

PROTECTION CONTRE LES EXPOSITIONS AUX RAYONNEMENTS IONISANTS

1 – PROTECTION CONTRE L’EXPOSITION EXTERNE

- ✓ Principes et réduction du temps d’exposition**
- ✓ Variation du débit de dose avec la distance**
- ✓ Protection par écrans**

2 – PROTECTION CONTRE L’EXPOSITION INTERNE

- ✓ Protection collective**
- ✓ Protection individuelle**
- ✓ Conduites à tenir en cas d’incident**
- ✓ Moyens d’évaluation**

Définition de la Radioprotection

La radioprotection est définie de la manière suivante :

"La radioprotection est la protection contre les rayonnements ionisants, c'est-à-dire l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants produits sur les personnes, directement ou indirectement, y compris par les atteintes à l'environnement."

La radioprotection est donc :

- ✓ **un ensemble de bases scientifiques qui décrivent le risque et les moyens matériels de s'en protéger,**
- ✓ **des principes généraux fixant les objectifs et les moyens d'y parvenir,**
- ✓ **une organisation et une réglementation qui imposent le niveau de protection à atteindre et les dispositions nécessaires pour y parvenir.**

Sources des RI

On distingue :

- ❖ **Des sources naturelles** (telluriques, atmosphériques, cosmogéniques, internes),
- ❖ **Des sources médicales** (diagnostic ou thérapie, d'origine électrique ou radioactive),
- ❖ **Des sources industrielles** (radiographie, métrologie, sources scellées ou non, irradiateurs...),
- ❖ **Des sources liées à l'industrie nucléaire** (réacteurs, cycle du combustible...),
- ❖ **Des déchets et produits de démantèlement.**

EXPOSITION AUX RI

1 - EXPOSITION EXTERNE

- ✓ Rayonnements α , β , γ et X
- ✓ Neutrons

2 – EXPOSITION INTERNE

- ✓ Causes d'exposition

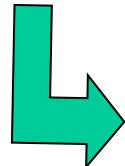
Protection contre l'exposition externe

Principe de protection

- ✓ Débit de dose et temps d'exposition \Rightarrow Dose absorbée
- ✓ Paramètres pour **minimiser** les effets de doses :

$$D = \dot{D} t = \alpha F = \frac{k}{d^2}$$

- Réduire la fluence (distance)
- Interposer des écrans de protection
- Réduire le temps d'exposition



Préparation soigneuse des interventions

- ❖ travail par des personnes compétentes
- ❖ mise en œuvre d'appareillage adéquat et performant
- ❖ coordination des interventions
- ❖ expérimentation à des essais à blanc

Protection par les écrans

✓ Variation du débit de dose avec la distance

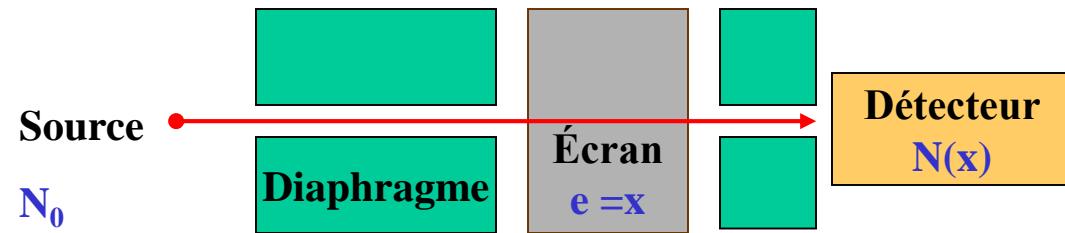
$$N(d) = N_0 \frac{\Omega}{4\pi} = \frac{k}{d^2}$$

$$\dot{D}_2 = \dot{D}_1 \frac{d_1^2}{d_2^2}$$

le débit de dose est divisé par n^2 si la distance est multipliée par n

✓ Absorption des photons

➤ Géométrie parfaite



$$N(x) = N_0 e^{-\mu x}$$



$$\dot{D}(x) = \dot{D}_0 e^{-\mu x}$$

Caractéristiques de la dosimétrie photons

✓ **Épaisseur moitié** : atténuation d'un facteur 2

$$x_{\frac{1}{2}} = \frac{0,693}{\mu}$$

✓ **Épaisseur dixième** : atténuation d'un facteur 10

$$x_{\frac{1}{10}} = \frac{\ln 10}{\mu}$$



$$x_{\frac{1}{2}} = 0,3 x_{\frac{1}{10}}$$

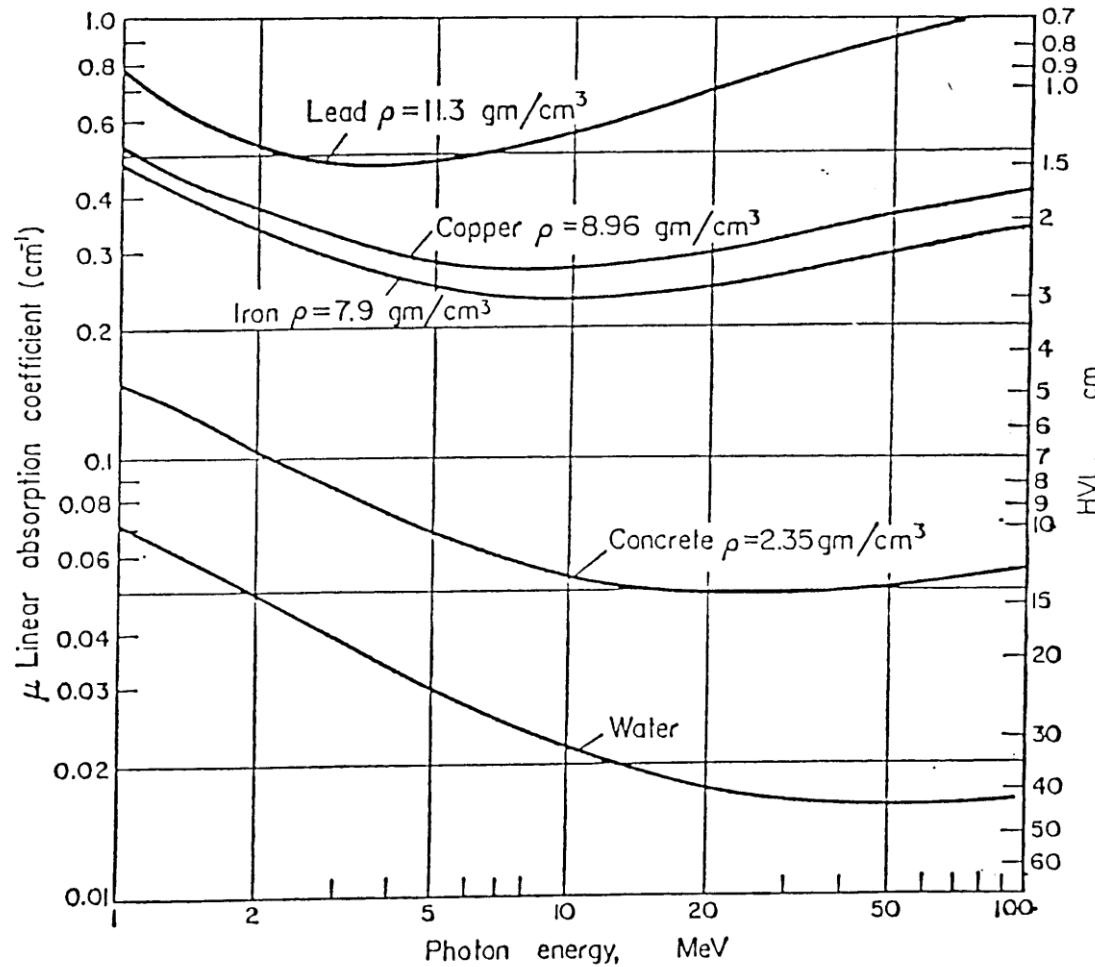
Épaisseur moitié (cm)

E (MeV)	Eau d = 1	Béton d = 2,3	Fer d = 7,9	Plomb d = 11,3
0,5	6,6	3,5	1,2	0,42
0,75	9,6	4,2	1,5	0,68
1	11,7	5,1	1,7	0,9
1,5	14,1	6,5	2,1	1,2
2	16,5	7,5	2,4	1,5
2,5	18,6	8,6	2,6	1,62

Coefficients d'atténuation linéaire (cm⁻¹)

E(MeV)	Eau $d = 1$	Béton $d = 2,3$	Béton $d = 3,4$	Fer $d = 7,85$	Plomb $d = 11,3$
0,1	0,167	0,382		2,700	57,1
0,5	0,0966	0,200	0,306	0,650	1,57
1	0,0706	0,146	0,207	0,466	0,739
1,5	0,0575	0,119	0,166	0,381	0,553
2	0,0493	0,103	0,146	0,333	0,494
2,5	0,0428	0,090	0,131	0,298	0,459
3	0,0396	0,0835	0,125	0,283	0,455

Coefficients d'atténuation massique (suite)



Dosimétrie des photons en géométrie réelle

✓ Diffusion



$$\dot{D} = \dot{D}_0 B e^{-\mu x}$$

✓ Annihilation

B : facteur d'accroissement de dose
« build up factor »

$$B > 1 \Rightarrow D_{\text{réelle}} > D_{\text{parfaite}}$$

- ✓ Énergie des photons
- ✓ Nature et dimensions de l'écran
- ✓ Géométrie

Facteurs d'accroissement de dose

		E_γ (MeV)									
	μ_x	0,5	0,6	0,8	1	1,25	1,50	1,75	2	2,5	3
eau	1	2,60	2,45	2,30	2,20	2,10	2,00	1,95	1,90	1,80	1,70
	5	21,0	17,5	12,0	10,5	8,55	7,40	6,75	6,20	5,30	4,70
	10	75,0	56,5	37,5	27,5	21,0	17,0	14,5	12,5	10,2	8,70
	15	175	123	74,5	51,0	36,0	28,0	23,0	19,5	15,2	12,9
Pb	1	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,45	1,45	1,45	1,40	1,35
	5	1,80	2,00	2,35	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90	2,95	2,95
	10	2,30	2,70	3,30	3,80	4,20	4,40	4,60	4,80	5,10	5,40
	15	2,65	3,30	4,15	4,90	5,50	6,00	6,40	6,90	7,70	8,40

Protection contre les gamma

Les écrans les plus utilisés pour la protection gamma sont :

✓ Plomb (masse volumique élevée)

✓ Uranium appauvri

châteaux, stockage, enceintes blindées,

✓ Eau pour les piscines de stockage des éléments combustibles de réacteurs.

✓ Bétons

construction de protection d'accélérateurs, casemates d'irradiation, ...

APPLICATION

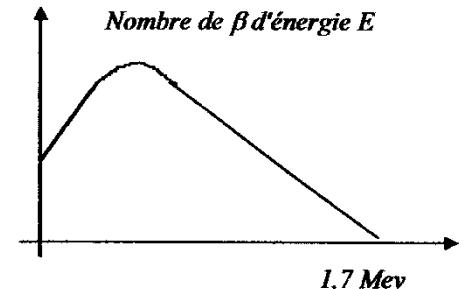
Soit une source ponctuelle émettant des photons de 1 MeV. Le débit de dose à 1 m est de 1 Gy/h. On interpose un écran de plomb de 5 cm. Quel débit de dose reste-t-il ?

Calculer en géométrie parfaite et en géométrie réelle, la protection de plomb nécessaire pour atténuer d'un facteur 20 le débit de dose dû à une source ponctuelle émettant un photon de 1,25 MeV.

Protection contre les bêta

✓ Émission bêta : spectre continu $\langle E_\beta \rangle = 1/3 E_{\max}$

✓ Calcul d'écran de protection :



➤ Énergie inférieure à 0,8 MeV

$$R(cm) = \frac{0,543E_{\max}^{1,38}}{d}$$

➤ Énergie supérieure à 0,8 MeV

$$R(cm) = \frac{0,543E_{\max} - 0,160}{d}$$

$$R_{\max} = (0,412 \times E^n) / \rho \quad \text{avec} \\ n = 1,265 - 0,0954 \times \ln(E)$$

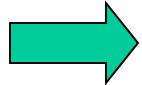
✓ matériaux de Z élevé \Rightarrow gamma par freinage des électrons auprès des noyaux

→ écran : matériau léger (**plexiglas, verre; aluminium**)

Exemple : ^{32}P (1,7 MeV) dans le plexiglas ($d=1,2 \text{ g/cm}^3$) $\Rightarrow R_{\max} = 0,635$

Protection contre les neutrons

Neutrons doivent d'abord être ralentis avant d'être absorbés
à l'état thermique ou lent par des matériaux comme le bore ou le cadmium
(réaction de capture émettant des photons gamma)



matériaux ralentisseurs riches en hydrogène
(eau, polyéthylène, ...)

Exemple :

$E_n = 5 \text{ MeV}$, dans le béton léger $e_{1/10} = 33 \text{ cm}$

Protection contre les neutrons (suite)

Matériaux	Densité	Σ_{total} (cm $^{-1}$)
Eau	1	0,1
Graphite	1,62	0,11
Beryllium	1,85	0,11
BeO	2,3	0,11
Béton ordinaire	2,3	0,099
Béton de baryte	3,5	0,12
Aluminium	2,7	0,10
Fer	7,8	0,16
Plomb	11,3	0,11

Protection contre l'exposition interne

Source d'exposition : contamination dans le laboratoire

✓ **Dans l'atmosphère**

- iode,
- eau tritiée,
- poussière,
- déchets non étanches,

✓ **Lieu du travail**

- Manipulation des solutions,
- Contact avec les instruments

Protection collective

✓ **Inhalation** : en fonction de l'activité manipulé et sa **radiotoxicité**

Moyens mis en œuvre

➤ Sorbonne : aspiration vers l'extérieur ($v > 0,5 \text{ m/s}$)

→ faibles activité

✓ Boites à gants : étanche mise en dépression par une ventilation filtrée

→ Radioéléments de toxicité élevée

✓ Ventilation des locaux : dépression croissant par zone séparées par sas

→ Faible activité non volatils

Protection collective (suite)

✓ **Contamination** : manipulation des sources **non scellés**



Risque de contamination de surface

⇒ éviter un rejet à l'extérieur

⇒ faciliter une éventuelle décontamination :

- Travail dans des locaux balisés : **Zone surveillée, Zone contrôlée**
- Sol du laboratoire imperméable : **matériau plastique avec joints**
- Murs revêtus de **peinture lisse**
- Surfaces de travail **décontaminables**

Protection individuelle

✓ **Inhalation** : masque respiratoire autonome à filtration

- Cartouches en papier filtre absolu pour les aérosols,
- Charbon actif pour les gaz et vapeurs (**iode**)
- Cartouche combinée

✓ **Éviter la contamination de la peau** : vêtements de travail adaptés

- blouse fermée,
- gants.

Bonnes pratiques de Laboratoire

1. Ne jamais manger, boire, fumer, se maquiller dans les locaux de travail,
2. Ne pas pipeter à la bouche des solutions radioactives,
3. Confiner : manipuler dans un plateau, sur du papier type benchkote,
4. Baliser : les surfaces de travail, le lieu d'entreposage des sources,
5. Marquer : préparations radioactives, matériel utilisé (trèfle conventionnel),
6. Contrôler : surfaces de travail, le sol, matériel, mains, vêtements,
7. Eliminer les déchets selon les procédures établies.

Conduites à tenir en cas d'accident

1. Contamination des surfaces de travail

- ✓ Baliser la zone contaminée,
- ✓ Nettoyer à l'aide de cotons humides
- ✓ Vérifier la contamination à l'aide d'un appareil adapté.

2. Contamination de la peau

- ✓ Lavage immédiat à l'eau et au savon
- ✓ Eviter d'étendre la contamination
- ✓ Ne pas utiliser de solvants ni de produits agressifs
- ✓ Consulter le service médical ou le service spécialisé recommandé par le médecin si une contamination persiste

Conduites à tenir en cas d'accident (suite)

3. Inhalation ou d'ingestion

⇒ Moyens thérapeutique spécifiques sous surveillance médicale

- ✓ Injection intraveineuse de DTPA, chélateur qui précipite les émetteurs alpha afin d'empêcher leur passage dans le sang et leur fixation dans un organe.
- ✓ Absorption d'iode stable pour saturer la thyroïde et empêcher la fixation ultérieure de l'isotope radioactif absorbé
- ✓ Absorption de beaucoup de boissons pour renouveler le plus vite possible l'eau des tissus dans le cas de l'eau tritiée.

Moyens d'évaluation de l'exposition interne

1. Anthropogammamétrie

- ✓ Spectrométrie du corps humain ou d'un organe.
- ✓ Examen inefficace pour la contamination Bêta purs :

^{3}H , ^{14}C , ^{35}S , ^{32}P , ...

2. Examen radiotoxicologique

- ✓ Recueillir pendant 24 heures les urines pour analyse après séparation chimique.
- ✓ Surveillance régulière complétée par une recherche dans les selles et sur les mouchoirs utilisés après l'accident.