

Modélisation et caractérisation d'un atténuateur à gaz de rayons X de haute puissance.

Álvaro Martín Ortega¹, Ana Lacoste², Stéphane Béchu², Alexandre Bès², Tiberiu Minea³

¹ AAM Group, ISDD, ESRF

71 Rue de Martyrs, 38043 Grenoble Cedex 9, France

²LPSC, groupe Plasmas-Matériaux-Nanostructures

51 Rue de Martyrs, Grenoble, France

TMP-DS, LPGP

Bat. 210, rue Becquerel, Université Paris-Sud, Orsay

La haute puissance délivrée par les synchrotrons modernes et les lasers à électrons libres requiert l'utilisation des atténuateurs afin de réduire la charge thermique reçue par les éléments optiques des lignes de lumière. Les atténuateurs à gaz sont une alternative à ceux à état solide en raison de leurs avantages majeurs qui consistent en un réglage continu de la puissance absorbée et un refroidissement réduit. Par contre, le chauffage et l'ionisation du gaz au long du faisceau de rayons X modifient localement la densité du gaz, faisant difficile une prédiction de l'absorption totale de puissance par l'atténuateur. Un modèle hybride, associant la simulation Monte Carlo au modèle fluide, est proposé et appliqué à un atténuateur prototype installé à l'ESRF qui utilise l'argon ou le krypton (à une pression de 50 à 400 mbar) comme gaz atténuateur pour un faisceau de puissance allant jusqu'à 500 W. La simulation Monte Carlo est utilisée pour déterminer l'absorption des rayons X ainsi que le ralentissement des électrons et couvre donc un domaine en énergie de 1-10 keV (photons X) à 0,1-10 eV (électrons thermalisés). En considérant la cinétique de réactions et le transport de différentes espèces, le modèle fluide permet de déterminer les deux paramètres d'intérêt, à savoir la température et la densité du gaz. Au passage des photons X dans le gaz, la simulation prédit l'obtention d'un plasma de faible température électronique (<1 eV) confiné autour du faisceau de rayons X. Pour valider ces résultats numériques, deux techniques de spectroscopie (émission - OES et absorption par laser accordable - TLAS) ont été utilisées dans deux prototypes d'atténuateurs différents, et ce, parallèlement à une technique de mesure d'absorption du rayonnement par le gaz. Les deux techniques optiques ont montré des profils de la densité des états excités concentrés autour du parcours du faisceau, en accord avec les résultats du modèle. La température du gaz déterminée à partir des mesures TLAS a été trouvée plus basse que celle obtenue par la technique d'absorption des rayons X. Le bruit des mesures, ainsi que la méconnaissance de la température et de la densité d'électrons (qui impactent le traitement de données TLAS), sont deux possibles raisons pour expliquer cette différence. L'absorption des rayons X a été également trouvée de 10 à 20% plus élevée que celle déduite par l'absorption des rayons X. L'interférométrie micro-onde utilisée pour la détermination de la densité électronique n'a pas conduit à des résultats fiables à cause de la diffraction des ondes dans le plasma. Par ailleurs, les oscillations des signaux de transmission et de la phase observées, indiqueraient la présence de quelques turbulences. Celles-ci ne sont pas prises en compte par le modèle fluide et elles pourraient expliquer la différence observée au niveau de la puissance absorbée.

Année de thèse : 2016

Souhait (Oral/Poster) : Poster

Mots clés: Monte Carlo, Modèle fluide, Emission, Absorption, Rayons X, interférométrie microondes