

Bourses SFRP

La SFRP a attribué l'an passé deux bourses à de jeunes étudiantes pour leur stage de maîtrise 2^e année de recherche. Nous avons le plaisir de publier dans cette rubrique destinée aux jeunes chercheurs un résumé de leur stage. Nous leur souhaitons à toutes deux de continuer brillamment leur carrière en souhaitant qu'elles resteront attachées à la radioprotection. L'ordre alphabétique a été choisi pour ces présentations.

Intégration et test d'une instrumentation optoélectronique appliquée à la dosimétrie OSL en radiothérapie. M. Ishac-Alwan. Stage de maîtrise (mars 2005-septembre 2005), responsable du stage : S. Magne, Laboratoire de mesures optiques (LMO), service systèmes et simulation pour la surveillance et le contrôle (SYSSC), CEA Saclay.

La lutte contre le cancer constitue un enjeu économique et social important pour les pays développés. De nos jours, 70 % des cancers diagnostiqués sont traités par radiothérapie (RT) et la moitié des guérisons lui sont attribuées, d'où l'importance du contrôle de ces traitements pour la santé publique.

La précision dans la mesure de dose ainsi que dans sa localisation sont des paramètres essentiels de la RT et contribuent largement au progrès de la qualité des traitements. Les mesures *in vivo* sont importantes car elles permettent de réduire les erreurs provenant de différentes étapes (acquisition des données patient, dosimétrie des faisceaux d'irradiation, calcul de la répartition de la dose, transfert des données, mise en place du patient, etc.). De même, ces mesures sont importantes dans les situations où le calcul est imprécis, ou lorsque les conditions de traitement sont différentes du calcul prévisionnel (par exemple, en irradiation corporelle totale, ICT).

Actuellement, les dosimètres utilisés pour la dosimétrie *in vivo* sont les dosimètres thermoluminescents DTL (lecture en temps différé) ou les dosimètres semi-conducteurs (SC) comme les diodes/Mosfet (lecture en temps réel). Ces derniers nécessitent des recalibrages fréquents et doivent être changés régulièrement ce qui induit un surcoût important.

Dans ce contexte, le laboratoire de mesures optiques (LMO) du CEA-List (DETECS-SYSSC) élabore des instrumentations OSL mettant en œuvre des capteurs gamma déportés par fibre optique. Un premier système, exploitant des matériaux MgS ou BaS dopés terres-rares a été mis au point pour les applications de démantèlement d'installations nucléaires. Un second système, exploitant des cristaux d'alumine, a été développé pour les applications de radioprotection. Ce système est actuellement amélioré pour le rendre compatible avec une utilisation en radiothérapie dans le cadre du projet européen MAESTRO (*Methods and Advanced Equipments for the Simulation and Treatment in Radio Oncology*)¹ qui a démarré

¹ Méthodes et équipements avancés pour la simulation et le traitement en radio-oncologie.

BOURSES SFRP

en 2004 (pour une durée de 5 ans) dans le cadre du 6^e PCRD². La dose est stockée au sein du matériau et la lecture peut être obtenue en temps réel ou en temps différé juste après traitement. La mesure de dose peut ainsi être réalisée à distance (en opération) *via* plusieurs fibres optiques reliées à un commutateur optique. Les fibres optiques sont insensibles aux perturbations électromagnétiques et sont transparentes aux radiations. Par ailleurs, le signal de radioluminescence (émise spontanément par les capteurs) est proportionnelle à la dose reçue par le patient et permet de vérifier en temps réel les conditions d'exposition.

Plusieurs fonctionnalités innovantes ont ainsi été étudiées : les améliorations concernent la synchronisation électronique avec l'accélérateur et le multiplexage multipoints par commutation optique pour la réalisation d'une cartographie de dose. Une électronique de discrimination temporelle (*gating*) a été étudiée et testée afin d'éliminer les perturbations électromagnétiques et les luminescences de scintillation et d'effet Cerenkov lors de mesures OSL en temps réel.

Un capteur test a été conçu, assemblé et testé avec un générateur X installé au laboratoire. Ce capteur de petite taille (quelques mm) est fabriqué entièrement avec des matériaux polymères (à l'exception du cristal alumine) afin de garantir une bonne transparence au rayonnement ; il présente une résolution en dose compatible avec les applications de radiothérapie ICT et RCMI³ (quelques mGy).

La technique OSL par alumine présente des avantages importants en comparaison des techniques existantes (bonne sensibilité aux radiations, insensibilité électromagnétique, compacité, stabilité du détecteur (*fading*), transparence au rayonnement (fibre silice, matériaux plastiques)).

Pour le futur, d'autres applications potentielles de la dosimétrie OSL en médecine nucléaire et radiothérapie ont été identifiées, telles la curiethérapie haut débit, l'imagerie par traceurs radioactifs et les mesures endoscopiques.

Utilisation des frontières immergées pour calculer le potentiel entre des électrodes métalliques recouvertes ou non de diélectriques. A. Sicard. Stage de maîtrise (mars 2005-septembre 2005), responsables de stage : M.-C. Bordage, P. Ségur, N. Sewraj, Centre de physique des plasmas et de leurs applications de Toulouse (CPAT).

L'intérêt présenté par les décharges contrôlées par barrières diélectriques (DBD) ne cesse de se confirmer de nos jours. Outre l'application première concernant la production d'ozone, il s'est avéré que les décharges déclenchées dans les gaz rares constituent des sources intenses de rayonnement ultra violet et ultra violet lointain d'utilisation souple. Ce rayonnement peut être mis à profit pour des applications à caractère médical comme la stérilisation, la photo dégradation de micropolluants ainsi que le pompage des lasers médicaux.

² Programme cadre de recherche et de développement de la communauté européenne.

³ Radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité.

BOURSES SFRP

Un des gros avantages des DBD est que le système peut être optimisé en contrôlant des paramètres externes : nature du gaz, du diélectrique, la géométrie et l'alimentation électrique. La modélisation constitue donc un outil idéal pour étudier le comportement de la décharge et l'influence des divers paramètres. Expérimentation et modélisation sont ainsi complémentaires et évoluent en parallèle.

Le travail réalisé au cours de ce stage de mastère a consisté à créer un module capable de calculer le potentiel, c'est-à-dire de résoudre l'équation de Poisson, pour des géométries complexes d'électrodes pouvant être entourées de diélectriques. Pour cela, on s'est appuyé sur la méthode des frontières immergées, développée dans les années 70, et qui a notamment permis de modéliser le flux du sang dans le cœur. Le principe de base consiste à immerger des formes quelconques, à les décrire et les exploiter à partir d'un maillage régulier. La géométrie des électrodes est décrite par une fonction « level set » qui a la particularité de s'annuler au niveau de l'interface. Des tests relatifs au signe de cette fonction permettent alors de déterminer la frontière des électrodes ou du diélectrique. La résolution de l'équation de Poisson et donc la détermination du potentiel a, dans un premier temps, été réalisée pour des configurations monodimensionnelles. Une fois le principe de la méthode validé à une dimension, on a évolué vers un système bidimensionnel en coordonnées cartésiennes puis cylindriques. En effet, ce dernier système de coordonnées est très utilisé car de nombreux dispositifs présentent une symétrie de révolution autour de l'axe inter électrodes. Plusieurs configurations géométriques ont été testées et les résultats se sont avérés très satisfaisants. En finalité, il a été possible de calculer le potentiel pour le dispositif expérimental de décharges à barrières diélectriques présent au centre de physique des plasmas et de leurs applications de Toulouse en tenant compte de la géométrie exacte des électrodes et du diélectrique. De plus, la prise en compte de la présence d'une charge d'espace à l'intérieur du domaine est effective. Le module a été créé en vue d'être le plus général possible et donc la modélisation de n'importe quel dispositif expérimental de DBD est bien sûr réalisable.

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un projet ANR IPER « Mécanismes d'interaction d'un échange plasma avec un écoulement réactif » qui a déjà fait l'objet de plusieurs thèses et qui se poursuit aujourd'hui à travers une nouvelle thèse au CPAT.