



Ce document a été mis en ligne par l'organisme [FormaV](#)®

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :

[www.formav.co/explorer](http://www.formav.co/explorer)

# Formulaire

## Physique nucléaire et radioprotection

### ■ Constantes

Nombre d'Avogadro :  $N_A = 6,022\ 137 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

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

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

### ■ 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    |

$M_{\frac{1}{2}\text{He}} = 4,002\ 603 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$E = m \cdot c^2$       masse au repos

### ■ Activité

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

$A = N \cdot \lambda$       avec A en Bq  
N = nombre d'atomes

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

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

### ■ Pour les $\beta$

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

avec  $R$  = portée en cm  
 $E$  = énergie maximale des  $\beta$  en MeV  
 $\rho$  = 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 $\gamma$

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

$A$  en Bq  
 $E$  en MeV  
 $I$  en %

### ■ Transfert linéique d'énergie

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

### ■ Ecrans

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

$x$  = épaisseur de l'écran

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

### ■ Dose efficace engagée

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

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

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

$$A_{I_{20\text{inh}}} = \frac{0,02}{h(g)_{\text{inh}}} \quad \text{activité incorporée en Bq par inhalation conduisant}$$

à une dose efficace engagée de 20 mSv

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

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

■ Période effective

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

■ Coefficients de pondérations radiologique et tissulaire

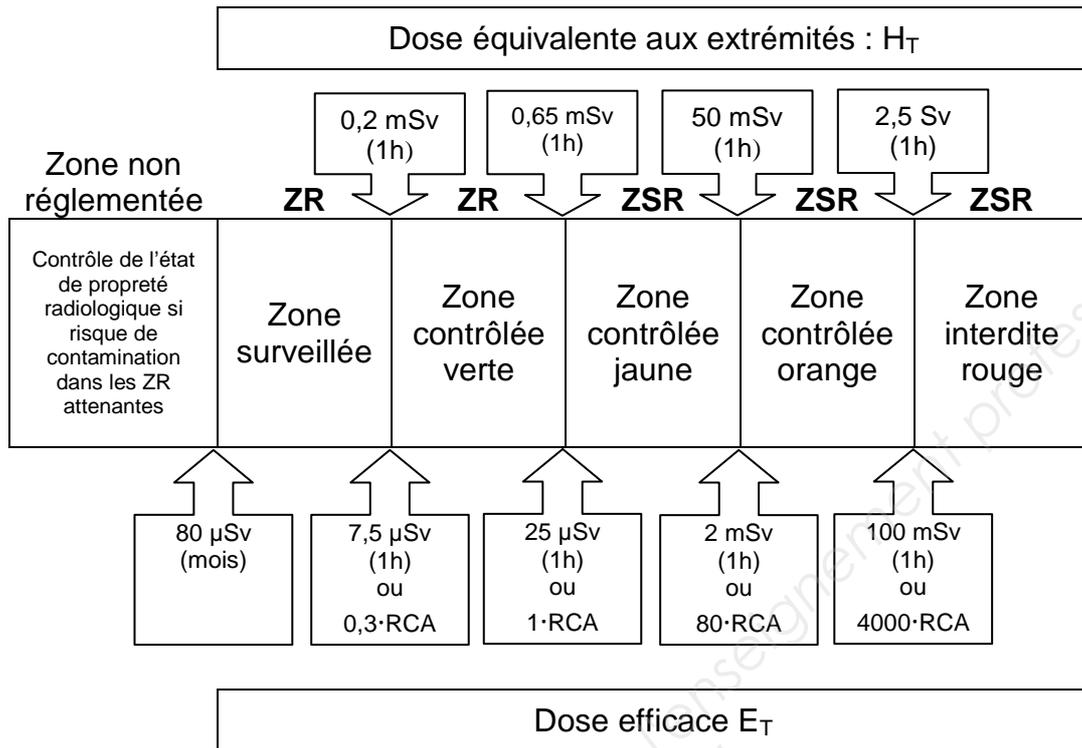
|                           |                  | $W_R$ |
|---------------------------|------------------|-------|
| $\gamma, X, \beta$        |                  | 1     |
| $\alpha, \text{ cluster}$ |                  | 20    |
| n                         | < 10 keV         | 5     |
|                           | 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 rouge     | 0,12  |
| Colon                    | 0,12  |
| Poumon                   | 0,12  |
| Estomac                  | 0,12  |
| Vessie                   | 0,05  |
| Sein                     | 0,05  |
| Foie                     | 0,05  |
| Œsophage                 | 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 <sup>2</sup> ) | $H_{(0,07)}$   | 50                                   | 150 | 500 |
| Extrémités               | $H_{(10)}$     | -                                    | 150 | 500 |
| Cristallin               | $H_{(3)}$      | 15                                   | 45  | 150 |

## ■ Zonage



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

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

avec

$$A_V \text{ et } nb \cdot RCA_{\text{zonage}} \text{ en } \text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$$

## ■ Mathématiques

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

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

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

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

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

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

## ■ 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

$n_{\text{BDF}}$  = nombre de chocs dû au bruit de fond.

$\varepsilon_i$  = rendement de l'appareil

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

$R_f$  = rendement frottis  $\approx 10 \%$

$S$  = surface frottée en  $\text{cm}^2$

Mesure directe :

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

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

Mesure indirecte :

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

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

## ■ 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  $A_{v0}$  = activités volumiques en  $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$

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

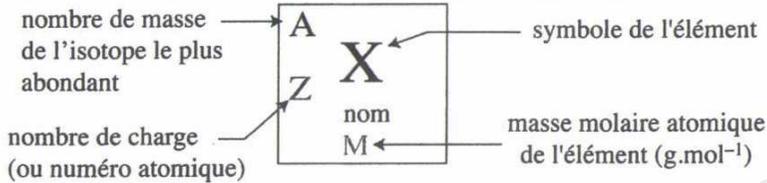
$$R = \frac{Q}{V} \quad \text{avec} \quad Q = \text{débit de ventilation en } \text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$V$  = volume du local en  $\text{m}^3$

$t$  = durée en h

$$A_v = \frac{A_s \cdot \tau}{V} \quad \text{avec} \quad \tau = \text{taux de remise en suspension}$$

| colonnes<br>périodes | 1                                    | 2                                    | 3                                   | 4  | 5                                    | 6                                    | 7                                      | 8                                     | 9                                    | 10                                    | 11                                 | 12                                  | 13                                   | 14                                   | 15                                    | 16                                   | 17                                 | 18                                 |
|----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1                    | 1<br><b>H</b><br>hydrogène<br>1,0    |                                      |                                     |  |                                      |                                      |  |                                       |                                      |                                       |                                    |                                     |                                      |                                      |                                       |                                      |                                    | 2<br><b>He</b><br>hélium<br>4,0    |
| 2                    | 3<br><b>Li</b><br>lithium<br>6,9     | 4<br><b>Be</b><br>béryllium<br>9,0   |                                     |  |                                      |                                      |  |                                       |                                      |                                       |                                    |                                     | 5<br><b>B</b><br>bore<br>10,8        | 6<br><b>C</b><br>carbone<br>12,0     | 7<br><b>N</b><br>azote<br>14,0        | 8<br><b>O</b><br>oxygène<br>16,0     | 9<br><b>F</b><br>fluor<br>19,0     | 10<br><b>Ne</b><br>néon<br>20,2    |
| 3                    | 11<br><b>Na</b><br>sodium<br>23,0    | 12<br><b>Mg</b><br>magnésium<br>24,3 |                                     |  |                                      |                                      |  |                                       |                                      |                                       |                                    |                                     | 13<br><b>Al</b><br>aluminium<br>27,0 | 14<br><b>Si</b><br>silicium<br>28,1  | 15<br><b>P</b><br>phosphore<br>31,0   | 16<br><b>S</b><br>soufre<br>32,1     | 17<br><b>Cl</b><br>chlore<br>35,5  | 18<br><b>Ar</b><br>argon<br>39,9   |
| 4                    | 19<br><b>K</b><br>potassium<br>39,1  | 20<br><b>Ca</b><br>calcium<br>40,1   | 21<br><b>Sc</b><br>scandium<br>45,0 | 22<br><b>Ti</b><br>titane<br>47,9          | 23<br><b>V</b><br>vanadium<br>50,9   | 24<br><b>Cr</b><br>chrome<br>52,0    | 25<br><b>Mn</b><br>manganèse<br>54,9   | 26<br><b>Fe</b><br>fer<br>55,8        | 27<br><b>Co</b><br>cobalt<br>58,9    | 28<br><b>Ni</b><br>nickel<br>58,7     | 29<br><b>Cu</b><br>cuivre<br>63,5  | 30<br><b>Zn</b><br>zinc<br>65,4     | 31<br><b>Ga</b><br>gallium<br>69,7   | 32<br><b>Ge</b><br>germanium<br>72,6 | 33<br><b>As</b><br>arsenic<br>74,9    | 34<br><b>Se</b><br>sélénium<br>79,0  | 35<br><b>Br</b><br>brome<br>79,9   | 36<br><b>Kr</b><br>krypton<br>83,8 |
| 5                    | 37<br><b>Rb</b><br>rubidium<br>85,5  | 38<br><b>Sr</b><br>strontium<br>87,6 | 39<br><b>Y</b><br>yttrium<br>88,9   | 40<br><b>Zr</b><br>zirconium<br>91,2       | 41<br><b>Nb</b><br>niobium<br>92,9   | 42<br><b>Mo</b><br>molybdène<br>95,9 | 43<br><b>Tc</b><br>technétium<br>98,9  | 44<br><b>Ru</b><br>ruthénium<br>101,1 | 45<br><b>Rh</b><br>rhodium<br>102,9  | 46<br><b>Pd</b><br>palladium<br>106,4 | 47<br><b>Ag</b><br>argent<br>107,9 | 48<br><b>Cd</b><br>cadmium<br>112,4 | 49<br><b>In</b><br>indium<br>114,8   | 50<br><b>Sn</b><br>étain<br>118,7    | 51<br><b>Sb</b><br>antimoine<br>121,7 | 52<br><b>Te</b><br>tellure<br>127,6  | 53<br><b>I</b><br>iode<br>126,9    | 54<br><b>Xe</b><br>xénon<br>131,3  |
| 6                    | 55<br><b>Cs</b><br>césium<br>132,9   | 56<br><b>Ba</b><br>baryum<br>137,3   | <b>L</b>                            | 72<br><b>Hf</b><br>hafnium<br>178,5        | 73<br><b>Ta</b><br>tantale<br>180,9  | 74<br><b>W</b><br>tungstène<br>183,9 | 75<br><b>Re</b><br>rhénium<br>186,2    | 76<br><b>Os</b><br>osmium<br>190,2    | 77<br><b>Ir</b><br>iridium<br>192,2  | 78<br><b>Pt</b><br>platine<br>195,1   | 79<br><b>Au</b><br>or<br>197,0     | 80<br><b>Hg</b><br>mercure<br>200,6 | 81<br><b>Tl</b><br>thallium<br>204,4 | 82<br><b>Pb</b><br>plomb<br>207,2    | 83<br><b>Bi</b><br>bismuth<br>209,0   | 84<br><b>Po</b><br>polonium<br>≈ 209 | 85<br><b>At</b><br>astate<br>≈ 210 | 86<br><b>Rn</b><br>radon<br>≈ 222  |
| 7                    | 87<br><b>Fr</b><br>francium<br>≈ 223 | 88<br><b>Ra</b><br>radium<br>226,0   | <b>A</b>                            | 104<br><b>Ku</b><br>kurtchatovium<br>≈ 261 | 105<br><b>Ha</b><br>hahnium<br>≈ 262 | 106<br><b>Sg</b><br>seaborgium<br>-- | 107<br><b>Ns</b><br>nielsbohrium<br>-- | 108<br><b>Hs</b><br>hassium<br>--     | 109<br><b>Mt</b><br>meitnerium<br>-- |                                       |                                    |                                     |                                      |                                      |                                       |                                      |                                    |                                    |



**L = Lanthanides : 57 à 71**

|                                       |                                     |   |                                      |   |                                       |                                       |   |                                      |   |                                      |                                     |                                      |  |                                       |
|---------------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|---|--------------------------------------|---|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------------|
| 139<br><b>La</b><br>lanthane<br>138,9 | 140<br><b>Ce</b><br>cérium<br>140,1 | 141<br><b>Pr</b><br>praséodyme<br>140,9 | 142<br><b>Nd</b><br>néodyme<br>144,2 | 146<br><b>Pm</b><br>prométhium<br>≈ 145 | 152<br><b>Sm</b><br>samarium<br>150,4 | 153<br><b>Eu</b><br>europium<br>152,0 | 158<br><b>Gd</b><br>gadolinium<br>157,2 | 159<br><b>Tb</b><br>terbium<br>158,9 | 164<br><b>Dy</b><br>dysprosium<br>162,5 | 165<br><b>Ho</b><br>holmium<br>164,9 | 166<br><b>Er</b><br>erbium<br>167,3 | 169<br><b>Tm</b><br>thulium<br>168,9 | 174<br><b>Yb</b><br>ytterbium<br>173,0 | 175<br><b>Lu</b><br>lutétium<br>175,0 |
|---------------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|---|--------------------------------------|---|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------------|

**A = Actinides : 89 à 103**

|                                       |                                      |   |                                     |  |  |  |                                     |  |  |  |                                      |  |                                       |   |
|---------------------------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------------|--|--|--|-------------------------------------|--|--|--|--------------------------------------|--|---------------------------------------|---|
| 227<br><b>Ac</b><br>actinium<br>≈ 227 | 232<br><b>Th</b><br>thorium<br>232,0 | 231<br><b>Pa</b><br>protactinium<br>231,0 | 238<br><b>U</b><br>uranium<br>238,0 | 237<br><b>Np</b><br>neptunium<br>≈ 237 | 244<br><b>Pu</b><br>plutonium<br>≈ 244 | 243<br><b>Am</b><br>américium<br>≈ 243 | 247<br><b>Cm</b><br>curium<br>≈ 247 | 247<br><b>Bk</b><br>berkélium<br>≈ 247 | 251<br><b>Cf</b><br>californium<br>≈ 251 | 254<br><b>Es</b><br>einsteinium<br>≈ 254 | 257<br><b>Fm</b><br>fermium<br>≈ 257 | 258<br><b>Md</b><br>mendélévium<br>≈ 258 | 259<br><b>No</b><br>nobélium<br>≈ 259 | 260<br><b>Lw</b><br>lawrencium<br>≈ 260 |
|---------------------------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------------|--|--|--|-------------------------------------|--|--|--|--------------------------------------|--|---------------------------------------|---|