

Estimation des temps d'irradiation pour une source d'Europium-152

Dispositif Puits Couronne

4 janvier 2026

1 Paramètres de la simulation

Les paramètres dosimétriques ont été déterminés par simulation Monte Carlo Geant4 avec 25 millions de désintégrations d'Europium-152.

TABLE 1 – Paramètres dosimétriques issus de la simulation

| Paramètre | Valeur |
|--|-------------------------------------|
| Dose moyenne par désintégration (anneau central) | 7×10^{-2} nGy/dsintgration |
| Activité de la source (novembre 2025) | 42,4 kBq |
| Demi-vie de l'Europium-152 | 13.517 ans |

2 Méthodologie de calcul

2.1 Conversion d'unités

La conversion entre nanogray (nGy) et centigray (cGy) s'effectue selon :

$$1 \text{ nGy} = 10^{-9} \text{ Gy} = 10^{-7} \text{ cGy} \quad (1)$$

Ainsi, pour une dose cible D_{cible} exprimée en cGy :

$$D_{\text{cible}} \text{ (nGy)} = D_{\text{cible}} \text{ (cGy)} \times 10^7 \quad (2)$$

2.2 Nombre de désintégrations nécessaires

Le nombre de désintégrations N requis pour atteindre une dose cible est :

$$N = \frac{D_{\text{cible}}}{\dot{D}} = \frac{D_{\text{cible}} \text{ (cGy)} \times 10^7}{7 \times 10^{-2} \text{ nGy}} \quad (3)$$

Application numérique pour 50 cGy :

$$N = \frac{50 \times 10^7}{7 \times 10^{-2}} = \frac{5 \times 10^8}{7 \times 10^{-2}} = 7.14 \times 10^9 \text{ désintégrations} \quad (4)$$

2.3 Temps d'irradiation

Le temps d'irradiation t est donné par :

$$t = \frac{N}{A} \quad (5)$$

où A est l'activité de la source en Becquerel (Bq = désintégrations/seconde).

2.4 Correction de décroissance radioactive

L'activité décroît selon :

$$A(t) = A_0 \times e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \times t} \quad (6)$$

Pour l'Europium-152 ($T_{1/2} = 13.517$ ans), la décroissance sur 2 mois est négligeable (< 1%). On utilise donc $A \approx 42,4 \text{ kBq} = 4,24 \times 10^4 \text{ Bq}$.

3 Résultats

3.1 Calcul pour 50 cGy

$$t_{50 \text{ cGy}} = \frac{7.14 \times 10^9}{4.24 \times 10^4} = 1.68 \times 10^5 \text{ s} \approx \boxed{47 \text{ heures} \approx 2 \text{ jours}} \quad (7)$$

3.2 Calcul pour 5 cGy

$$t_{5 \text{ cGy}} = \frac{t_{50 \text{ cGy}}}{10} = \frac{47}{10} = \boxed{4.7 \text{ heures} \approx 4 \text{h } 42 \text{ min}} \quad (8)$$

3.3 Tableau récapitulatif

TABLE 2 – Temps d'irradiation en fonction de la dose cible ($A = 42,4 \text{ kBq}$)

| Dose cible (cGy) | Dose cible (nGy) | Désintégrations nécessaires | Temps d'irradiation |
|---------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 0.5 | 5×10^6 | 7.1×10^8 | 28 min |
| 1 | 1×10^7 | 1.4×10^9 | 56 min |
| 5 | 5×10^7 | 7.1×10^9 | 4 h 42 min |
| 10 | 1×10^8 | 1.4×10^{10} | 9 h 24 min |
| 20 | 2×10^8 | 2.9×10^{10} | 18 h 48 min |
| 50 | 5×10^8 | 7.1×10^{10} | 47 h (2 jours) |
| 100 | 1×10^9 | 1.4×10^{11} | 94 h (4 jours) |

3.4 Débit de dose

Le débit de dose pour la source de 42,4 kBq est :

$$\dot{D} = A \times D_{\text{par désint.}} = 4.24 \times 10^4 \times 7 \times 10^{-2} = 2.97 \times 10^3 \text{ nGy/s} \quad (9)$$

Soit en unités plus pratiques :

$$\dot{D} = 2.97 \times 10^3 \times 10^{-7} \times 3600 = \boxed{1.07 \text{ cGy/h}} \quad (10)$$

4 Formules pratiques

Pour une source d'Europium-152 de 42,4 kBq et le dispositif puits couronne simulé :

Débit de dose : $\dot{D} \approx 1,07 \text{ cGy/h}$

Temps d'irradiation : $t \text{ (h)} = \frac{D_{\text{cible}} \text{ (cGy)}}{1.07}$

Règle simplifiée : $t \approx D_{\text{cible}} \text{ (cGy)}$ en heures

Exemples :

- Pour 5 cGy : $t \approx 5$ heures
- Pour 10 cGy : $t \approx 10$ heures
- Pour 50 cGy : $t \approx 50$ heures ≈ 2 jours

5 Remarques

1. Ces calculs sont basés sur la dose dans l'anneau central ($r = 0\text{-}5$ mm). La dose est quasi-uniforme sur l'ensemble des anneaux (variation < 6%).
2. L'activité de la source doit être corrigée si l'irradiation a lieu plusieurs mois/années après novembre 2025. Le facteur de correction est :

$$f = e^{-\frac{0.693}{13.517} \times \Delta t \text{ (ans)}} \approx e^{-0.0513 \times \Delta t} \quad (11)$$

3. Pour une activité différente A' , le temps d'irradiation se calcule par :

$$t' = t \times \frac{42.4 \text{ kBq}}{A'} \quad (12)$$