

Développement d'un détecteur de faible volume pour la dosimétrie photon au poste de travail.

C. Villagrasa, J. Darréon, L. Donadille¹

J. Colin, J.-M. Fontbonne, D. Cussol, M. Labalme²

¹IRSN - Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, BP17, 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex

²Laboratoire de Physique Corpusculaire de Caen, 6 Boulevard Maréchal Juin, 14050 Caen

Contexte et Objectifs du projet IRSN:

La dose efficace E est la grandeur dosimétrique de référence pour évaluer le risque radiologique encouru par une personne exposée aux rayonnements ionisants. Elle est définie comme :

$$E = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R}$$

avec :

w_T le facteur de pondération qui tient compte de la radiosensibilité du tissu T
 w_R le facteur de pondération traduisant la nocivité du rayonnement R
 $D_{T,R}$ la dose absorbée dans l'organe

La limite légale pour les travailleurs exposés est de $E = 20$ mSv.

L'évaluation de la dose efficace nécessitant la connaissance des doses aux organes, elle n'est pas directement mesurable et des estimateurs ont été définis [1] :

Un estimateur de la dose efficace est l'équivalent de dose individuel

$$H_p(10)$$

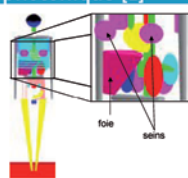
Mesuré avec les dosimètres personnels portés à la poitrine



L'objectif du projet développé au Laboratoire de dosimétrie des rayonnements ionisants (LDRI) de l'IRSN est la construction d'un fantôme anthropomorphe instrumenté afin d'évaluer directement la dose efficace E au poste de travail

Des détecteurs de faible volume seront placés à l'intérieur du fantôme afin de déterminer les doses moyennes aux organes. Le développement de ces détecteurs est l'objectif de la collaboration du LDRI (IRSN) avec le LPC de Caen (IN2P3, CNRS)

1^{ère} étape : Etude numérique de faisabilité en champ photonique [2]

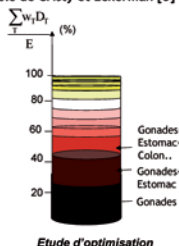


Objectif : Déterminer le nombre, les caractéristiques et les positions des détecteurs à placer dans le fantôme anthropomorphe afin d'évaluer E à $\pm 20\%$

Méthode : Le Code de transport Monte Carlo MCNPX2.5f [3] a été utilisé pour simuler les interactions des photons dans le fantôme [4]. Le fantôme est décrit à partir des équations mathématiques du modèle de Cristy et Eckerman [5]

Les positions de détection ont été déterminées à partir de l'étude de la distribution d'énergie déposée dans les organes pour des photons de 40 keV à 4 MeV. Pour des irradiations standard et configurations plus réalistes, des positions de détection communes ont été trouvées. Ces positions sont représentatives de l'organe complet car l'énergie déposée en ce point représente l'énergie moyenne à l'organe à $\pm 30\%$.

Une étude d'optimisation a permis de déterminer les organes contribuant pour 90% de la dose efficace E . Après normalisation des facteurs de pondération w_T ($w_R=1$ pour les photons) la dose efficace E peut être évaluée à $\pm 20\%$ avec 24 positions de détection.



Cahier des charges du système de détection

Le système de détection à placer dans le fantôme doit être composé de 24 détecteurs pour les photons de faible volume. Chaque détecteur doit satisfaire aux contraintes suivantes :

- Une réponse linéaire dans la gamme d'énergie étudiée (40 keV-4 MeV)
- Un faible volume (quelques cm³)
- Une réponse indépendante de l'angle
- Un matériau équivalent-tissu afin de minimiser les variations de réponse à basse énergie
- Une lecture rapide du dosimètre (temps réel)
- Si le dosimètre est passif, une faible perte de signal avec le temps (fading)
- Possibilité de remise à zéro

Nouveauté : dosimètre photon de faible volume (quelques cm³) pouvant détecter des très faibles débits de dose (~ 1 μ Sv/h)

Plusieurs techniques de dosimétrie ont été évaluées. La solution retenue est l'utilisation de scintillateurs plastiques associés à une fibre optique permettant de déporter le signal. Une collaboration avec le LPC de Caen (IN2P3, CNRS) a été établie afin de construire un prototype de dosimètre ainsi que le système d'acquisition.

Collaboration IRSN/LPC Caen : Développement d'un prototype de dosimètre photon pour les études de postes

Un prototype de dosimètre est en cours de développement au LPC de Caen dans le cadre d'une collaboration IRSN/LPC :

- ❖ Dosimètre photon actif : scintillateur plastique cylindrique (mesure du débit de dose et de la dose intégrée).
- ❖ Faisceau de fibres optiques : permet le transport du signal lumineux du scintillateur vers l'extérieur du fantôme
- ❖ Tube photomultiplicateur bas bruit : signal électrique de sortie proportionnel à la dose reçue

Le volume du scintillateur est un compromis entre :

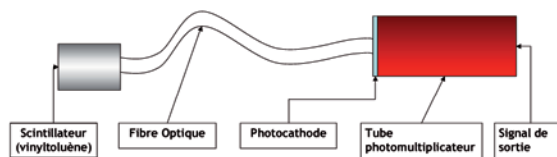
Faible volume pour pouvoir insérer le détecteur à la position choisie, augmenter la transmission entre le scintillateur et les fibres optiques.

Grand volume qui favorise la détection de lumière et permet la collection de toute la dose déposée par les photons de 4 MeV

$$V = 6 \text{ cm}^3$$

Problème à résoudre : équivalence tissu du détecteur pour énergie < 100 keV. Deux techniques possibles :

- ❑ Facteurs de correction $f(E, \text{position})$
- ❑ Couverture de TiO_2 du scintillateur (à l'étude)



Prototype en cours de développement au Laboratoire de Physique Corpusculaire de Caen (IN2P3, CNRS). Travail de thèse de J. Darréon (IRSN/DRPH/SDE/LDRI)

Conclusion et Perspectives

✓ Dans le cadre du projet de construction d'un fantôme instrumenté pour la mesure de la dose efficace au poste de travail, une collaboration entre le IRSN et le LPC de Caen (IN2P3, CNRS) est en cours.

✓ Objectifs de la collaboration :

Construction d'un prototype de détecteur de faible volume pour la dosimétrie photon au poste de travail (très faible débit et large spectre en énergie). Et connexion de 24 détecteurs prévus dans un même système d'acquisition

✓ Actuellement en développement au LPC Caen, le prototype devrait être disponible en février 2008 et testé au LDRI sous rayonnements de référence X et γ

✓ Le programme d'acquisition et l'analyse des données se réalise en parallèle dans le cadre de la collaboration.

✓ L'implantation dans le fantôme et son test au poste de travail seront les étapes suivantes du projet

✓ Un système de dosimètres actifs dédié aux extrémités (les mains) et basé sur les mêmes principes de détection est en cours d'étude.

References

- [1] International Commission on Radiation Units and Measurements. Coefficients de conversion pour leur utilisation en dosimétrie externe. ICRU Report 57 (1998)
- [2] C. Furstos « Conception et développement d'un fantôme anthropomorphe instrumenté dans le but d'évaluer la dose efficace E à un poste de travail : étude de faisabilité-travail de thèse à l'IRSN/DRPH/SDE/LDRI. 20 novembre 2006
- [3] J.S. Hendricks, G.W. Mc Kinney and L.S. Waters; MCNPX version 2.5.0. LA-UR-04-0570, Los Alamos National Laboratory (2004)
- [4] J. Clairand, M. Ricard, J. Gouriou, M. Di Paola, B. Aubert, DOSE3D: An EGS4 Monte Carlo Code-Based Software for Internal Radionuclide Dosimetry, The Journal of Nuclear Medicine, Vol 40, N°9 (1999)
- [5] M. Cristy, K.F. Eckerman, « Specific absorbed fractions of energy at various ages from internal photon sources », I. Methods, Report Health and Safety Research Division of Oak Ridge National Laboratory, TM-6381/V1 (1987)

Contact: carmen.villagrasa@irsn.fr

Journée sur la coopération scientifique CNRS/IRSN du 20 novembre 2007

