

Proposition de thèse

- **Laboratoires d'accueil**

Laboratoire de Physique Corpusculaire de Clermont-Ferrand,
UMR6533, IN2P3-CNRS/Université Blaise Pascal.

Directeur : Alain Falvard.

Institut de physique nucléaire, Lyon,

UMR5822, IN2P3-CNRS/Université Claude Bernard Lyon I.

Directeur : Guy Chanfray.

- **Intitulé du sujet :**

Etude des performances en faisceau clinique d'un détecteur pour le contrôle balistique en hadronthérapie, et études des perspectives d'évolution vers un système multimodal.

- **Nom, prénom et qualité du Directeur de thèse :**

MARTIN Franck, Professeur (HDR 2010)

- **Co-direction**

BUSATO Emmanuel (MCF Université Blaise Pascal, HDR)

TESTA Etienne (MCF Université de Lyon I, HDR)

- **Composition de l'équipe d'encadrement :**

BUSATO Emmanuel, MCF Université Blaise Pascal, HDR

MARTIN Franck, Pr Université Blaise Pascal

MONTAROU Gérard, DR CNRS LPC

LETANG Jean-Michel, MCF CREATIS, HDR

TESTA Etienne, MCF Université de Lyon, HDR

- **Description détaillée du projet de thèse :**

Divers types de thérapie sont pratiquées pour traiter les tumeurs cancéreuses. Les techniques utilisant des faisceaux d'ions (protons ou ions légers) ont suscité un vif intérêt ces deux dernières décennies. L'utilisation de ces faisceaux permet d'obtenir, lors du traitement, un dépôt d'énergie localisé en fin de parcours dans une zone réduite de l'espace (« pic de Bragg »). Les cibles privilégiées pour cette thérapie sont les tumeurs radiorésistantes ou les traitements nécessitant une balistique très précise, du fait de la présence d'organes à risques à proximité. La dose délivrée est dépendante du positionnement du patient et des tissus traversés par les ions. En conséquence il est nécessaire de mettre en place un système performant de contrôle balistique afin de garantir la qualité du traitement en minimisant les risques, système permettant

d'arrêter le traitement dans le cas où les mesures sont en désaccord avec le plan de traitement. Une des possibilités pour le contrôle balistique repose sur la mesure de la distribution spatiale des radionucléides émetteurs de positons produits par réaction de fragmentation entre le projectile et la cible, et donc sur la détection en coïncidence de deux photons de 511 keV. Une autre possibilité consiste en la mesure des γ prompts, photons γ de haute énergie (jusqu'à ~ 10 MeV) émis lors des réactions nucléaires entre le projectile et la cible.

Les études que nous avons réalisées en laboratoire et auprès de différents centres (GANIL à Caen, CPO à Paris, HIT à Heidelberg) ont permis de définir un dispositif de mesure nommé DPGA (Décteur Pixelisé de Grande Acceptance) qui permet de détecter les γ issus de l'annihilation des β^+ . Ce détecteur, achevé en 2014, correspond à une des modalités de contrôle en ligne actuellement à l'étude dans le cadre des programmes de recherche régionaux (LABEX PRIMES) et nationaux (GDR MI2B et projet Infrastructure Nationale France HADRON).

Le sujet de thèse porte sur la caractérisation des performances, puis l'utilisation du DPGA en faisceau clinique dans le cadre du projet ProtoBeamLine au centre Lacassagne de Nice.

Deux séries d'expériences seront menées auprès de ce centre :

- Des tests préliminaires du DPGA sur la ligne clinique du cyclotron Médicyc (65 MeV) sont prévues en 2016.
- Des expériences approfondies sur la ligne issue du nouveau cyclotron S2C2 de chez IBA (230 MeV) sont prévues à partir de 2017. Ces expériences permettront de concevoir un dispositif de mesure finalisé autour du patient.

Les développements instrumentaux effectués à Nice seront transposables sur les autres centres cliniques français de protonthérapie, qui seront a priori également équipés avec des cyclotrons S2C2.

Les travaux à accomplir par l'étudiant sont les suivants :

- Mise en place de la calibration temporelle des ASIC DRS4 du DPGA.
- Mise en service du DPGA sur faisceau clinique au CAL à Nice. Une des tâches principales sera de valider le nouveau système d'acquisition de ce détecteur basé sur le standard μ TCA (c'est ce standard qui sera à terme utilisé pour toutes les modalités de contrôle en ligne).
- Caractérisation des performances du détecteur (résolutions énergétique, spatiale, temporelle, influence du bruit de fond).
- Etude des performances des différents algorithmes de déclenchement.
- Reconstruction de la balistique d'un faisceau par différents algorithmes.
- À terme : étude de la réponse du détecteur dans différentes configurations correspondant à différents plans de traitement et définition du cahier des charges d'un détecteur utilisable auprès du patient.

Cette première partie se fera sous la direction de MM. Martin et Busato (LPC Clermont-Ferrand).

En parallèle, l'étudiant participera à une étude prospective consacrée à l'évaluation des performances d'un système multimodal. Un tel système couplerait les capacités complémentaires d'un détecteurs de γ prompts (du type caméra collimatée), d'un détecteur dédié à la mesure de l'activité β^+ (du type DPGA) et d'un moniteur faisceau (du type hodoscope à fibre scintillante). Il devrait permettre un contrôle balistique plus précis que si ces différents détecteurs étaient utilisés séparément.

Cette étude prospective se fera par la simulation avec le logiciel GEANT4. Elle sera encadrée par MM. Martin, Busato (LPC Clermont-Ferrand) et M. Testa (IPN Lyon), et se fera en collaboration étroite avec le laboratoire CREATIS. Ces simulations serviront de base au développement de cette activité d'un point de vue instrumental au CAL de Nice.

Le sujet s'inscrit dans le cadre d'activités pluridisciplinaires, à l'interface entre physique et Sciences de la Santé, et se situe également dans le contexte d'un projet collaboratif entre divers groupes de recherches. À ce titre, le doctorant pourra être amené à collaborer avec des groupes extérieurs au laboratoire travaillant sur la même thématique. Il est a priori prévu que la première partie de la thèse se déroule à Clermont-Ferrand, et la seconde à Lyon, mais ce point pourra être discuté avec le candidat.

Les candidats sont priés de faire parvenir les documents suivants le plus tôt possible, et **avant le 20 mai 2016**:

1/ CV du candidat

2/ Attestation des derniers diplômes obtenus

3/ Relevé des notes et classement obtenues en Master (pour la 2ème année, relevé des notes et classement obtenus à l'issue des épreuves théoriques si le master est encore en cours)

4/ Relevé de notes et classement des années précédentes obtenus en école d'ingénieur pour les double diplômes. Relevé de notes et classement des années précédentes obtenus en licence. Relevé de notes et classement des années précédentes obtenus pour tout diplôme étranger.

5/ Lettre de motivation

6/ Lettre de recommandations (au minimum l'encadrant de stage)

7/ Descriptif des stages effectués en M1 et M2

8/ Liste de personnes référentes (directeur de stage, directeur de formation...)

à MM.

e.testa@ipnl.in2p3.fr

emmanuel.busato@clermont.in2p3.fr

franck.martin@clermont.in2p3.fr