

Formulaire

Physique nucléaire et radioprotection

■ Constantes

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

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

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

■ Masses et énergies

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

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

$$E = m \cdot c^2 \quad \text{masse au repos}$$

■ Section efficace

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

■ Activité

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

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

N = nombre d'atomes

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

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

■ **Pour les β**

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

avec P = portée en cm
E = énergie maximale des β en MeV
 ρ = masse volumique en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$

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

A en Bq
I en %

■ **Pour les γ**

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

A en Bq
E en MeV
I en %

■ **Transfert linéique d'énergie** $TLE = \frac{E}{x}$

■ **Ecrans**

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

$x = \text{épaisseur de l'écran}$

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

■ **Dose efficace engagée**

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

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

$$A_{inh} = A_V \cdot Q \cdot t \quad \text{avec} \quad Q = \text{quotient respiratoire} = 1,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \text{ (travail léger)}$$

$$A_{I_{20inh}} = \frac{0,02}{h(g)_{inh}} \quad \text{activité incorporée en Bq par inhalation conduisant à une dose efficace engagée de } 20 \text{ mSv}$$

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

$h(g) \text{ ou } h(g)_{inh} = \text{DPUI inhalée en } \text{Sv}\cdot\text{Bq}^{-1}$
 $Q = \text{quotient respiratoire} = 1,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \text{ (travail léger)}$

■ Période effective

$$\frac{1}{T_e} = \frac{1}{T} + \frac{1}{T_b}$$

■ Coefficients de pondérations radiologique et tissulaire

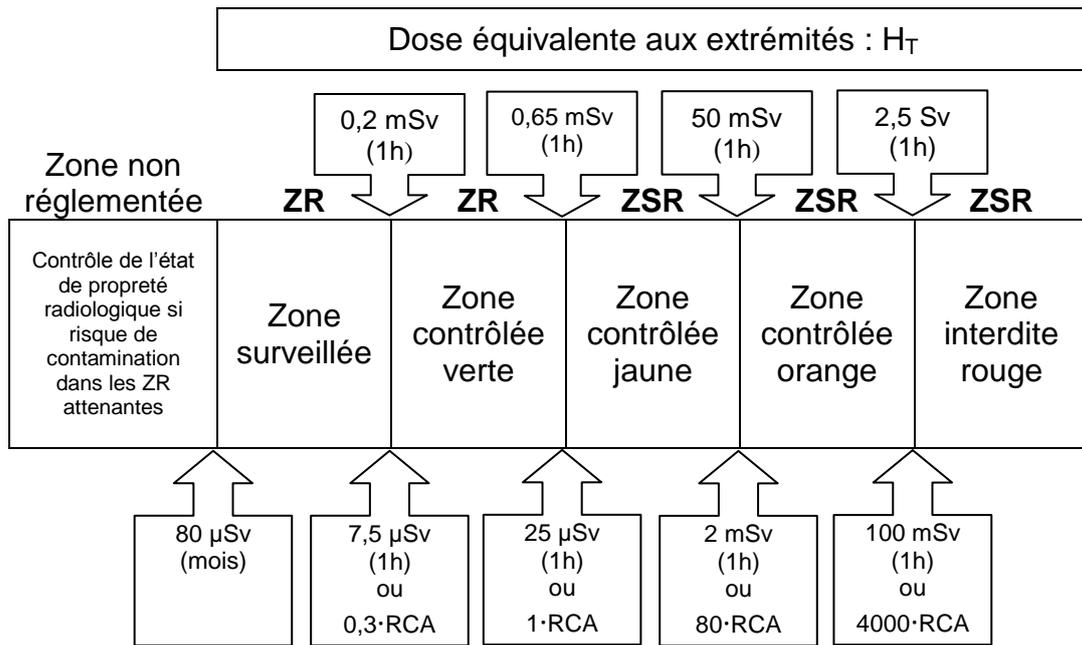
		W_R
γ, X, β		1
$\alpha, \text{ cluster}$		20
n	< 10 keV	5
	10 keV à 100 keV	10
	100 keV à 2 MeV	20
	2 MeV à 20 MeV	10
	> 20 MeV	5
p > 2 MeV		5

	W_T
Gonades	0,20
Moelle osseuse	0,12
Colon	0,12
Poumon	0,12
Estomac	0,12
Vessie	0,05
Sein	0,05
Foie	0,05
Oesophage	0,05
Thyroïde	0,05
Peau	0,01
Os (surface)	0,01
Autres tissus ou organes	0,05
Total (corps entier)	1

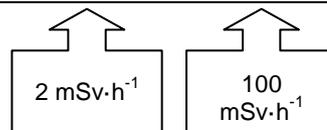
■ Dosimétrie

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

■ Zonage



Dose efficace E_T



Remarque :
Les valeurs de doses (E_T et H_T) correspondent à des doses intégrées sur la période considérée (le mois ou l'heure).

Débit d'équivalent de dose
Au niveau de l'organisme entier (exposition externe seule)

$$\frac{H_{(10)}^*}{H_{\text{zonage}}} + \frac{A_V}{nb \cdot RCA_{\text{zonage}}} \leq 1$$

avec

A_V et $nb \cdot RCA_{\text{zonage}}$ en Bq·m⁻³

■ Mathématiques

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{a+b}{a \cdot b}$$

$$e^x = \frac{1}{e^{-x}}$$

$$y = e^x \Leftrightarrow x = \ln(y)$$

$$\ln(a^n) = n \cdot \ln(a)$$

$$e^a \cdot e^b = e^{a+b}$$

$$\ln(a \cdot b) = \ln(a) + \ln(b)$$

■ Contamination surfacique

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

A = activité en Bq

n = taux de comptage net 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 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}

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

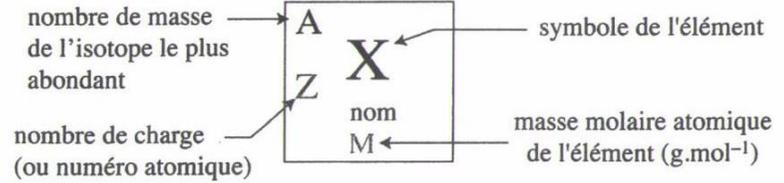
V = volume du local en m^3

t = durée en h

$$A_V = \frac{A_s \cdot S \cdot \tau}{V}$$

contamination volumique engendrée par une remise en suspension de la contamination surfacique de la surface S avec τ = taux de remise en suspension

colonnes périodes ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H hydrogène 1,0																	4 He hélium 4,0
2	3 Li lithium 6,9	4 Be béryllium 9,0											11 B bore 10,8	12 C carbone 12,0	14 N azote 14,0	16 O oxygène 16,0	19 F fluor 19,0	20 Ne néon 20,2
3	11 Na sodium 23,0	12 Mg magnésium 24,3											27 Al aluminium 27,0	28 Si silicium 28,1	31 P phosphore 31,0	32 S soufre 32,1	35 Cl chlore 35,5	40 Ar argon 39,9
4	19 K potassium 39,1	20 Ca calcium 40,1	45 Sc scandium 45,0	48 Ti titane 47,9	51 V vanadium 50,9	52 Cr chrome 52,0	55 Mn manganèse 54,9	56 Fe fer 55,8	59 Co cobalt 58,9	58 Ni nickel 58,7	63 Cu cuivre 63,5	64 Zn zinc 65,4	69 Ga gallium 69,7	74 Ge germanium 72,6	75 As arsenic 74,9	80 Se sélénium 79,0	79 Br brome 79,9	84 Kr krypton 83,8
5	37 Rb rubidium 85,5	38 Sr strontium 87,6	39 Y yttrium 88,9	90 Zr zirconium 91,2	93 Nb niobium 92,9	98 Mo molybdène 95,9	98 Tc technétium 98,9	102 Ru ruthénium 101,1	103 Rh rhodium 102,9	106 Pd palladium 106,4	107 Ag argent 107,9	114 Cd cadmium 112,4	115 In indium 114,8	120 Sn étain 118,7	121 Sb antimoine 121,7	130 Te tellure 127,6	127 I iode 126,9	129 Xe xénon 131,3
6	55 Cs césium 132,9	56 Ba baryum 137,3	L	72 Hf hafnium 178,5	73 Ta tantale 180,9	74 W tungstène 183,9	75 Re rhénium 186,2	76 Os osmium 190,2	77 Ir iridium 192,2	78 Pt platine 195,1	79 Au or 197,0	80 Hg mercure 200,6	81 Tl thallium 204,4	82 Pb plomb 207,2	83 Bi bismuth 209,0	84 Po polonium ≈ 209	85 At astate ≈ 210	222 Rn radon ≈ 222
7	87 Fr francium ≈ 223	88 Ra radium 226,0	A	104 Ku kurchatovium ≈ 261	105 Ha hahnium ≈ 262	106 Sg seaborgium --	107 Ns nielsbohrium --	108 Hs hassium --	109 Mt meitnerium --									



L = Lanthanides : 57 à 71

139 57 La lanthane 138,9	140 58 Ce cérium 140,1	141 59 Pr praséodyme 140,9	142 60 Nd néodyme 144,2	146 61 Pm prométhium ≈ 145	152 62 Sm samarium 150,4	153 63 Eu europium 152,0	158 64 Gd gadolinium 157,2	159 65 Tb terbium 158,9	164 66 Dy dysprosium 162,5	165 67 Ho holmium 164,9	166 68 Er erbium 167,3	169 69 Tm thulium 168,9	174 70 Yb ytterbium 173,0	175 71 Lu lutétium 175,0
---	---	---	--	---	---	---	---	--	---	--	---	--	--	---

A = Actinides : 89 à 103

227 89 Ac actinium ≈ 227	232 90 Th thorium 232,0	231 91 Pa protactinium 231,0	238 92 U uranium 238,0	237 93 Np neptunium ≈ 237	244 94 Pu plutonium ≈ 244	243 95 Am américium ≈ 243	247 96 Cm curium ≈ 247	247 97 Bk berkélium ≈ 247	251 98 Cf californium ≈ 251	254 99 Es einsteinium ≈ 254	257 100 Fm fermium ≈ 257	258 101 Md mendélévium ≈ 258	259 102 No nobélium ≈ 259	260 103 Lw lawrencium ≈ 260
---	--	---	---	--	--	--	---	--	--	--	---	---	--	--