

## Imagerie X instantanée (ns) utilisant une source X de faible énergie (mJ), des fibres scintillantes et une caméra intensifiée

A. Ikhlef et M. Skowronek

*Laboratoire des Plasmas Denses, URA 1096 du CNRS, Université Pierre et Marie Curie, 4 Place Jussieu, 75252 Paris cedex 05, France*

**Résumé :** Nous décrivons un système d'imagerie instantanée basée sur une décharge électrique nanoseconde dans le vide (source X incohérente) et un détecteur matriciel à fibres optiques plastiques scintillantes (FOPS). Nous avons étudié un détecteur constitué par un ensemble de FOPS présentant des temps de réponse courts (3 ns). Ce détecteur est couplé à une caméra intensifiée afin de réaliser un système d'imagerie X. Nous avons mesuré les caractéristiques principales des détecteurs de rayonnements ionisants à base de FOPS en vue de leur application dans la spectrométrie des photons X et  $\gamma$  (rendement, résolution) et en imagerie X. La résolution spectrale (FWHM) mesurée est supérieure à 50% et le rendement (photon X ou  $\gamma \rightarrow$  photons visibles de 430 nm) est de l'ordre de 0,5 photon visible par keV pour un rayonnement incident sur une matrice de fibres de 20 x 20 éléments longue de 10 cm.

Un système composé d'une source X et d'une caméra intensifiée, avec des FOPS comme détecteurs, peut faire un bon dispositif d'imagerie X pour de faibles doses de photons X. La figure 1 ci-dessous illustre le schéma de la source utilisée. Elle est composée d'une anode métallique en tungstène en forme de pointe longue de 4 à 6 millimètres, et d'une cathode — faite dans le même acier inoxydable que toute la chambre cylindrique — qui contient la cellule. Cette cellule présente, face à l'anode, un trou de 6 mm de diamètre quand il s'agit d'une cathode creuse. L'anode est enrobée dans un

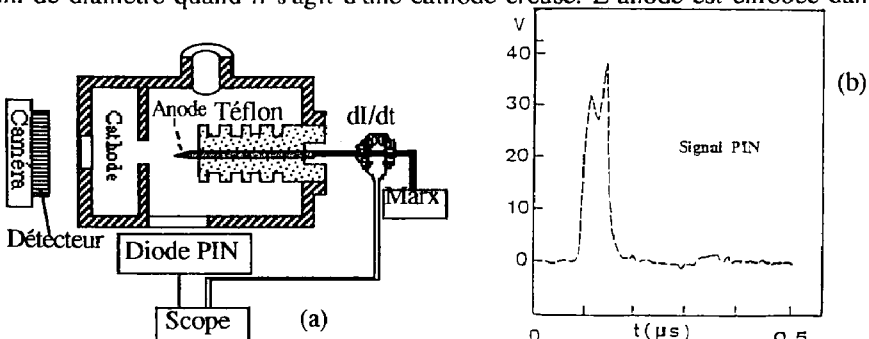


Figure 1 : a) Schéma de la source X, b) émission X en fonction du temps

matériau isolant (Téflon) sur lequel des rainures ont été aménagées pour éviter les claquages de surface alors que les dépôts métalliques risquent de les rendre fréquents. Le montage de la source est fait de manière que l'espace interélectrode puisse être ajusté à volonté. Pour faciliter l'observation des décharges, quatre fenêtres couvertes de mylar d'une épaisseur de 70 mm ont été aménagées sur la chambre, offrant ainsi à l'observateur différents angles de vue de l'intérieur. Un ensemble de pompage composé d'une pompe à palettes et d'une pompe à diffusion est utilisé pour créer dans la chambre un vide avec des pressions dans la gamme de  $10^{-3}$  à  $10^{-6}$  torr. La source de photons X est alimentée par le générateur de Marx de (70 kV - 1 Joule). L'énergie émise par la source est de l'ordre de 2,2 mJ sur 4 p sr et l'on exploitera une quantité d'énergie de 4,4  $\mu$ J à travers une ouverture de 6 mm de diamètre disposée sur l'enceinte de la source. L'émission X dure en moyenne 50 ns. Nous avons vu que l'on peut obtenir des radiographies à cette gamme d'énergie avec un seul tir alors qu'il faut au moins une centaine de tirs pour obtenir des radiographies sur un film [1].

Les caractéristiques spectroscopiques du détecteur à base de FOPS soumises à des photons X et  $\gamma$  de basse énergie sont étudiées. L'une des raisons limitant l'usage des FOPS en détection de photons de basse énergie est la faible quantité de lumière générée par les scintillateurs plastiques (Numéro atomique Z faible), ce qui nécessite le recours à des photomultiplicateurs de bonne qualité et de très faible bruit. Cependant, leurs bonnes propriétés temporelles (temps de décroissance compris entre 1 et 3 ns) les rendent intéressantes pour la détection de très grands flux de photons.

Le dispositif expérimental utilisé pour la détection des photons X et  $\gamma$  comprend les éléments suivants : un photomultiplicateur XP 2020, un préamplificateur EGG VT 120 C et un analyseur multicanal LeCroy qVt. Les figures 2a et 2b illustrent les deux propriétés principales des détecteurs de photons X : a) la résolution spectrale (largeur à mi-hauteur), fonction de la résolution intrinsèque du scintillateur (fluctuation du nombre de photons de scintillation émis lors de chaque interaction), des fluctuations statistiques du nombre de photons (N) produit dans la photocathode et des fluctuations du nombre d'électrons arrivant sur l'anode à partir d'un photoélectron primaire. b) L'efficacité de la fibre (rendement lumineux) définie par le rapport de l'énergie de scintillation (visible) en sortie à l'énergie du photon (X) incident [2].

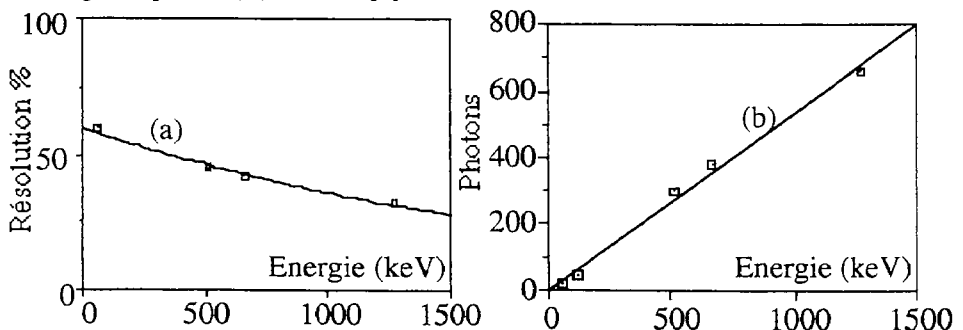


Figure 2 : efficacité (a) et résolution spectrale (b) d'une matrice de 20x20 FOPS de 10 cm de longueur

### Références

- [1] A. Ikhlef, M. Skowronek. "Spatial and temporal characteristics of the X-ray emitted by a 1 J - 50 ns vacuum discharge". IEEE Transactions on Plasma Science, 21 (6), 1993, pp. 669-675.
- [2] A. Ikhlef, M. Skowronek. "Some emission characteristics of scintillating fibers for low energy X and  $\gamma$  rays". IEEE Transactions on Nuclear Science, 41 (2), 1994, pp. 408-414.