



Sujet de Post-Doctorat CEA

Référence du dossier :

Pôle : DRT

N° : SPsD-DRT-06-002

1 - Laboratoire d'accueil au CEA

Centre :

Département/Service : **DETECS /Laboratoire National Henri Becquerel**

Nom du laboratoire : **LMA / Laboratoire de Métrologie de l'Activité**

2 - Titre du sujet de post-doctorat

« Développement du traitement du signal pour des bolomètres magnétiques conçus pour la métrologie des rayonnements ionisants »

3 - Thématique de Recherche

Sciences pour l'ingénieur / Traitement du signal et des images

Physique corpusculaire et cosmos / Physique nucléaire

4 - Exposé du sujet

Contacts :

Elvire Leblanc 01 69 08 23 32
Martin Loidl 01 69 08 42 77

Le Laboratoire de Métrologie - Laboratoire National Henri Becquerel (LNE – LNHB) a pour mission de réaliser les mesures de radioactivité au plus haut niveau d'exactitude à l'échelle nationale. Des applications dans le milieu médical (traitement des cancers par radio-pharmaceutiques) et industriel (meilleure gestion des déchets nucléaires et contrôle de l'utilisation des matières nucléaires) exigent de diminuer de façon significative les incertitudes sur la détermination des données nucléaires ou atomiques ou sur la mesure de l'activité de nombreux radionucléides. Dans certains cas il existe aujourd'hui très peu de marge entre les étalons réalisés par le laboratoire primaire et les besoins des utilisateurs. Les technologies des détecteurs couramment utilisés pour la métrologie des rayonnements ionisants ont été développées pour les plus récentes dans les années 1970. Dans la plupart des cas, le rendement de ces détecteurs dépend de l'énergie du rayonnement incident et le seuil de détection est limité par la physique de détection. Pour franchir ces limites, le LNE - LNHB a engagé une étude de développement sur la technologie la plus récente et la plus prometteuse des détecteurs cryogéniques, les bolomètres magnétiques. Ces détecteurs sont sensibles à tous les rayonnements ionisants et couvrent une très large gamme d'énergie. Les mesures réalisées avec ces détecteurs montrent qu'ils permettent d'explorer des informations jusque là inaccessibles avec les détecteurs conventionnels. En 2004 le LNE-LNHB a initié une collaboration avec le DEFECS/STM/LETS qui a développé une expertise en traitement du signal pour la mesure des rayonnements. Un développement d'algorithmes a été réalisé pour traiter les signaux des premiers détecteurs. L'approche est basée sur des méthodes bayésiennes qui peuvent tirer profit de l'excellente connaissance du modèle physique des impulsions (temps de montée et de descente du signal, etc ...). Aujourd'hui ce développement est à poursuivre pour intégrer les connaissances sur la physique des bolomètres magnétiques construits récemment en particulier pour la mesure d'activité et la spectrométrie de photons.

Le principe physique de détection des bolomètres magnétiques est fondamentalement différent de celui des détecteurs conventionnels. Il est basé sur la mesure d'une élévation de température consécutive à l'interaction d'un photon ou d'une particule dans la cible du détecteur. Les quanta d'énergie créés lors de l'interaction d'une particule dans un détecteur classique, photons dans le cas des scintillateurs et paires électron-trou dans le cas des semiconducteurs, sont de l'ordre de l'électronvolt. C'est la fluctuation statistique sur le nombre de ces quanta qui détermine les limites sur la résolution en énergie et le seuil de détection. Les bolomètres magnétiques fonctionnant à très basse température mettent en jeu la création de quanta d'énergie inférieure au milli-electronvolt (excitation thermique des électrons dans un métal, excitation des spins). Le très grand nombre d'états excités implique des fluctuations statistiques beaucoup plus faibles par rapport aux détecteurs classiques donnant accès à des seuils de détection meilleurs de plus d'un ordre de grandeur.

En Allemagne, l'Université de Heidelberg a obtenu avec des bolomètres magnétiques les meilleurs performances au monde en terme de résolution en énergie pour des photons de 6 keV et possède aujourd'hui les compétences les plus recherchées sur cette technologie. Le LNE – LNHB étudie et réalise des bolomètres en collaboration avec l'Université de Heidelberg avec pour objectif le développement d'une nouvelle méthode de mesure primaire d'activité pour les radionucléides émetteurs de rayonnement de basse énergie. L'activité est le nombre de désintégrations par seconde. Chaque désintégration s'accompagne de l'émission d'un rayonnement. Si tout rayonnement émis par la source est vu par le détecteur, on dispose d'une méthode de mesure d'activité idéale. Cela suppose notamment que l'angle solide de détection soit de 4π et que le seuil de détection en énergie soit le plus bas possible. Le LNHB travaille actuellement sur des bolomètres qui peuvent répondre à ces deux impératifs. Le détecteur présente une cible amovible dans laquelle la source est incluse. Le rayonnement résultant de

chaque désintégration est absorbé dans la cible du détecteur. Cet événement s'accompagne d'une faible élévation de température qui est mesurée avec une grande sensibilité par un thermomètre ou senseur magnétique placé dans un champ magnétique. Celui-ci est constitué d'une matrice métallique dans laquelle sont dilués des ions paramagnétiques. La variation de magnétisation, dû à une élévation de température du détecteur, est détectée de façon extrêmement sensible par un magnétomètre basé sur un principe quantique (SQUID). Le LNHB a démontré qu'un tel détecteur donne accès à un rendement de détection supérieur à 99 % pour des photons et des électrons sur deux ordres de grandeur en énergie (60 eV à 6 keV), soit un seuil de détection plus faible de plus de un ordre de grandeur par rapport aux détecteurs classiques.

L'application des bolomètres magnétiques en métrologie des rayonnements ionisants nécessite de disposer d'un traitement du signal basé sur la physique du détecteur et appliqué avec rigueur. En effet les données traitées donneront accès à des informations jusque là inexplorées telles que des probabilités d'émission de photons ou d'électrons de basse énergie qui ne pourront pas être confrontées à d'autres données expérimentales.

Le candidat aura comme premier objectif l'apprentissage des techniques de traitement du signal basées sur une approche bayésienne développées au LETS, pour les mettre en pratique dans le traitement des données acquises avec un bolomètre prototype conçu au LNHB pour la mesure d'activité. Une très grande interactivité sera demandée au candidat en particulier avec le concepteur du bolomètre. Le candidat aura pour mission de traiter rapidement les données acquises à la suite de chaque série de mesures. L'analyse des données permettra au concepteur d'optimiser le détecteur. Le candidat aura à intégrer les paramètres physiques de chaque nouveau détecteur pour affiner son modèle et traiter les nouvelles données de la façon la plus pertinente. (5 mois)

L'exigence sur la détermination de l'activité est d'atteindre une exactitude sur la mesure du nombre de désintégrations inférieure à 0,5 %. Ceci implique d'appliquer une technique de correction des pertes éventuelles de comptage dues à la réponse du détecteur ou de l'électronique. Le candidat aura à comprendre le principe de cette technique de gestion des temps morts développée au LNHB et aura comme objectif d'écrire un module numérique permettant une correction de ces pertes de comptage (1 mois).

Le candidat aura pour deuxième objectif la programmation d'une nouvelle carte d'acquisition des données, plus rapide et d'une meilleure résolution que celle utilisée jusqu'à présent. Le programme d'interface devra permettre un traitement numérique simplifié en ligne, une visualisation des spectres en énergie et des densités spectrales de bruit ainsi que des graphes permettant une caractérisation rapide du fonctionnement du détecteur. (2 à 3 mois)

Le troisième objectif du candidat sera le développement d'un traitement du signal adapté à la spectrométrie de photons avec un bolomètre. L'exigence est de couvrir deux ordres de grandeurs en énergie et d'atteindre une résolution en énergie de l'ordre de 1/1000. L'analyse des données traitées se fera en étroite collaboration avec le concepteur du détecteur. (4 mois)

Enfin le candidat aura pour objectif le développement d'un traitement du signal spécifique à la spectrométrie d'électrons où l'exigence est de couvrir 3 ordres de grandeurs en énergie avec la difficulté de rechercher des événements en limite du niveau de bruit. (5 à 6 mois)

Ce sujet requière un candidat ayant des compétences solides en traitement du signal des rayonnements ionisants ainsi que des bonnes connaissances sur les processus d'interaction rayonnement matière. L'envie du travail en équipe et un très bon sens de la communication sont nécessaires en particulier pour favoriser les discussions avec les concepteurs des détecteurs, non spécialistes du traitement du signal. Une facilité à écrire un article scientifique et à présenter avec aisance des résultats devant une communauté scientifique seront appréciées car le travail réalisé pourra conduire à plusieurs publications.

5 - Collaborations (éventuelles) prévues

Laboratoire : **DRT/DETECS/STM/LETS**

Organisme : **CEA**

Responsable : **Eric Barat**

Raison de la collaboration : Apprentissage des techniques de traitement du signal innovantes développées par ce laboratoire

Duree : **12 mois**

Laboratoire : **Kirchhoff-Institut für Physik**

Organisme : **Université de Heidelberg**

Responsable : **Andreas Fleischmann**

Raison de la collaboration : Intégration au traitement du signal des connaissances fines sur le modèle physique du détecteur

Duree : **3 mois**

6 - Partenariat(s) industriels prévu(s) (éventuellement)

Laboratoire :

Organisme :

Responsable :

Raison de la collaboration :

Duree :

7 - Correspondant chargé du suivi du post-doctorant au CEA

Nom : **LEBLANC** Prénom : **Elvire**

Adresse : **CEA/Saclay, LNHB - Bât.602 - Pièce 121, 91191 Gif sur Yvette Cedex**

Téléphone : **01 69 08 23 32** Télécopie : **01 69 08 26 19** @mail : **elvire.leblanc@cea.fr**

Doctorat : Habilitation à diriger des recherches : **Non**

Organisme de rattachement : **CEA**