

Production de rayons X par diffusion Compton inverse : Les sources ELI-NP-GBS et ThomX

P. Favier, pour les deux collaborations

Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire, Université Paris-Sud, CNRS/IN2P2, Orsay, France

Introduction

La diffusion Compton inverse désigne le processus physique de diffusion d'un photon sur un électron relativiste. Lors de l'interaction, l'électron transmet une partie de son énergie au photon qui est alors boosté en énergie. Ce boost est considérable, de l'ordre de 40 000 pour des électrons de 50 MeV. On peut ainsi produire des rayons X à partir de photons infrarouges et d'un accélérateur relativement compact, limitant le coût et l'empreinte d'une telle source.

Les sources présentées ici utilisent deux schémas différents, suivant les exigences sur le faisceau produit. ELI-NP-GBS utilise accélérateur linéaire (LINAC) avec un laser contre-propagatif, permettant de produire des rayons X/ γ de haute brillance mais de modeste flux. ThomX utilise un anneau de stockage avec une cavité Fabry-Perot, pour produire des rayons X à haut flux, mais de qualité moindre.

ELI-NP-GBS

ELI-NP-GBS [1] (Extreme Light Infrastructure – Nuclear Physics – Gamma Beam Source), est un nouveau centre de physique en construction à Magurele, en Roumanie. Le but est d'étudier les limites de la recherche nucléaire avec des photons de très haute énergie.

La source est constituée d'un LINAC produisant 32 paquets d'électrons espacés de 16.8 ns à 100 Hz, accordables en énergie entre 80 et 720 MeV. Un faisceau laser pulsé de 200 mJ, de durée 1.5 ps, à une longueur d'onde de 515 nm, interagit avec les électrons pour produire les rayons γ entre 0.2 et 20 MeV. La très faible dispersion en énergie du faisceau d'électrons de 0.05 %, doublée d'une emittance de 0.5 mm.mrad, permettent d'atteindre une excellente pureté spectrale au point d'interaction (IP). Un flux de 3.10^{10} photons/s est attendu, ainsi qu'une densité spectrale record de 5000 photons/(s.eV).

Un système optique complexe [2] a été développé pour faire recirculer l'impulsion laser 32 fois. Celui-ci permet de préserver la focalisation du faisceau, ainsi qu'un degré de polarisation linéaire supérieur à 95 % à l'IP pour chacun des 32 paquets d'électrons. Des miroirs paraboliques sont utilisés pour limiter les aberrations du faisceau laser.

Le commissioning de la machine est prévu en 2017. Et les premiers rayons γ entre 2018 et 2019.

ThomX

ThomX [3] est une source compacte de rayons X en construction à l'Université Paris-Sud. Les applications de cette source sont d'ordre médical, avec la radiothérapie et la radiographie, mais également culturel, en histoire de l'art par exemple.

ThomX est constitué d'un photo-injecteur en bande S produisant des faisceaux d'électrons de 50 MeV et 1 nC, suivi d'un anneau de stockage à 16.7 MHz. Le faisceau laser est amplifié à 100 W dans un amplificateur fibré, avant d'être stocké et amplifié de nouveau dans une cavité Fabry-Perot planaire, constituée de 4 miroirs (Fig. 1).

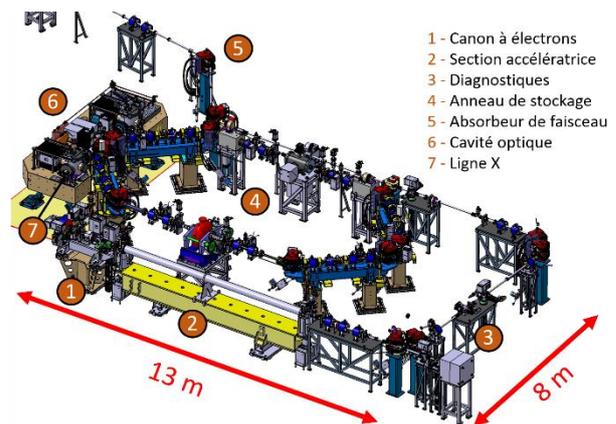


Fig. 1: Schéma de la source ThomX.

Le design nominal permettra d'atteindre une puissance moyenne supérieure à 300 kW à l'IP, avec une taille de faisceau de 100 μ m. Dans ces conditions, des rayons X de 30 à 50 keV sont produits, avec un flux record de 10^{13} photons/s.

De nombreux développements sont en cours sur la cavité optique, notamment au niveau des effets thermiques encourus par les miroirs dû à la très forte puissance moyenne stockée. Une amélioration active du couplage à l'aide d'un miroir déformable est également à l'étude. Finalement l'asservissement de l'oscillateur sur la cavité de faible largeur de bande ($\Delta\nu < 10$ kHz) requiert une électronique à bas bruit en cours de réalisation.

Références

- [1] O. Adriani *et al.* *Technical design report eurogammas proposal for the eli-np gamma beam system* (2014).
- [2] K. Dupraz *et al.* *Phys. Rev. ST Accel. Beams* **17** (3) (2014).
- [3] A. Variola *et al.* *ThomX technical design report* (2014).