

APPLICATION DE LA MODELISATION MONTE CARLO GEANT4 A UN SYSTEME DE DETECTION A TROIS PHOTOMULTIPLICATEURS UTILISE EN METROLOGIE PRIMAIRE DE L'ACTIVITE

Cheick Thiam, Christophe Bobin, Bruno Chauvenet, Jacques Bouchard

CEA, List, Laboratoire National Henri Becquerel (LNE-LNHB), Bâtiment 602 PC111,
CEA-Saclay, F-91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

cheick.thiam@cea.fr

En tant que laboratoire national de référence pour la métrologie des rayonnements ionisants, le LNHB dispose d'installations pour lesquelles il développe des méthodes de mesure de l'activité adaptées à la diversité des schémas de désintégration des radionucléides. La méthode RCTD (Rapport des Coïncidences Triples à Doubles), fondée sur la scintillation liquide, est largement dédiée à l'étalonnage de radionucléides émetteurs β et capture électronique. Le dispositif de mesure est basé sur une instrumentation spécifique composée de trois photomultiplicateurs (PMTs) placés autour d'une chambre optique dans laquelle est positionné un flacon contenant le mélange de la solution radioactive avec un liquide scintillant (figure 1). L'activité est déterminée à partir des comptages de coïncidences doubles et triples entre les PMTs et d'un modèle statistique de l'émission de lumière permettant d'établir une relation entre l'efficacité de détection (rendement des coïncidences doubles) et la valeur *RCTD* expérimentale. Le même compteur à scintillation liquide peut être utilisé en voie β d'une instrumentation associant deux détecteurs (avec l'ajout d'un détecteur NaI ou HPGe dédié à la voie γ) pour la mesure en coïncidences $4\pi\beta-\gamma$ (méthode primaire dédiée notamment à la mesure de radionucléides émetteurs $\beta - \gamma$).

Comme alternative à l'approche statistique de l'émission de lumière (largement utilisée dans les laboratoires nationaux de métrologie pour la méthode RCTD), un modèle stochastique obtenu à partir d'une modélisation complète du compteur a été développée au LNHB avec le code Geant4 (figure 2). Ce modèle, décrit au cours de cette présentation, permet prendre en compte les processus optiques non considérés dans le modèle statistique. A savoir : la création de lumière (par scintillation et par effet Cerenkov), les processus de réfraction et de réflexion aux interfaces dans la chambre optique, la propagation des photons dans le compteur jusqu'à la production de photoélectrons dans les PMTs [1].

Ce nouveau modèle RCTD-Geant4 a permis de confirmer l'existence de coïncidences dues à la production de photons Cerenkov par les électrons issus de la diffusion Compton dans les faces d'entrée des PMTs. Ce comptage « parasite » peut notamment conduire à un biais significatif, de l'ordre de 1 à 2 % comme observé dans le cadre de la mesure de ^{54}Mn , dont le schéma de désintégration se résume à une capture électronique suivie d'une émission de photons γ à 835 keV, avec une instrumentation de mesure en coïncidences $4\pi\beta-\gamma$ utilisant le compteur RCTD pour la voie β . Appliquée à la méthode RCTD, la modélisation a aussi montré que le calcul des coïncidences doubles et triples avec le modèle statistique est fondé sur un prérequis d'indépendance stochastique entre les PMTs. En particulier, ce prérequis d'indépendance ne peut être ignoré pour la mesure d'activité de radionucléides émetteurs de basses énergies tel que ^3H (émetteur β , $E_{\text{max}} \sim 18,6$ keV) [2].

Le modèle RCTD-Geant4 a également permis le développement d'une nouvelle technique de mesure primaire utilisant l'effet Cerenkov comme alternative à la scintillation liquide; un des avantages de la technique RCTD-Cerenkov est la mesure directe de l'activité en solution aqueuse. Cette technique a été validée pour des radionucléides émetteurs β tels que ^{90}Y , ^{89}Sr , et ^{11}C (radio-pharmaceutique à durée de vie courte, $T_{1/2} \sim 20$ min) [3].

Références

[1] Appl. Radiat. Isot., Volume 68, Issues 7–8, July–August 2010, Pages 1515-1518.

[2] Appl. Radiat. Isot., Volume 70, Issue 4, April 2012, Pages 770-780.

[3] Appl. Radiat. Isot., Volume 68, Issue 12, December 2010, Pages 2366-2371.

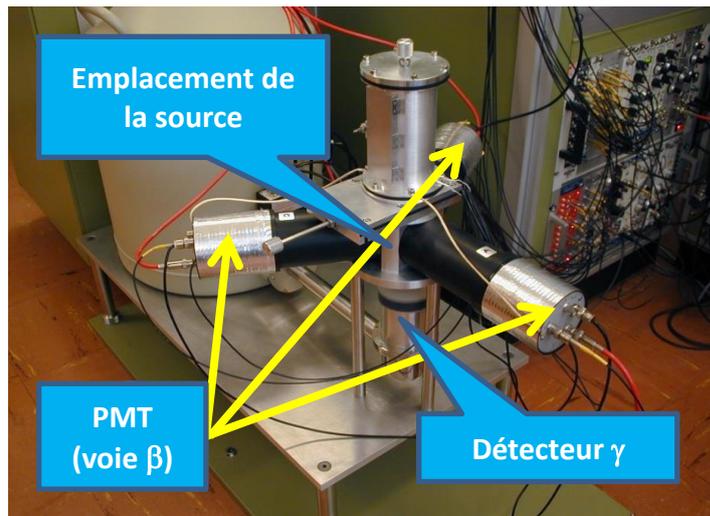


Figure 1. Système de détection dédié à la méthode des coïncidences (avec le compteur RCTD en voie β).

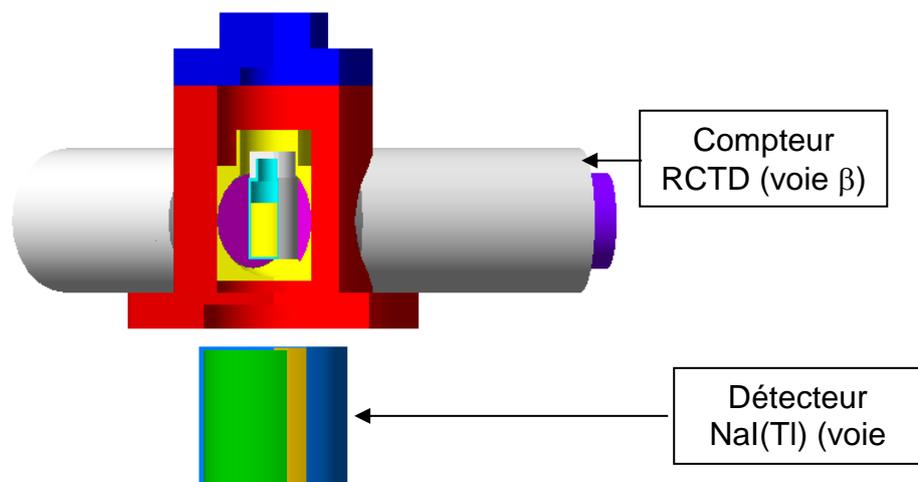


Figure 2. Compteur RCTD et détecteur γ implémentés dans Geant4.