

Conteneurs en plomb à parois de 20 mm pour échantillons radioactifs naturels

L'atténuation d'un facteur 1 048 576 (soit 2^{20}) par 20 mm de plomb contenant 3 % d'antimoine repose sur la relation exponentielle entre l'épaisseur du conteneur et la couche de demi-atténuation (HVL : Half-Value Layer) pour les rayonnements γ , ainsi que sur la portée maximale pour les particules β .

Pour les rayonnements γ , l'atténuation suit la loi $I = I_0 \times (1/2)^{(x/HVL)}$, où x est l'épaisseur du matériau (ici, $x = 20\text{mm}$ et HVL la couche de demi-atténuation). Un facteur d'atténuation¹ de 1 048 576 implique que $I/I_0 = 1/1\,048\,576 = (1/2)^{20}$, ce qui nécessite que $x = 20 \times \text{HVL}$.



En utilisant les valeurs tabulées de HVL pour le plomb pur (ex. : 0.068 cm à 200 keV et 0.42 cm à 500 keV), un calcul montre que pour obtenir 20 HVL dans 20 mm d'épaisseur (soit HVL = 1 mm), l'énergie γ se situe autour de 250-300 keV. L'ajout de 3 % d'antimoine, bien qu'il diminue légèrement la densité globale, diminue également le numéro atomique effectif du matériau. Cela augmente légèrement la HVL, réduisant ainsi l'énergie γ maximale atténuée d'un facteur 1 048 576 à $\approx 240\text{-}280$ keV (par rapport aux 250-300 keV du plomb pur).

Pour les particules β , dont l'atténuation n'est pas exponentielle mais liée à leur portée maximale dans la matière, 20 mm de plomb suffisent à arrêter complètement les β d'énergie ≤ 4.5 MeV, couvrant ainsi l'intégralité des émissions β des isotopes naturels de l'uranium/thorium (ex. : ^{210}Bi , $E_{\text{max}} = 1.16$ MeV) et même des émissions plus énergétiques (ex. : ^{208}Tl , $E_{\text{max}} = 1.8$ MeV).

Ainsi, pour un blindage de 20 mm de plomb + 3 % Sb, les énergies maximales atténuées d'un facteur 1 048 576 sont :

- $\approx 240\text{-}280$ keV pour les γ ,
- $\leq 4,5$ MeV pour les β .

Cela correspond aux énergies fréquemment rencontrées dans les échantillons radioactifs naturels, y compris les chaînes de désintégration complexes comme celles de l'U-Thorianite (^{235}U , ^{232}Th et leurs éléments filles).

Pour obtenir des valeurs précises concernant l'atténuation des rayons gamma dans les matériaux, veuillez consulter le site du NIST (<https://www.nist.gov/>) :

<https://www.nist.gov/pml/xcom-photon-cross-sections-database>

¹ Remarque sur la terminologie des facteurs d'atténuation

Lorsqu'on indique qu'un écran « atténué d'un facteur X », cela signifie que l'intensité du rayonnement est divisée par X, c'est-à-dire $I/I_0 = 1/X$. Un facteur d'atténuation de 1024 (10 HVL, puisque $2^{10} = 1024$) réduit l'intensité à $1/1024$ de sa valeur initiale. Dans ce cas, 20 mm de plomb + 3 % de Sb correspondent à 20 HVL pour les rayons gamma de 240 à 280 keV, ce qui donne un facteur d'atténuation de $2^{20} = 1\,048\,576$, soit environ un millionième de l'intensité initiale.