

Mesure par spectrométrie gamma en coïncidence

PARADIS Hugues¹, DE VISMES OTT Anne¹, CAGNAT Xavier¹,
GURRIARAN Rodolfo¹, PIQUEMAL Fabrice²

¹IRSN, ²CENBG

Dans le cadre de la mission de surveillance radiologique de l'environnement de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), le Laboratoire de Mesure de la Radioactivité dans l'Environnement (LMRE) réalise la mesure de la concentration en activité dans différentes matrices environnementales. Il s'agit de matrices biologiques (mousses aquatiques, algues, poissons, ...), de sols, d'eaux ou encore de filtres d'aérosols.

Les radionucléides artificiels recherchés sont parfois en faible proportion par rapport à certains radionucléides naturels : le potassium 40 dans les matrices biologiques ou encore les descendants particuliers du radon dans les filtres d'aérosols. L'important fond Compton induit dans le spectre gamma complique la détermination des radionucléides présents au niveau trace. Pour diminuer ce fond Compton, le laboratoire est équipé d'un système composé d'un détecteur germanium coaxial entouré d'un scintillateur NaI. Le système dit « anti-Compton » supprime tous les événements détectés simultanément dans le germanium et dans le NaI car il s'agit d'un photon diffusé par effet Compton. Ce système, utilisé en routine au laboratoire, possède en revanche une limitation intrinsèque : son spectre anti-Compton ne peut être utilisé que pour des émissions gamma sans coïncidence.

L'objectif du travail présenté est d'utiliser ce système anti-Compton de manière novatrice, à savoir, en coïncidence : les deux photons émis en coïncidence par un radionucléide sont alors détectés par chacun des deux détecteurs NaI et Ge. Le système est piloté par une électronique numérique multiparamétrique qui permet de travailler en mode liste, c'est-à-dire d'enregistrer tous les événements vus par les détecteurs avec une information temporelle dans un fichier texte. Un algorithme d'analyse a été développé pour identifier à partir de ce fichier les événements en coïncidence et construire des spectres et matrices de coïncidence. En spectrométrie classique, un émetteur gamma est identifié grâce aux pics de ses émissions gamma. Pour la spectrométrie en coïncidence deux solutions sont envisageables : le spectre en coïncidence et la matrice de coïncidences. Le spectre en coïncidence d'un détecteur contient tous les événements pour lesquels il y a eu un événement dans l'autre détecteur. Pour la matrice, le dépôt d'énergie dans un détecteur est tracé en fonction du dépôt d'énergie dans l'autre détecteur. Cette représentation permet d'avoir des empreintes caractéristiques pour chaque émetteur en coïncidence, par exemple, le ⁶⁰Co aura deux empreintes dans la matrices au niveau des éléments (1173, 1332) et (1332, 1173) car il émet deux photons gamma de 1173 keV et 1332 keV. L'algorithme d'analyse va déterminer le nombre d'évènements dans les empreintes et grâce à un étalonnage évaluer l'activité de l'échantillon.

L'étalonnage est réalisé avec des sources étalons contenant des émetteurs en coïncidence (⁶⁰Co, ⁸⁸Y) et par simulation Monte Carlo. La validation du modèle Monte Carlo avec des émetteurs présents en source étalon permet d'étendre la simulation aux autres émetteurs qui ne sont pas disponibles en source étalon standard.

Ce système est utilisable pour tous les émetteurs gamma (en coïncidence ou non), pour une seule mesure, le mode liste permet de reconstruire :

- Un spectre germanium classique
- Un spectre en anti-coïncidence (utilisable pour les émetteurs gamma simple, avec réduction du fond cosmique et du fond Compton)
- Un spectre en coïncidence
- Une matrice de coïncidence

La mesure d'une série d'échantillons a permis de valider la méthode pour la mesure du ^{60}Co dans les échantillons environnementaux contenant une forte concentration d'activité en ^{40}K :

- Les activités calculées avec la spectrométrie en coïncidence sont en très bon accord avec les activités mesurées en spectrométrie classique.
- Les limites de détections sont diminuées d'un facteur dix en moyenne sur les échantillons mesurés.
- Les incertitudes de mesure sont améliorées.
- Les coefficients d'étalonnage obtenus par la simulation de Monte Carlo avec le code MCNP_CP sont en parfait accord avec les coefficients obtenus grâce à des sources étalons.

La méthode ainsi validée va être étendue à la mesure d'autres radionucléides tels que ^{134}Cs , $^{108\text{m}}\text{Ag}$, etc. pour lesquels l'étalonnage sera fait par simulation Monte Carlo.

Cette nouvelle utilisation du système anti-Compton permet, par exemple de poursuivre la chronique du ^{60}Co dans les bio-indicateurs tels que les mollusques dans le compartiment marin.