

ETUDE PAR RPE DE LA REPONSE DE DIFFERENTS MATERIAUX EN CHAMP MIXTE (γ, n), APPLICATION A LA RECONSTITUTION DOSIMETRIQUE D'ACCIDENT

M.L. Hervé¹, F. Trompier¹, D. Tikunov^{1,2}, I. Clairand¹, J.F. Bottollier-Depois¹

¹ Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, F-92262 Fontenay aux roses,
² Centre de Recherche Médicale et Radiologique, Obninsk 249020, Russie

La reconstitution de la dose par spectrométrie RPE, basée sur des matériaux issus de la victime (dent, tissu osseux, etc.) ou de son environnement (sucre dans une poche, médicament, etc.), a déjà été utilisée avec succès lors d'accidents radiologiques dus à une exposition aux photons ou aux électrons. Une exposition accidentelle peut également se produire avec une composante neutronique comme ce fut le cas par exemple lors de l'accident de criticité de Tokai Mura en 1999. Peu de publications sont dédiées à l'étude de la réponse aux neutrons de matériaux fournissant un signal RPE, et celles-ci concernent principalement l'émail dentaire. Par ailleurs, pour les matériaux biologiques tels que l'émail dentaire ou les tissus osseux, la nature invasive du prélèvement limite le champ d'application de cette technique. D'autres matériaux recueillis à proximité de la victime peuvent également être utilisés, comme les saccharides ou les dérivés de saccharides.

Dans ce contexte, différents types de saccharide ou de dérivés de saccharide (glucose, galactose, fructose, mannose, lactose, saccharose, acide ascorbique et sorbitol) ont été étudiés afin de déterminer les matériaux permettant d'estimer les niveaux d'exposition en champ mixte (n, γ).

La dose en certains points, obtenue par spectrométrie RPE, par exemple au niveau d'une dent, d'un échantillon d'os ou d'un matériau présent dans la poche de la victime, n'est pas une donnée suffisante pour déterminer la distribution de la dose dans l'organisme. Ainsi, dans la deuxième partie de ce travail, un ensemble de facteurs de conversion de dose a été déterminé permettant, à partir d'un ensemble de situations types simulées par un code de calcul Monte Carlo, d'estimer la dose corps entier ou aux organes à partir d'un ou de plusieurs points de mesure RPE (sucres, dents, os).

Caractérisation dosimétrique des matériaux de l'étude

Les matériaux étudiés ont été utilisés sous forme de poudre. La variation du signal avec le temps après irradiation, la réponse en fonction de la dose et la sensibilité aux photons de ces matériaux ont été étudiés en réalisant des irradiations auprès d'une source de cobalt 60. La réponse en énergie aux photons a été déterminée à l'aide d'une source de cobalt 60 ($E_{\text{moy}}=1,25$ MeV) et d'un générateur X (45 keV à 208 keV) pour une même dose de 3 Gy. La sensibilité aux neutrons de chaque matériau a quant à elle été évaluée en réalisant des irradiations auprès d'un réacteur expérimental SILENE (CEA – Valduc) produisant un champ mixte de neutrons et de photons. La sensibilité relative aux neutrons a été estimée entre 12% et 43% selon le matériau (figure 1). La sensibilité aux neutrons des matériaux étudiés est suffisamment importante pour être utilisée dans le cadre de la dosimétrie neutron, à l'exception toutefois de l'acide ascorbique. Ces matériaux peuvent donc être utilisés en tant que dosimètre d'urgence lors d'accidents dus à un champ mixte (neutrons, photons), en l'absence d'autres techniques pour estimer la dose due aux neutrons et aux photons.

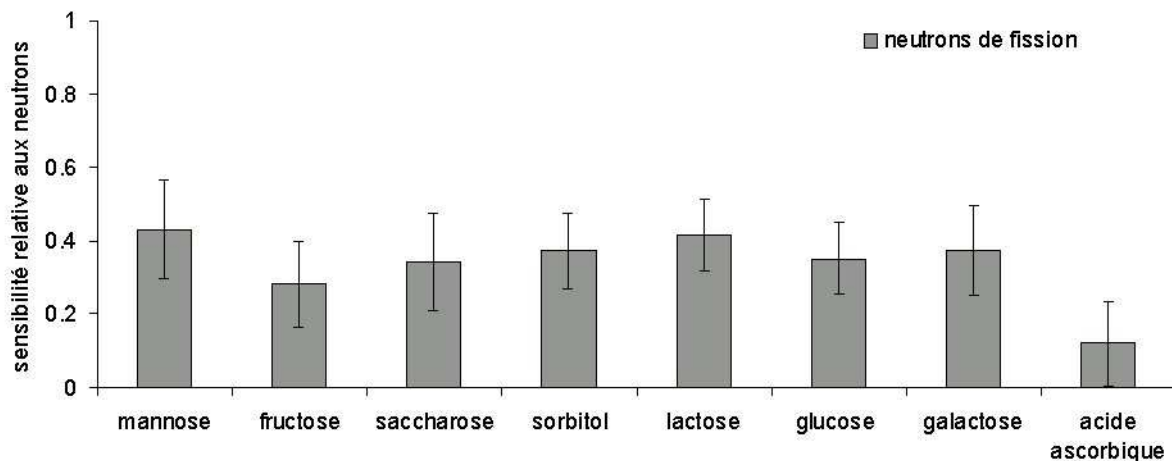


Figure 1 : Sensibilité relative aux neutrons des matériaux de l'étude

Relation entre la dose en un point de mesure par RPE et la dose au corps entier et aux organes pour certaines configurations d'irradiation

Il est difficile à partir d'un point unique de mesure d'évaluer la dose absorbée par l'organisme de la victime. Les outils de calculs Monte Carlo permettent de calculer une distribution de dose relative associée à une topologie d'accident, la durée d'exposition étant dans la plupart des cas mal connue. L'utilisation conjointe des outils de calculs et des mesures de dose par RPE permet ainsi d'estimer la distribution de dose dans l'organisme. Généralement, une première estimation des doses mesurées par RPE peut être réalisée dans un délai de quelques heures. La mise en œuvre des outils de calcul s'avère plus longue, mais l'expérience montre qu'un certain nombre de géométries types permet de couvrir un nombre important de situations accidentelles et ainsi de réaliser rapidement une première estimation. Un outil, basé sur l'association d'un fantôme anthropomorphe mathématique standard (figure 2) et du code de calcul Monte Carlo MCNP, a été développé afin de déterminer, pour certaines configurations d'irradiation la dose aux organes et au corps entier au moyen de coefficients de passage.

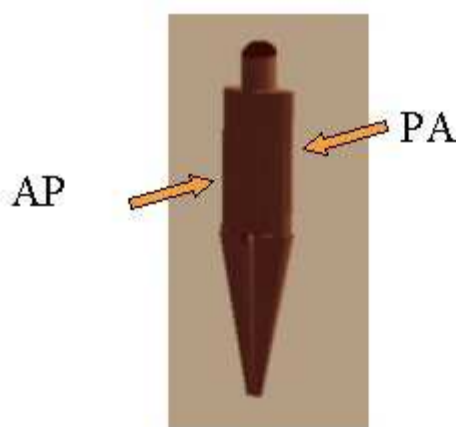


Figure 2 : Représentation du fantôme mathématique anthropomorphe. Exemple de direction du rayonnement : AP (flux parallèle antérieur) PA (flux parallèle postérieur)

La tête du fantôme mathématique standard a été modifiée afin de contenir une mâchoire et une dentition. Par ailleurs, les configurations d'irradiation ont été définies selon les configurations standard de l'ISO (flux parallèle antérieur, postérieur, latéral) et pour des situations représentatives d'accident à savoir : source dans une poche ou dans une main et plancher contaminé. Les coefficients de passage ont été déterminés pour une exposition photonique, neutronique et à un champ mixte (n, γ) pour des énergies monocinétiques comprises entre 10 keV et 10 MeV pour les photons et entre 1×10^{-9} et 180 MeV pour les neutrons ainsi que pour les spectres en énergie des sources les plus répandues ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{192}Ir , ^{252}Cf , AmBe et fission. Les tables de données correspondant à ces configurations seront présentées et discutées.