

Intérêt des gants de protection aux radiations pour la manipulation des radionucléides de médecine nucléaire

C. MAZZARA¹, P. CHEVALLIER¹, N. CORMIER¹, B. MENARD¹, A. BATALLA¹

(Article reçu le 23 octobre 2012, accepté le 3 décembre 2012)

RÉSUMÉ Nous avons évalué l'intérêt des gants de radioprotection de radiologie interventionnelle pour de la manipulation de radionucléides dans un service de médecine nucléaire. Des mesures d'atténuation faites par des dosimètres thermo-luminescents placés à l'intérieur de gants au contact des flacons ont montré une augmentation significative de la dose aux extrémités dans le cas d'un émetteur γ , et une réduction de dose pour un émetteur β . Des mesures complémentaires faites au moyen d'un irradiateur X (150 kV) ont montré qu'il existe une production d'électrons secondaires dans le gant, dont le parcours dans l'air est estimé à 6 cm. Étant donné que l'utilisation d'un gant radio-atténuateur dans une boîte à gants de médecine nucléaire doit être compatible avec l'ensemble des radionucléides utilisés, notre équipe n'utilisera pas de tels gants dans la pratique quotidienne.

ABSTRACT Evaluation of radioprotective gloves for the manipulation of nuclear medicine radionuclides.

We present an evaluation of radioprotective gloves for radionuclide manipulation in a nuclear medicine shielded glove box. Attenuation measurements via thermoluminescent dosimeters inside the gloves in contact with the containers indicated a significant dose increase for a γ emitter, and a dose reduction for a β emitter. More measurements in a 150 kV X-ray beam showed a secondary electron production effect in the gloves, with a 6-cm range in the air. As the radioprotective gloves must be compatible with all the radionuclides used, our team will not use such gloves for daily practice.

Keywords: nuclear medicine / radionuclides / radioprotective gloves / dose / electron

1. Introduction

L'utilisation de gants de radioprotection en radiologie interventionnelle permet d'atténuer la dose reçue aux mains lorsque celles-ci sont exposées à un rayonnement diffusé (Guersen *et al.*, 2011), et surtout pas à un rayonnement direct comme le stipule la notice d'utilisation². Dans un tel faisceau, le modèle étudié (KIRAN GLF35) permet une atténuation, mesurée selon la norme IEC-61331-1, de 63 % à

¹ CLCC François Baclesse, 3 avenue du général Harris, 14076 Caen, France

² ABS-Bolton Medical, Gants KIRAN[®], manuel produit.

60 kV et 40 % à 120 kV. Le matériau atténuateur présent dans les gants est un oxyde de bismuth, de 0,04 mm d'épaisseur équivalent plomb. On propose d'évaluer l'éventuel intérêt de tels gants lors de la manipulation de radionucléides dans un service de médecine nucléaire. Sont-ils efficaces pour tous les radionucléides ? Peut-on les utiliser en routine ?

2. Mesures d'atténuation sur flacons contenant des radionucléides

2.1. Méthode

Nous avons réalisé des mesures d'atténuation dans la boîte à gants de préparation du service de médecine nucléaire, en plaçant des TLD (thermoluminescent dosimeter) de type MCP-N (LiF : Mg,Cu,F) au bout de trois doigts d'un gant utilisé en routine (SemperCare, latex naturel sans poudre) et du gant à évaluer (noté GLF35). Ces doigts ont été maintenus par un adhésif sur la paroi du flacon rempli du radionucléide, en prenant soin au placement individuel de chaque TLD. Le flacon de 4 GBq de ^{99m}Tc ($E_{\gamma} = 140$ keV), a été introduit dans un pot en verre plombé de paroi d'épaisseur 1,5 cm, sur lequel les gants ont été collés. Les deux flacons contenant les radionucléides ^{90}Y ($E_{\beta\text{max}} = 2284$ keV) et ^{111}In ($E_{\gamma1} = 171$ keV [90 %], $E_{\gamma2} = 245$ keV [94 %]) étaient en verre borosilicate, de paroi 1,2 mm. Nous avons choisi de faire ces mesures, certes sur des conteneurs différents, mais pour des conditions expérimentales représentatives de l'exposition du personnel en routine. Nous souhaitons également faire des mesures d'atténuation sur une seringue de ^{99m}Tc avant que celle-ci ne soit insérée dans un protège seringue blindé, mais cela n'a pas été possible à cause de la difficulté à maintenir au moins 4 doigts de gant (instrumentés par les TLD) sur la paroi de la seringue.

2.2. Résultats

Les mesures (Tab. I) sur un flacon en verre plombé rempli de ^{99m}Tc et un flacon non plombé contenant 10 MBq de ^{90}Y ont mis en évidence une atténuation du gant d'environ 50 %. Une mesure sur un flacon non plombé de ^{111}In a par contre indiqué un doublement de l'exposition à travers le gant GLF35. La manipulation d'un flacon non plombé contenant un émetteur gamma revient en pratique à exposer le manipulateur à un faisceau direct, soit une contre-indication majeure à l'utilisation des gants. L'irradiation de l'oxyde de bismuth provoque dans ces conditions la production d'électrons secondaires principalement par effet photoélectrique, d'où une augmentation locale de la dose juste après la paroi du gant.

TABLEAU I

Mesures de l'atténuation d'un gant GLF35. L'exposition directe à un émetteur gamma conduit à une augmentation de la dose, alors que l'exposition directe à un émetteur bêta et un émetteur gamma dans un flacon plombé mènent à une atténuation d'environ 50 %.

Attenuation measurements of GLF35 gloves. Direct γ emitter exposition leads to a surface dose increase, while direct β emitter exposition leads to a 50% attenuation.

Source	Réf.	GLF35	Atténuation	
^{99m}Tc	166277	76952	54 %	mesure à travers 1,5 cm de verre Pb
^{111}In	17682391	27084143	-53 %	émetteur gamma
^{90}Y	44913891	22844675	49 %	émetteur bêta

3. Évaluation de l'effet bolus au moyen d'un irradiateur X

3.1. Méthode

Pour évaluer la portée de cet effet bolus et pour préciser la réponse des mesures TLD, nous avons réalisé des mesures complémentaires au moyen d'un irradiateur X DARPAC (GULMAY Medical) fonctionnant dans une gamme de tension de 20 kV à 150 kV. Nous avons choisi la tension maximale, soit 150 kV, pour disposer d'une énergie la plus proche de celle des radionucléides émetteurs γ utilisés, mais qui reste toutefois en deçà des énergies de ces radionucléides. Ce dispositif offre en outre l'avantage de pouvoir utiliser deux types de détecteur : des TLD et une chambre d'ionisation TM23342. Le détecteur (TLD ou chambre d'ionisation TM23342) est placé sur plusieurs cm de PMMA (polyméthacrylate de méthyle) (Fig. 1). Le temps d'irradiation a été calculé pour délivrer 1 Gy sur la surface de sortie d'un applicateur de diamètre 5 cm. Ces détecteurs sont visuellement centrés dans le champ de 5 cm de diamètre. Etant donné, d'une part leurs surfaces sensibles (le diamètre du volume sensible de la chambre d'ionisation TM23342 vaut 1,5 mm ; les TLD sont des carrés de 3 mm de côté placés dans un carré central d'environ 1 cm²), et d'autre part l'homogénéité de la surface irradiée (5 %), tout écart de centrage notable à l'œil a une conséquence mineure sur la mesure.

L'applicateur, successivement découvert puis recouvert du gant de routine et du gant GLF35, est placé à la surface du détecteur, puis en est progressivement éloigné pour évaluer la conséquence de l'effet bolus. Pour simplifier le dispositif expérimental, nous avons choisi de faire varier la distance entre le gant et le détecteur en éloignant le DARPAC (le gant est solidaire du DARPAC). L'utilisation de cette méthode induit une décroissance en $1/r^2$ de la mesure, ce qui n'est pas gênant étant donné que cette décroissance est identique quel que soit le gant utilisé. Dans un même souci de simplification, le faisceau traverse la totalité du gant, soit deux épaisseurs d'élastomère. Les valeurs d'atténuation (Fig. 2) ne sont donc pas directement comparables aux mesures précédemment faites dans la boîte à gant (Tab. I). Notre dispositif permet cependant une étude comparative qualitative.

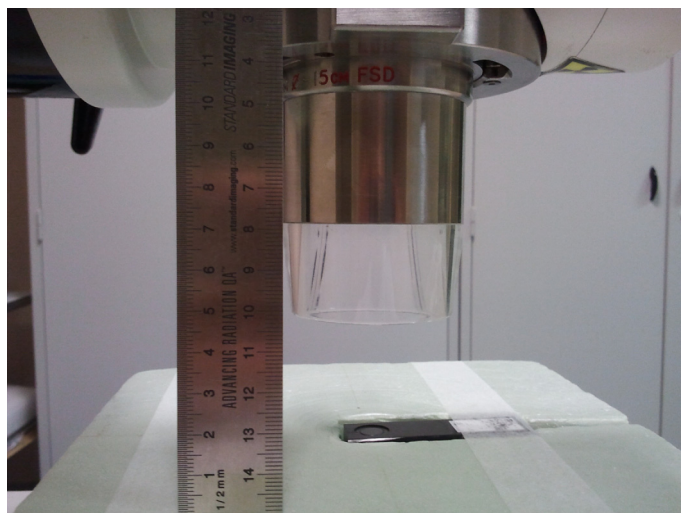


Figure 1 – Dispositif expérimental utilisé. L'applicateur de 5 cm est placé au dessus du détecteur. La mesure est faite sans gant (photo), avec le gant de routine et avec le gant GLF35. Le gant est pour cela fixé avec un ruban adhésif sur le périmètre de sortie de l'applicateur.

Experimental set-up. A 5-cm collimator is placed over the detector. The measurements are performed without gloves (picture), with the routine glove, and with the GLF35 glove. The glove is maintained on the collimator output perimeter by an adhesive.

3.2. Résultats

Comme les mesures sur flacon (Tab. 1), les mesures DARPAC montrent une exposition au contact du gant GLF35 significativement supérieure à celle d'un gant de routine (Fig. 2). Ce résultat est similaire quel que soit le détecteur utilisé, avec un rapport d'exposition toutefois plus élevé pour les mesures faites à la chambre d'ionisation. Cet effet perdure sur plusieurs centimètres : 2 cm pour les mesures TLD et 6 cm pour les mesures à la chambre d'ionisation. Cette différence s'explique par une réponse des TLD (LiF:Mg,Cu,F) qui présente un minimum vers 100 keV, d'où une surestimation de la composante basse énergie du spectre (Konnai *et al.*, 2005). Au-delà de cette distance, les électrons secondaires ayant tous été arrêtés dans l'air, l'exposition mesurée en présence du gant atténuateur devient inférieure.

Nous avons comparé le parcours mesuré des électrons secondaires dans l'air et le parcours estimé à partir de données physiques. Le pouvoir d'arrêt des électrons dans l'air (Fig. 3) permet de calculer l'ordre de grandeur du parcours des électrons secondaires produits dans le gant. Le tube produit des photons de 0,15 MV, qui,

INTÉRÊT DES GANTS DE PROTECTION AUX RADIATIONS

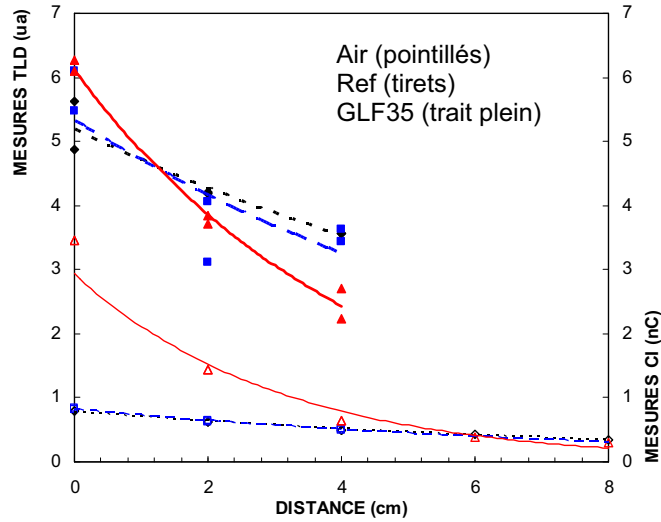


Figure 2 – Dose (unité arbitraire) mesurée en fonction de la distance gant détecteur. Mesures TLD (courbes du haut) et mesures CI (courbes du bas). Mesures avec les gants GLF35 (traits pleins).

Dose (arbitrary unit) versus glove-detector distance. TLD measurements (upper curves) and ionisation chamber measurements (lower curves). GLF35 measurements (linear curves).

AIR, DRY (NEAR SEA LEVEL)

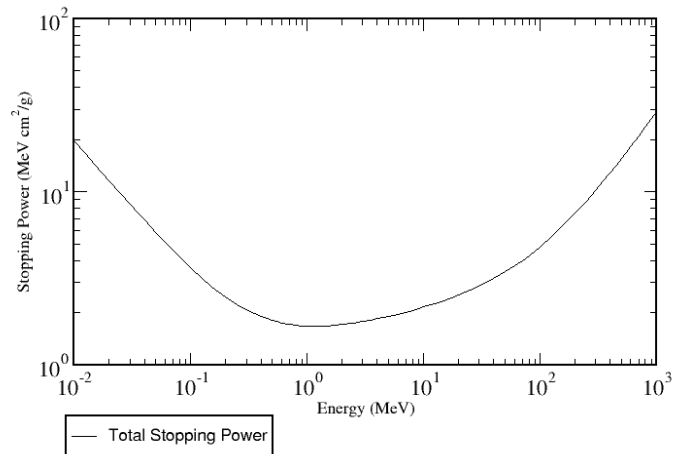


Figure 3 – Pouvoir d'arrêt des électrons dans l'air (http://physics.nist.gov/cgi-bin/Star/e_table.pl). Stopping power of electrons in air.

par interactions photoélectrique et Compton vont produire des électrons secondaires d'énergie maximale 0,15 MeV. Sans informations spectroscopiques supplémentaires, en raisonnant uniquement en ordre de grandeur, on suppose une énergie la plus probable des électrons secondaire 3 fois inférieure à l'énergie maximale, soit 0,05 MeV. À cette énergie, le pouvoir d'arrêt dans l'air vaut 6 [MeV.cm²/g], soit 0,007 [MeV/cm] pour une densité 1,2 [g/l]. Pour l'énergie moyenne des électrons estimée ci-dessus, on obtient un parcours de 7 cm, un résultat proche de celui obtenu avec la chambre d'ionisation TM23342.

4. Conclusion

L'utilisation d'un gant radio-atténuateur dans une boîte à gants de médecine nucléaire doit être compatible avec la totalité des radionucléides utilisés par un service. Nos mesures indiquent que les gants atténuent significativement la dose aux extrémités lors de la manipulation d'un émetteur β , ou d'un émetteur γ à condition que celui-ci soit conditionné dans un pot en verre plombé. La manipulation directe d'un émetteur γ conduit par contre à une augmentation majeure de la dose aux extrémités. Cette augmentation est due à la production d'électrons secondaires par effets photoélectrique et Compton dans l'oxyde de bismuth du gant. Le parcours de ces électrons secondaires est environ 6 cm pour les énergies des radionucléides conventionnels. Étant donné que seule la dose au contact du gant nous intéresse, notre équipe de médecine nucléaire n'utilisera pas de gants de radioprotection dans la pratique quotidienne.

RÉFÉRENCES

- Guersen J., Donadille L., Rehel J.L., Charvais A., Zaknoute R., Cassagnes L., Chabrot P., Boyer L. (2011) Intérêt des gants radio-atténuateurs en radiologie interventionnelle : une évaluation expérimentale, *Radioprotection* **46**, 387-397.
- Konnai A. *et al.* (2005) Energy response of LiF and Mg₂SiO₄ TLDS to 10-150 keV monoenergetic photons, *Radiat. Prot. Dosim.* **115** (1-4), 334-336.