

Caractérisation de jets gazeux par radiographie éclair et Fluorescence Induite par flash X (F.I.X.)

L. Huré, E. Robert, C. Cachoncinlle, R. Viladrosa et J.M. Pouvesle

GREMI, CNRS, Université d'Orléans, BP. 6759, 45067 Orléans cedex 2, France

Résumé : La radiographie est une technique largement répandue aussi bien en médecine que dans l'industrie. Elle permet de visualiser l'ombre portée d'un matériau sur un détecteur photosensible. Il n'existe, cependant, que très peu de résultats concernant le diagnostic par rayonnement X de milieux de faibles densités tels que les gaz et les plasmas. Dans ce travail, l'utilisation d'une source d'impulsions X nous a permis d'étudier des jets gazeux par deux méthodes couplées: la radiographie éclair et la Fluorescence Induite par flash X (F.I.X.).

1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le flash X utilisé est une source compacte et synchronisée qui délivre des impulsions de photons X entre 5 et 50 keV [1]. Pour ces énergies, les photons produits sont en partie absorbés lors de la traversée d'un gaz composé d'atomes ou molécules de masses atomiques relativement faible ($Z > 10$). La lumière transmise permet de révéler des contrastes significatifs entre deux milieux de densités proches. Ce flash X a en effet permis de radiographier un jet d'argon s'expandant dans l'air ambiant[2]. Les doses mesurées à la fenêtre de sortie de la diode X, pour des tensions d'alimentation inférieures à 40 kV, atteignent un Röntgen. La courte durée de l'impulsion X (25 ns pour sa largeur à mi-hauteur) et le taux de répétition ajustable du monocoup à 50 Hz font de cette source un outil adapté pour des études de radiographie et de fluorescence sur ces jets gazeux.

Dans notre dispositif, le jet de gaz est placé devant la diode X de manière à être irradié sur toute sa longueur. Ce jet est obtenu par simple détente d'argon, dans l'air ambiant, à la sortie d'un tube de 8 mm de diamètre. Le débit mesuré d'argon est de 1.8 litres par minute.

Une chaîne de spectroscopie, comprenant un tube photomultiplicateur couplé à un spectromètre et à un oscilloscope rapide, permet d'analyser la fluorescence induite par flash X dans le jet. Une caractérisation spatiale peut également être mise en oeuvre en réalisant l'image de cette fluorescence sur la barrette réceptrice d'un O.M.A. ou sur la matrice C.C.D. d'une caméra intensifiée.

2. RESULTATS

L'argon est choisi, dans cette première approche, en raison de la bonne connaissance de son spectre de fluorescence[3]. La figure 1 représente le spectre intégré en temps, pour des longueurs d'onde supérieures à la coupure de l'air, de l'émission de la fluorescence U.V. induite par flash X, d'un jet d'argon.

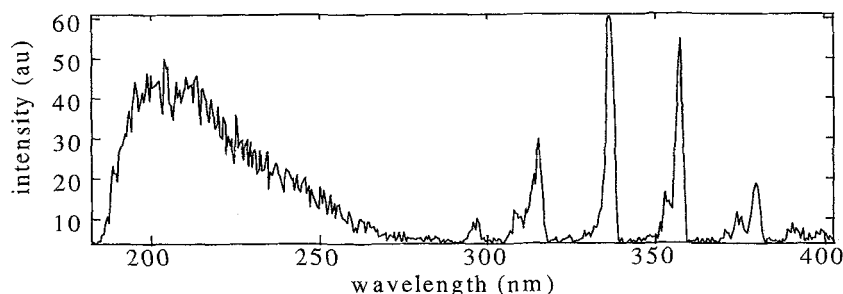


Figure 1: Spectre intégré en temps (0-200 ns) de l'émission U.V. de la fluorescence d'un jet d'argon se détendant dans l'air et excité par flash X.

La fluorescence identifiée sous le vocable "continu moléculaire ionique" de l'argon, entre 200 et 300 nm, est enregistrée pour la première fois, à notre connaissance, dans ce type de jet. Les bandes à 297.7, 315.9, 337.1, 357.7, 380.4 nm correspondent au système second positif de l'azote, transitions entre les états $N_2(C^3\Pi_u)$ et $N_2(B^3\Pi_g)$, celle à 306.4 nm aux transitions entre les états ($A^2\Sigma^+$) et ($X^2\Pi_i$) de OH. Le dépôt d'énergie direct par flash X dans l'azote de l'air étant très peu efficace, le peuplement des niveaux supérieurs de l'azote provient donc d'un transfert d'énergie à partir de niveaux excités de l'argon.

Un système optique permet de réaliser l'image de la fluorescence U.V. du jet sur la barrette réceptrice, intensifiée durant 20 ns, d'un analyseur optique multicanaux (O.M.A.). La figure 2a représente cet enregistrement dans l'axe du jet au maximum de l'intensité de l'émission. Sur la figure 2b sont reportés les maxima de ces courbes, à différents instants après le tir X, ainsi que l'évolution temporelle de la fluorescence de l'argon à 210 nm et de l'azote à 357.7 nm.

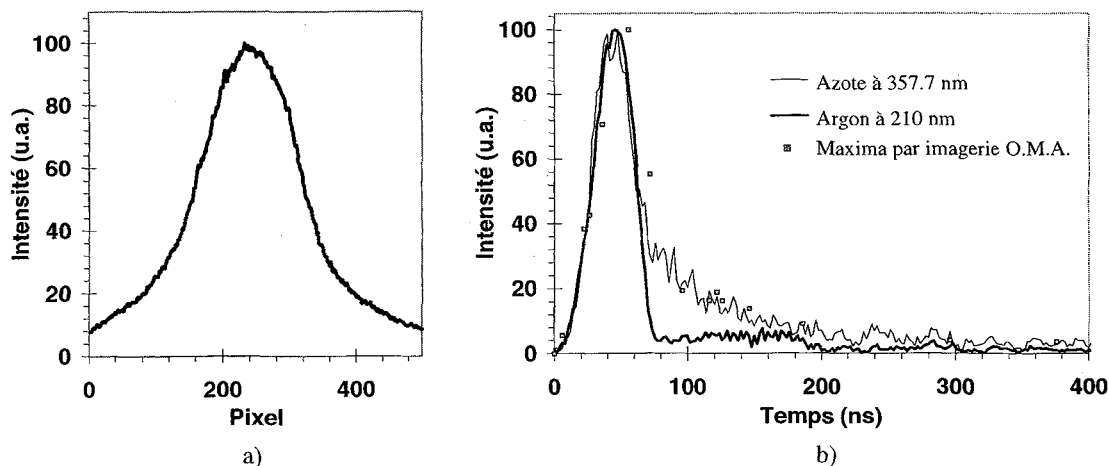


Figure 2 : a) Image de la fluorescence d'un jet d'argon se détendant dans l'air ambiant à pression atmosphérique enregistrée sur la barrette réceptrice d'un O.M.A. intensifiée durant 20 ns.

b) Evolution temporelle de la fluorescence de l'argon à 210 nm et de l'azote à 357.7 nm. Comparaison avec les intensités maximales de fluorescence obtenue par imagerie résolue en temps.

L'imagerie par l'O.M.A. permet de suivre la fluorescence des bandes vibrationnelles de l'azote et une sélection d'autres domaines spectraux permettra d'obtenir une image des zones de mélanges des différents gaz entrant dans la composition de ces jets. La radiographie éclair permet de figer ces écoulements sur des durées de quelques dizaines de nanosecondes et de déterminer des profils de densité à l'intérieur des jets. Ces deux techniques associées devraient permettre de caractériser des milieux hautes températures, fortes pressions, monophasiques ou diphasiques généralement opaques par des méthodes optiques classiques, et ce, de manière non intrusive.

Remerciements

Ce travail bénéficie du soutien financier du MENESR et de la Société de Secours des Amis des Sciences.

Références

- [1] J.M. Pouvesle et al, Rev. Sci. Instrum. 64 (1993) 2320
- [2] J. Geiswiller et al, Meas. Sci. and Technol. 9 (1998) 1537-1542
- [3] E. Robert et al, Optics Communications 117 (1995) 179-188