

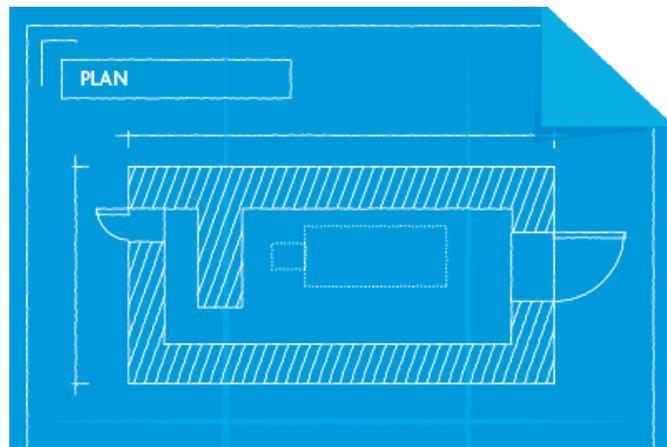
IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Evolution de la norme NF M 62-103

Dimensionnement des installations de radiologie gamma



IRSN/SER/UES
Anne CORDELLE
© IRSN - 2018

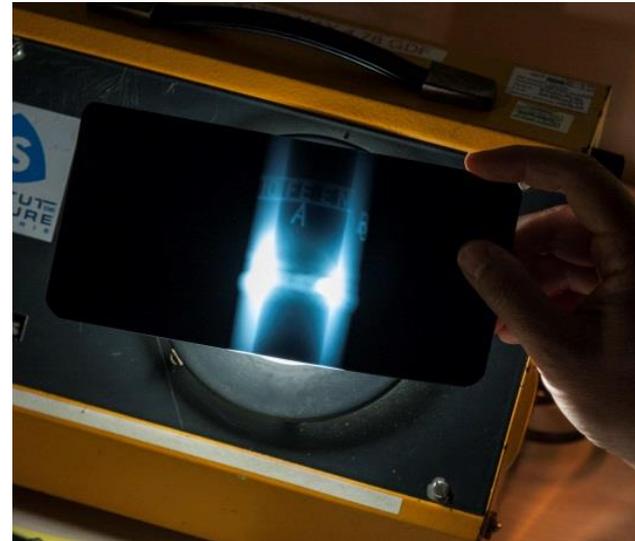
Programme

- Qu'est-ce que la radiologie gamma ?
- Le processus de normalisation
- Norme NF M 62-103
(dimensionnement des installations de radiologie gamma)
 - Quelles évolutions ?

Qu'est-ce que radiologie gamma ?

■ La radiologie gamma est une technique de radiographie utilisée à des fins de **contrôles non destructifs** :

- Tuyauteries
- Structures en béton
- Etc.



Qu'est-ce que radiologie gamma ?

- Elle met en œuvre une source radioactive de **haute activité**, émettrice de rayonnements gamma.

| Radionucléide | Période | Débit d'équivalent de dose Γ_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{GBq}^{-1}$ à 1 m) |
|---------------|----------|---|
| Co-60 | 5,27 ans | 351 |
| Cs-137 + | 30,1 ans | 84 |
| Ir-192 | 74 j | 130 |
| Se-75 | 120 j | 66 |
| Yb-169 | 32 j | 70 |

Tableau 1 - Caractéristiques des radionucléides utilisés en radiologie gamma - Valeurs issues de "Antoni R. et Bourgois L., 2013 Physique appliquée à l'exposition externe : dosimétrie et radioprotection, Springer ed."

Qu'est-ce que radiologie gamma ?

■ L'appareil de gammagraphie (ou gammagraphe) se compose :

- d'un **projecteur de source**, protection destinée à contenir le **porte-source** en lui servant de container de stockage
- d'une **télécommande** destinée à déplacer la source, équipée d'un câble d'une longueur de 3 à 10 mètres
- d'une **gaine d'éjection**, conduit destiné à guider le porte-source depuis le projecteur jusqu'à l'objet à radiographier (et retour vers le projecteur)
- d'un **collimateur** (ou embout d'irradiation collimaté) fixé à l'extrémité de la gaine d'éjection.



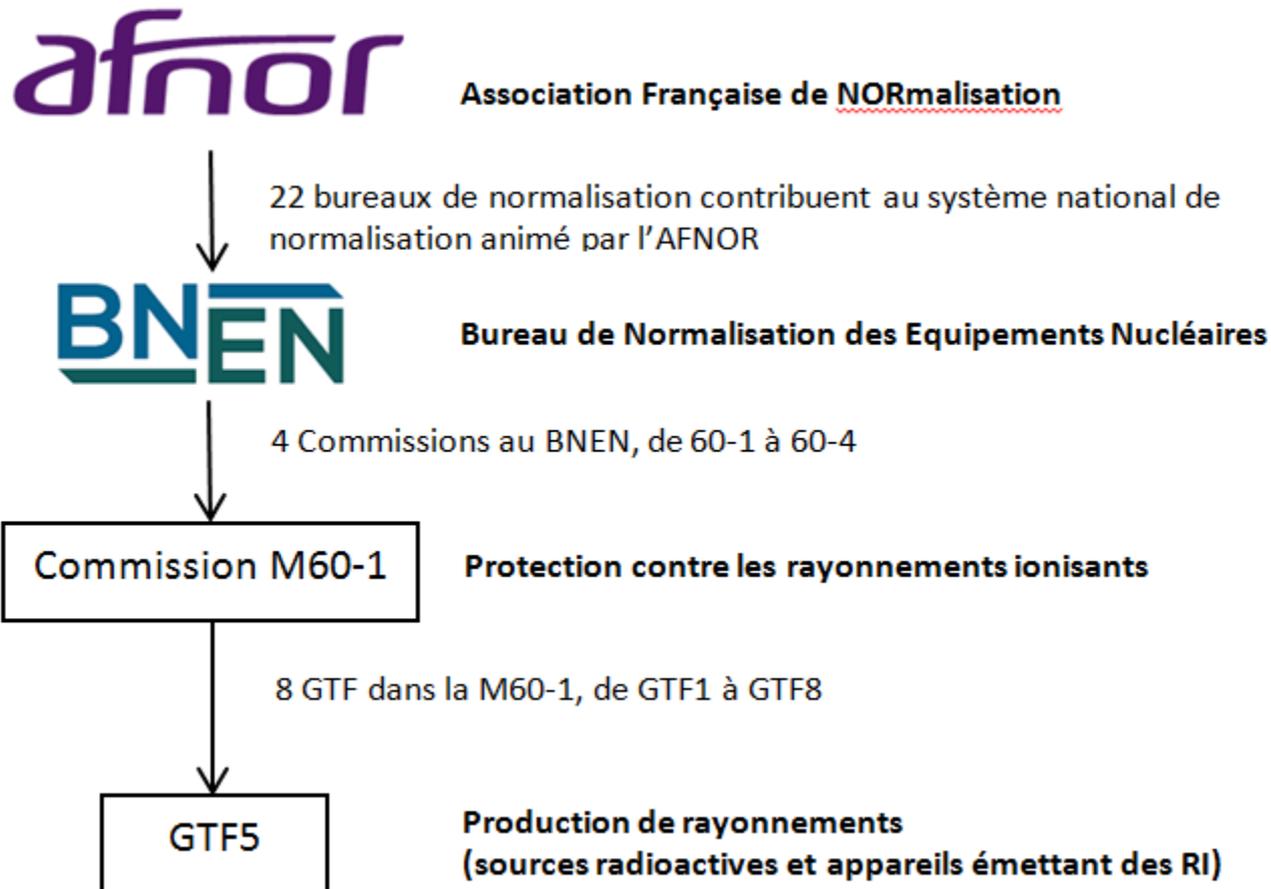
Qu'est-ce que radiologie gamma ?

Utilisation en bunker



* Bunker IS CORBAS

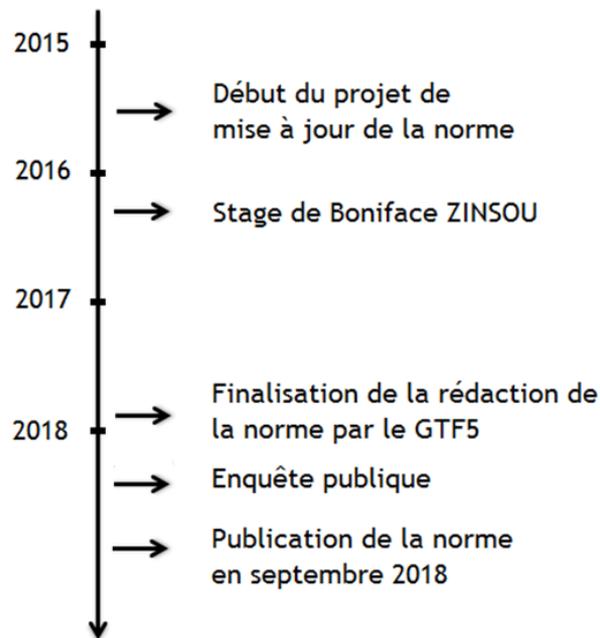
Le processus de normalisation



Le processus de normalisation

■ Installations de radiologie gamma

- Norme NF M 62-102 (août 2015) - Partie sécurité (accès, signalisation...)
- Norme NF M 62-103 (septembre 2018) - Partie dimensionnement de l'installation



Norme NF M 62-103 - Dimensionnement d'une enceinte de radiologie γ

DÉCRYPTAGE

Comment dimensionner un bunker de radiologie industrielle ?

Les tirs de gammagraphie avec un appareil fixe doivent être réalisés dans une enceinte blindée ou "bunker", limitant l'émission de rayonnements à l'extérieur. Les industriels doivent effectuer des calculs complexes avant leur construction ou leur modification.

- 1 La PCR prépare, dimensionne et sécurise**
Eric T., personne compétente en radioprotection (PCR), prépare le dossier de demande d'autorisation d'utilisation d'un gammagraphe. Il dimensionne le bunker. Il établit les systèmes de sécurité à mettre en place. Il rédige les procédures pour un tir de gammagraphie. Il réalise les études de poste et commande les dosimètres pour le personnel. Eric T. envoie le dossier **complet** à l'Autorité.
- 2 L'expert analyse, calcule et visite**
L'IRSN est saisi pour avis **technique**. L'expert analyse le dossier. Il réalise des calculs pour vérifier que les protections radiologiques – mur, porte, sol, sol – sont suffisantes pour que les locaux adjacents soient classés en zone non réglementée. Il vérifie que les sécurités mises en place sont en accord avec les normes en vigueur. Il visite le site en demandant une simulation de la préparation du tir.
- 3 L'autorisation est délivrée**
L'expert de l'IRSN transmet l'avis technique à l'Autorité de sûreté. Cette dernière l'analyse, demande le cas échéant des mesures correctives et donne l'autorisation d'utiliser le gammagraphe dans le bunker.

The diagram shows a 3D cutaway view of a bunker. Key components labeled include: Dosimètre d'ambiance (Ambient dosimeter), Bouton rouge coup de poing (Red emergency stop button), Dosimètre d'ambiance (Ambient dosimeter), Bouton de ronde (Round button), Dosimètre d'ambiance (Ambient dosimeter), Dosimètre témoins (Witness dosimeter), Les murs sont en béton ordinaire de 2,35 g/cm³ (Walls are made of ordinary concrete of 2.35 g/cm³), Balise de surveillance de présence de rayonnements gamma (Gamma radiation presence monitoring beacon), Contacteurs de sécurité de porte assevés à l'émission des rayons X (Door safety contacts de-energized at X-ray emission), Cité prisonnière (Prisoner cell), Barre anti-panique (Anti-panic bar), Dosimètre d'ambiance (Ambient dosimeter), Poste de commande (Control station), Cité prisonnière (Prisoner cell), Voyant lumineuse (Light indicator), Signal sonore (Sound signal), Gammagraphe (Gammagraphy device), Note visible explicative (Visible explanatory note), and Bouton rouge coup de poing (Red emergency stop button).

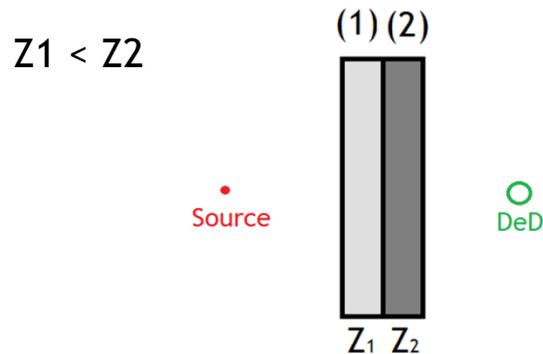
PLAN

Quelles sont les réglementations obligatoires applicables au bunker ainsi qu'elles présentes ?
Quelle source est utilisée ?
Quelle est l'épaisseur des murs, du toit, du sol ?
Faut-il une cuisine ? et quelle épaisseur ?
Doit-il des discontinuités ? de quelle nature sont-elles ?
Faut-il mettre une porte en plomb conditionnée plus basse que le sol ?

- Aide apportée par la norme pour dimensionner les murs, le plafond, positionner les portes d'accès, choisir les matériaux les plus adaptés, prendre garde aux discontinuités...
- Proposition d'une méthode de calcul analytique pour le dimensionnement, à partir de formules et d'abaques

Norme NF M 62-103 - Dimensionnement d'une enceinte de radiologie γ

➤ Combinaison de matériaux :

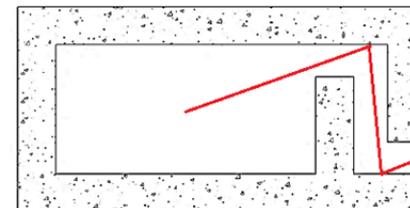
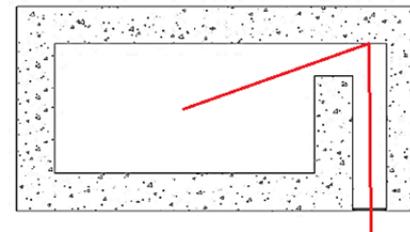


Résultats - Source de Co60 (1 TBq)

- Béton (50 cm) / Plomb (3 cm) -> DeD \approx 300 μ Sv/h
- Plomb (3 cm) / Béton (50 cm) -> DeD \approx 600 μ Sv/h

➤ Chicane

- Dégradation de l'énergie et de la fluence des rayonnements
- Protection des opérateurs lors de l'entrée dans la casemate, ou en cas de repli

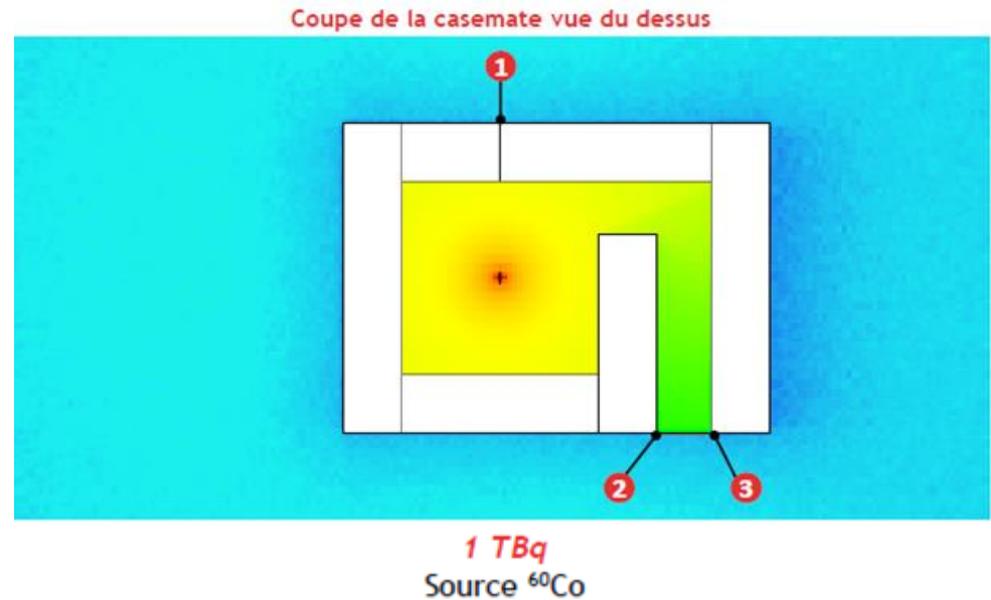


Norme NF M 62-103 - Dimensionnement d'une enceinte de radiologie γ

➤ Continuités des protections radiologiques :

Discontinuités dans la protection

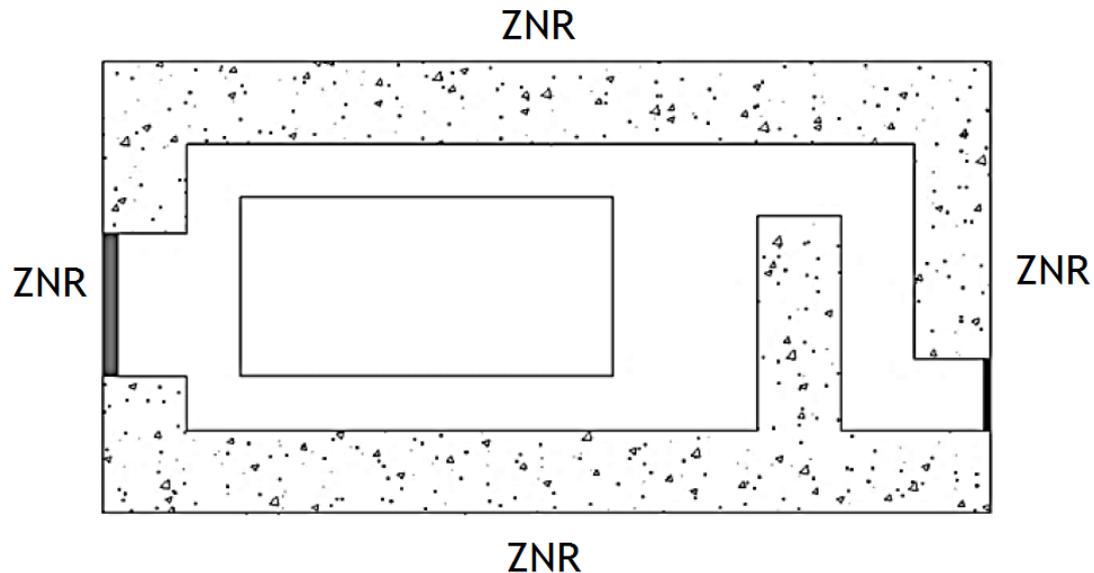
| Point détecteur | DeD ($\mu\text{Sv.h}^{-1}$) |
|----------------------------|-------------------------------|
| Interstice 0,1 mm | 3 |
| 1 Interstice 0,5 mm | 45 |
| Interstice 1 mm | 192 |
| 2 Gauche porte | 1,4 |
| 3 Droite porte | 1,9 |



Extrait d'un poster présenté à la SFRP de Sochaux
(février 2018, Anne CORDELLE & Thomas GEOFFRAY)

Norme NF M 62-103 - Dimensionnement d'une enceinte de radiologie γ

- Recommandation : pas de zone réglementée derrière les protections radiologiques



- Dose opérateur < 80 $\mu\text{Sv}/\text{mois}$
- DeD horaire : $(80 \mu\text{Sv}/\text{mois}) / (\text{durée d'irradiation mensuelle})$ ou $0,5 \mu\text{Sv}/\text{h}$

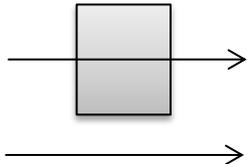
Norme NF M 62-103 - Dimensionnement d'une enceinte de radiologie γ

■ Méthode de calcul de l'épaisseur des écrans de protection :

- Rayonnement primaire

NF M62-103

- Déterminer le facteur de transmission de l'écran



Facteur de transmission $T = \frac{\text{Débit d'équivalent de dose avec protection}}{\text{Débit d'équivalent de dose sans protection}}$

$$T_p = \frac{DeD^* \times d^2}{A \times \Gamma_0 \times k}$$

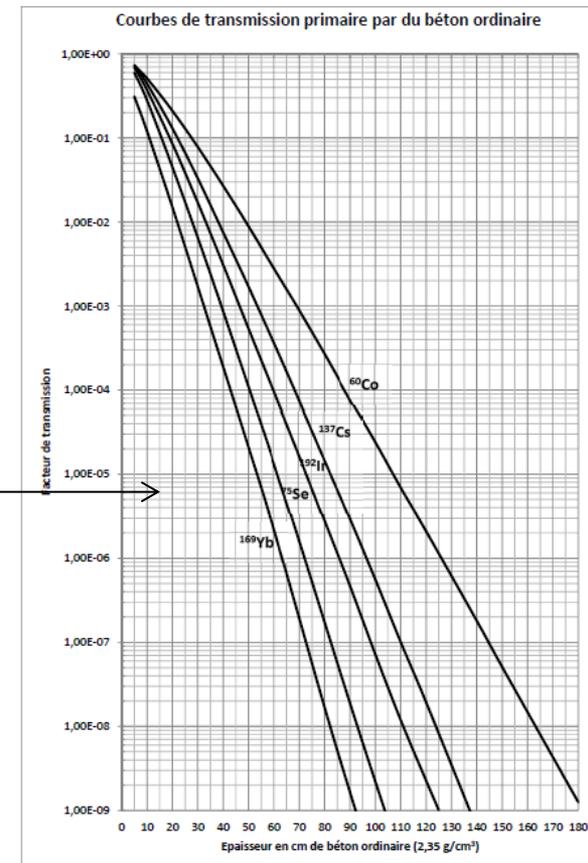
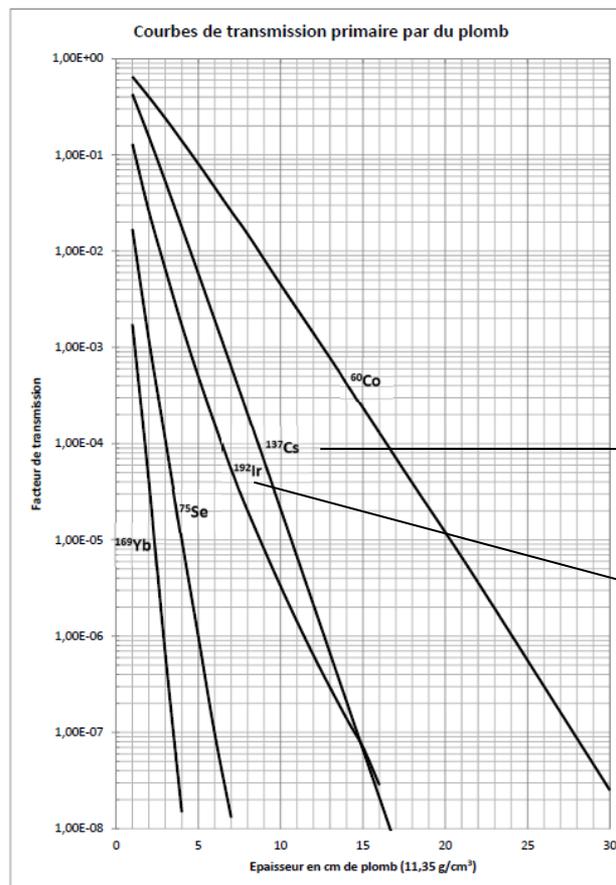
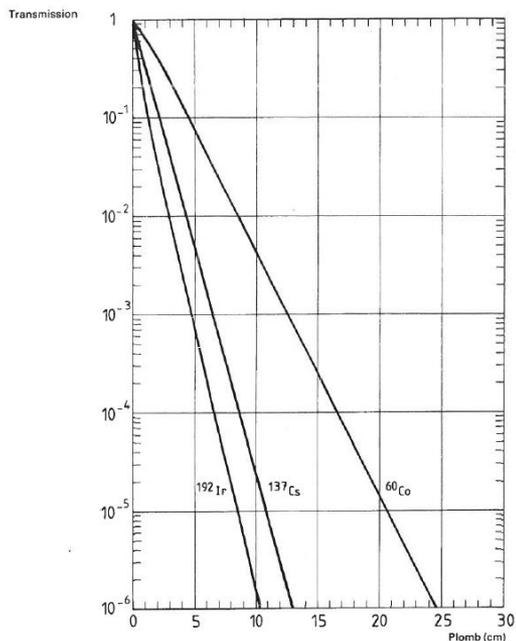


Figure 7 — Courbes de transmission primaire par du béton ordinaire de densité 2,35

Norme NF M 62-103 - Dimensionnement d'une enceinte de radiologie γ

■ Méthode de calcul de l'épaisseur des écrans de protection :

■ Rayonnement primaire



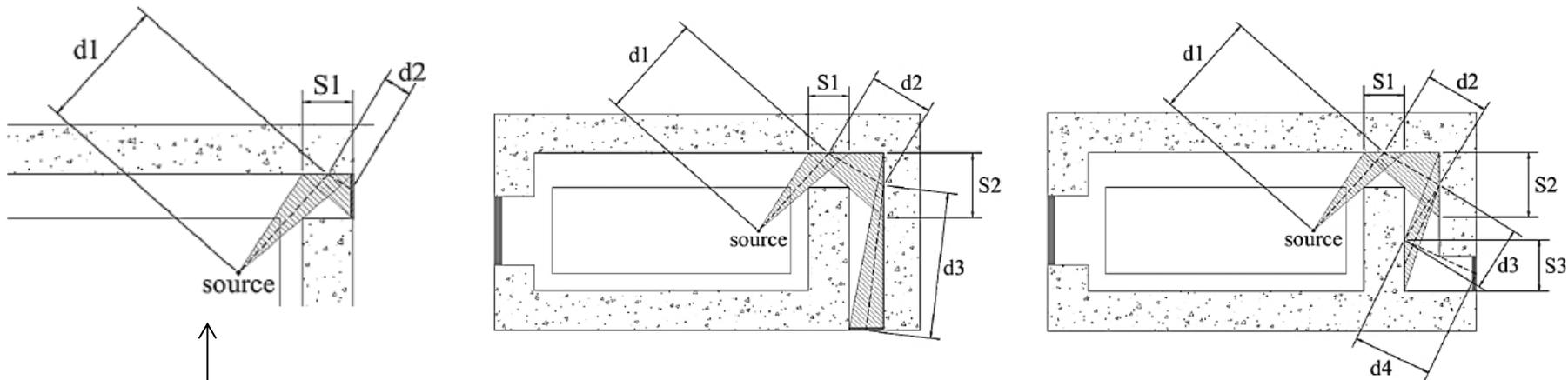
→ 662 keV

Influence des raies de $\approx 800 \text{ keV}$ et 1 MeV , malgré la faible probabilité d'émission

Norme NF M 62-103 - Dimensionnement d'une enceinte de radiologie γ

■ Méthode de calcul de l'épaisseur des écrans de protection :

- Rayonnement diffusé



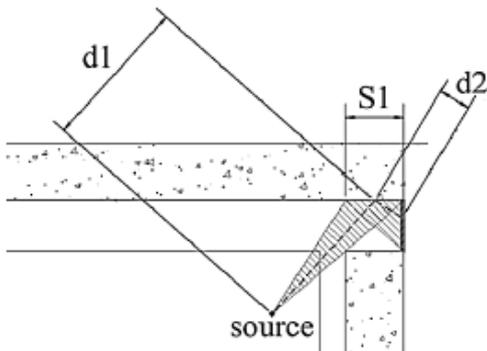
$$T_{S_1} = \frac{DeD^* \times d_1^2 \times d_2^2}{A \times \Gamma_0 \times k \times \alpha_1 \times S_1}$$

- S_1 : surface éclairée (en m^2)
- α_1 : coefficient de dose diffusé (fraction du rayonnement diffusé par S_1)

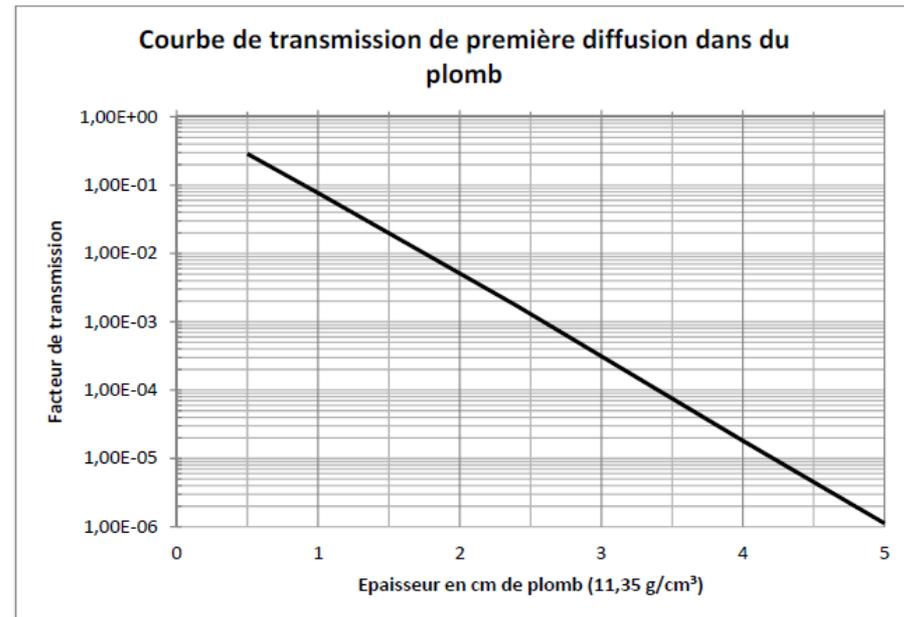
Norme NF M 62-103 - Dimensionnement d'une enceinte de radiologie γ

■ Méthode de calcul de l'épaisseur des écrans de protection :

- Rayonnement diffusé



$$T_{S_1} = \frac{DeD^* \times d_1^2 \times d_2^2}{A \times \Gamma_0 \times k \times \alpha_1 \times S_1}$$



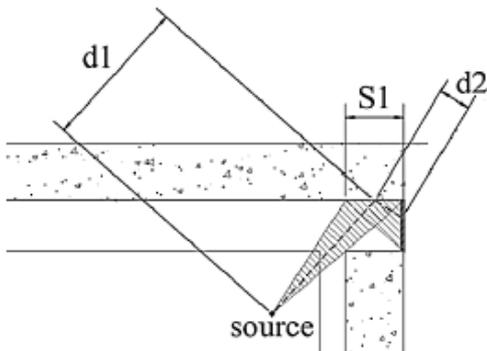
NOTE Courbe construite à partir de la raie la plus énergétique du cobalt 60, pour une diffusion à 90°.

- S_1 : surface éclairée (en m^2)
- α_1 : coefficient de dose diffusé (fraction du rayonnement diffusé par S_1)

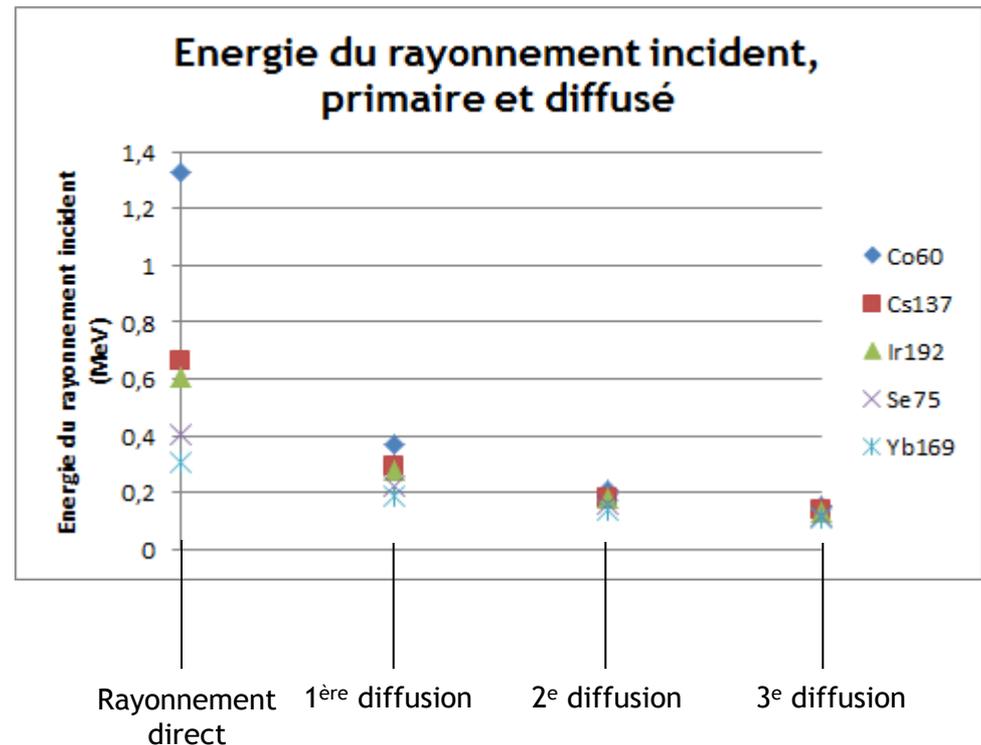
Norme NF M 62-103 - Dimensionnement d'une enceinte de radiologie γ

■ Méthode de calcul de l'épaisseur des écrans de protection :

- Rayonnement diffusé

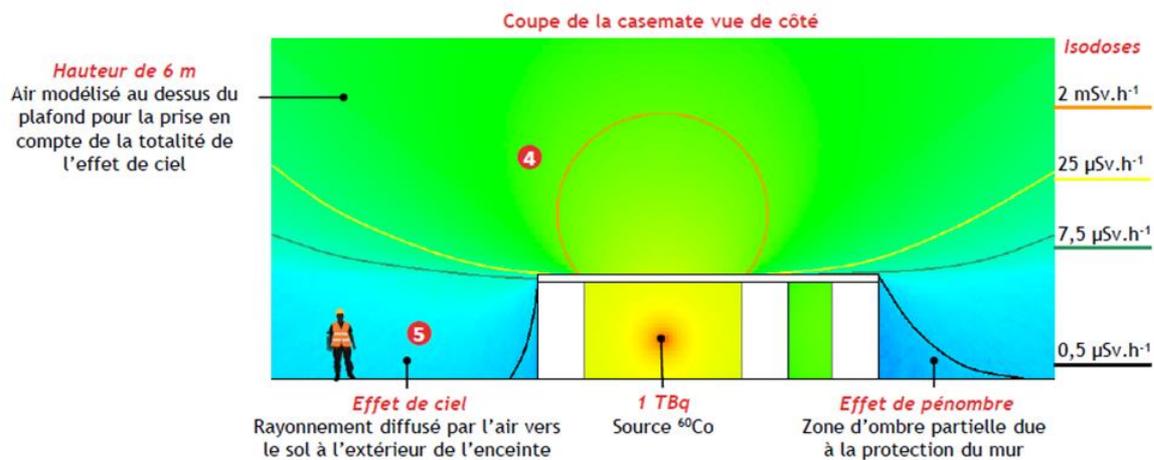


$$T_{S_1} = \frac{DeD^* \times d_1^2 \times d_2^2}{A \times \Gamma_0 \times k \times \alpha_1 \times S_1}$$



Norme NF M 62-103 - Dimensionnement d'une enceinte de radiologie γ

Dimensionnement du toit de l'enceinte - Effet de ciel



Influence de l'épaisseur du plafond sur le DeD (μ Sv.h⁻¹)

| | 0 cm | 10 cm | 20 cm | 30 cm | 40 cm | 50 cm |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ④ | 14000 | 5300 | 1500 | 400 | 105 | 26 |
| ⑤ | 14,9 | 5,6 | 1,9 | 0,46 | 0,18 | 0,04 |

Extrait d'un poster présenté à la SFRP de Sochaux (février 2018, Anne CORDELLE & Thomas GEOFFRAY)

$$T_{Toit} = \frac{DeD^* \times d_i^2 \times d_s^2}{2,5 \cdot 10^{-2} \times \Omega^{1,3} \times A \times \Gamma_0 \times k}$$

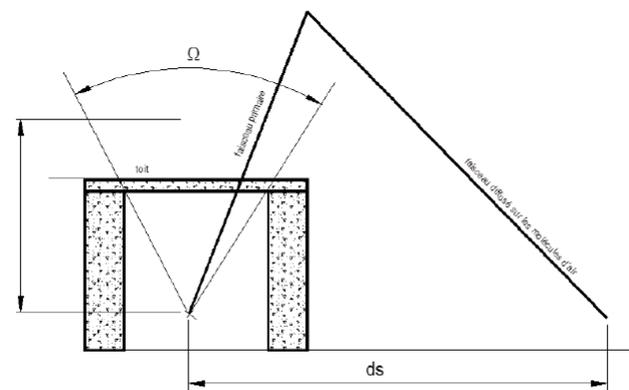


Figure 29 — L'effet de ciel - D'après Antoni et Bourgois, 2013, Physique appliquée à l'exposition externe : dosimétrie et radioprotection, springer ed.

Norme NF M 62-103 - Dimensionnement d'une enceinte de radiologie γ

Merci pour votre attention !