

Formulaire – Sous-épreuve U4.1

Physique nucléaire et radioprotection

(Certaines notions, considérées comme connues, sont volontairement omises)

■ Constantes

$$N_A = 6,022\ 137 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$c = 2,997\ 925 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$e = 1,602\ 177 \times 10^{-19} \text{ C}$$

■ Masses et énergies

	Masse en kg	uma en MeV
u	$1,660\ 540 \times 10^{-27}$	931,494
Électron	$9,109\ 390 \times 10^{-31}$	0,511
Proton	$1,672\ 623 \times 10^{-27}$	938,272
Neutron	$1,674\ 929 \times 10^{-27}$	939,566

$$M_{\text{}^4_2\text{He}} = 4,002\ 603 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$E = m \cdot c^2 \quad \text{énergie de masse}$$

■ Section efficace

$$1 \text{ barn} = 10^{-24} \text{ cm}^2$$

■ Activité

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{T} \quad \text{constante radioactive en s}^{-1}$$

$$A = N \cdot \lambda \quad \text{avec } A \text{ en Bq}$$

N = nombre d'atomes

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$n = A \cdot \frac{I}{100} \quad \text{taux d'émission où } I = \text{intensité d'émission}$$

■ Pour les α

$$P = 0,32 \cdot \frac{\rho_{\text{air}}}{\rho_{\text{milieu}}} \cdot E^{3/2} \quad \text{avec } P = \text{parcours en cm}$$

E = énergie des α en MeV

ρ = masse volumique

■ Pour les électrons

Modèles de Katz et Penfold

$$\text{de 10 keV à 3 MeV} \quad P = 0,412 \cdot \frac{E^n}{\rho} \quad \text{et} \quad n = 1,265 - 0,0954 \cdot \ln(E)$$

$$\text{de 3 MeV à 20 MeV} \quad P = \frac{(0,530 \cdot E - 0,106)}{\rho}$$

Modèle de Feather

$$\text{Pour } E > 800 \text{ keV} \quad P = \frac{(0,540 \cdot E - 0,160)}{\rho}$$

Pour les 3 modèles avec P = portée en cm
 E = énergie maximale des électrons en MeV
 ρ = masse volumique du milieu en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$

$$\dot{D} = 9 \times 10^{-7} \cdot A \cdot \frac{I}{100} \quad \text{avec } \dot{D} \text{ en mGy}\cdot\text{h}^{-1} \text{ à } 10 \text{ cm}$$

A en Bq
 I en %

■ Pour les γ

$$\dot{D} = 1,3 \times 10^{-10} \cdot A \cdot E \cdot \frac{I}{100} \quad \text{avec } \dot{D} \text{ en mGy}\cdot\text{h}^{-1} \text{ à } 1 \text{ m}$$

A en Bq
 E en MeV
 I en %

■ Transfert linéique d'énergie

$$\text{TLE} = \frac{E}{x}$$

■ Écrans

$$\dot{D} = \dot{D}_0 \cdot e^{-\mu \cdot x} \quad \text{avec } \mu = \text{coefficient d'atténuation linéique}$$

x = épaisseur de l'écran

$$\dot{D} = \dot{D}_0 \cdot B \cdot e^{-\mu \cdot x} \quad \text{avec } B = \text{facteur de Build-Up}$$

■ **Dose efficace engagée**

$E = h(g) \cdot A_{inh} + e(g) \cdot A_{ing}$ avec $h(g)$ ou $h(g)_{inh} = DPUI$ inhalée en $Sv \cdot Bq^{-1}$
 $e(g)$ ou $h(g)_{ing} = DPUI$ ingérée en $Sv \cdot Bq^{-1}$
 A_{inh} et A_{ing} en $Bq =$ activité incorporée
 E en Sv

$A_{inh} = A_V \cdot Q \cdot t$ avec $Q =$ quotient respiratoire = $1,1 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (travail léger)

$1 \cdot RCA = \frac{25 \times 10^{-6}}{Q \cdot h(g)_{inh}}$ avec RCA en $Bq \cdot \text{m}^{-3}$. Correspond à $25 \mu\text{Sv}$ de dose efficace engagée par inhalation en 1 h
 $h(g)$ ou $h(g)_{inh} = DPUI$ inhalée en $Sv \cdot Bq^{-1}$
 $Q =$ quotient respiratoire = $1,1 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

■ **Période effective** $\frac{1}{T_e} = \frac{1}{T} + \frac{1}{T_b}$

■ **Facteurs de pondérations radiologique et tissulaire**

	W_R	
$\gamma, X, \beta, \text{ muons}$	1	
$\alpha, \text{ fragments de fission, ions lourds}$	20	
n	$E < 1 \text{ MeV}$	$2,5 + 18,2e^{-(\ln(E))^{2/6}}$
	$1 \text{ MeV} \leq E \leq 50 \text{ MeV}$	$5,0 + 17,0e^{-(\ln(2E))^{2/6}}$
	$E > 50 \text{ MeV}$	$2,5 + 3,25e^{-(\ln(0,04E))^{2/6}}$
(E en MeV pour les 3 relations citées)		
p, pions chargés	2	

	W_T
Moelle osseuse rouge	0,12
Colon	0,12
Poumon	0,12
Estomac	0,12
Sein	0,12
Gonades	0,08
Vessie	0,04
Foie	0,04
Œsophage	0,04
Thyroïde	0,04
Surface osseuse	0,01
Cerveau	0,01
Glandes salivaires	0,01
Peau	0,01
Tissus restants	0,12
Organisme entier (Total)	1

■ Dosimétrie

Catégorie		Limites sur 12 mois glissants en mSv		
		Public	B	A
Organisme entier	$E = H_{(10)}$	1	6	20
Peau (1cm ²)	$H_{(0,07)}$	50	150	500
Extrémités	$H_{(0,07)}$	-	150	500
Cristallin	$H_{(3)}$	15	45	20 ⁽¹⁾

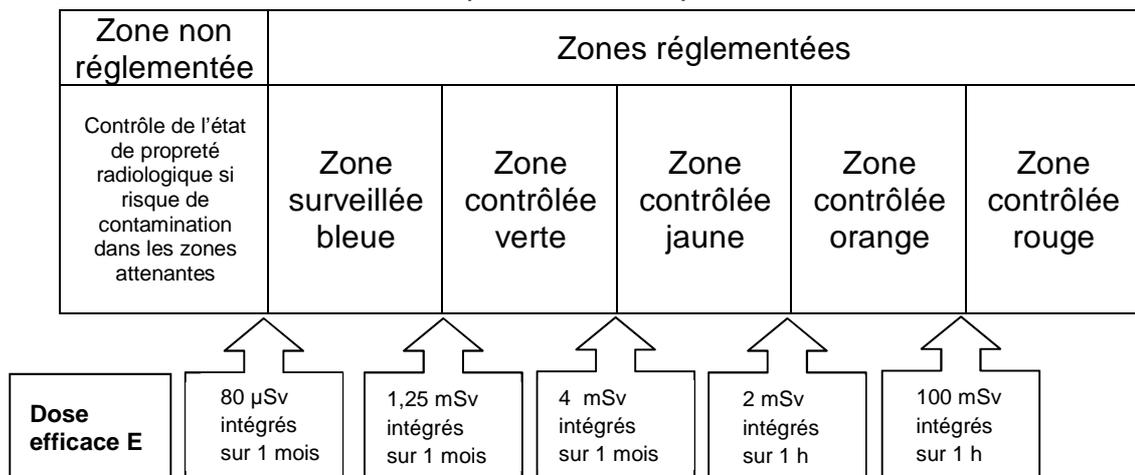
⁽¹⁾Du 1^{er} juillet 2018 au 30 juin 2023, la valeur limite cumulée pour le cristallin est fixée à 100 mSv, pour autant que la dose reçue au cours d'une année ne dépasse pas 50 mSv.

■ Zonage

Identification des zones où les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à des niveaux de rayonnements ionisants dépassant :

- pour l'organisme entier, évalués à partir de la dose efficace, 80 µSv par mois ;
- pour les extrémités ou la peau, évalués à partir de la dose équivalente, 4 mSv par mois (zone d'extrémités) ;
- pour la concentration d'activité du radon dans l'air, évaluée en dose efficace, 6 mSv par an (zone radon).

L'évaluation des niveaux d'exposition retenus pour identifier ces zones est réalisée en le lieu de travail occupé de manière permanente.



■ Radon

Niveau de référence 300 Bq·m⁻³

Dose Conversion Coefficient pour un facteur d'équilibre F = 0,4

DCC = 7,50 × 10⁻⁶ (mSv·h⁻¹)·(m³·Bq⁻¹) dans les bâtiments

ou

12 mSv/WLM coefficient par défaut

WLM = working level month = 170 h exposé à 3 700 Bq·m⁻³ avec F = 1

■ Contamination surfacique

A_s = activité surfacique en $\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$

A = activité en Bq

n = taux de comptage brut obtenu en impulsions/s ou c/s

n_{BDF} = nombre de chocs dus au bruit de fond.

ε_i = rendement de l'appareil

ε_s = rendement source
 0,5 pour β si $E_{\beta\text{max}} \geq 0,4 \text{ MeV}$
 0,25 pour β si $E_{\beta\text{max}} < 0,4 \text{ MeV}$ et pour α

R_f = rendement frottis $\approx 10 \%$

S = surface frottée en cm^2

$$A_s = \frac{n - n_{\text{BDF}}}{\varepsilon_i \cdot S_{\text{contaminée}} \cdot \varepsilon_s} \quad \text{si} \quad S_{\text{contaminée}} < S_{\text{détecteur}}$$

$$A_s = \frac{n - n_{\text{BDF}}}{\varepsilon_i \cdot S_{\text{détecteur}} \cdot \varepsilon_s} \quad \text{si} \quad S_{\text{détecteur}} < S_{\text{contaminée}}$$

$$A_s = \frac{n - n_{\text{BDF}}}{R_f \cdot S \cdot \varepsilon_i \cdot \varepsilon_s} \quad \text{si} \quad S_{\text{frottis}} < S_{\text{détecteur}}$$

$$A_s = \frac{n - n_{\text{BDF}}}{R_f \cdot S \cdot \varepsilon_i \cdot \varepsilon_s} \cdot \frac{S_{\text{frottis}}}{S_{\text{détecteur}}} \quad \text{si} \quad S_{\text{détecteur}} < S_{\text{frottis}}$$

■ Contamination volumique

$$A_v = \frac{A}{V}$$

$A_v = A_{v0} \cdot e^{-R \cdot t}$ pour une émission A_{v0} de courte durée dans un local ventilé

avec A_v et A_{v0} = activité volumique en $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$

R = taux de renouvellement de l'air en h^{-1}

$R = \frac{Q}{V}$ avec Q = débit de ventilation en $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$

V = volume du local en m^3

t = durée en h

$$A_v = \frac{A_h}{Q} \cdot (1 - e^{-R \cdot t}) \quad \text{pour une production continue } A_h \text{ en } \text{Bq}\cdot\text{h}^{-1}$$

$A_v = \frac{A_s \cdot S \cdot \tau}{V}$ contamination volumique engendrée par une remise en suspension de la contamination surfacique de la surface S avec τ = taux de remise en suspension

