Impulsions nanosecondes de rayons X durs à haut taux de récurrence et en mode rafale à partir d'un système compact et facilement transportable

A. Khacef, R. Viladrosa, C. Cachoncinlle et J.M. Pouvesle

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

Résumé: Les résultats que nous présentons se situent dans la continuité de travaux antérieurs concernant le développement et l'optimisation du générateur X portable SPHINX [1,2]. L'extrapolation de ce générateur à des tensions et des fréquences beaucoup plus élevées, tout en conservant au système son aspect compact, a permis d'obtenir des impulsions très brèves (domaine ns) de photons X durs (jusqu'à 450 keV) en fonctionnement à très haute cadence suivant deux modes distincts: un mode de fonctionnement prolongé jusqu'à des taux de répétition de 400 Hz et un mode rafale de quelques tirs à une fréquence de 1 kHz.

INTRODUCTION

La production d'impulsions très brèves de photons X incohérents à partir de systèmes de taille réduite pouvant fonctionner à haute cadence constitue une alternative des plus intéressantes aux générateurs de grande taille disponibles. Longtemps cantonnées à l'observation et à l'étude des phénomènes ultra rapides, ces sources ont trouvé leur champ d'application considérablement élargi ces dernières années.

Dans ce travail, nos recherches ont été essentiellement axées sur le développement et l'optimisation d'un générateur impulsif de rayons X durs, fonctionnant à très haute cadence (dans la gamme 100 Hz - 1 kHz), permettant d'émettre des photons de grande énergie (domaine > 100 keV) sur des temps très courts (domaine 10-40 ns) avec des doses émises élevées (> 1 mR* à 1 m de la source), et qui peut être intégré dans divers systèmes industriels, dans des expériences de laboratoire ou en expérimentation sur site.

PERFORMANCES

Cette source X utilise une diode en géométrie de cathode creuse sous basse pression. Le système électrique s'appuie sur un dispositif de mise en forme des impulsions THT de type Blumlein associé à un générateur multi-lignes commandé par un "spark-gap" à pression atmosphérique déclenché par une décharge à barrière diélectrique. L'emploi d'un seul commutateur, contrairement à ce qui est fait dans les générateurs de type Marx, est intéressant à plus d'un titre. Ceci nous a permis d'obtenir un ensemble extrêmement compact et facilement transportable. Pour une tension de charge de seulement 35 kV, les impulsions de tension de choc (temps de montée inférieur à 30 ns, FWHM inférieure à 100 ns) en circuit ouvert, peuvent atteindre 700 kV.

Pour une énergie stockée inférieure à 15 J, ce système a permis d'atteindre à ce jour des doses moyennes supérieures à 3 mR par tir, mesurées à 1 mètre de la source, de photons X d'énergie comprise entre 5 et 450 keV (la limite inférieure représente la coupure de la fenêtre de sortie de la diode X). Suivant les conditions de décharge (pression résiduelle, distance inter-électrodes) la largeur à mi-hauteur des impulsions X est inférieure à 40 ns dans tous les cas. La figure 1 donne un exemple d'évolution temporelle des impulsions ainsi obtenues (détection par diode PIN rapide).

*R = Roentgen: $1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C Kg}^{-1}$.

Figure 1: Evolution temporelle de l'impulsion X (Anode tungstène, tension en circuit ouvert 500 kV)

La figure 2(a) montre un exemple des impulsions obtenues quand le système fonctionne en mode prolongé à 400 Hz. Ce taux de répétition de 400 Hz n'est pas une limite du système lui-même mais, il est dû aux performances des alimentations HT utilisées. Pour un fonctionnement sur de longues durées à des cadences aussi élevées, il est nécessaire de prévoir un système de refroidissement de la diode X.

Pour le fonctionnement en mode rafale à très haute cadence, une capacité réservoir C_R de valeur comprise entre 0.1 et 2.5 μF , suivant les conditions de décharge, est utilisée pour le maintien de la charge aux bornes du système de transfert capacitif. Des rafales contrôlées de 2 à 6 tirs à une fréquence de 1 kHz ont été obtenues. La figure 2(b) montre un exemple de résultats obtenus dans le cas d'une rafale de 2 tirs.

Les évolutions temporelles des impulsions X montrées sur la figure 2 ne sont pas représentatives de la durée de celles-ci. En effet, la période entre deux impulsions (domaine ms) est très grande devant la durée d'une impulsion (domaine ns), l'observation du phénomène répétitif à haute fréquence oblige l'utilisation d'un détecteur désadapté.

Figure 2: Evolution temporelle des impulsions X: (a) fonctionnement en mode répétitif à 400 Hz, (b) fonctionnement en mode rafale: 2 tirs, 1 kHz. (Détecteur désadapté pour permettre la visualisation des impulsions)

Remerciements

Ce travail a bénéficié du support financier de la DRET convention N°94.34.125.00.470.75.01

Références

1. A. Khacef, R. Viladrosa, C. Cachoncinlle, E. Robert, and J. M. Pouvesle, *Rev. Sci. Instrum.* **68**, 2292 (1997)
2. R. Viladrosa, A. Khacef, C. Cachoncinlle, and J. M. Pouvesle, *Proc. SPIE* **2869**, 1086 (1997).