

Développement d'outils d'analyse par apprentissage automatique pour la spectrométrie gamma dédiée à la mesure de terrain

Contexte

L'analyse par spectrométrie gamma est une technique classique utilisée pour l'identification et la quantification de radionucléides dans une source radioactive. Le spectre mesuré est généralement constitué de pics d'absorption totale qui se superposent à un fond continu dû à la diffusion Compton dans le détecteur et son environnement. En métrologie de la radioactivité, la spectrométrie gamma est appliquée par un expert à l'aide de méthodes de déconvolution des pics d'absorption totale sans utiliser l'information donnée par le spectre entier comprenant le fond Compton. Ces techniques ne sont pas adaptées à l'identification automatique pour des mesures de terrain par des non-experts ou la détection d'anomalies dans le bruit de fond naturel à faible statistique. Des approches algorithmiques spécifiques sont donc nécessaires pour répondre à des besoins allant des mesures dans l'environnement au démantèlement des installations nucléaires ou encore pour la sécurité aux frontières contre le trafic illicite de matières nucléaires.

Le Laboratoire national Henri Becquerel (LNHB) situé au CEA/Saclay est le laboratoire national de métrologie pour le développement et le maintien des références françaises dans le domaine des rayonnements ionisants. Dans ce contexte, le laboratoire est impliqué depuis quelques années dans le développement d'un outil d'analyse automatique des spectres gamma à faible statistique selon une approche métrologique pouvant être appliqué avec des détecteurs scintillateurs (NaI(Tl), plastiques). Cette approche est fondée sur la technique du démélange spectral en utilisant l'information provenant de l'ensemble du spectre mesuré. Cette technique nécessite la construction d'une bibliothèque de spectres caractéristiques (signatures spectrales) pour chaque radionucléide à identifier. Les premiers résultats ont permis de montrer la robustesse de l'approche pour la prise de décision automatique, l'estimation des comptages des émetteurs gamma identifiés et des incertitudes associées.

Objectifs

Les méthodes actuelles utilisent des bibliothèques de signatures spectrales fixées. En conséquence, la robustesse de l'identification est en général limitée par la variabilité des conditions de mesures sur le terrain en raison de la déformation des spectres due notamment aux phénomènes d'atténuation ou de diffusion autour d'une source radioactive. Une solution à ce problème est l'estimation conjointe de la bibliothèque pour les mesures de terrain. L'objectif de la thèse sera le développement de nouvelles méthodes de démélange spectral permettant la prise en compte automatique de ces déformations de spectres. Dans un premier temps, une solution mathématique optimale sera développée grâce à la mise en œuvre de techniques d'apprentissage automatique pour l'estimation conjointe de la bibliothèque de signatures spectrales. Dans un second temps, cette solution sera adaptée de façon à être implémentable dans un circuit numérique intégré dans un dispositif de détection portable. Le futur thésard sera également associé à l'élaboration de la bibliothèque de signatures spectrales par simulation interactions rayonnement-matière (Geant4, Penelope, MCNP) pour l'apprentissage de l'algorithme de démélange spectral.

Le développement algorithmique se fera en collaboration avec le Laboratoire d'ingénierie logicielle pour les applications scientifiques (LILAS) au sein du CEA/DRF. L'implémentation spécifique de l'algorithme dans un dispositif portable de spectrométrie gamma sera effectuée dans le cadre du laboratoire commun avec la société industrielle BERTIN Technologies.

Profil du candidat

Le candidat (titulaire d'un Master recherche ou d'un diplôme d'ingénieur) devra avoir des compétences en traitement du signal (problème inverse, estimation, statistiques) et en apprentissage automatique. Au cours de la thèse, il aura à intégrer les problématiques classiques de la spectrométrie gamma et de la simulation interactions rayonnement-matière à l'aide de codes Monte-Carlo.

Nature du financement

CIFRE

Date limite de candidature

Septembre 2021

Encadrant CEA : C. Bobin – CEA/DRT/DM2I/LNHB (christophe.bobin@cea.fr)

Directeur de thèse : J. Bobin - CEA/DRF/IRFU/LILAS (jerome.bobin@cea.fr)

Encadrant Bertin Technologies : A. Ferragut (alain.ferragut@bertin.fr)