

CODE DE CALCULS BRT_MC
Bernard Rottner (Société Onectra)

1. APPLICATIONS

Quantification d'activité in-situ (tuyauteries, cuves,...),
Evaluation d'activité dans les déchets,
Calculs de débits de dose (ou d'équivalent de dose),
Dimensionnement de systèmes de mesure.

2. DESCRIPTION

Le code BRT_MC, développé par ONECTRA, permet de calculer la diffusion du rayonnement gamma dans la matière.

Il prend en compte des géométries définies par l'opérateur à partir de volumes simples (sphère, cylindre, cône, parallélépipède) dont les dimensions, compositions, densités, positions et orientations respectives sont choisies sans restriction par l'utilisateur. Il simule une énergie d'émission à la fois. Des calculs enchaînant de manière automatique plusieurs énergies sont possibles.

L'un des volumes est la source, un autre le détecteur ; d'autres volumes peuvent être définis : paroi de la source, obstacle, collimateur autour du détecteur.

Il faut noter que, contrairement à la plupart des codes de calcul disponibles, l'aspect volumique du détecteur est pris en compte dans le calcul, ce qui améliore considérablement la précision lorsque le détecteur est proche de la source (distance comparable aux dimensions de la source ou plus faible), cas fréquent dans la pratique.

BRT_MC propose 2 modes de calcul :

- Mode IEF (intégration par éléments finis) permettant de calculer une sensibilité globale du détecteur, rapport du nombre d'interactions dans le détecteur produites par le rayonnement direct au nombre total de photons émis dans la source. La sensibilité dans l'aire nette du pic est évaluée à partir de la sensibilité globale et d'un rapport pic/total évalué expérimentalement à partir d'une source étalon ou par calcul en mode MC.

Ce mode permet de calculer des fonctions de transfert, transformant un étalonnage réalisé à l'aide d'une source étalon ponctuelle en un étalonnage pour la géométrie exacte de mesure prenant en compte le volume de la source

et du détecteur, leurs positions respectives, et les diverses atténuations subies par le rayonnement.

- Mode MC (Monte Carlo) moins rapide que le mode IEF mais permettant de calculer le spectre en détail, c'est à dire aussi bien la sensibilité du détecteur dans le pic, que celle dans n'importe quelle bande d'énergie, et en prenant en compte le rayonnement direct et le rayonnement diffusé. Ce mode peut également être utilisé pour calculer des débits de dose (ou d'équivalent de dose) dans des situations qu'appréhendent mal les codes fonctionnant en ligne droite : par exemple, dans les cas où les réflexions ou l'effet de ciel sont prépondérants.

Ce mode permet de réaliser les mêmes calculs qu'en mode IEF et peut, de plus, permettre un étalonnage entièrement numérique (en mode IEF, on se raccorde à un étalonnage source ponctuelle, en mode MC, on n'en a pas besoin).

Ce mode sera également utilisé lorsque l'on veut exploiter la partie dégradée du spectre, dégradé pouvant renseigner sur une profondeur de contamination et/ou la distribution d'activité dans un objet massif.

3. VALIDATION

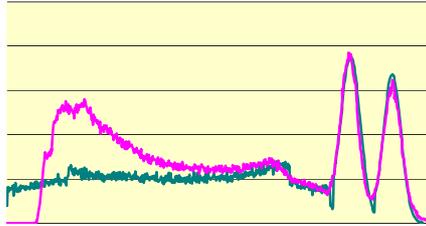
3.1. Généralités

Les essais et vérifications du code BRT_MC font l'objet du rapport de qualification référence 2612 NT 02 010. Les vérifications ont été les suivantes :

- Vérification de chacun des modules logiciels constituant le code,
- Vérifications des résultats du code face à diverses situations calculables analytiquement (ou à l'aide d'une table Excel simple), vérifications effectuées sur un éventail de situations suffisamment large pour couvrir toutes les possibilités de la modélisation,
- Confrontation à des essais réels, avec sources étalon.

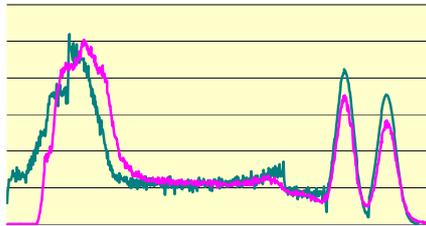
3.2. Exemples

Pour illustrer la performance du mode MC (le mode IEF est plus classique, et les résultats de BRT_MC ont été validés dans de nombreuses situations différentes), voici la comparaison entre le calcul BRT_MC (en vert) et la mesure (en mauve) pour une source de ^{60}Co nue approchée à 50 cm d'un scintillateur NaI de 3" x 3" :



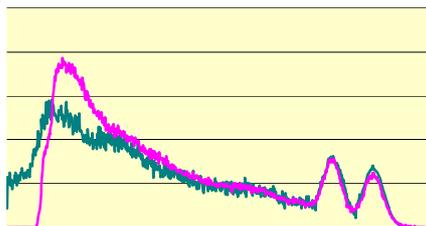
A faible énergie, la mesure est plus forte que le calcul à cause de l'ambiance gamma et des multiples réflexions dans le local où la mesure a été effectuée.

Lorsque l'on place **derrière** la source un écran d'acier, les réflexions sur l'acier produisent un pic large aux basses énergies :



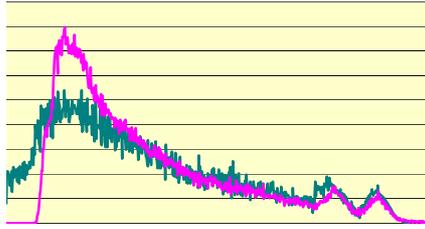
Le code BRT_MC appréhende avec précision le phénomène de réflexion. Les codes fonctionnant en ligne droite sont, par définition, incapables d'estimer ce phénomène.

Otons cet écran arrière et interposons maintenant un écran de 2 cm d'acier entre la source et le détecteur :



L'atténuation est bien prise en compte (hauteur des pics), comme dans tous les codes gamma ; de plus, la forme et la hauteur du spectre aux énergies inférieures à celles des pics sont parfaitement rendues.

Augmentons l'épaisseur de l'écran à 6 cm :



Les pics ont pratiquement disparu du fait de l'atténuation mais on reste dans le domaine de validité de BRT_MC : l'atténuation et la forme du spectre sont très bien appréhendées par BRT_MC.