

Nouvelle méthode d'analyse globale de spectres pour la mesure aéroportée en temps-réel

Charles-Philippe Mano

CEA/DAM

charlesphilippe.mano@cea.fr

Le CEA/DAM développe et utilise des détecteurs embarqués sur hélicoptère pour réaliser des mesures par spectrométrie gamma au bénéfice de différents opérateurs (Figure 1). Ce système permet la réalisation de cartographies radiologiques, la surveillance de sites, ainsi que la détection et de l'identification de radionucléides émetteurs gamma.

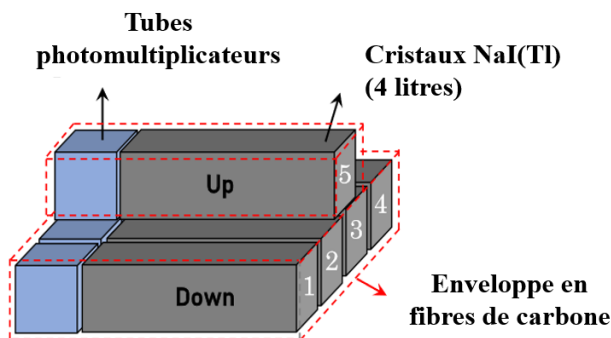


Fig.1. A gauche : Système HELINUC embarquant deux détecteurs NaI(Tl) 4x4 L (RSX-5 de chez Radiation Solutions Inc)

À droite : Schéma du détecteur RSX-5 embarqué sur le système HELINUC.

Un tel système est notamment prévu pour pouvoir être utilisé en soutien des autorités en situation post-accidentelle nucléaire. La sensibilité de ce système de mesure, ainsi que sa capacité à parcourir de grandes distances en un temps réduit constituent des atouts particulièrement intéressants dans un contexte de crise. Ce système permet par ailleurs la surveillance radiologique de l'environnement.

En ce sens, les méthodes permettant l'amélioration des analyses de spectres en temps réel constituent un domaine de recherche actif pour le CEA/DAM. Notamment, un nouvel algorithme appelé « démelangeur spectral » est à l'étude [1][2]. Ce nouvel algorithme se base sur une bibliothèque de spectres de référence pour estimer les proportions des radionucléides présents dans un spectre expérimental. Cette bibliothèque de référence est construite par simulation Monte-Carlo en simulant la réponse du détecteur pour chaque radionucléide recherché. Cet algorithme présente l'avantage d'utiliser toute l'information du spectre et non pas uniquement les pics d'absorption totale, permettant d'obtenir une meilleure sensibilité.

Cette méthode a déjà été confrontée à des algorithmes de référence utilisés pour la mesure embarquée, mais également à des analyses « expertes » (opérateur + Génie2000®), dans différentes configurations. La justesse de la méthode a été démontrée. Elle permet une amélioration des incertitudes grâce à l'utilisation d'une

statistique plus importante ; enfin, une diminution notable des seuils de décision et des limites de détection a été mise en avant ([3], Tableau 1). À titre d'exemple, le tableau présente les résultats de trois méthodes dans une configuration de mesure simplifiée où une source ponctuelle de ^{137}Cs est placée à différentes distances du détecteur. Le démélangeur est comparé à l'algorithme de référence et à une analyse par un opérateur « expert » avec Genie2000. On constate que la source est détectée systématiquement avec le démélangeur (au seuil de faux négatif près).

Nombre de fois où la source de ^{137}Cs a été détectée			
Distance source-détecteur	Genie2000® + opérateur	Algorithme de référence	Démélangeur spectral
2 m	54/62	23/62	62/62
3 m	35/63	12/63	63/63
3.5 m	26/64	12/64	60/64

Tableau 1. Exemple d'une comparaison du démélangeur avec un algorithme de référence et une analyse « expert » (Genie2000®). Dans cette configuration, une source de ^{137}Cs de 10 kBq est placée à différentes distances du détecteur RSX-5. Cette configuration permet de tester le démélangeur sans variations des spectres de référence en bibliothèque dues au changement d'environnement. Pour chaque distance, une soixantaine de spectres d'une seconde est analysée (environ 4000 coups par spectre). La prise de décision est réalisée avec des risques de faux positifs et faux négatifs égaux à 5%.

L'application de ce nouvel algorithme au système HELINUC pour un exercice de détection de sources radioactives sera présentée. Les résultats montrent une meilleure sensibilité en comparaison des méthodes de référence actuellement utilisées.

Les travaux récents portent sur l'estimation de la variabilité de la bibliothèque de référence. En effet, pour des mesures aéroportées, l'atténuation peut être très variable ainsi que la composition de la radioactivité naturelle du sol. La prise en compte de cette variabilité permet ainsi d'améliorer l'estimation des activités des radionucléides présents en base de données.

[1] H. Paradis, C. Bobin, J. Bobin, J. Bouchard, V. Lourenço, C. Thiam, R. André, L. Ferreux, A. de Vismes Ott, M. Thévenin, Spectral unmixing applied to fast identification of γ -emitting radionuclides using NaI(Tl) detectors, Applied Radiation and Isotopes, Volume 158, 2020, 109068, ISSN 0969-8043, <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2020.109068>.

[2] R. André, C. Bobin, J. Bobin, J. Xu, A. de Vismes Ott. Metrological approach of γ -emitting radionuclides identification at low statistics: application of sparse spectral unmixing to scintillation detectors. Metrologia, 2021, 58 (1), pp.015011. (10.1088/1681-7575/abcc06). (hal-04665802)

[3] C.P. Mano, C. Chapelle, A. Der Mesrobian Kabakian, P. Gross, H. Paradis, O. Delaune, L. Patryl, Algorithm development for low level radionuclides 2D spectra analysis: A first case of study using spectral unmixing for a β - γ detector, Applied Radiation and Isotopes, Volume 203, 2024, 111079, ISSN 0969-8043, <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2023.111079>.