

Main title : Rétro-émission du continuum généré dans un filament induit par des impulsions ultra-intenses

Authors names : N. Gallice, J. Yu, D. Mondelain, J. Kasparian, G. Ange, R. Volk et J.P. Wolf

Address : *Laboratoire de Spectrométrie Ionique et Moléculaire, UMR CNRS 5579,  
Université Claude Bernard-Lyon 1, 43, Bd. du 11 Novembre 1918,  
F-69622 Villeurbanne Cedex, France*

*Tél : 04 72 43 26 63, Fax : 04 73 44 58 71, E-mail : jinyu@lasim.univ-lyon1.fr*

**Abrégé :** La distribution angulaire de l'émission du continuum de lumière blanche généré dans un filament autoguidé créé par des impulsions laser de forte puissance a été mesurée. Elle montre une émission préférentielle vers l'arrière, favorisant l'application à la télédétection de composés atmosphériques par lidar.

## 1. INTRODUCTION

La propagation des impulsions laser ultracourtes dans l'air devient hautement nonlinéaire lorsque leur puissance crête dépasse une dizaine de gigawatts. L'auto-focalisation due à l'effet Kerr compense la diffraction sur le plasma créé par les impulsions, conduisant à des filaments autoguidés [1]. L'auto-modulation de phase induit un continuum dont le spectre s'étend entre l'UV et l'infrarouge moyen [2].

La démonstration d'un lidar détectant la lumière blanche rétro-diffusée en provenance des filaments, a ouvert de nouvelles perspectives dans la télédétection des polluants atmosphériques [3]. La lumière blanche a été détectée en provenance d'une altitude de 12 km. Cette performance exceptionnelle suggère une diffusion privilégiée vers l'arrière de la lumière blanche générée. Pour mettre en évidence cet effet, nous avons étudié la distribution angulaire de l'émission de lumière blanche par un filament autoguidé.

Outre la possibilité d'une détection multi-composants grâce à l'analyse spectrale du continuum rétro-diffusé, l'augmentation de la rétro-diffusion par les effets nonlinéaires donnerait un avantage significatif au lidar nonlinéaire sur le lidar linéaire classique. C'est l'un des objectifs du projet franco-allemand Téramobile, qui vise à étudier la propagation à longue distance d'impulsions laser femtoseconde ainsi que leurs applications à l'atmosphère.

## 2. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Une chaîne laser délivre des impulsions à puissance crête de 50 GW (centrées à 810 nm, d'une durée de 120 fs et d'énergie 6 mJ), à un taux de répétition de 20 Hz. Ces impulsions sont légèrement focalisées pour initier un mono-filament stable. L'émission angulaire de la lumière blanche autour du mono-filament est détectée dans la bande bleu-vert (350 nm - 600 nm) grâce à un goniomètre portant un détecteur dont l'ouverture angulaire est délimitée à l'aide d'un long tube (figure 1). Le diagramme d'émission obtenu est alors comparé avec celui correspondant à la diffusion linéaire (Rayleigh ou/et Mie), observée dans la même gamme de longueur d'onde, autour d'un faisceau de faible énergie à 405 nm [4].

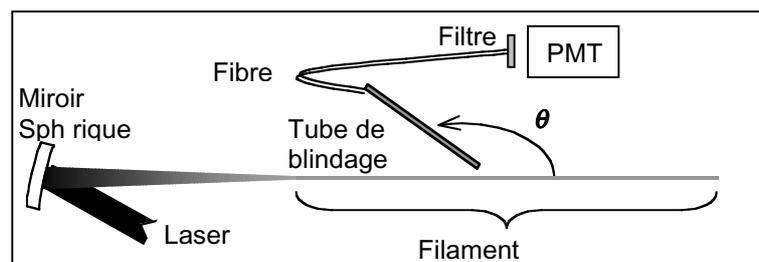
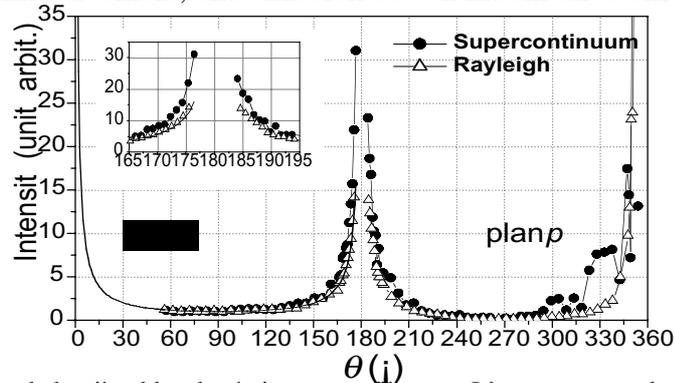


Figure 1. Dispositif expérimental

### 3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Nos résultats (figure 2) montrent clairement que l'émission de lumière blanche (supercontinuum) croît plus rapidement que la diffusion élastique lorsqu'on se rapproche de 180°. Cette augmentation a été estimée à un facteur de 2 à 176,5°. De récentes mesures aux plus petits angles suggèrent en outre que l'effet pourrait être plus marqué au-delà de 178°. Le continuum de lumière blanche généré dans des filaments autoguidés dans l'atmosphère, et observé vers l'arrière, lors d'une mesure lidar, n'est donc pas seulement dû à la diffusion élastique, mais inclut significativement, une émission de continuum directement vers l'arrière.



**Figure 2.** Distribution angulaire de lumière blanche émise par un filament. L'encart montre les détails autour de 180°.

Le mécanisme de l'amplification de la rétro-diffusion nonlinéaire n'est pas totalement clair. Il pourrait être décrit en termes d'une auto-réflexion liée aux modulations axiales de l'intensité dans le faisceau, telles que celles qu'Aközbek *et al.* ont obtenu par des simulations numériques [5]. Brièvement, le guidage dynamique de l'impulsion laser, induit par la compétition de la focalisation par effet Kerr et de la défocalisation sur le plasma produit par l'ionisation de l'air par l'impulsion elle-même, génère des variations longitudinales de la concentration de plasma, et donc des fluctuations de l'indice de réfraction de l'ordre de  $10^{-5}$ . Ces fluctuations, générées par le front avant de chaque impulsion et d'une durée de vie longue comparée à celle de l'impulsion (plusieurs ns par rapport à 100 fs), forment autant de sauts d'indice qui peuvent réfléchir la partie arrière de l'impulsion.

### 4. CONCLUSION

Nous avons montré que le continuum de lumière blanche émis par des filaments est préférentiellement émis vers l'arrière. Cette propriété est très favorable au lidar nonlinéaire dans la mesure où elle augmente l'efficacité de collecte de la lumière sur un détecteur placé à proximité de la source laser.

### Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet Téramobile, cofinancé par le CNRS et la DFG.

### Références

- [1] A. Braun, G. Korn, X. Liu, D. Du, J. Squier, and G. Mourou, *Opt. Lett.* **20** (1995) 73-75.
- [2] J. Kasparian, R. Sauerbrey, D. Mondelain, S. Niedermeier, J. Yu, J.P. Wolf, Y.B. André, M. Franco, B. Prade, S. Tzortzakis, A. Mysyrowicz, M. Rodriguez, H. Wille, L. Wöste, *Opt. Lett.* **25** (2000) 1399-1401.
- [3] P. Rairoux, H. Schillinger, S. Niedermeier, M. Rodriguez, F. Ronneberger, R. Sauerbrey, B. Stein, D. Waite, C. Wedekind, H. Wille, L. Wöste: *Appl. Phys. B*, **71** (2000) 573.
- [4] J. Yu, D. Mondelain, G. Ange, R. Volk, S. Niedermeier, and J.P. Wolf, J. Kasparian, R. Sauerbrey, *Opt. Lett.* **26** (2001) 533-535.
- [5] N. Aközbek, M. Scalora, C. M. Bowden, S. L. Chin, *Optics Communications*, **191** (2001) 353-362.