

ETUDE DE L'EXPOSITION EXTERNE AU XENON-133 POUR L'ENSEMBLE DU PARC EN EXPLOITATION

**Aurélien PERIER^{1,2}, Estelle COURAGEOT¹, Emmanuelle GAILLARD-LECANU¹,
Gaëlle LE-MEUR¹, Catherine MONIER¹, Dominique THERS², Bernard LE-GUEN³,
Serge BLOND³, Gérard CORDIER³**

¹ EDF R&D, 6 quai Watier, 78401 Chatou, France

² SUBATECH, Ecole des Mines, CNRS/IN2P3 et Université de Nantes

³ EDF DPN/DIR, 1, place Pleyel, 93200 Saint-Denis, France

Le xénon-133 est un des nombreux produits de fission du combustible utilisé dans les réacteurs nucléaires. Dans le cas des gaz inertes, l'exposition externe est la principale contribution à considérer pour évaluer la dose reçue par un travailleur (ICRP, 1978).

Les études sur l'exposition externe au xénon-133 ont été menées dans le cas d'une immersion dans un nuage semi-infini de xénon-133, mais aucune n'a été faite pour étudier l'exposition dans un environnement réaliste et volumineux, tel que le bâtiment réacteur d'une centrale nucléaire (Poston et Snyder, 1974; Piltingsrud et Gels, 1985; Eckerman et Ryman, 1993; ICRP, 1994).

L'étude de l'exposition externe au xénon-133 est basée sur des simulations Monte-Carlo GEANT4 (Agostinelli et al., 2003 ; Allison et al., 2006), le fantôme MIRD (Cristy et Eckerman, 1987), et une géométrie réaliste de bâtiment réacteur (BR).

La géométrie du fantôme MIRD a été adaptée pour étudier l'exposition externe au xénon-133. Les parties, telles que les glandes salivaires, les yeux, les cristallins et leur partie radiosensible, ont été ajoutées pour compléter le modèle (ICRP, 2002; ICRP, 2009).

Les simulations GEANT4 sont utilisées pour simuler l'interaction des rayonnements ionisants avec la matière. Les débits de dose équivalente aux organes sont calculés avec les résultats des simulations GEANT4, qui donnent l'énergie déposée dans chacun des volumes du fantôme. Le débit de dose efficace est obtenu en utilisant les facteurs de pondération de la législation en vigueur (ICRP, 1991).

L'objectif est d'évaluer l'exposition dans les BR du parc en activité, en supposant que le travailleur se trouve à l'endroit où l'exposition est maximale.

Dans un BR, il existe plusieurs scénarios d'exposition potentielle au xénon. Par conséquent l'étude a commencé par définir la géométrie du BR et l'endroit pour lequel l'exposition est maximale dans un BR, qui a été déterminée au niveau du plancher piscine.

Par la suite, le fantôme est placé dans le BR, à l'endroit où l'exposition est maximale. Des simulations GEANT4 sont effectuées en biaisant la génération des désintégrations de xénon-133 dans l'air du BR : l'intérieur du BR est décomposé en coquilles semi-sphériques de 2 mètres d'épaisseur, dans lesquelles les désintégrations de xénon-133 sont confinées. Cette technique de simulation présente l'avantage de connaître les contributions dosimétriques de chaque portion semi-sphérique de 2 mètres d'épaisseur incluse dans le BR. Le débit de dose efficace au corps entier est obtenu dans plusieurs types de BR du parc en exploitation.

Ensuite une nouvelle étude est effectuée pour évaluer le débit de dose efficace au corps entier dans un nuage semi-infini de xénon-133. Pour vérifier la cohérence de la simulation, une comparaison est faite avec les données issues des publications traitant de l'exposition externe dans un nuage semi-infini de xénon-133.

Par ailleurs en raison de l'énergie relativement faible photons émis par les désintégrations de xénon-133, l'exposition du cristallin a été étudiée avec des simulations GEANT4 pour une immersion dans un nuage de xénon-133. Le résultat sur le débit de dose équivalente au cristallin fera l'objet d'une discussion en vue de la prochaine limite dosimétrique au cristallin.

Références

- [Agostinelli et al., 2003]** Agostinelli, Allison, Amako, Apostolakis, Araujo. (2003). Geant4 – a simulation toolkit. Nuclear instruments and methods in physics research section A: accelerators, spectrometers, detectors and associated equipment. Vol 506, Issue 3, page 250-303.
- [Allison et al, 2006]** Allison, Amako, Apostolakis, Araujo. (2006). Geant4 developments and applications. Nuclear Science IEEE, Vol 53, Issue 1.
- [Cristy et Eckerman, 1987]** Cristy M, Eckerman KF. (1987). 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.
- [Eckerman et Ryman, 1993]** Eckerman, Ryman. 1993. External exposure to radionuclides in air, water, and soil. Federal guidance report n°12. EPA -402-R-93-081.
- [ICRP, 1978]** ICRP Publication 30. (1978). Part1: Limits for intakes of radionuclides by workers. Ann. ICRP 2 (3-4).
- [ICRP, 1991]** ICRP Publication 60. (1991). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Ann ICRP 21 (1-3).
- [ICRP, 1994]** ICRP Publication 68. (1994). ICRP Publication 68. Dose coefficients for intakes of radionuclides by workers. Ann ICRP 24 (4).
- [ICRP, 2002]** ICRP Publication 89. (2002). Basic anatomical and physiological data for use in radiological protection: reference values. Ann ICRP 32 (3-4).
- [ICRP, 2009]** ICRP Publication 110. (2009). Adult Reference Computational Phantoms. Ann ICRP 39 (2).
- [Piltingsrud et Gels, 1985]** Piltingsrud, Gels. (1985). An evaluation of the external radiation exposure dosimetry and calculation of maximum permissible concentration values for airborne materials containing ¹⁸F, ¹⁵O, ¹³N, ¹¹C and ¹³³Xe. Health Physics. 49, pp 805-824.
- [Poston et Snyder, 1974]** A model for exposure to a semi-infinite cloud of photon emitter. Health Phys. 26, pp 287-293.