

ETUDE DE L'EXPOSITION AU XENON-133 DANS UN BATIMENT REACTEUR

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

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

² SUBATECH, Ecole des Mines, CNRS/IN2P3 et Université de Nantes, 4 rue Alfred Kastler, BP20722, 44307 Nantes cedex 3, France

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

Le xénon-133 est un des nombreux produits de fission issus du combustible utilisé dans les centrales nucléaires. Avec une demi-vie de 5.2 jours, le xénon-133 contenu dans l'air du bâtiment réacteur est un des principaux gaz rares radioactifs susceptible d'exposer le personnel pendant les opérations de déchargement du combustible réacteur. L'exposition au xénon-133 est bien maîtrisée notamment de part l'utilisation de balises qui alertent en temps réel en cas de dépassement des critères de radioprotection.

En tant que gaz rare radioactif, le mode d'exposition externe est le seul mode d'exposition considéré en radioprotection pour une immersion dans un nuage d'air contenant du xénon-133 [ICRP Publication 30, 1978]. Jusqu'à présent, cette exposition a été évaluée dans un nuage semi-infini avec la dose efficace qui constitue la grandeur de protection la plus pénalisante avec les limites dosimétriques actuelles.

Compte tenu des basses énergies des photons émis par les désintégrations du xénon-133 et des limites dosimétriques actuelles basées sur la directive 96/29/Euratom [ICRP Publication 60, 1991] et futures basées sur la directive 2013/59/Euratom [ICRP Publication 103, 2007], nous nous sommes intéressés à l'évaluation de la dose efficace et de la dose équivalente au cristallin pour une exposition réaliste dans un bâtiment réacteur.

L'étude proposée consiste à actualiser et quantifier les doses équivalentes aux organes et la dose efficace engendrées par une exposition externe et interne dans un bâtiment réacteur contenant du xénon-133 afin d'évaluer l'impact du changement des limites dosimétriques de la prochaine réglementation en radioprotection de la directive européenne 2013/59/Euratom.

La modélisation de l'exposition externe est basée sur le code de calcul Monte-Carlo GEANT4 [Agostinelli et al., 2003 ; Allison et al., 2006], sur une géométrie réaliste d'un bâtiment réacteur, et sur un fantôme anthropomorphe MIRD [Cristy et Eckerman, 1987]. La géométrie du fantôme a été adaptée à notre problématique de manière à obtenir la dose efficace et la dose équivalente au cristallin. Ces grandeurs de protection ont été exprimées en retenant le scénario d'exposition critique d'un point de vue dosimétrique pour une exposition dans un bâtiment réacteur contenant un nuage de xénon-133 mélangé à de l'air.

L'exposition interne a été étudiée en plusieurs étapes. Dans un premier temps, nous avons étudié l'exposition des poumons qui sont les premiers organes exposés par le mélange d'air et de xénon-133 inhalé sans prendre en compte l'aspect biocinétique. Par la suite, en utilisant des données issues de la bibliographie, telles que les facteurs S [Snyder et al, 1975] et un modèle biocinétique du xénon-133 dans le corps humain [Peterman et Perkins, 1988], il a été également évalué les doses équivalentes engagées dans les organes du fantôme.

Ces grandeurs ont ensuite été comparées aux doses équivalentes pour une exposition externe pour ces mêmes organes.

En conclusion, cette étude montre que le facteur historique de débit de dose efficace de $5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{m}^3$ de l'ICRP est très conservateur et pourrait être revu. Néanmoins, il permet de respecter les limites dosimétriques actuelles et celles prochainement introduites dans la réglementation française avec la directive européenne 2013/59/Euratom. Par ailleurs, ce travail confirme que le mode d'exposition externe est la contribution majoritaire pour une exposition au xénon-133.

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.

[ICRP Publication 30, 1978] ICRP. Publication 30. (1978). Part1: Limits for intakes of radionuclides by workers. Ann. ICRP 2 (3-4).

[ICRP Publication 60, 1991] ICRP Publication 60. (1991). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Ann ICRP 21 (1-3).

[ICRP Publication 103, 2007] ICRP Publication 103. (2007). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Ann ICRP 21 (1-3).

[Peterman et Perkins, 1988] Peterman and Perkins. Dynamics of radioactive chemically inert gases in the human body. Radiation Protection Dosimetry, 22(1) :5–12, 1988.

[Snyder et al., 1975] Snyder WS, Ford MR, Warner GG, and Watson SB. MIRD pamphlet n°11 : "s", absorbed dose per unit cumulated activity for selected radionuclides and organs. Society of Nuclear Medicine, pages 1–41, 1975.