

Écran de Protection Sandwich

W/PETG + Inox + W/PETG

Configuration et Résultats de Simulation Geant4

Simulation Monte-Carlo - Eu-152

December 16, 2025

1 Configuration Géométrique

Coupe Longitudinale du Système de Blindage

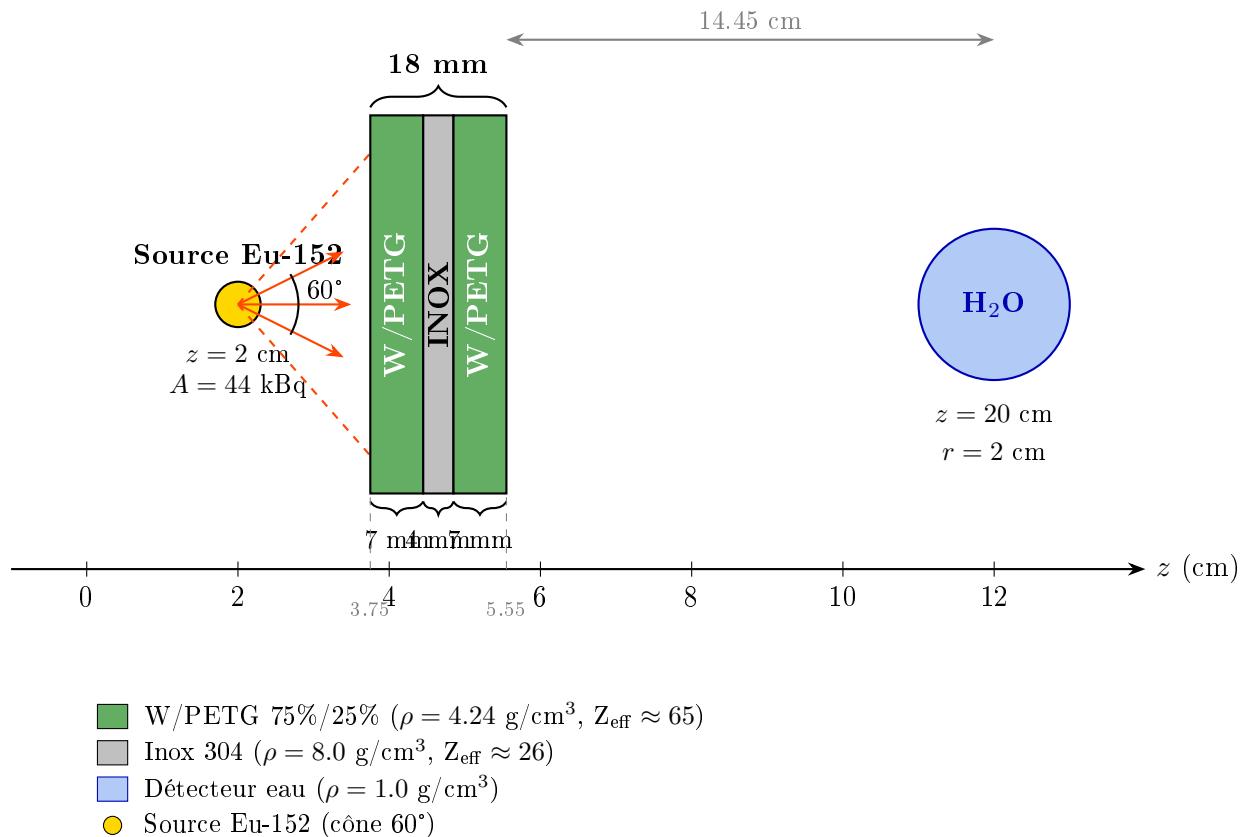


Figure 1: Coupe longitudinale du système de blindage sandwich W/PETG + Inox + W/PETG. La source Eu-152 émet des gammas dans un cône de 60° vers le détecteur sphérique d'eau situé à $z = 20 \text{ cm}$.

Table 1: Propriétés des couches du sandwich

Couche	Matériaux	Épaisseur (mm)	Densité (g/cm ³)	Masse surf. (g/cm ²)
1 (avant)	W/PETG 75/25	7.0	4.24	2.97
2 (centre)	Inox 304	4.0	8.00	3.20
3 (arrière)	W/PETG 75/25	7.0	4.24	2.97
Total	—	18.0	—	9.14

2 Caractéristiques du Sandwich

3 Résultats de Simulation

3.1 Paramètres de la simulation

Table 2: Paramètres de la simulation Geant4

Paramètre	Valeur
Code	Geant4 11.03-patch-01
Physique EM	Livermore (basse énergie)
Nombre d'événements	25×10^6
Source	Eu-152 (spectre complet 12 raies)
Activité	44 kBq
Mode d'émission	Cône de 60°
Temps simulé	568.18 s (0.158 h)
Facteur de correction	$f_{\text{corr}} = 0.25$

3.2 Statistiques de génération

Table 3: Validation de la génération des gammes primaires

Paramètre	Simulé	Théorie
Gammes générées	48 102 176	—
Moyenne $\gamma/\text{événement}$	1.9241	1.924
Événements avec $N_\gamma = 0$	11.07%	~11.7%
Gammes atteignant détecteur	198 786	588 411 (géom.)
Transmission	33.8%	—

3.3 Débits de dose simulés

Résultat principal

$$\dot{D}_{\text{sandwich}} = 107.50 \pm 0.24 \text{ nGy/h}$$

$$\text{Facteur d'atténuation : } \frac{\dot{D}_{\text{sandwich}}}{\dot{D}_{\text{théo}}} = \frac{107.50}{174.8} = 0.615$$

$$\text{Atténuation : } 38.5\%$$

Table 4: Débits de dose dans le détecteur eau (3 méthodes)

Méthode	Débit brut (nGy/h)	Débit corrigé (nGy/h)	Incertitude (nGy/h)
1 - MC direct	412.46	103.12	± 0.69
1bis - Forçage	430.01	107.50	± 0.24
2 - Fluence	430.01	107.50	± 0.24
<i>Théorique (sans écran)</i>	—	174.8	—

4 Description des Méthodes de Calcul

4.1 Méthode 1 : Dépôt d'énergie Monte-Carlo direct

Somme de l'énergie déposée par toutes les particules (gammas, électrons) dans le volume d'eau :

$$\dot{D}_1 = \frac{E_{\text{déposée}}}{m_{\text{eau}} \times t_{\text{simulé}}} \times f_{\text{corr}} \quad (1)$$

4.2 Méthode 1bis : Forçage d'interaction

Pour chaque gamma traversant le détecteur, calcul de l'énergie déposée théorique :

$$\dot{D}_{1\text{bis}} = \frac{1}{m_{\text{eau}} \times t} \sum_i E_i \times L_i \times \left(\frac{\mu_{\text{en}}}{\rho} \right)_{E_i} \times \rho_{\text{eau}} \times f_{\text{corr}} \quad (2)$$

où L_i est la longueur de corde du gamma i dans la sphère.

4.3 Méthode 2 : Fluence spectrale

Équivalente à la méthode 1bis, utilisant les coefficients de conversion fluence-dose :

$$\dot{D}_2 = \sum_i \Phi_i \times h_K(E_i) \times f_{\text{corr}} \quad (3)$$

Note : Les méthodes 1bis et 2 donnent des résultats identiques car elles utilisent la même formulation analytique. La méthode 1 (MC direct) présente plus de fluctuations statistiques.