la formation du canal de plasma. Dans nos expériences, un filament de 4,5 m de longueur est observé, une telle longueur est largement supérieure à celle de Rayleigh, distance caractéristique pour une propagation linéaire.

Nous développons un modèle qui décrit le mécanisme d'émission de l'onde sonore d'un filament. Dans ce modèle, des électrons libres issus de l'ionisation multi-photonique sont chauffés par l'absorption de l'énergie optique dans un processus de bremsstrahlung inverse. Un gradient de pression est donc créé entre la colonne de plasma et l'air environnant. Dans une détente adiabatique, une onde de choc est émise.

En conclusion, la sonographie représente une méthode prometteuse pour une mesure non-destructive et en temps réel des filaments dans une expérience de l'échelle atmosphérique⁴.

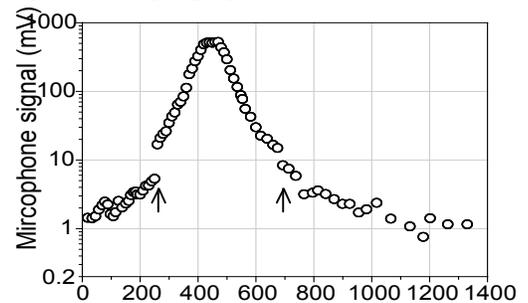


Fig. 1. Montage expérimental (à gauche) et signal sonore en fonction de la distance de propagation (à droite).

- [1] A. Braun, G. Korn, X. Liu, D. Du, J. Squier, G. Mourou, "Self-channeling of high-peak-power femtosecond laser pulses in air", *Opt. Lett.* **20**, 73-75 (1995).
- [2] P. Rairoux, H. Schillinger, S. Niedermeier, M. Rodriguez, F. Ronneberger, R. Sauerbrey, B. Stein, D. Waite, C. Wedekind, H. Wille, L. Wöste, "Remote sensing of the atmosphere using ultrashort laser pulses", *Appl. Phys. B* **71**, 573 (2000).
- [3] M. Rodriguez, R. Sauerbrey, H. Wille, L. Wöste, T. Fujii, Y.-B. André, A. Mysyrowicz, L. Klingbeil, K. Rethmeier, W. Kalkner, J. Kasparian, E. Salmon, J. Yu, J.-P. Wolf, "Triggering and Guiding Megavolt Discharges Using Laser-Induced Ionized Filaments", *Opt. Lett.* **27**, 772-774 (2002).
- [4] H. Wille, M. Rodriguez, J. Kasparian, D. Mondelain, J. Yu, A. Mysyrowicz, R. Sauerbrey, J.-P. Wolf and L. Wöste, "Teramobile: a mobile femtosecond terawatt laser and detection system", *Eur. Phys. J. AP* **20**, 183-190 (2002). See also the Teramobile project web site: www.teramobile.org.