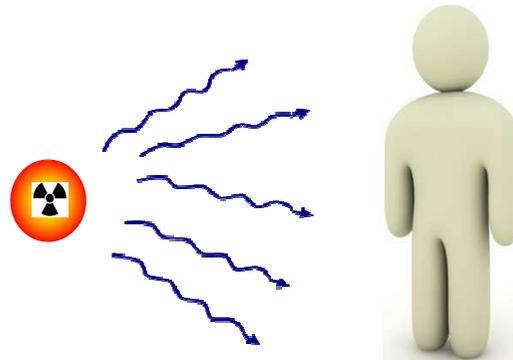
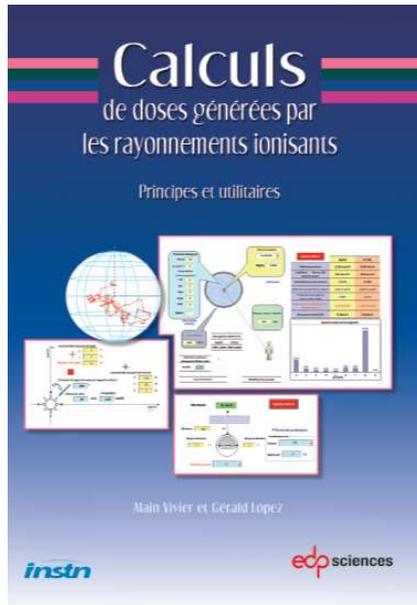




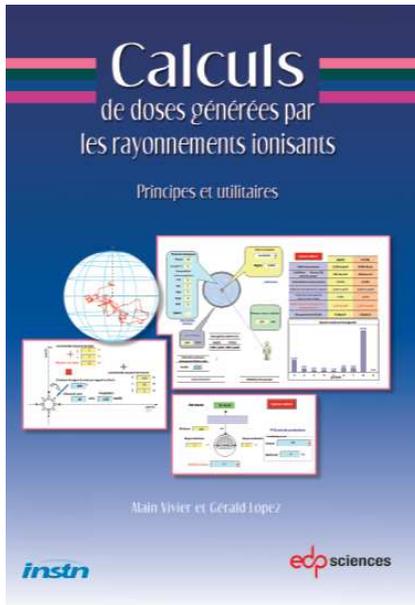
**PRESENTATION DES UTILITAIRES DE CALCULS DE L'OUVRAGE  
« CALCUL DE DOSES GENEREES PAR LES RAYONNEMENTS IONISANTS »  
( EDP SCIENCES 2012)**

**ALAIN VIVIER (INSTN/SACLAY), GERALD LOPEZ (AREVA NC/LA HAGUE)**





## 6 CHAPITRES DANS UNE PROGRESSION PEDAGOGIQUE



## 6 CHAPITRES DANS UNE PROGRESSION PEDAGOGIQUE

1. CONCEPT DE DOSE ABSORBEE ET CONSIDERATIONS PHYSIQUES GENERALES

$$D(M) = d_{\phi,E} \times \Phi(M)$$

2. INTERACTION PARTICULES CHARGEES-MATIERE ET DOSE ASSOCIEE

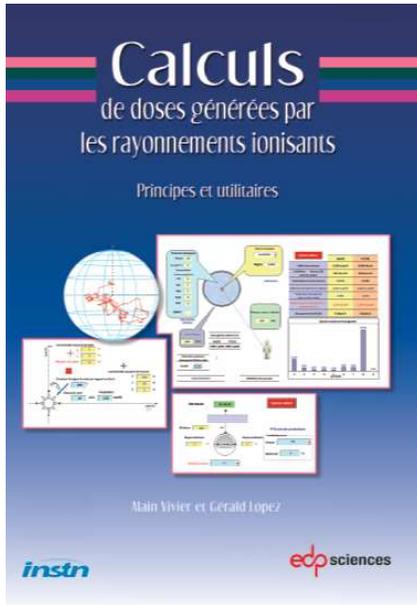
$$\bar{D} = \frac{\bar{S}}{\rho} \Phi$$

3. INTERACTION PHOTONS-MATIERE ET DOSE ASSOCIEE

$$D(x) \approx \frac{\mu_{en.}}{\rho} E_{\gamma} \Phi(x)$$

4. INTERACTION NEUTRONS-MATIERE ET DOSE ASSOCIEE

$$D \approx \frac{\Sigma}{\rho} \overline{E_{tr}} \Phi$$



### 6 CHAPITRES DANS UNE PROGRESSION PEDAGOGIQUE

1. CONCEPT DE DOSE ABSORBEE ET CONSIDERATIONS PHYSIQUES GENERALES

$$D(M) = d_{\phi,E} \times \Phi(M)$$

2. INTERACTION PARTICULES CHARGEES-MATIERE ET DOSE ASSOCIEE

$$\bar{D} = \frac{\bar{S}}{\rho} \Phi$$

3. INTERACTION PHOTONS-MATIERE ET DOSE ASSOCIEE

$$D(x) \approx \frac{\mu_{en.}}{\rho} E_{\gamma} \Phi(x)$$

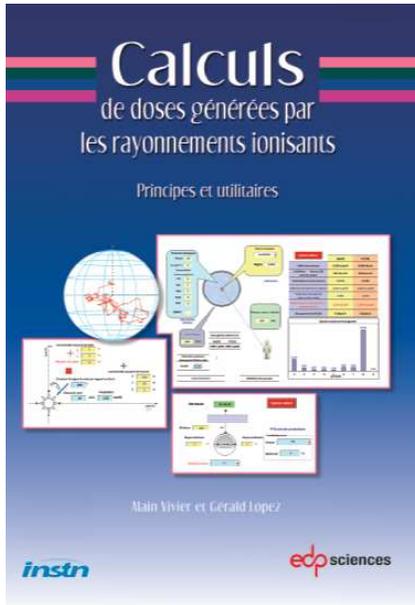
4. INTERACTION NEUTRONS-MATIERE ET DOSE ASSOCIEE

$$D \approx \frac{\Sigma}{\rho} \overline{E_{tr}} \Phi$$

5. EFFETS BIOLOGIQUES, GRANDEURS DE PROTECTION ET GRANDEURS OPERATIONNELLES

$$E = \sum_T w_T \left[ \sum_R w_R \bar{D}_{T,R} \right]$$





### 6 CHAPITRES DANS UNE PROGRESSION PEDAGOGIQUE

1. CONCEPT DE DOSE ABSORBEE ET CONSIDERATIONS PHYSIQUES GENERALES

$$D(M) = d_{\phi,E} \times \Phi(M)$$

2. INTERACTION PARTICULES CHARGÉES-MATIÈRE ET DOSE ASSOCIÉE

$$\bar{D} = \frac{\bar{S}}{\rho} \Phi$$

3. INTERACTION PHOTONS-MATIÈRE ET DOSE ASSOCIÉE

$$D(x) \approx \frac{\mu_{en.}}{\rho} E_{\gamma} \Phi(x)$$

4. INTERACTION NEUTRONS-MATIÈRE ET DOSE ASSOCIÉE

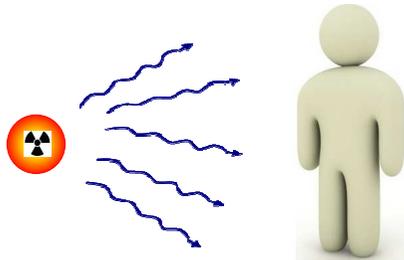
$$D \approx \frac{\Sigma}{\rho} \overline{E_{tr}} \Phi$$

5. EFFETS BIOLOGIQUES, GRANDEURS DE PROTECTION ET GRANDEURS OPERATIONNELLES

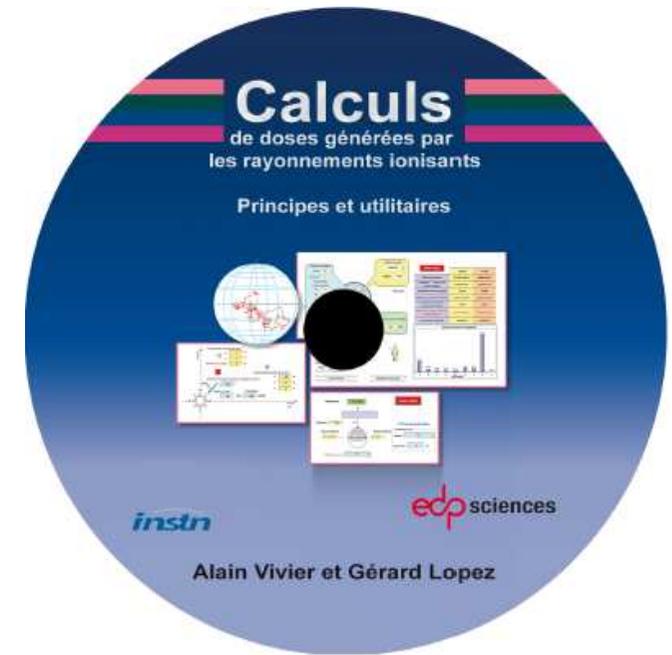
$$E = \sum_T w_T \left[ \sum_R w_R \bar{D}_{T,R} \right]$$

6. RELATION DOSE ACTIVITE

$$\dot{K}_{air} = \left[ \frac{\mu_{en}}{\rho} \right]_{air} E_{\gamma} \frac{\mathcal{A} I_{\gamma}}{4 \pi d^2}$$

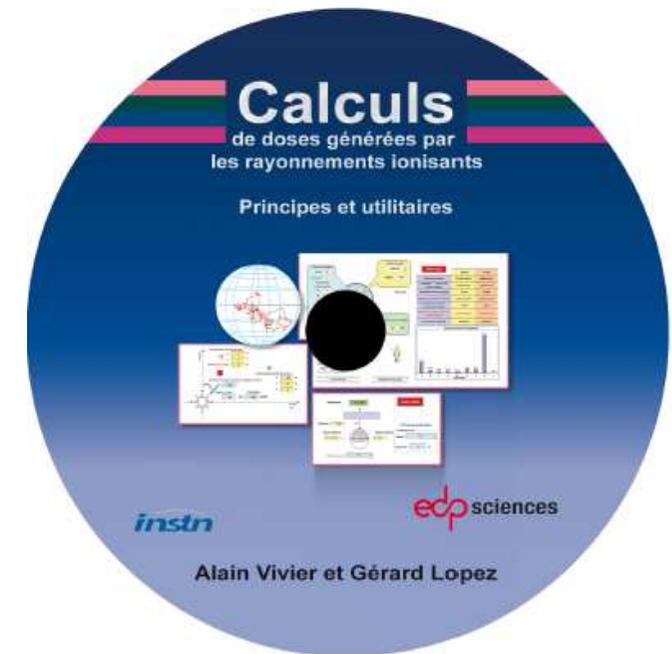


## 8 UTILITAIRES DE CALCUL ASSOCIES



## 8 UTILITAIRES DE CALCUL ASSOCIES

1. IRM PARTICULES CHARGEES
2. IRM PHOTONS
3. COEFFICIENT FLUENCE –EQUIVALENT DE DOSE CIPR 74
4. SERIOUS GAME 1 D

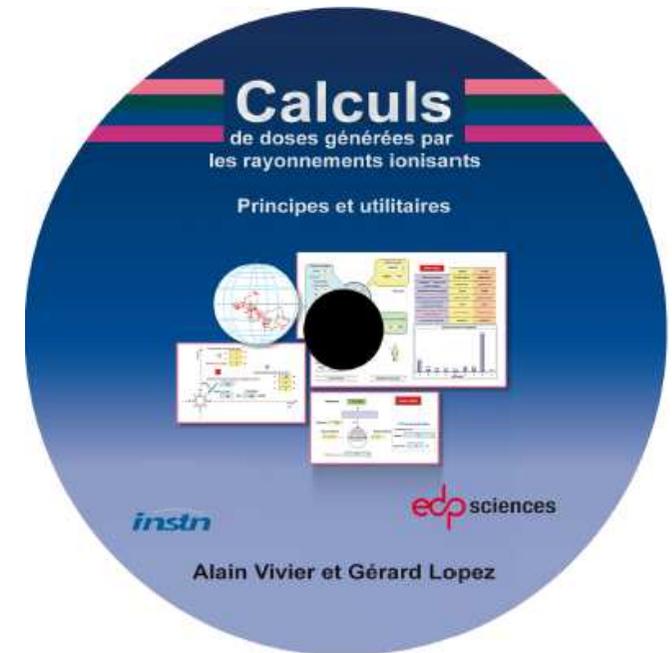


## 8 UTILITAIRES DE CALCUL ASSOCIES

1. IRM PARTICULES CHARGEES
2. IRM PHOTONS
3. COEFFICIENT FLUENCE –EQUIVALENT DE DOSE CIPR 74
4. SERIOUS GAME 1 D

### « PACK DOSIMEX » (RELATION DOSE –ACTIVITE)

5. **DOSIMEX-I** : CONTAMINATION INTERNE ET TRANSFERT ATMOSPHERIQUE (DETERMINISTE)
6. **DOSIMEX –B** : DOSE EMETTEURS BETA (MONTE-CARLO)
7. **DOSIMEX –N** : DOSE NEUTRONS TYPE AM-BE +PROTECTION BIOLOGIQUE (MONTE-CARLO)
8. **DOSIMEX –G** : DOSE EMETTEURS GAMMA ET GENERATEURS X (DETERMINISTE)



## 8 UTILITAIRES DE CALCUL ASSOCIES

1. IRM PARTICULES CHARGÉES

2. IRM PHOTONS

3. COEFFICIENT FLUENCE –EQUIVALENT DE DOSE CIPR 74

4. SERIOUS GAME 1 D

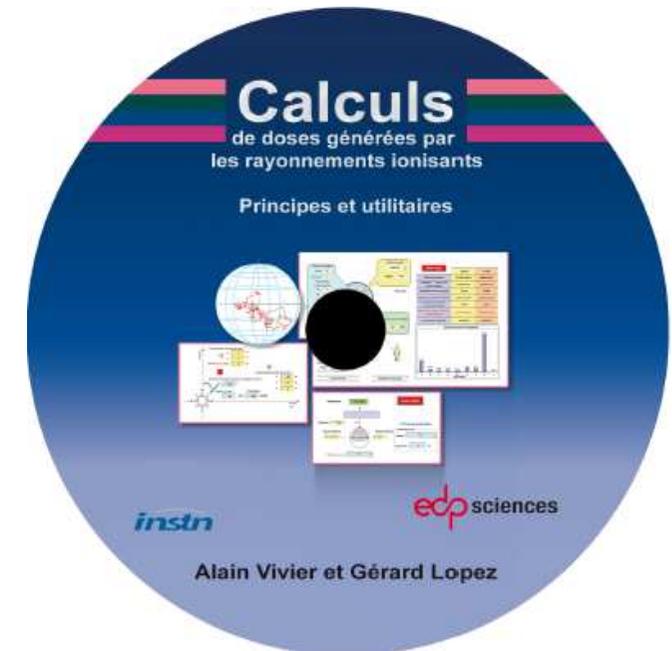
### « PACK DOSIMEX » (RELATION DOSE –ACTIVITE)

5. **DOSIMEX-I** : CONTAMINATION INTERNE ET TRANSFERT ATMOSPHERIQUE (DETERMINISTE)

6. **DOSIMEX –B** : DOSE EMETTEURS BETA (MONTE-CARLO)

7. **DOSIMEX –N** : DOSE NEUTRONS TYPE AM-BE +PROTECTION BIOLOGIQUE (MONTE-CARLO)

8. **DOSIMEX –G** : DOSE EMETTEURS GAMMA ET GENERATEURS X (DETERMINISTE)



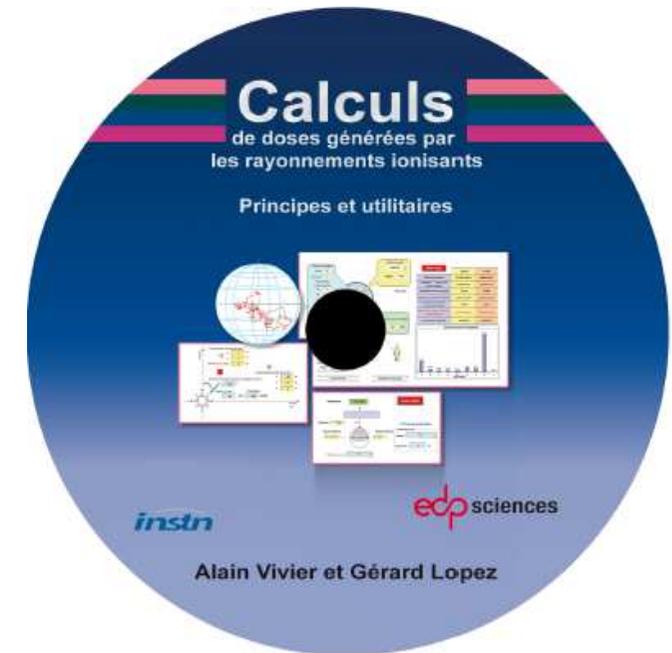
## 8 UTILITAIRES DE CALCUL ASSOCIES

1. IRM PARTICULES CHARGÉES

2. IRM PHOTONS

3. COEFFICIENT FLUENCE –EQUIVALENT DE DOSE CIPR 74

4. SERIOUS GAME 1 D



### « PACK DOSIMEX » (RELATION DOSE –ACTIVITE)

5. **DOSIMEX-I** : CONTAMINATION INTERNE ET TRANSFERT ATMOSPHERIQUE (DETERMINISTE)

6. **DOSIMEX-B** : DOSE EMETTEURS BETA (MONTE-CARLO)

7. **DOSIMEX-N** : DOSE NEUTRONS TYPE AM-BE +PROTECTION BIOLOGIQUE (MONTE-CARLO)

8. **DOSIMEX-G** : DOSE EMETTEURS GAMMA ET GENERATEURS X (DETERMINISTE)

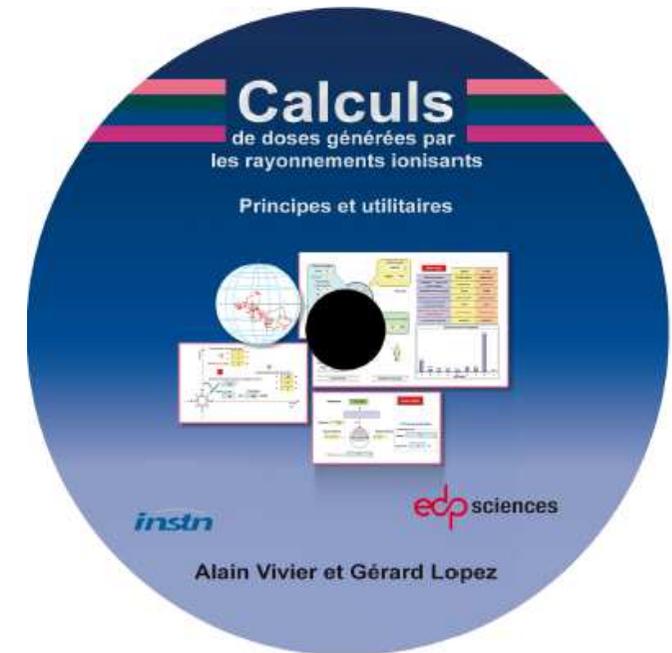
## 8 UTILITAIRES DE CALCUL ASSOCIES

1. IRM PARTICULES CHARGEES

2. IRM PHOTONS

3. COEFFICIENT FLUENCE –EQUIVALENT DE DOSE CIPR 74

4. SERIOUS GAME 1 D



### « PACK DOSIMEX » (RELATION DOSE –ACTIVITE)

5. **DOSIMEX-I** : CONTAMINATION INTERNE ET TRANSFERT ATMOSPHERIQUE (DETERMINISTE)

6. **DOSIMEX-B** : DOSE EMETTEURS BETA (MONTE-CARLO)

7. **DOSIMEX-N** : DOSE NEUTRONS TYPE AM-BE +PROTECTION BIOLOGIQUE (MONTE-CARLO)

8. **DOSIMEX-G** : DOSE EMETTEURS GAMMA ET GENERATEURS X (DETERMINISTE)

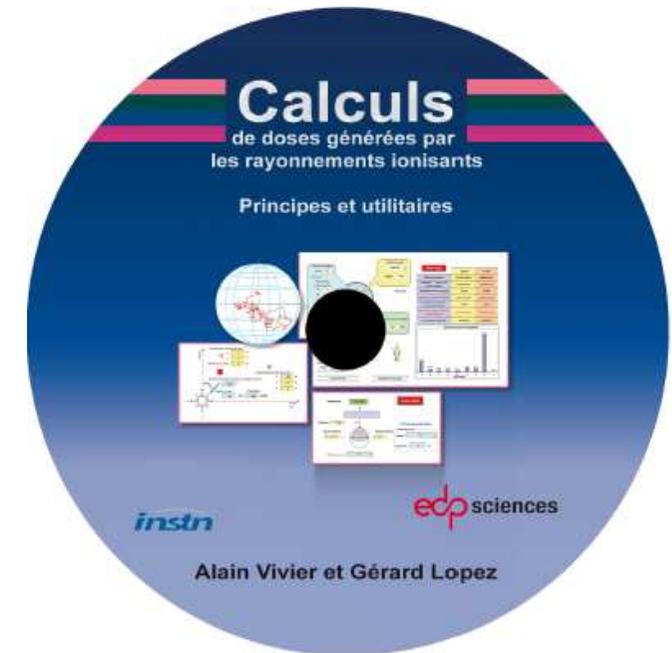
## 8 UTILITAIRES DE CALCUL ASSOCIES

1. IRM PARTICULES CHARGÉES

2. IRM PHOTONS

3. COEFFICIENT FLUENCE –EQUIVALENT DE DOSE CIPR 74

4. SERIOUS GAME 1 D



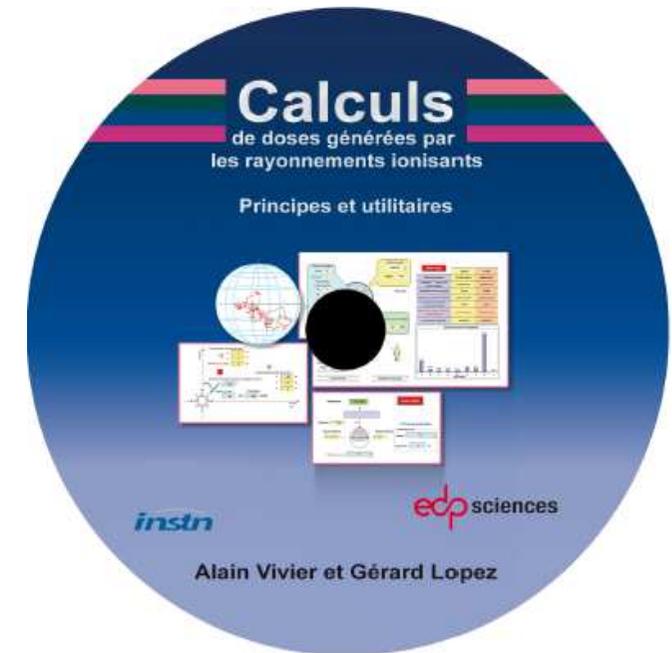
### « PACK DOSIMEX » (RELATION DOSE –ACTIVITE)

5. **DOSIMEX-I** : CONTAMINATION INTERNE ET TRANSFERT ATMOSPHERIQUE (DETERMINISTE)

6. **DOSIMEX-B** : DOSE EMETTEURS BETA (MONTE-CARLO)

7. **DOSIMEX-N** : DOSE NEUTRONS TYPE AM-BE +PROTECTION BIOLOGIQUE (MONTE-CARLO)

8. **DOSIMEX-G** : DOSE EMETTEURS GAMMA ET GENERATEURS X (DETERMINISTE)



## APPLICATIONS « IRM PARTICULES CHARGÉES »

EXEMPLES AVEC PARTICULE ALPHA ET ELECTRON DE 5 MeV + SPECTRE BETA

Fluence     Débit de fluence   

Energie (keV) =

$\phi$  ( $\text{p.cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) =

Temps d'exposition (h) =

parcours      $\mu\text{m}$      mm     cm   

pouvoir d'arrêt     keV/m     keV/ $\mu\text{m}$

dose     nGy      $\mu\text{Gy}$      mGy     Gy

Choix unités

Données moyennes sur le parcours total R

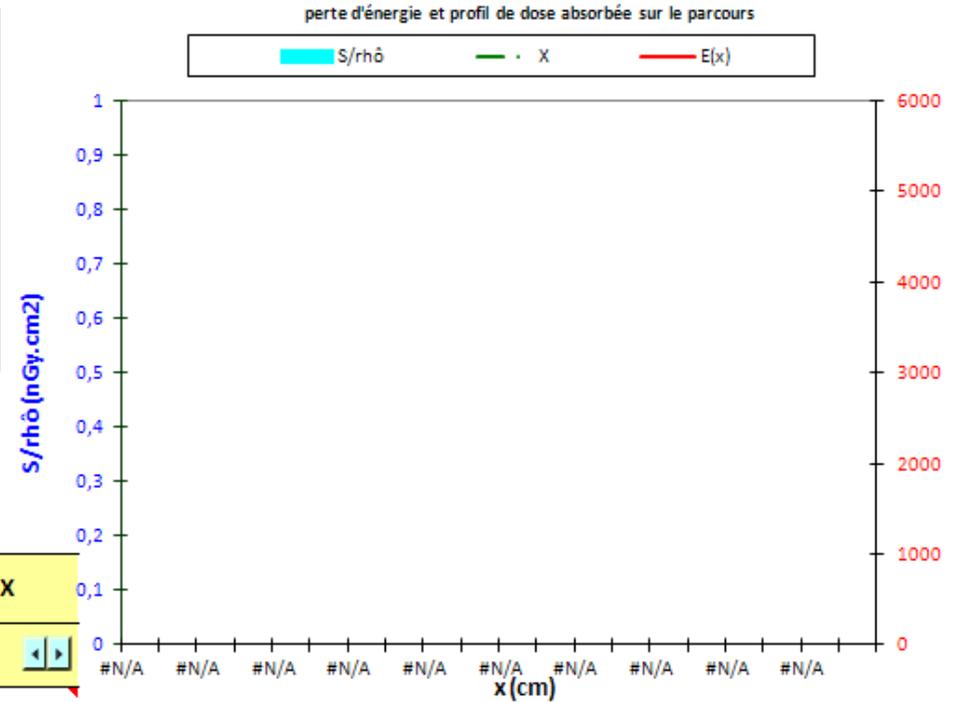
<b>R</b>	<b>activer calcul</b>
$\rho \cdot R$	/
$\overline{S_{\text{tot.}}(R)} = \frac{E_i}{R}$	/
$\overline{g_R} =$	/
$\overline{d_{\Phi[R]}} = (1 - \overline{g_R}) \cdot \frac{\overline{S_{\text{tot.}}[R]}}{\rho}$	/
$\overline{D_R} = \overline{d_{\Phi[R]}} \times \Phi$	<b>activer calcul</b>
<i>Courant surfacique</i>	/
$\overline{Q_R}$	/
$\overline{h_{\Phi[R]}} = \overline{Q_R} \times \overline{d_{\Phi[R]}}$	/
$\overline{H_{[R]}}$	/

[Aide vidéo](#)

Calcul

Données à la profondeur X

<b>x</b>	<b>1,1 cm</b>
$E(x)$	/
$S_{\text{tot.}}(x)$	/
$g(x)$	/
$d_{\Phi}(x)$	/
$D(x)$	/
$Q(x)$	/
$h_{\Phi}(x)$	/
$H(x)$	/
$H(x)$	/



**UTILITAIRE IRM PARTICULES CHARGÉES**

# PARTICULE $\alpha$

Fluence     Débit de fluence

Energie (keV) =

$\phi$  (p.cm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) =

Temps d'exposition (h) =

Alpha  
 Electron  
 Muon  
 Pion  
 Proton  
 Deuton  
 Alpha  
 PF  
 Autre

parcours      $\mu$ m     mm     cm

pouvoir d'arrêt     keV/m     keV/ $\mu$ m

dose     nGy      $\mu$ Gy     mGy     Gy

choix unités

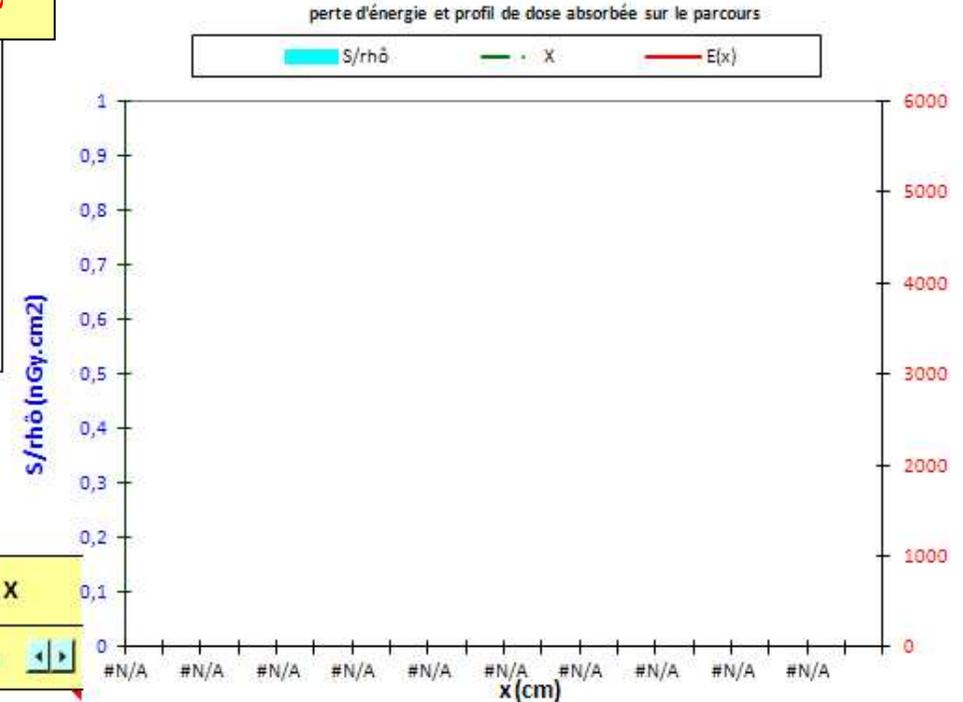
## Données moyennes sur le parcours total R

<b>R</b>	activer calcul	Calcul
$\rho.R$	/	
$S_{tot.}(R) = \frac{E_i}{R}$	/	
$\bar{g}_R =$	/	
$\bar{d}_{\phi[R]} = (1 - \bar{g}_R) \cdot \frac{S_{tot[R]}}{\rho}$	/	
$\bar{D}_R = \bar{d}_{\phi[R]} \times \Phi$	activer calcul	
Courant surfacique	/	
$\bar{Q}_R$	/	
$\bar{h}_{\phi[R]} = \bar{Q}_R \times \bar{d}_{\phi[R]}$	/	
$\bar{H}_{[R]}$	/	

[Aide vidéo](#)

## Données à la profondeur X

<b>x</b>	1,1 cm
$E(x)$	/
$S_{tot.}(x)$	/
$g(x)$	/
$d_{\phi}(x)$	/
$D(x)$	/
$Q(x)$	/
$h_{\phi}(x)$	/
$H(x)$	/
$H(x)$	/



## UTILITAIRE IRM PARTICULES CHARGÉES

### - CHOIX PARTICULE

Fluence     Débit de fluence    Alpha

Energie (keV) =

$\phi$  (p.cm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) =

Temps d'exposition (h) =

parcours     μm     mm     cm

pouvoir d'arrêt     keV/m     keV/μm

dose     nGy     μGy     mGy     Gy

choix unités

Données moyennes sur le parcours total R

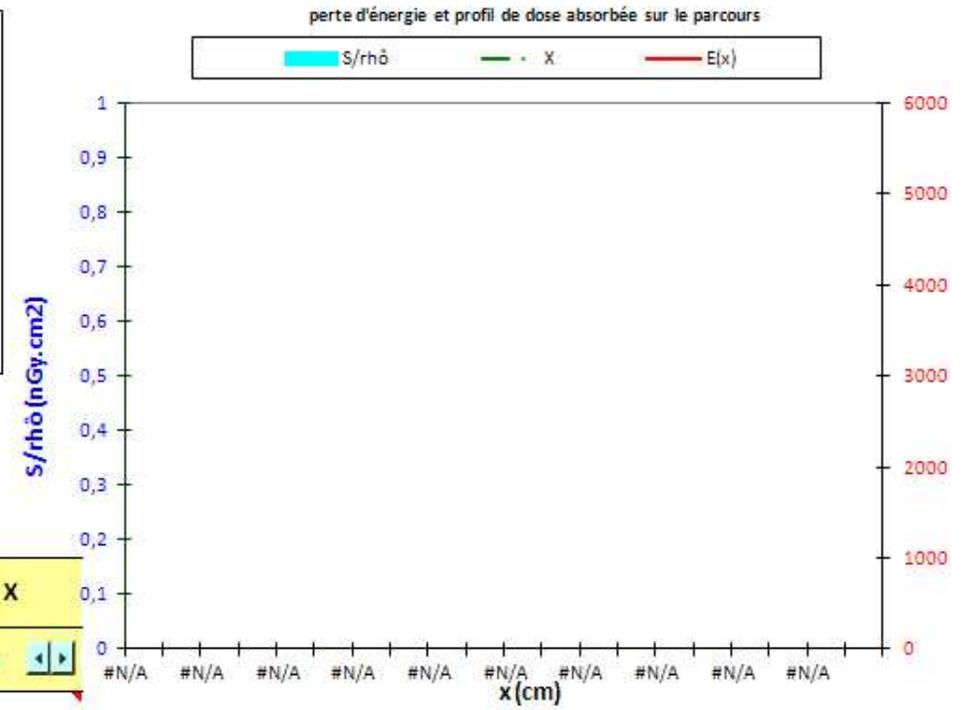
<b>R</b>	activer calcul
$\rho.R$	/
$\overline{S_{tot.}(R)} = \frac{E_0}{R}$	/
$\overline{g_R} =$	/
$\overline{d_{\Phi[R]}} = (1 - \overline{E_R}) \cdot \frac{\overline{S_{tot[R]}}}{\rho}$	/
$\overline{D_R} = \overline{d_{\Phi[R]}} \times \Phi$	activer calcul
Courant surfacique	/
$\overline{Q_R}$	/
$\overline{h_{\Phi[R]}} = \overline{Q_R} \times \overline{d_{\Phi[R]}}$	/
$\overline{H_{[R]}}$	/

[Aide vidéo](#)

Calcul

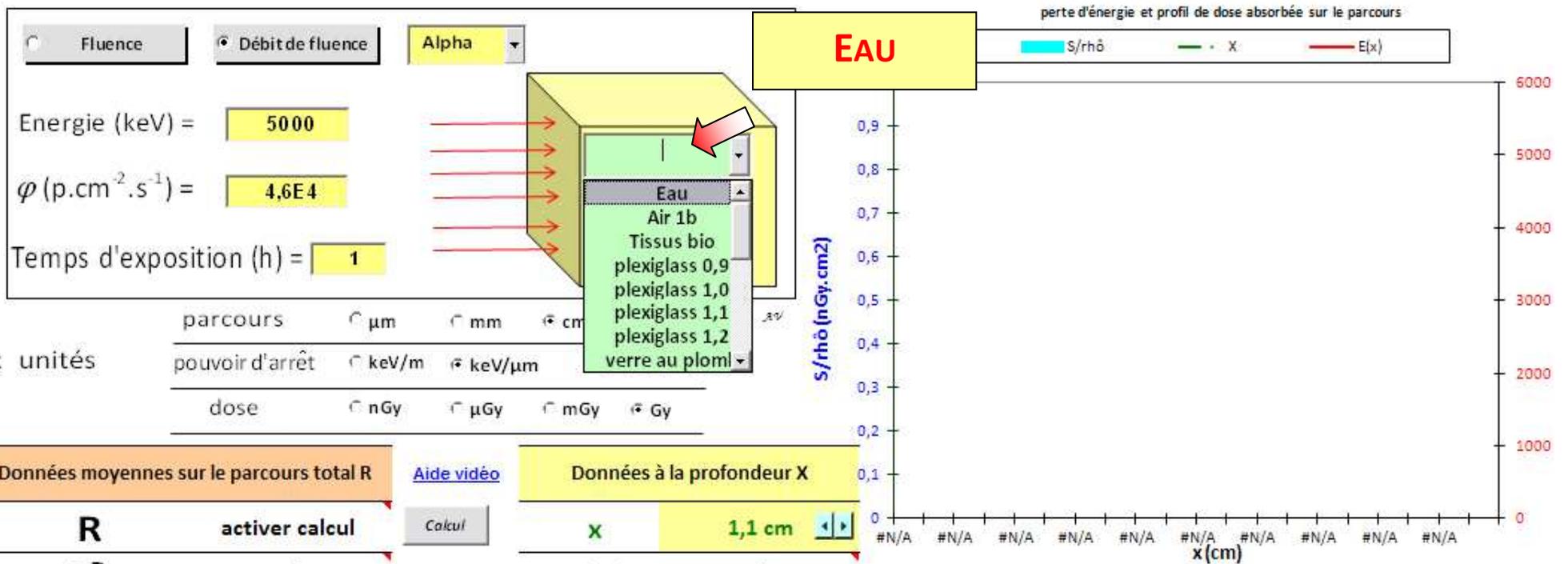
Données à la profondeur X

<b>x</b>	<input type="text" value="1,1 cm"/>
$E(x)$	/
$S_{tot.}(x)$	/
$g(x)$	/
$d_{\Phi}(x)$	/
$D(x)$	/
$Q(x)$	/
$h_{\Phi}(x)$	/
$H(x)$	/
$H(x)$	/



**UTILITAIRE IRM PARTICULES CHARGÉES**

- CHOIX PARTICULE
- ENERGIE ET FLUENCE



Données moyennes sur le parcours total R

<b>R</b>	activer calcul	Calcul
$\rho.R$	/	
$S_{tot.}(R) = \frac{E_i}{R}$	/	
$\bar{g}_R =$	/	
$\bar{d}_{\Phi[R]} = (1 - \bar{g}_R) \cdot \frac{S_{tot[R]}}{\rho}$	/	
$\bar{D}_R = \bar{d}_{\Phi[R]} \times \Phi$	activer calcul	
Courant surfacique	/	
$\bar{Q}_R$	/	
$\bar{h}_{\Phi[R]} = \bar{Q}_R \times \bar{d}_{\Phi[R]}$	/	
$\bar{H}_{[R]}$	/	

[Aide vidéo](#)

Données à la profondeur X

<b>x</b>	1,1 cm
<b>E(x)</b>	/
<b>S<sub>tot.</sub>(x)</b>	/
<b>g(x)</b>	/
<b>d<sub>Φ</sub>(x)</b>	/
<b>D(x)</b>	/
<b>Q(x)</b>	/
<b>h<sub>Φ</sub>(x)</b>	/
<b>H(x)</b>	/
<b>H(x)</b>	/

**UTILITAIRE IRM PARTICULES CHARGÉES**

- CHOIX PARTICULE
- ENERGIE ET FLUENCE
- MATERIAU

Fluence     Débit de fluence    Alpha

Energie (keV) =

$\phi$  (p.cm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) =

Temps d'exposition (h) =

parcours     μm     mm     cm

pouvoir d'arrêt     keV/m     keV/μm

dose     nGy     μGy     mGy     Gy

choix unités

Données moyennes sur le parcours total R

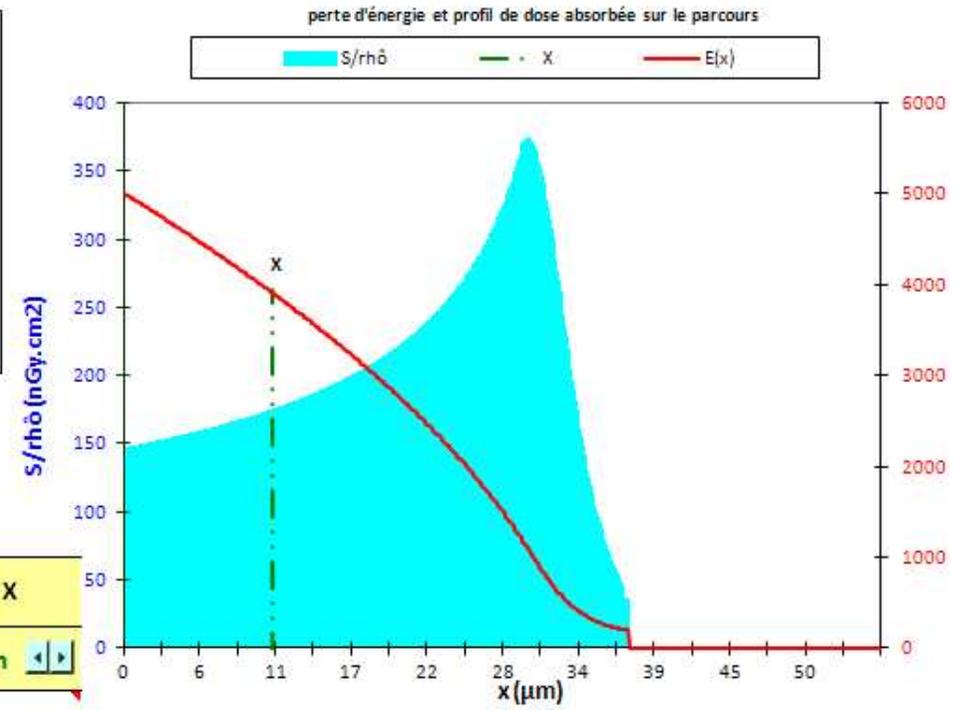
<b>R</b>	<b>37,3 μm</b>
<b>ρ.R</b>	<b>3,73E-3 g.cm-2</b>
$\overline{S_{tot.}(R)} = \frac{E_i}{R}$	<b>134,2 keV/μm</b>
$\overline{g_R} =$	/
$\overline{d_{\phi[R]}} = (1 - \overline{g_R}) \cdot \frac{\overline{S_{tot[R]}}}{\rho}$	<b>214,73 nGray.cm2</b>
$\overline{D_R} = \overline{d_{\phi[R]}} \times \Phi$	<b>35,6 Gy</b>
Courant surfacique	<b>5,31E-02 nA/cm2</b>
$\overline{Q_R}$	détermination ED dans tissus bio
$\overline{h_{\phi[R]}} = \overline{Q_R} \times \overline{d_{\phi[R]}}$	"
$\overline{H_{[R]}}$	"

[Aide vidéo](#)

Calcul

Données à la profondeur X

<b>x</b>	<b>11,2 μm</b>
<b>E(x)</b>	<b>3873 keV</b>
<b>S<sub>tot.</sub>(x)</b>	<b>111,1 keV/μm</b>
<b>g(x)</b>	/
<b>d<sub>φ</sub>(x)</b>	<b>177,80 nGray.cm2</b>
<b>D(x)</b>	<b>29,4 Gy</b>
<b>Q(x)</b>	"
<b>h<sub>φ</sub>(x)</b>	"
<b>H(x)</b>	"
<b>H(x)</b>	"



**UTILITAIRE IRM PARTICULES CHARGÉES**

- CHOIX PARTICULE
- ENERGIE ET FLUENCE
- MATERIAU

⇒

**PARCOURS CSDA**

Fluence     Débit de fluence    Alpha

Energie (keV) =

$\phi$  (p.cm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) =

Temps d'exposition (h) =

parcours     μm     mm     cm

pouvoir d'arrêt     keV/m     keV/μm

dose     nGy     μGy     mGy     Gy

choix unités

Données moyennes sur le parcours total R

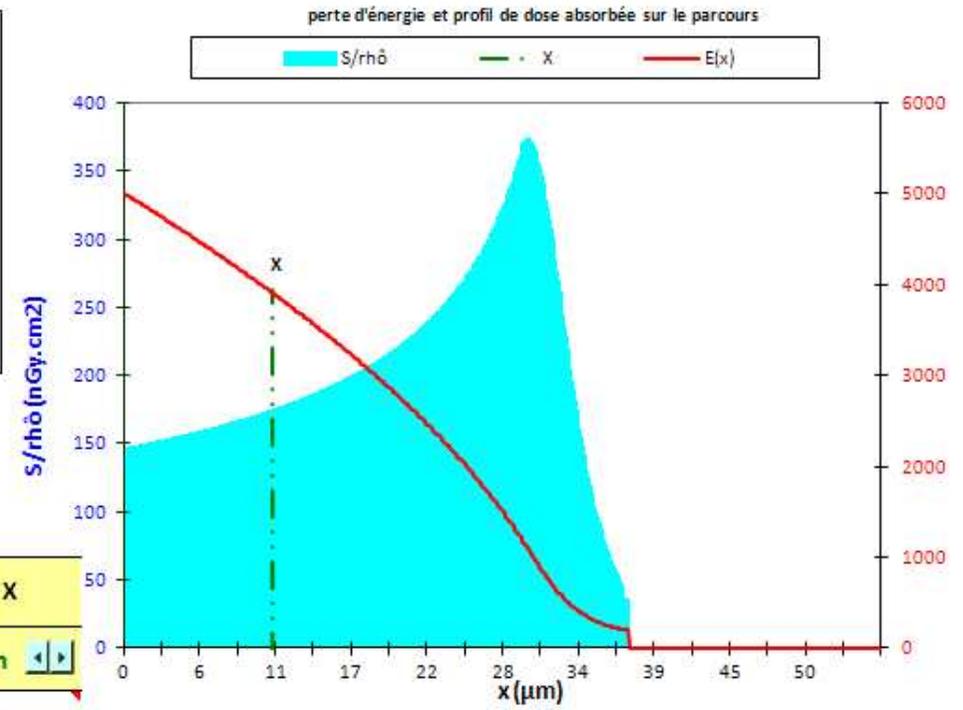
<b>R</b>	37,3 μm
<b>ρ.R</b>	3,73E-3 g.cm-2
$\overline{S_{tot.}(R)} = \frac{E_i}{R}$	134,2 keV/μm
$\overline{g_R} =$	/
$\overline{d_{\phi[R]}} = (1 - \overline{g_R}) \cdot \frac{\overline{S_{tot[R]}}}{\rho}$	214,73 nGray.cm2
$\overline{D_R} = \overline{d_{\phi[R]}} \times \Phi$	35,6 Gy
Courant surfacique	5,31E-02 nA/cm2
$\overline{Q_R}$	détermination ED dans tissus bio
$\overline{h_{\phi[R]}} = \overline{Q_R} \times \overline{d_{\phi[R]}}$	"
$\overline{H_{[R]}}$	"

[Aide vidéo](#)

Calcul

Données à la profondeur X

<b>x</b>	11,2 μm
<b>E(x)</b>	3873 keV
<b>S<sub>tot.</sub>(x)</b>	111,1 keV/μm
<b>g(x)</b>	/
<b>d<sub>φ</sub>(x)</b>	177,80 nGray.cm2
<b>D(x)</b>	29,4 Gy
<b>Q(x)</b>	"
<b>h<sub>φ</sub>(x)</b>	"
<b>H(x)</b>	"
<b>H(x)</b>	"



**UTILITAIRE IRM PARTICULES CHARGÉES**

- CHOIX PARTICULE
- ENERGIE ET FLUENCE
- MATERIAU

⇒

**PARCOURS CSDA  
POUVOIR D'ARRÊT**

Fluence     Débit de fluence    Alpha

Energie (keV) =

$\phi$  (p.cm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) =

Temps d'exposition (h) =

parcours     μm     mm     cm

pouvoir d'arrêt     keV/m     keV/μm

dose     nGy     μGy     mGy     Gy

choix unités

Données moyennes sur le parcours total R

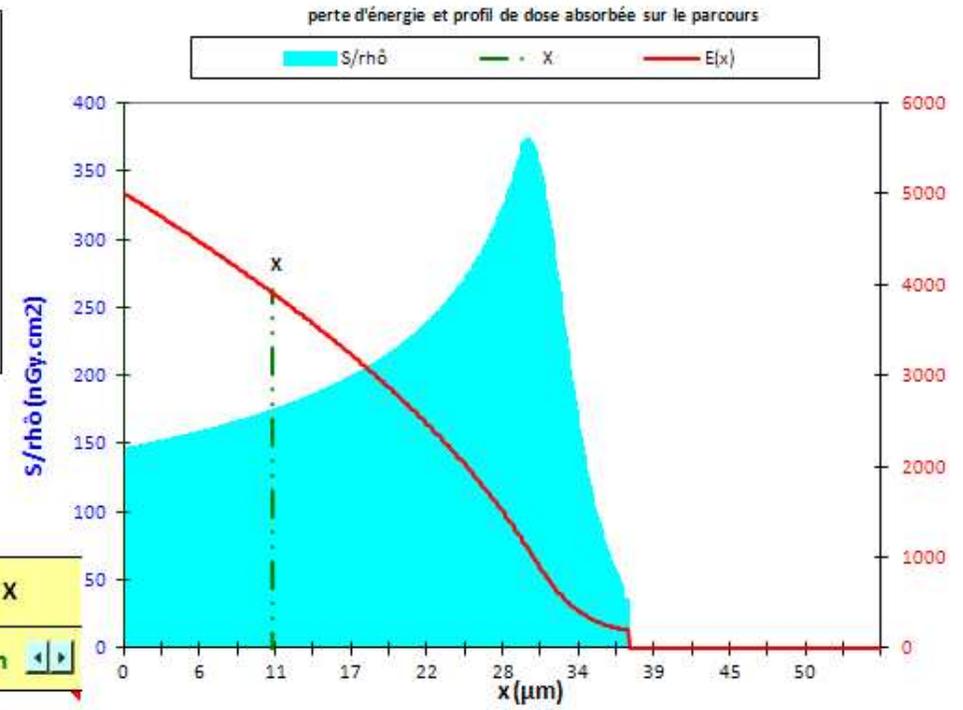
<b>R</b>	37,3 μm
<b>ρ.R</b>	3,73E-3 g.cm-2
$\overline{S_{tot.}(R)} = \frac{E_i}{R}$	134,2 keV/μm
$\overline{g_R} =$	/
$\overline{d_{\phi[R]}} = (1 - \overline{g_R}) \cdot \overline{S_{tot[R]}} / \rho$	<b>214,73 nGray.cm2</b>
$\overline{D_R} = \overline{d_{\phi[R]}} \times \Phi$	35,6 Gy
Courant surfacique	5,31E-02 nA/cm2
$\overline{Q_R}$	détermination ED dans tissus bio
$\overline{h_{\phi[R]}} = \overline{Q_R} \times \overline{d_{\phi[R]}}$	"
$\overline{H_{[R]}}$	"

[Aide vidéo](#)

Calcul

Données à la profondeur X

<b>x</b>	11,2 μm
<b>E(x)</b>	3873 keV
<b>S<sub>tot.</sub>(x)</b>	111,1 keV/μm
<b>g(x)</b>	/
<b>d<sub>φ</sub>(x)</b>	177,80 nGray.cm2
<b>D(x)</b>	29,4 Gy
<b>Q(x)</b>	"
<b>h<sub>φ</sub>(x)</b>	"
<b>H(x)</b>	"
<b>H(x)</b>	"



**UTILITAIRE IRM PARTICULES CHARGÉES**

- CHOIX PARTICULE
- ENERGIE ET FLUENCE
- MATERIAU

⇒

**PARCOURS CSDA**  
**POUVOIR D'ARRÊT**  
**COEFFICIENT FLUENCE-DOSE**

Fluence     Débit de fluence    Alpha

Energie (keV) =

$\phi$  (p.cm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) =

Temps d'exposition (h) =

parcours     μm     mm     cm

pouvoir d'arrêt     keV/m     keV/μm

dose     nGy     μGy     mGy     Gy

choix unités

Données moyennes sur le parcours total R

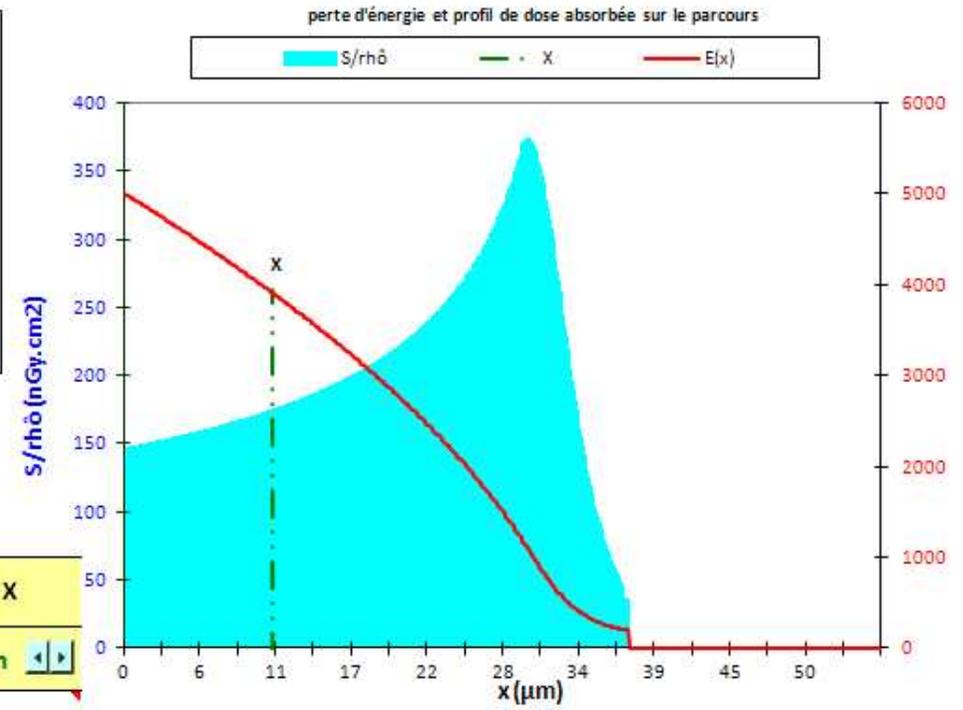
<b>R</b>	37,3 μm
<b>ρ.R</b>	3,73E-3 g.cm-2
$\overline{S_{tot.}(R)} = \frac{E_i}{R}$	134,2 keV/μm
$\overline{g_R} =$	/
$\overline{d_{\phi[R]}} = (1 - \overline{E_R}) \cdot \frac{S_{tot[R]}}{\rho}$	214,73 nGray.cm2
$\overline{D_R} = \overline{d_{\phi[R]}} \times \Phi$	<b>35,6 Gy</b>
Courant surfacique	5,31E-02 nA/cm2
$\overline{Q_R}$	détermination ED dans tissus bio
$\overline{h_{\phi[R]}} = \overline{Q_R} \times \overline{d_{\phi[R]}}$	"
$\overline{H_{[R]}}$	"

[Aide vidéo](#)

Calcul

Données à la profondeur X

<b>x</b>	11,2 μm
<b>E(x)</b>	3873 keV
<b>S<sub>tot.</sub>(x)</b>	111,1 keV/μm
<b>g(x)</b>	/
<b>d<sub>φ</sub>(x)</b>	177,80 nGray.cm2
<b>D(x)</b>	29,4 Gy
<b>Q(x)</b>	"
<b>h<sub>φ</sub>(x)</b>	"
<b>H(x)</b>	"
<b>H(x)</b>	"



**UTILITAIRE IRM PARTICULES CHARGÉES**

- CHOIX PARTICULE
- ENERGIE ET FLUENCE
- MATERIAU

⇒

**PARCOURS CSDA**  
**POUVOIR D'ARRÊT**  
**COEFFICIENT FLUENCE-DOSE**  
**DOSE**

Fluence  Débit de fluence  Alpha  Beta  Gamma  Neutron

Energie (keV) =

$\phi$  ( $p \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}$ ) =

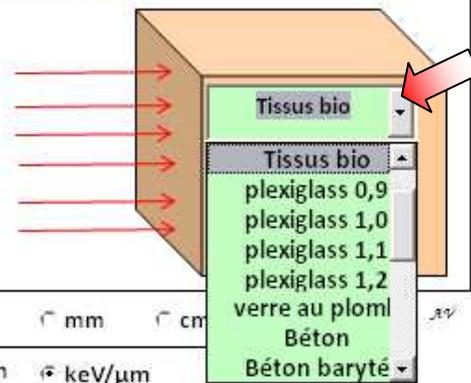
Temps d'exposition (h) =

parcours   $\mu m$   mm  cm

pouvoir d'arrêt  keV/m  keV/ $\mu m$

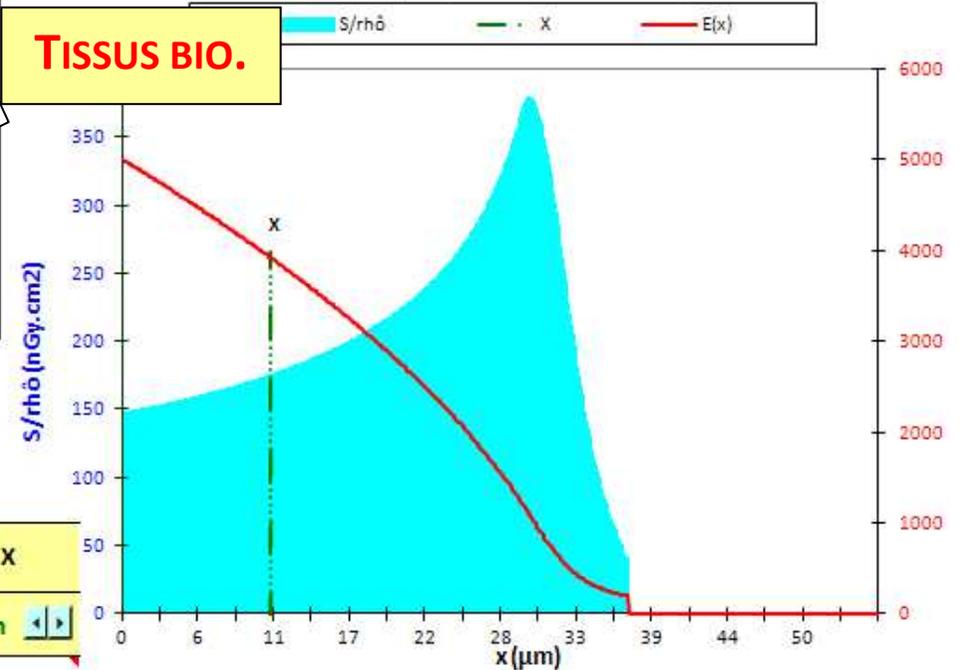
dose  nGy   $\mu Gy$   mGy  Gy

Choix unités



**TISSUS BIO.**

perte d'énergie et profil de dose absorbée sur le parcours



Données moyennes sur le parcours total R	
<b>R</b>	<b>36,7 <math>\mu m</math></b>
<b><math>\rho \cdot R</math></b>	<b>3,67E-3 g.cm-2</b>
<b><math>S_{tot.}(R) = E_i/R</math></b>	<b>136,3 keV/<math>\mu m</math></b>
<b><math>\bar{g}_R =</math></b>	<b>/</b>
<b><math>\bar{d}_{\phi[R]} = (1 - \bar{g}_R) \cdot S_{tot[R]} / \rho</math></b>	<b>218,10 nGray.cm2</b>
<b><math>\bar{D}_R = \bar{d}_{\phi[R]} \times \Phi</math></b>	<b>36,1 Gy</b>
<b>Courant surfacique</b>	<b>5,31E-02 nA/cm2</b>
<b><math>\bar{Q}_R</math></b>	<b>24,77</b>
<b><math>\bar{h}_{\phi[R]} = \bar{Q}_R \times \bar{d}_{\phi[R]}</math></b>	<b>5,4E+03 nSv.cm2</b>
<b><math>\bar{H}_{[R]}</math></b>	<b>894,5 Sv</b>

[Aide vidéo](#)

Calcul

Données à la profondeur X	
<b>x</b>	<b>11,0 <math>\mu m</math></b>
<b>E(x)</b>	<b>3886 keV</b>
<b><math>S_{tot.}(x)</math></b>	<b>111,5 keV/<math>\mu m</math></b>
<b>g(x)</b>	<b>/</b>
<b><math>d_{\phi}(x)</math></b>	<b>178,41 nGray.cm2</b>
<b>D(x)</b>	<b>29,5 Gy</b>
<b>Q(x)</b>	<b>28,4</b>
<b><math>h_{\phi}(x)</math></b>	<b>5,07E+3 nSv.cm2</b>
<b>H(x)</b>	<b>839,4 Sv</b>
<b>H(x)</b>	<b>839,4 Sv.h-1</b>

**UTILITAIRE IRM PARTICULES CHARGÉES**

- CHOIX PARTICULE
- ENERGIE ET FLUENCE
- MATERIAU

⇒

**PARCOURS CSDA**  
**POUVOIR D'ARRÊT**  
**COEFFICIENT FLUENCE-DOSE**  
**DOSE**

Fluence     Débit de fluence    Alpha

Energie (keV) =

$\phi$  (p.cm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) =

Temps d'exposition (h) =

parcours     μm     mm     cm

pouvoir d'arrêt     keV/m     keV/μm

dose     nGy     μGy     mGy     Gy

choix unités

Données moyennes sur le parcours total R

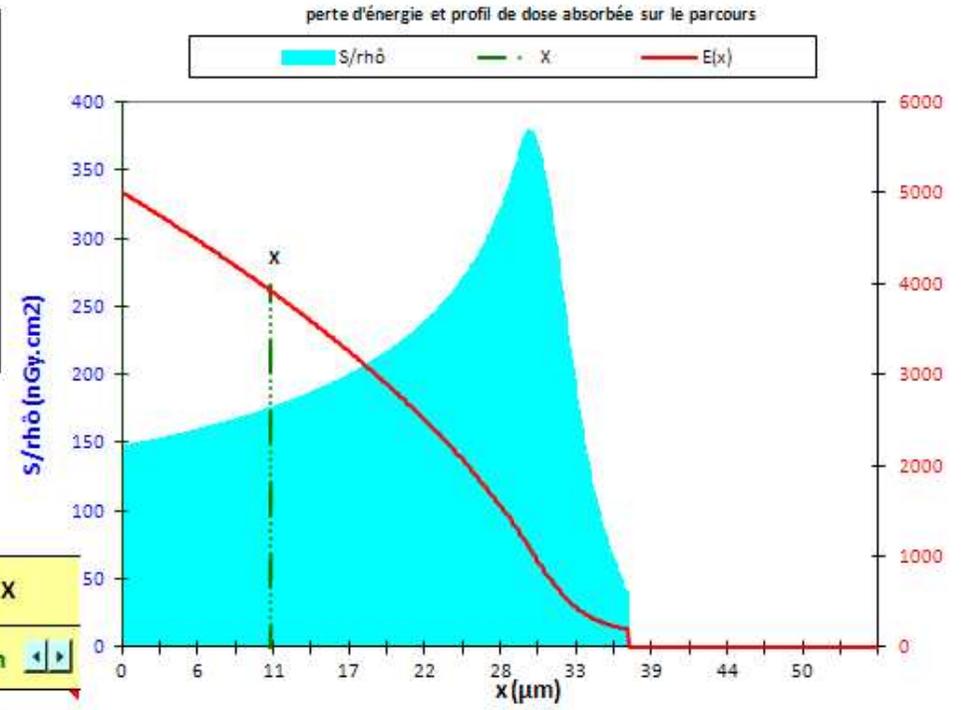
<b>R</b>	36,7 μm
<b>ρ.R</b>	3,67E-3 g.cm-2
$\overline{S_{tot.}(R)} = \frac{E_i}{R}$	136,3 keV/μm
$\overline{g_R} =$	/
$\overline{d_{\phi[R]}} = (1 - \overline{g_R}) \cdot \frac{\overline{S_{tot[R]}}}{\rho}$	218,10 nGray.cm2
$\overline{D_R} = \overline{d_{\phi[R]}} \times \Phi$	36,1 Gy
Courant surfacique	5,31E-02 nA/cm2
$\overline{Q_R}$	24,77
$\overline{h_{\phi[R]}} = \overline{Q_R} \times \overline{d_{\phi[R]}}$	5,4E+03 nSv.cm2
$\overline{H_{[R]}}$	894,5 Sv

Aide vidéo

Calcul

Données à la profondeur X

<b>x</b>	11,0 μm
<b>E(x)</b>	3886 keV
<b>S<sub>tot.</sub>(x)</b>	111,5 keV/μm
<b>g(x)</b>	/
<b>d<sub>φ</sub>(x)</b>	178,41 nGray.cm2
<b>D(x)</b>	29,5 Gy
<b>Q(x)</b>	28,4
<b>h<sub>φ</sub>(x)</b>	5,07E+3 nSv.cm2
<b>H(x)</b>	839,4 Sv
<b>H(x)</b>	839,4 Sv.h-1



**UTILITAIRE IRM PARTICULES CHARGÉES**

- CHOIX PARTICULE
- ENERGIE ET FLUENCE
- MATERIAU

⇒

**PARCOURS CSDA**  
**POUVOIR D'ARRÊT**  
**COEFFICIENT FLUENCE-DOSE**  
**DOSE**  
**FACTEUR DE QUALITE**

Fluence     Débit de fluence    Alpha

Energie (keV) =

$\phi$  ( $\text{p.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) =

Temps d'exposition (h) =

parcours      $\mu\text{m}$      mm     cm

pouvoir d'arrêt     keV/m     keV/ $\mu\text{m}$

dose     nGy      $\mu\text{Gy}$      mGy     Gy

choix unités

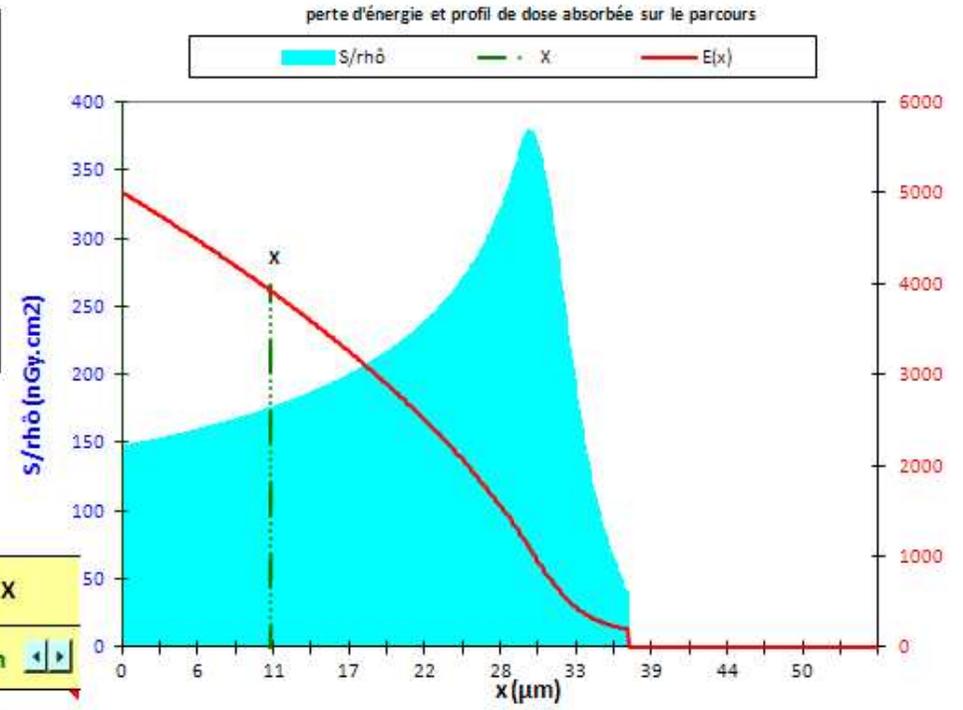
Données moyennes sur le parcours total R

<b>R</b>	<b>36,7 <math>\mu\text{m}</math></b>
<b><math>\rho.R</math></b>	<b>3,67E-3 g.cm-2</b>
<b><math>\overline{S_{tot}(R)} = \frac{E_i}{R}</math></b>	<b>136,3 keV/<math>\mu\text{m}</math></b>
<b><math>\overline{g_R} =</math></b>	<b>/</b>
<b><math>\overline{d_{\phi[R]}} = (1 - \overline{g_R}) \cdot \frac{\overline{S_{tot[R]}}}{\rho}</math></b>	<b>218,10 nGray.cm2</b>
<b><math>\overline{D_R} = \overline{d_{\phi[R]}} \times \Phi</math></b>	<b>36,1 Gy</b>
<i>Courant surfacique</i>	<b>5,31E-02 nA/cm2</b>
<b><math>\overline{Q_R}</math></b>	<b>24,77</b>
<b><math>\overline{h_{\phi[R]}} = \overline{Q_R} \times \overline{d_{\phi[R]}}</math></b>	<b>5,4E+03 nSv.cm2</b>
<b><math>\overline{H_{[R]}}</math></b>	<b>894,5 Sv</b>

[Aide vidéo](#)

Données à la profondeur X

<b>x</b>	<b>11,0 <math>\mu\text{m}</math></b>
<b>E(x)</b>	<b>3886 keV</b>
<b><math>S_{tot}(x)</math></b>	<b>111,5 keV/<math>\mu\text{m}</math></b>
<b>g(x)</b>	<b>/</b>
<b><math>d_{\phi}(x)</math></b>	<b>178,41 nGray.cm2</b>
<b>D(x)</b>	<b>29,5 Gy</b>
<b>Q(x)</b>	<b>28,4</b>
<b><math>h_{\phi}(x)</math></b>	<b>5,07E+3 nSv.cm2</b>
<b>H(x)</b>	<b>839,4 Sv</b>
<b>H(x)</b>	<b>839,4 Sv.h-1</b>



**UTILITAIRE IRM PARTICULES CHARGÉES**

- CHOIX PARTICULE
- ENERGIE ET FLUENCE
- MATERIAU

⇒

**PARCOURS CSDA**  
**POUVOIR D'ARRÊT**  
**COEFFICIENT FLUENCE-DOSE**  
**DOSE**  
**FACTEUR DE QUALITE**  
**EQUIVALENT DE DOSE**

Fluence     Débit de fluence    Alpha

Energie (keV) =

$\phi$  ( $p.cm^{-2}.s^{-1}$ ) =

Temps d'exposition (h) =

parcours      $\mu m$      mm     cm

pouvoir d'arrêt     keV/m     keV/ $\mu m$

dose     nGy      $\mu Gy$      mGy     Gy

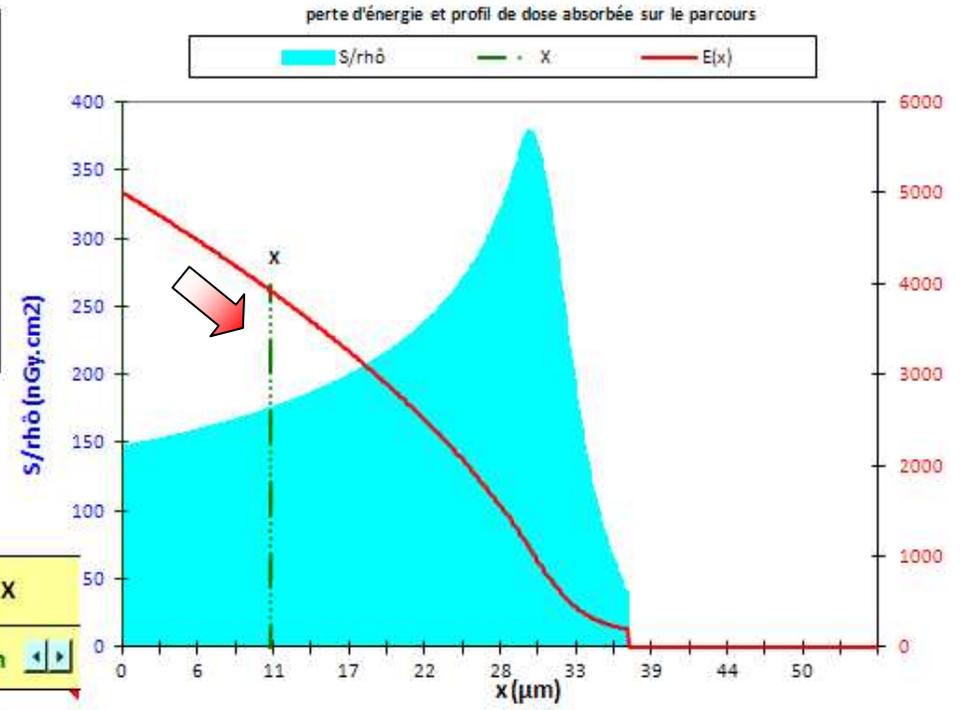
choix unités

Données moyennes sur le parcours total R	
<b>R</b>	36,7 $\mu m$
$\rho.R$	3,67E-3 g.cm-2
$\overline{S_{tot.}(R)} = \frac{E_i}{R}$	136,3 keV/ $\mu m$
$\overline{g_R} =$	/
$\overline{d_{\phi[R]}} = (1 - \overline{g_R}) \cdot \frac{\overline{S_{tot[R]}}}{\rho}$	218,10 nGray.cm2
$\overline{D_R} = \overline{d_{\phi[R]}} \times \Phi$	36,1 Gy
Courant surfacique	5,31E-02 nA/cm2
$\overline{Q_R}$	24,77
$\overline{h_{\phi[R]}} = \overline{Q_R} \times \overline{d_{\phi[R]}}$	5,4E+03 nSv.cm2
$\overline{H_{[R]}}$	894,5 Sv

[Aide vidéo](#)

Calcul

Données à la profondeur X	
<b>x</b>	11,0 $\mu m$
<b>E(x)</b>	3886 keV
$S_{tot.}(x)$	111,5 keV/ $\mu m$
$g(x)$	/
$d_{\phi}(x)$	178,41 nGray.cm2
$D(x)$	29,5 Gy
$Q(x)$	28,4
$h_{\phi}(x)$	5,07E+3 nSv.cm2
<b>H(x)</b>	<b>839,4 Sv</b>
$H(x)$	839,4 Sv.h-1



**UTILITAIRE IRM PARTICULES CHARGÉES**

- CHOIX PARTICULE
- ENERGIE ET FLUENCE
- MATERIAU

⇒

**PARCOURS CSDA**  
**POUVOIR D'ARRÊT**  
**COEFFICIENT FLUENCE-DOSE**  
**DOSE**  
**FACTEUR DE QUALITE**  
**EQUIVALENT DE DOSE**

Fluence     Débit de fluence    Alpha

Energie (keV) =

$\phi$  (p.cm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) =

Temps d'exposition (h) =

parcours     μm     mm     cm

pouvoir d'arrêt     keV/m     keV/μm

dose     nGy     μGy     mGy     Gy

Choix unités

Données moyennes sur le parcours total R

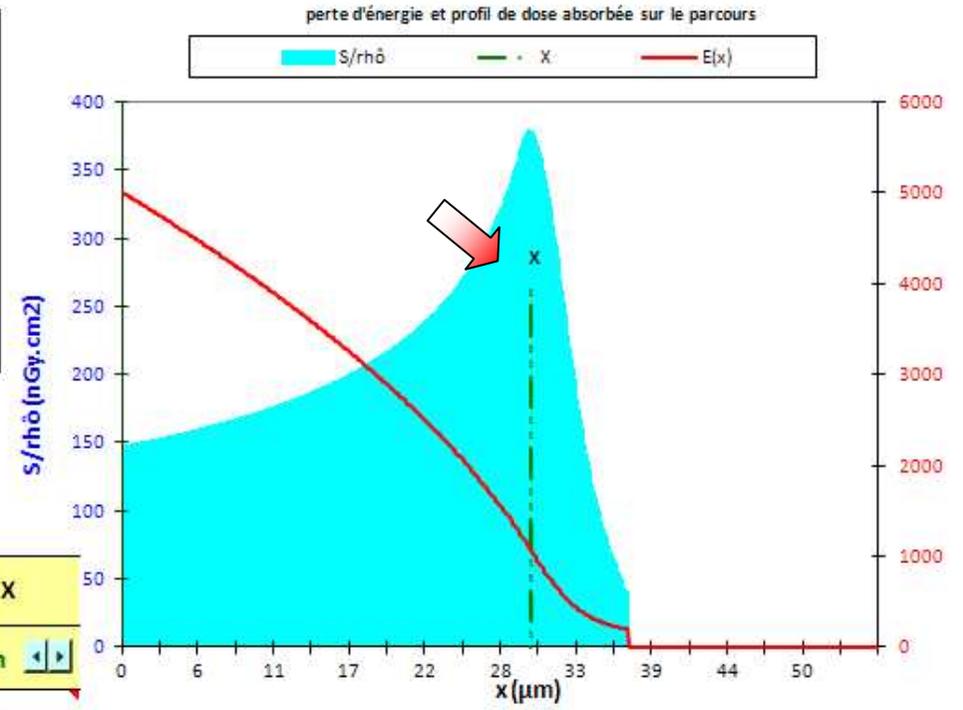
<b>R</b>	<b>36,7 μm</b>
<b>ρ.R</b>	<b>3,67E-3 g.cm-2</b>
$\overline{S_{tot.}(R)} = \frac{E_i}{R}$	<b>136,3 keV/μm</b>
$\overline{g_R} =$	/
$\overline{d_{\phi[R]}} = (1 - \overline{g_R}) \cdot \frac{\overline{S_{tot[R]}}}{\rho}$	<b>218,10 nGray.cm2</b>
$\overline{D_R} = \overline{d_{\phi[R]}} \times \Phi$	<b>36,1 Gy</b>
Courant surfacique	<b>5,31E-02 nA/cm2</b>
$\overline{Q_R}$	<b>24,77</b>
$\overline{h_{\phi[R]}} = \overline{Q_R} \times \overline{d_{\phi[R]}}$	<b>5,4E+03 nSv.cm2</b>
$\overline{H_{[R]}}$	<b>894,5 Sv</b>

[Aide vidéo](#)

Calcul

Données à la profondeur X

<b>x</b>	<b>30,0 μm</b>
<b>E(x)</b>	<b>954 keV</b>
<b>S<sub>tot.</sub>(x)</b>	<b>232,7 keV/μm</b>
<b>g(x)</b>	/
<b>d<sub>φ</sub>(x)</b>	<b>372,34 nGray.cm2</b>
<b>D(x)</b>	<b>61,7 Gy</b>
<b>Q(x)</b>	<b>19,7</b>
<b>h<sub>φ</sub>(x)</b>	<b>7,32E+3 nSv.cm2</b>
<b>H(x)</b>	<b>1212,6 Sv</b>
<b>H(x)</b>	<b>1212,6 Sv.h-1</b>



**UTILITAIRE IRM PARTICULES CHARGÉES**

- CHOIX PARTICULE
- ENERGIE ET FLUENCE
- MATERIAU

⇒

**PARCOURS CSDA**  
**POUVOIR D'ARRÊT**  
**COEFFICIENT FLUENCE-DOSE**  
**DOSE**  
**FACTEUR DE QUALITE**  
**EQUIVALENT DE DOSE**  
**PIC DE BRAGG**

# ELECTRON

Fluence     Débit de fluence  
 Energie (keV) = **5000**  
 $\phi$  (p.cm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) = **4,6E4**  
 Temps d'exposition (h) = **1**

Electron  
 Muon  
 Pion  
 Proton  
 Deuton  
 Alpha  
 PF  
 Autre

Tissus bio

parcours     μm     mm     cm    AV  
 pouvoir d'arrêt     keV/m     keV/μm  
 dose     nGy     μGy     mGy     Gy

Choix unités

### Données moyennes sur le parcours total R

<b>R</b>	25,1 mm
<b>ρ.R</b>	2,51E+0 g.cm-2
$\overline{S_{tot.}(R)} = \frac{E_i}{R}$	0,2 keV/μm
$\overline{g_R} =$	1,46%
$\overline{d_{\phi[R]}} = (1 - \overline{g_R}) \cdot \frac{S_{tot.}[R]}{\rho}$	0,31 nGray.cm2
$\overline{D_R} = \overline{d_{\phi[R]}} \times \Phi$	52,0 mGy
<b>Courant surfacique</b>	2,65E-02 nA/cm2
$\overline{Q_s}$	1,00
$\overline{h_{\phi[R]}} = \overline{Q_s} \times \overline{d_{\phi[R]}}$	3,1E-01 nSv.cm2
$\overline{H_{[R]}}$	52,0 mSv

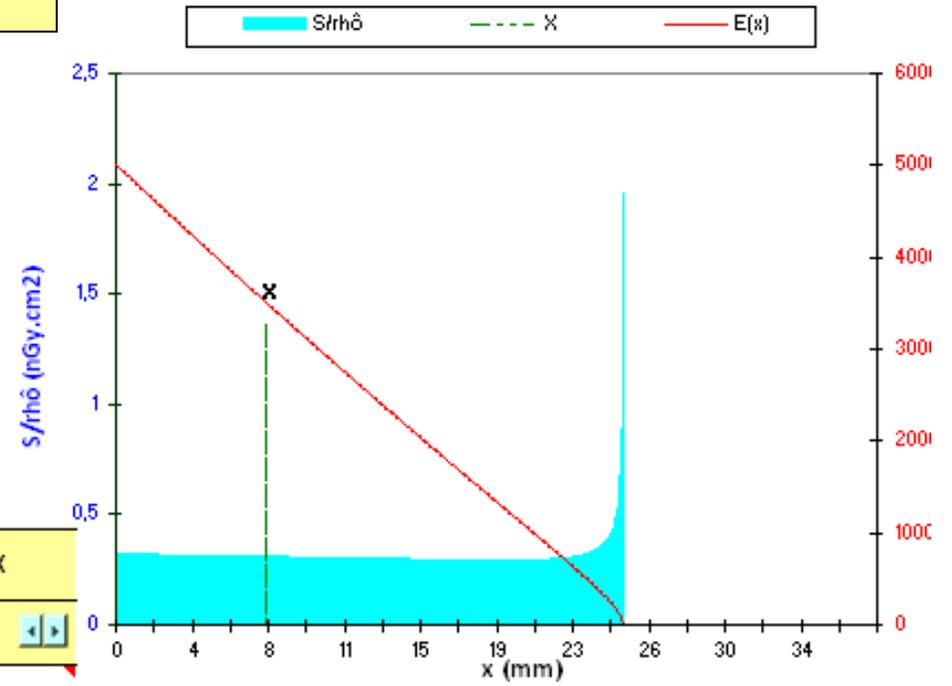
[Aide vidéo](#)

Calcul

### Données à la profondeur X

<b>x</b>	7,5 mm
<b>E(x)</b>	3483 keV
<b>S<sub>tot.</sub>(x)</b>	0,2 keV/μm
<b>g(x)</b>	2,03%
<b>d<sub>φ</sub>(x)</b>	0,31 nGray.cm2
<b>D(x)</b>	51,2 mGy
<b>Q(x)</b>	1,0
<b>h<sub>φ</sub>(x)</b>	3,09E-1 nSv.cm2
<b>H(x)</b>	51,2 mSv
<b>H(x)</b>	51,2 mSv.h-1

perte d'énergie et profil de dose absorbée sur le parcours



**UTILITAIRE IRM PARTICULES CHARGÉES**

- CHOIX PARTICULE
- ENERGIE ET FLUENCE
- MATERIAU

⇒

**PARCOURS CSDA**  
**POUVOIR D'ARRÊT**  
**COEFFICIENT FLUENCE-DOSE**  
**DOSE**  
**FACTEUR DE QUALITE**  
**EQUIVALENT DE DOSE**  
**PIC DE BRAGG**

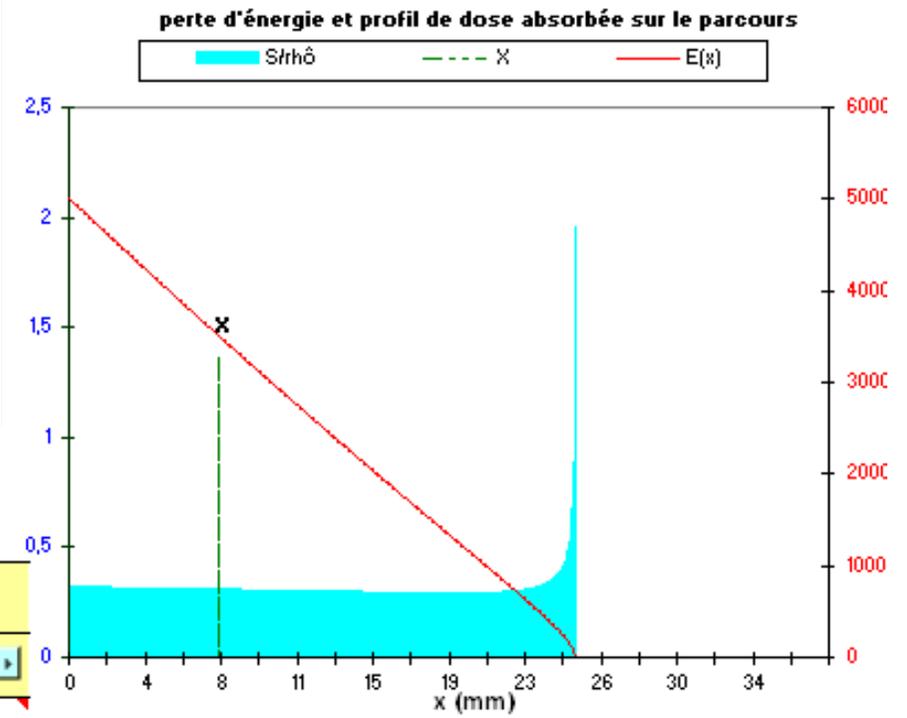
# PARCOURS SIGNIFICATIVEMENT PLUS ELEVEE

Choix unités : pouvoir d'arrêt  keV/m  keV/ $\mu$ m  
 dose  nGy   $\mu$ Gy  mGy  Gy

Données moyennes sur le parcours total R	
<b>R</b>	25,1 mm
$\rho.R$	2,51E+0 g.cm-2
$\overline{S_{tot.}(R)} = \frac{E_i}{R}$	0,2 keV/ $\mu$ m
$\overline{g_R} =$	1,46%
$\overline{d_{\phi[R]}} = (1 - \overline{g_R}) \cdot \frac{S_{tot.}[R]}{\rho}$	0,31 nGray.cm2
$\overline{D_R} = \overline{d_{\phi[R]}} \times \Phi$	52,0 mGy
<i>Courant surfacique</i>	2,65E-02 nA/cm2
$\overline{Q_R}$	1,00
$\overline{h_{\phi[R]}} = \overline{Q_R} \times \overline{d_{\phi[R]}}$	3,1E-01 nSv.cm2
$\overline{H_{[R]}}$	52,0 mSv

Aide vidéo

Données à la profondeur X	
<b>x</b>	7,5 mm
<b>E(x)</b>	3483 keV
$S_{tot.}(x)$	0,2 keV/ $\mu$ m
$g(x)$	2,03%
$d_{\phi}(x)$	0,31 nGray.cm2
$D(x)$	51,2 mGy
$Q(x)$	1,0
$h_{\phi}(x)$	3,09E-1 nSv.cm2
$H(x)$	51,2 mSv
$H(x)$	51,2 mSv.h-1



**UTILITAIRE IRM PARTICULES CHARGÉES**

- CHOIX PARTICULE
- ENERGIE ET FLUENCE
- MATERIAU

⇒

PARCOURS CSDA  
 POUVOIR D'ARRÊT  
 COEFFICIENT FLUENCE-DOSE  
 DOSE  
 FACTEUR DE QUALITE  
 EQUIVALENT DE DOSE  
 PIC DE BRAGG

# PARCOURS SIGNIFICATIVEMENT PLUS ELEVEE

# EQUIVALENT DE DOSE PLUS FAIBLE

Choix unités

pouvoir d'arrêt  keV/m  keV/μm

dose  nGy  μGy  mGy  Gy

Données moyennes sur le parcours total R

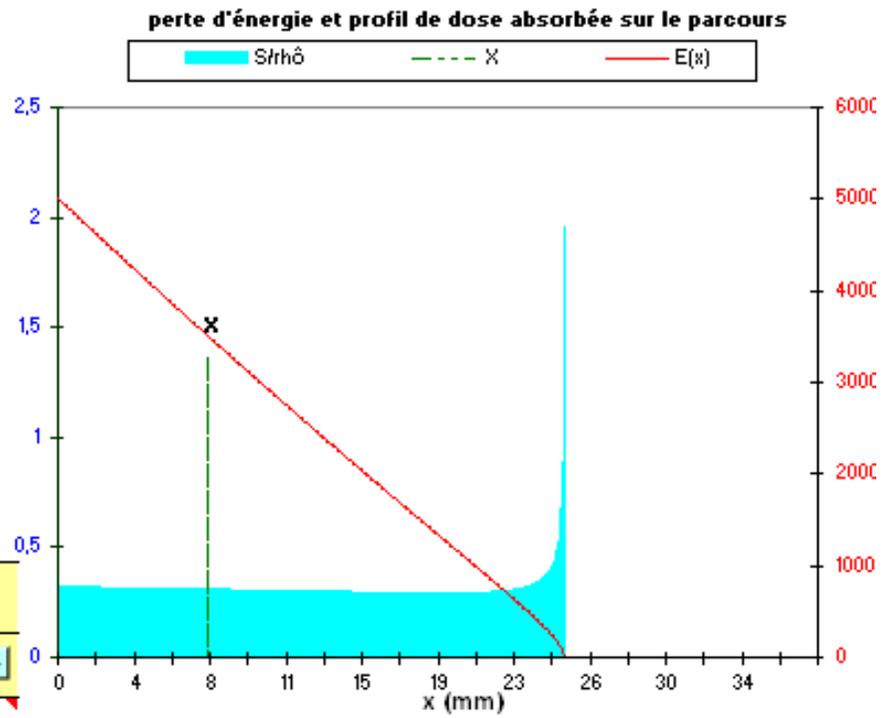
<b>R</b>	25,1 mm
<b>ρ.R</b>	2,51E+0 g.cm-2
$\overline{S_{tot.}(R)} = \frac{E_i}{R}$	0,2 keV/μm
$\overline{g_R} =$	1,46%
$\overline{d_{\phi[R]}} = (1 - \overline{g_R}) \cdot \frac{S_{tot.}[R]}{\rho}$	0,31 nGray.cm2
$\overline{D_R} = \overline{d_{\phi[R]}} \times \Phi$	52,0 mGy
<b>Courant surfacique</b>	2,65E-02 nA/cm2
$\overline{Q_s}$	1,00
$\overline{h_{\phi[R]}} = \overline{Q_s} \times \overline{d_{\phi[R]}}$	3,1E-01 nSv.cm2
$\overline{H_{[R]}}$	52,0 mSv

[Aide vidéo](#)

Calcul

Données à la profondeur X

<b>x</b>	7,5 mm
<b>E(x)</b>	3483 keV
<b>S<sub>tot.</sub>(x)</b>	0,2 keV/μm
<b>g(x)</b>	2,03%
<b>d<sub>φ</sub>(x)</b>	0,31 nGray.cm2
<b>D(x)</b>	51,2 mGy
<b>Q(x)</b>	1,0
<b>h<sub>φ</sub>(x)</b>	3,09E-1 nSv.cm2
<b>H(x)</b>	51,2 mSv
<b>H(x)</b>	51,2 mSv.h-1



**UTILITAIRE IRM PARTICULES CHARGÉES**

- CHOIX PARTICULE
- ENERGIE ET FLUENCE
- MATERIAU

⇒

PARCOURS CSDA  
 POUVOIR D'ARRÊT  
 COEFFICIENT FLUENCE-DOSE  
 DOSE  
 FACTEUR DE QUALITE  
 EQUIVALENT DE DOSE  
 PIC DE BRAGG

**PARCOURS SIGNIFICATIVEMENT PLUS ELEVEE**

**EQUIVALENT DE DOSE PLUS FAIBLE**

**POUVOIR D'ARRET CONSTANT SUR LE PARCOURS**

Choix unités

pouvoir d'arrêt  keV/m  keV/μm

dose  nGy  μGy  mGy  Gy

Données moyennes sur le parcours total R

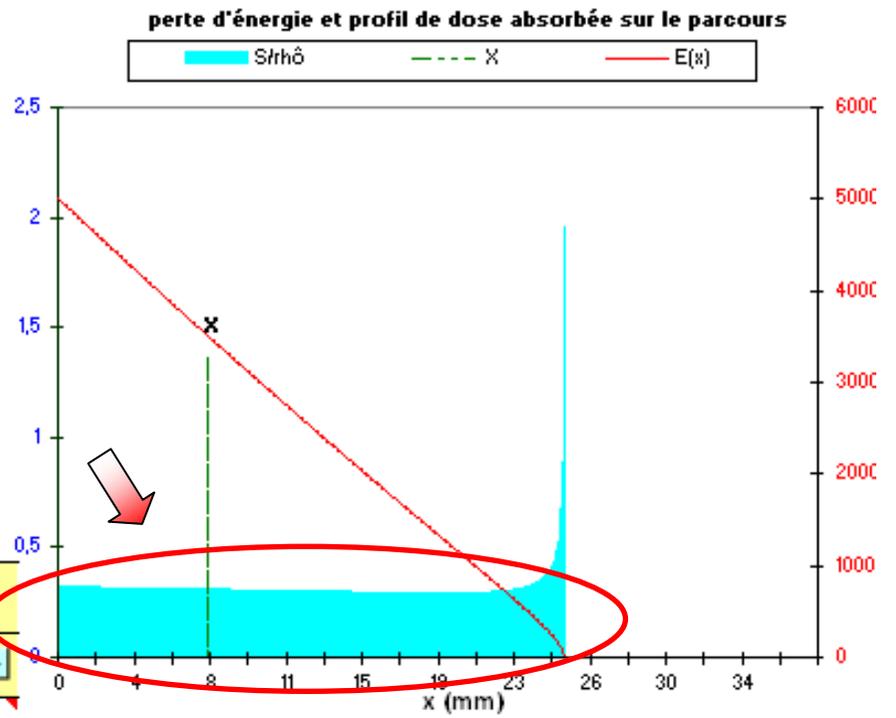
<b>R</b>	25,1 mm
$\rho \cdot R$	2,51E+0 g.cm-2
$\overline{S_{tot.}(R)} = \frac{E_i}{R}$	0,2 keV/μm
$\overline{g_R} =$	1,46%
$\overline{d_{\phi[R]}} = (1 - \overline{g_R}) \cdot \frac{S_{tot.}[R]}{\rho}$	0,31 nGray.cm2
$\overline{D_R} = \overline{d_{\phi[R]}} \times \Phi$	52,0 mGy
<i>Courant surfacique</i>	2,65E-02 nA/cm2
$\overline{Q_R}$	1,00
$\overline{h_{\phi[R]}} = \overline{Q_R} \times \overline{d_{\phi[R]}}$	3,1E-01 nSv.cm2
$\overline{H_{[R]}}$	52,0 mSv

[Aide vidéo](#)

Calcul

Données à la profondeur X

<b>x</b>	7,5 mm
$E(x)$	3483 keV
$S_{tot.}(x)$	0,2 keV/μm
$g(x)$	2,03%
$d_{\phi}(x)$	0,31 nGray.cm2
$D(x)$	51,2 mGy
$Q(x)$	1,0
$h_{\phi}(x)$	3,09E-1 nSv.cm2
$H(x)$	51,2 mSv
$H(x)$	51,2 mSv.h-1



**UTILITAIRE IRM PARTICULES CHARGÉES**

- CHOIX PARTICULE  
 - ENERGIE ET FLUENCE  
 - MATERIAU

⇒

PARCOURS CSDA  
 POUVOIR D'ARRÊT  
 COEFFICIENT FLUENCE-DOSE  
 DOSE  
 FACTEUR DE QUALITE  
 EQUIVALENT DE DOSE  
 PIC DE BRAGG

**PARCOURS SIGNIFICATIVEMENT PLUS ELEVEE**

**EQUIVALENT DE DOSE PLUS FAIBLE**

**POUVOIR D'ARRET CONSTANT SUR LE PARCOURS**

**LIE AU CARACTERE ULTRARELATIVISTE DE L'ELECTRON (>500 keV)**

Choix unités

pouvoir d'arrêt  keV/m  keV/μm

dose  nGy  μGy  mGy  Gy

Données moyennes sur le parcours total R

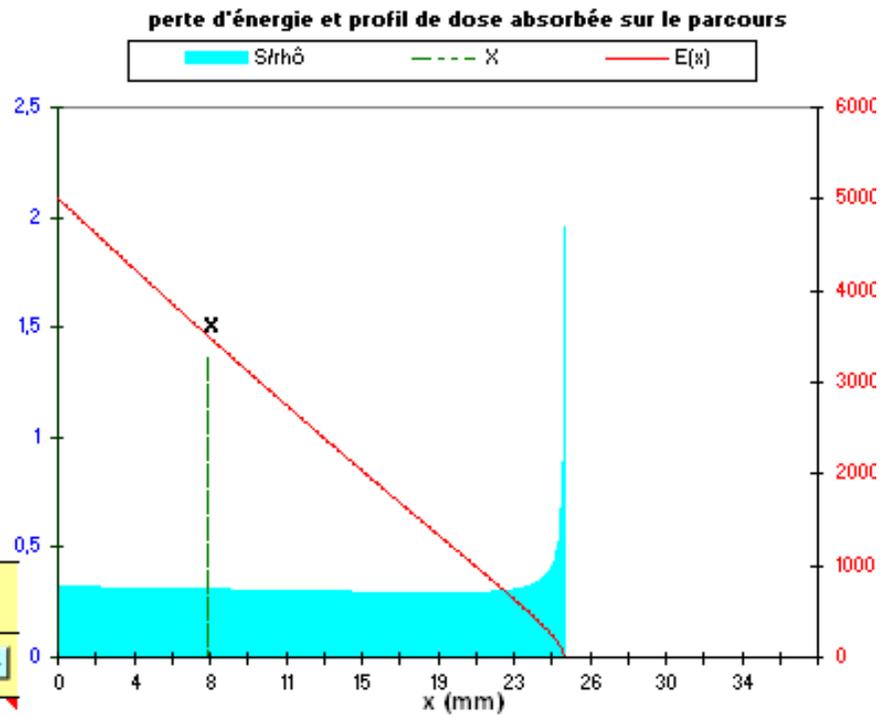
<b>R</b>	25,1 mm
<b>ρ.R</b>	2,51E+0 g.cm-2
$\overline{S_{tot.}(R)} = \frac{E_i}{R}$	0,2 keV/μm
$\overline{g_R} =$	1,46%
$\overline{d_{\phi[R]}} = (1 - \overline{g_R}) \cdot \frac{S_{tot.}[R]}{\rho}$	0,31 nGray.cm2
$\overline{D_R} = \overline{d_{\phi[R]}} \times \Phi$	52,0 mGy
<b>Courant surfacique</b>	2,65E-02 nA/cm2
$\overline{Q_R}$	1,00
$\overline{h_{\phi[R]}} = \overline{Q_R} \times \overline{d_{\phi[R]}}$	3,1E-01 nSv.cm2
$\overline{H_{[R]}}$	52,0 mSv

[Aide vidéo](#)

Calcul

Données à la profondeur X

<b>x</b>	7,5 mm
<b>E(x)</b>	3483 keV
<b>S<sub>tot.</sub>(x)</b>	0,2 keV/μm
<b>g(x)</b>	2,03%
<b>d<sub>φ</sub>(x)</b>	0,31 nGray.cm2
<b>D(x)</b>	51,2 mGy
<b>Q(x)</b>	1,0
<b>h<sub>φ</sub>(x)</b>	3,09E-1 nSv.cm2
<b>H(x)</b>	51,2 mSv
<b>H(x)</b>	51,2 mSv.h-1



**UTILITAIRE IRM PARTICULES CHARGÉES**

- CHOIX PARTICULE
- ENERGIE ET FLUENCE
- MATERIAU

⇒

**PARCOURS CSDA**  
**POUVOIR D'ARRÊT**  
**COEFFICIENT FLUENCE-DOSE**  
**DOSE**  
**FACTEUR DE QUALITE**  
**EQUIVALENT DE DOSE**  
**PIC DE BRAGG**

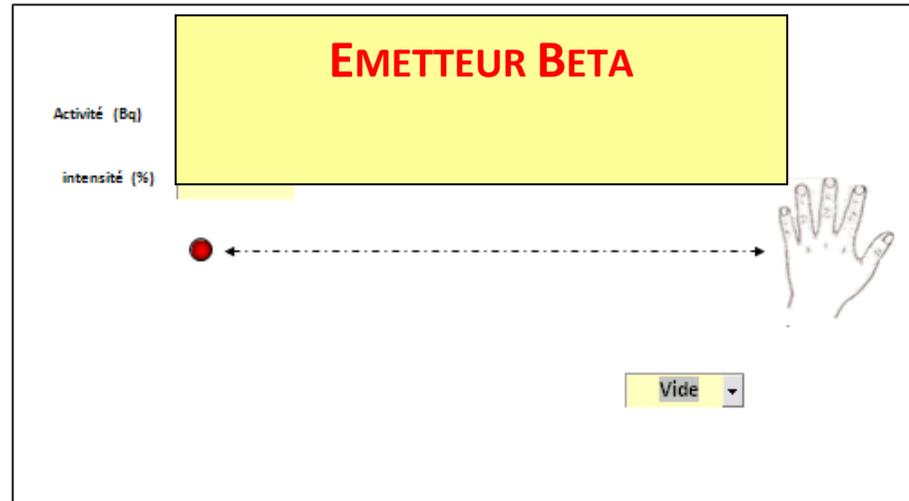
**Caractéristiques composante  $\beta$**

$\beta^-$       $\beta^+$

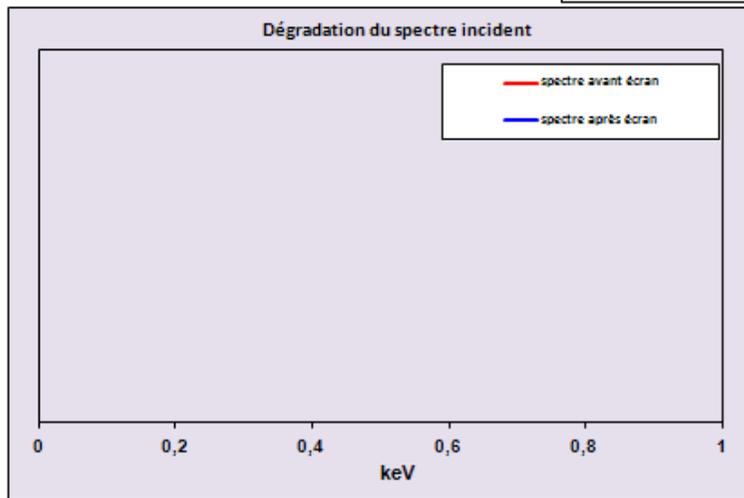
$E_{\beta\max}$  (keV)

Élément

$E_{\beta\text{moyen}}$  (keV)



- Profondeur maximale pénétration tissus**
- Coefficient conversion équivalent de dose moyen à la peau- fluence  $\beta$**
- Débit d'équivalent de dose moyen à la peau**
- Coefficient conversion  $H'(0,07)$ - fluence  $\beta$**
- Débit d'équivalent de dose  $H'(0,07)$**



**Activation calculs**    RAZ

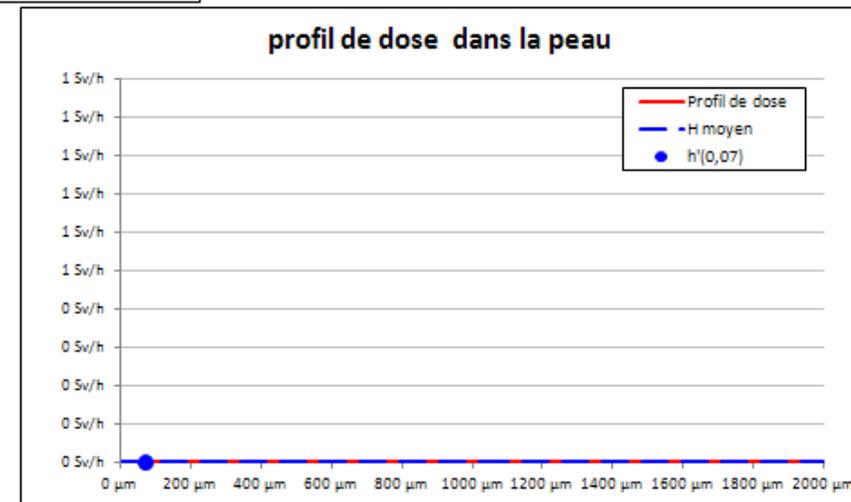
Relancer calculs

---

Débit de fluence incident    /

---

Rapport  $H'(0,07)$ /Equivalent de dose moyen    /



Caractéristiques composante  $\beta$

$\beta^-$       $\beta^+$

$E_{\beta\text{max}}$  (keV)    551

Elément    Cs

$E_{\beta\text{moyen}}$  (keV)    176

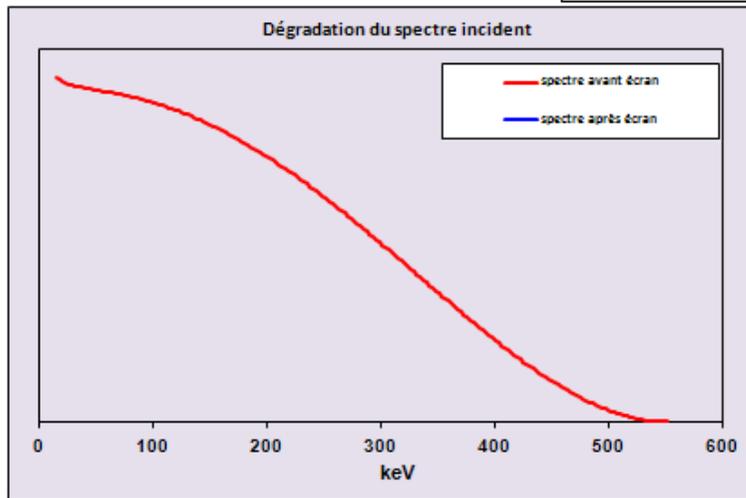
## CARACTERISTIQUE TRANSITION BETA

Activité (Bq)

intensité (%)

Vide

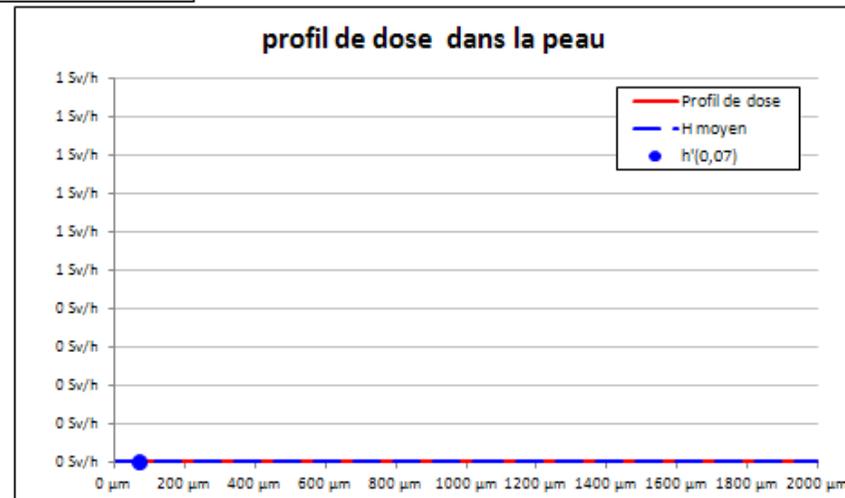
Profondeur maximale pénétration tissus
Coefficient conversion équivalent de dose moyen à la peau- fluence $\beta$
Débit d'équivalent de dose moyen à la peau
Coefficient conversion $H^*(0,07)$ - fluence $\beta$
Débit d'équivalent de dose $H^*(0,07)$



**Activation calculs**    RAZ

Relancer calculs

Débit de fluence incident	/
Rapport $H^*(0,07)$ /Equivalent de dose moyen	/



**Caractéristiques composante  $\beta$**

$\beta^-$       $\beta^+$

$E_{\beta\text{max}}$  (keV)    551

Élément    Cs

$E_{\beta\text{moyen}}$  (keV)    176

**Schéma d'irradiation**

Distance source (cm)   

Activité (Bq)      
 intensité (%)   

Vide

**Profondeur maximale pénétration tissus**

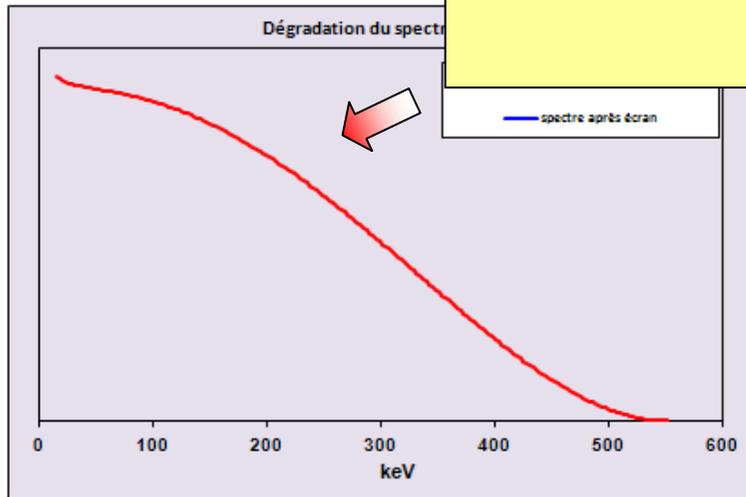
**Coefficient conversion équivalent de dose moyen à la peau- fluence  $\beta$**

**Débit d'équivalent de dose moyen à la peau**

**Coefficient conversion  $H'(0,07)$ - fluence  $\beta$**

**Débit d'équivalent de dose  $H'(0,07)$**

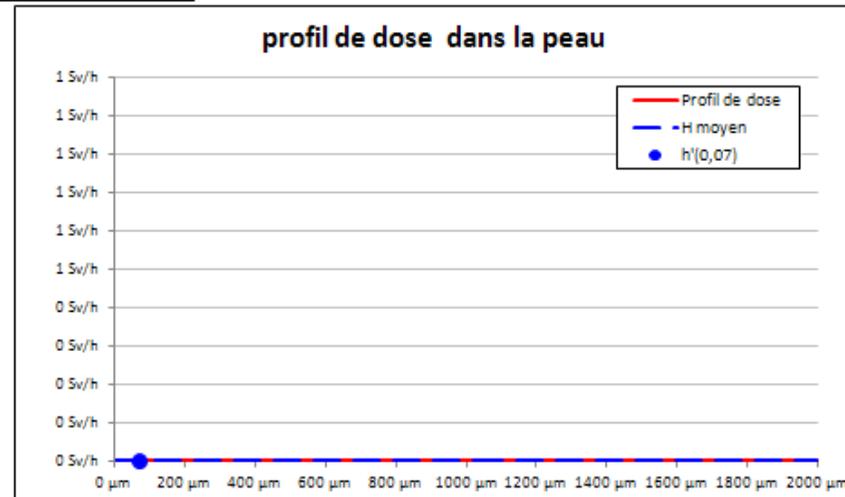
**SPECTRE D'EMISSION**



Relancer calculs

RAZ

Débit de fluence incident	/
Rapport $H'(0,07)$ /Equivalent de dose moyen	/



**Caractéristiques composante  $\beta$**

$\beta^-$       $\beta^+$

$E_{\beta\text{max}}$  (keV)    551

Élément    Cs

$E_{\beta\text{moyen}}$  (keV)    176

**Schéma d'irradiation**

Activité (Bq)    1E9    Distance source (cm)    30

intensité (%)    110

Ecran total (cm)    179

**SCHEMA D'IRRADIATION**

**SPECTRE CONDENSE DU Cs 137**

**1GBQ A 30 CM DANS L'AIR**

Coefficient conversion  
 $H'(0,07)$ - fluence  $\beta$

Débit d'équivalent de dose  
 $H'(0,07)$

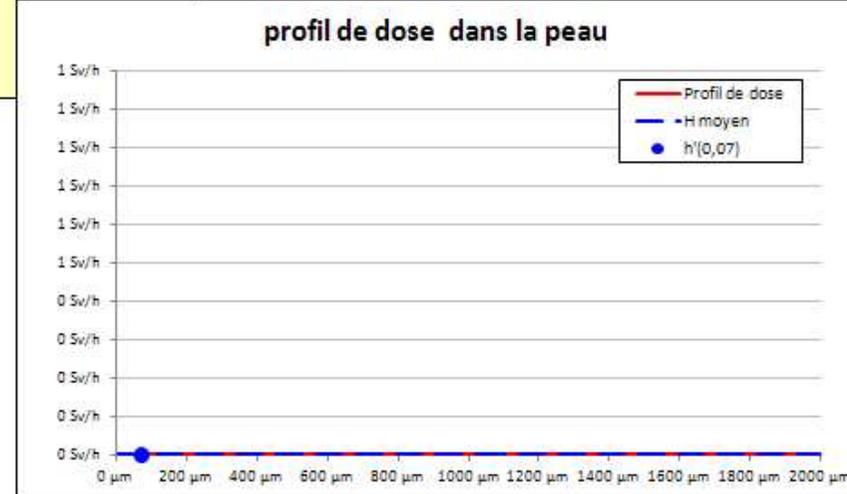
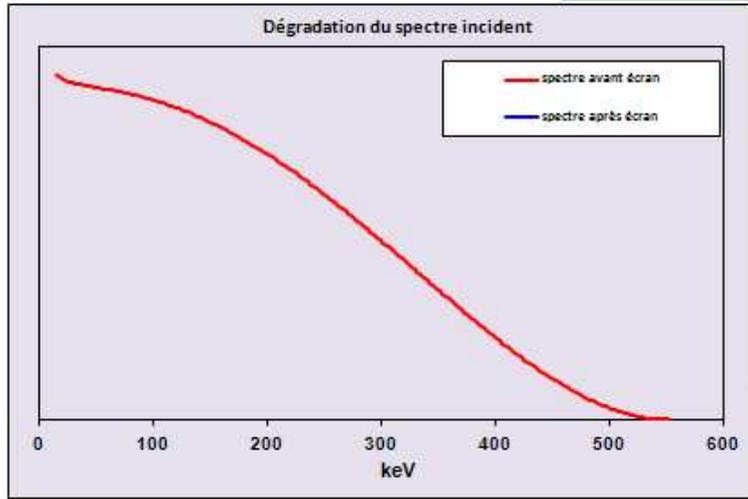
- Air
- Vide
- Air
- Argon
- Plastique
- Al
- Fer
- Cuivre
- Plomb

**Activation calculs**

Relancer calculs

Débit de fluence incident    /

Rapport  $H'(0,07)$ /Equivalent de dose moyen    /



**Caractéristiques composante  $\beta$**

$\beta^-$       $\beta^+$

$E_{\beta\text{max}}$  (keV)    551

Élément    Cs

$E_{\beta\text{moyen}}$  (keV)    176

**Schéma d'irradiation**

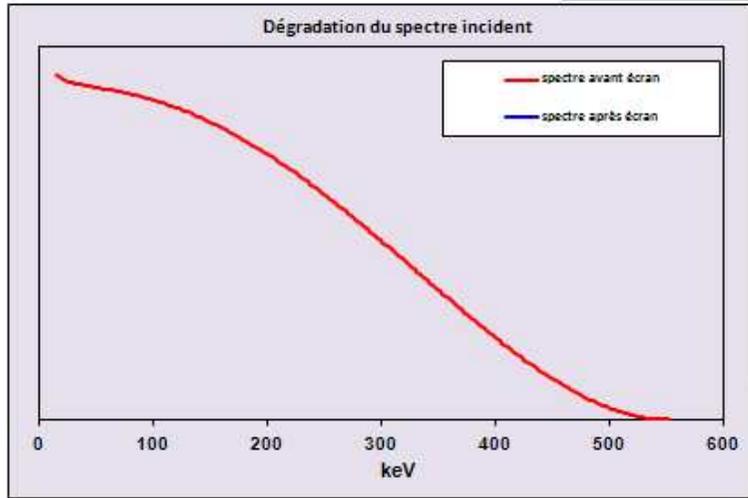
Distance source (cm)    30

Activité (Bq)    1E9

intensité (%)    110

Ecran total (cm)    179

- Profondeur maximale pénétration tissus
- Coefficient conversion équivalent de dose moyen à la peau- fluence  $\Phi$
- Débit d'équivalent de dose moyen à la peau
- Coefficient conversion  $H'(0,07)$ - fluence  $\beta$
- Débit d'équivalent de dose  $H'(0,07)$



**Activation calculs**

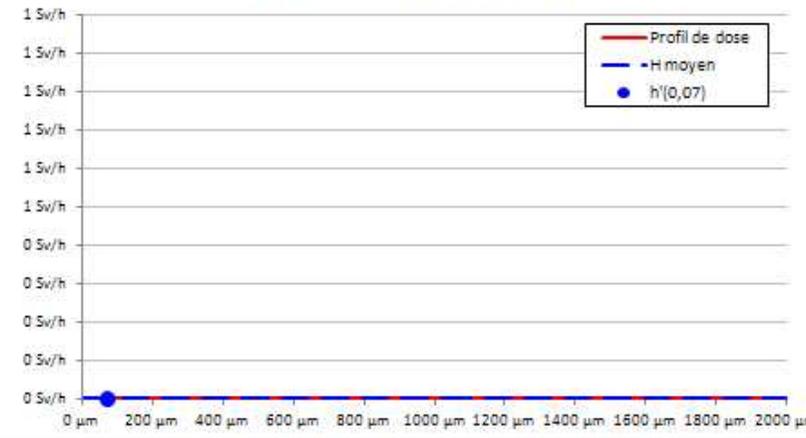
Relancer calculs

Débit de fluence incident    /

Rapport  $H'(0,07)$ /Equivalent de dose moyen    /

- Air
- Vide
- Air
- Argon
- Plastique
- Al
- Fer
- Cuivre
- Plomb

**profil de dose dans la peau**



**Caractéristiques composante  $\beta$**

$\beta^-$       $\beta^+$

$E_{\beta\text{max}}$  (keV)    551

Élément    Cs

$E_{\beta\text{moyen}}$  (keV)    176

**Schéma d'irradiation**

Distance source (cm)    30

Activité (Bq)    1E9

intensité (%)    110

Ecran total (cm)    179

Air

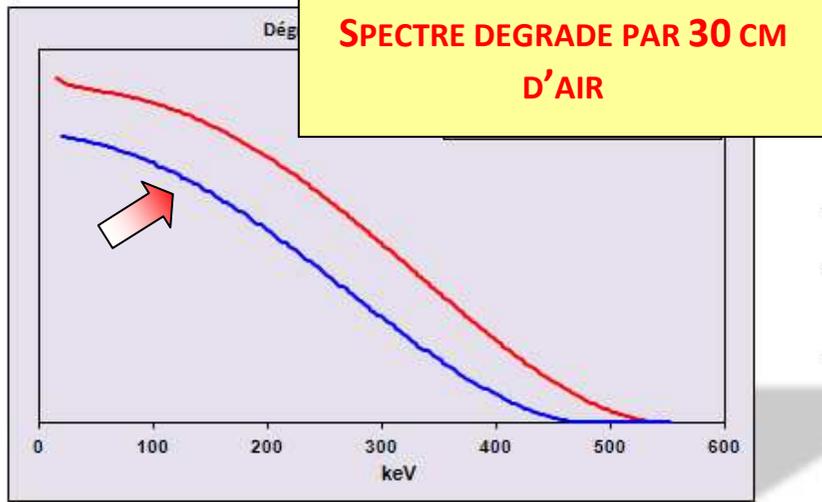
**Profondeur maximale pénétration tissus**

**Coefficient conversion équivalent de dose moyen à la peau- fluence  $\beta$**

**Débit d'équivalent de dose moyen à la peau**

**Coefficient conversion  $H'(0,07)$ - fluence  $\beta$**

**Débit d'équivalent de dose  $H'(0,07)$**

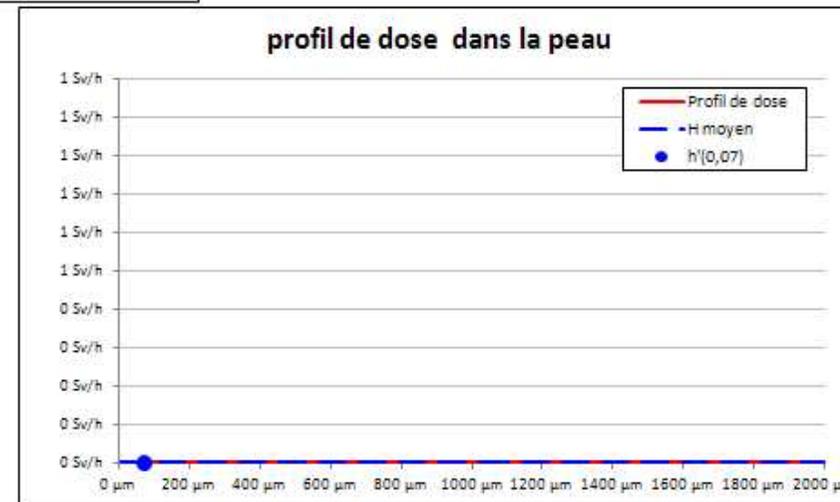


**Activation calculs**    RAZ

Calcul en cours

Débit de fluence incident    4,62E+04 bêta./cm<sup>2</sup>/s

Rapport  $H'(0,07)$ /Equivalent de dose moyen    /



**Caractéristiques composante  $\beta$**

$\beta^-$       $\beta^+$

$E_{\beta\max}$  (keV)    551

Élément    Cs

$E_{\beta\text{moyen}}$  (keV)    176

**Schéma d'irradiation**

Distance source (cm)    30

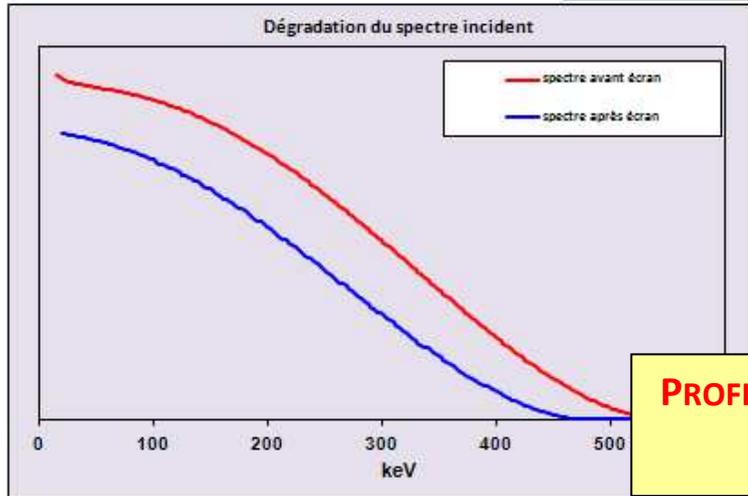
Activité (Bq)    1E9

intensité (%)    110

Ecran total (cm)    179

Air

<b>Profondeur maximale pénétration tissus</b>	<b>1,85 mm</b>
<b>Coefficient conversion équivalent de dose moyen à la peau- fluence <math>\beta</math></b>	<b>0,1117 nSv.cm2</b>
<b>Débit d'équivalent de dose moyen à la peau</b>	<b>0,02 Sv/h</b>
<b>Coefficient conversion <math>H'(0,07)</math>- fluence <math>\beta</math></b>	<b>0,5532 nSv.cm2</b>
<b>Débit d'équivalent de dose <math>H'(0,07)</math></b>	<b>0,092 Sv/h</b>



**Activation calculs**    RAZ

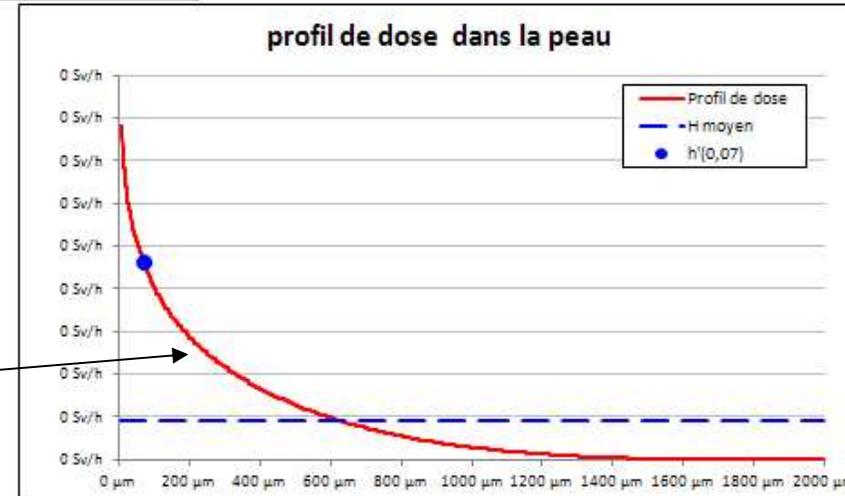
Calculs terminés

Débit de fluence incident    4,62E+04 bêta./cm2/s

Rapport

$H'(0,07)$ /Equivalent de dose moyen    4,95

**PROFIL DE DOSE DANS 2 MM DE PEAU**



**Caractéristiques composante  $\beta$**

$\beta^-$       $\beta^+$

$E_{\beta\text{max}}$  (keV)    551

Élément    Cs

$E_{\beta\text{moyen}}$  (keV)    176

**Schéma d'irradiation**

Distance source (cm)    30

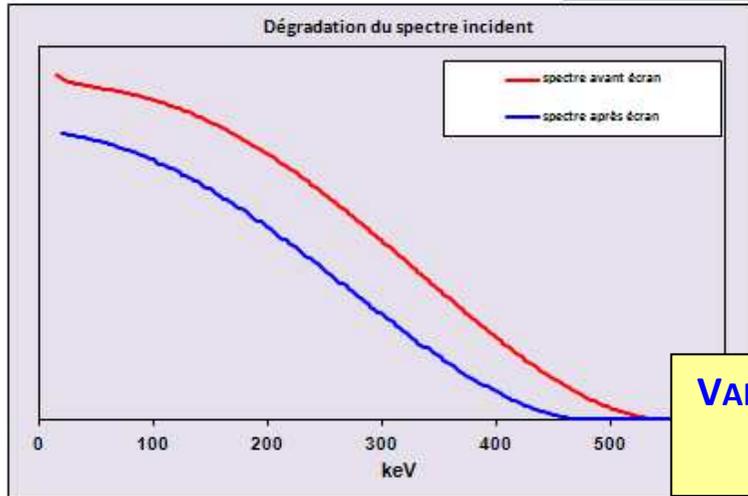
Activité (Bq)    1E9

intensité (%)    110

Ecran total (cm)    179

Air

<b>Profondeur maximale pénétration tissus</b>	<b>1,85 mm</b>
<b>Coefficient conversion équivalent de dose moyen à la peau- fluence <math>\beta</math></b>	<b>0,1117 nSv.cm2</b>
<b>Débit d'équivalent de dose moyen à la peau</b>	<b>0,02 Sv/h</b>
<b>Coefficient conversion <math>H'(0,07)</math>- fluence <math>\beta</math></b>	<b>0,5532 nSv.cm2</b>
<b>Débit d'équivalent de dose <math>H'(0,07)</math></b>	<b>0,092 Sv/h</b>



**Activation calculs**    RAZ

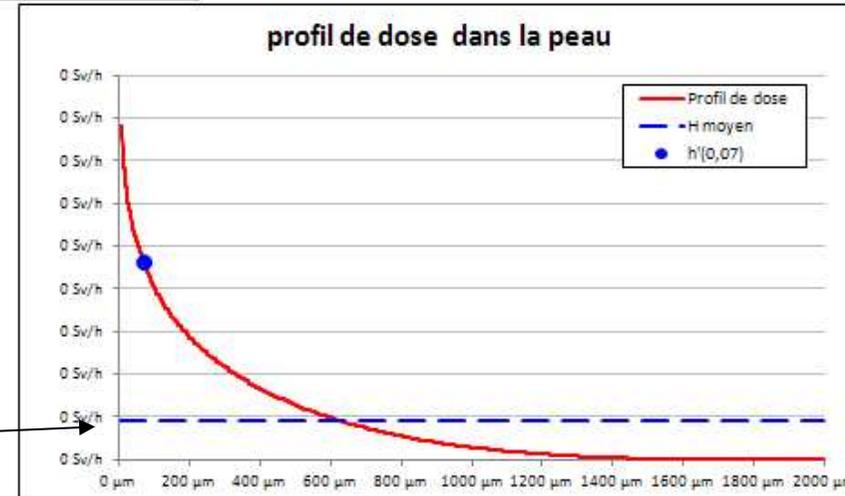
Calculs terminés

Débit de fluence incident    4,62E+04 bêta./cm2/s

Rapport

$H'(0,07)$ /Equivalent de dose moyen    4,95

**VALEUR MOYENNE DE DOSE SUR 2 MM**



**Caractéristiques composante  $\beta$**

$\beta^-$       $\beta^+$

$E_{\beta\text{max}}$  (keV)    551

Élément    Cs

$E_{\beta\text{moyen}}$  (keV)    176

**Schéma d'irradiation**

Distance source (cm)    30

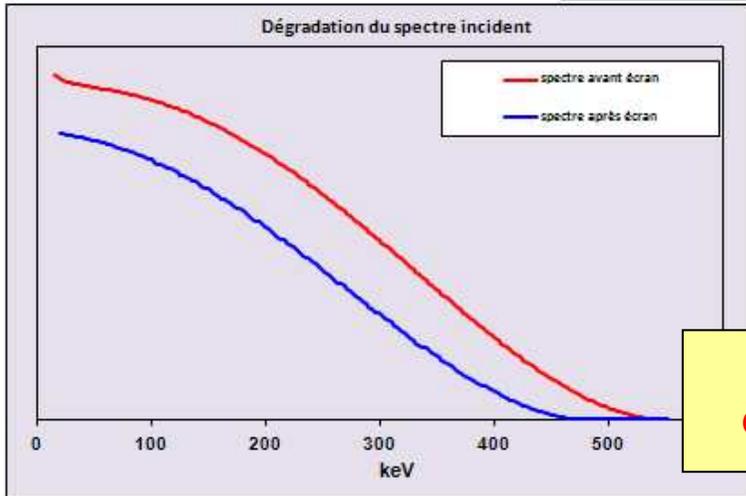
Activité (Bq)    1E9

intensité (%)    110

$E_{\text{écran}}$  (cm)    179

Air

<b>Profondeur maximale pénétration tissus</b>	1,85 mm
<b>Coefficient conversion équivalent de dose moyen à la peau- fluence <math>\beta</math></b>	0,1117 nSv.cm2
<b>Débit d'équivalent de dose moyen à la peau</b>	0,02 Sv/h
<b>Coefficient conversion <math>H'(0,07)</math>- fluence <math>\beta</math></b>	0,5532 nSv.cm2
<b>Débit d'équivalent de dose <math>H'(0,07)</math></b>	0,092 Sv/h



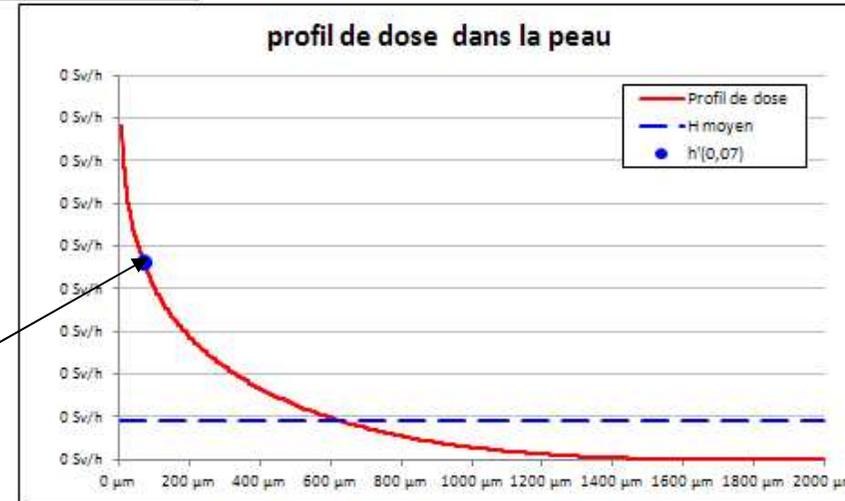
**Activation calculs**    RAZ

Calculs terminés

Débit de fluence incident    4,62E+04 bêta./cm2/s

Rapport  $H'(0,07)$ /Equivalent de    4,95

**VALEUR SOUS 70  $\mu\text{M}$  DE COUCHE MORTE ( $H'(0,07)$ )**



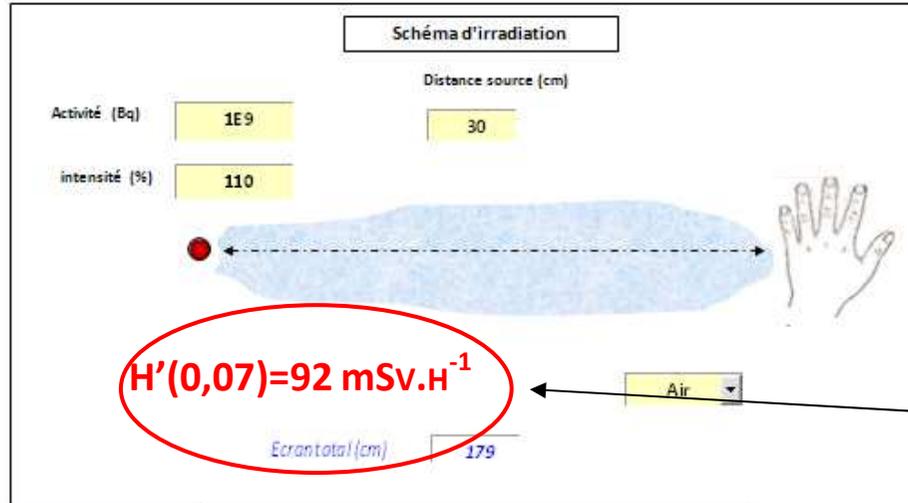
**Caractéristiques composante  $\beta$**

$\beta^-$       $\beta^+$

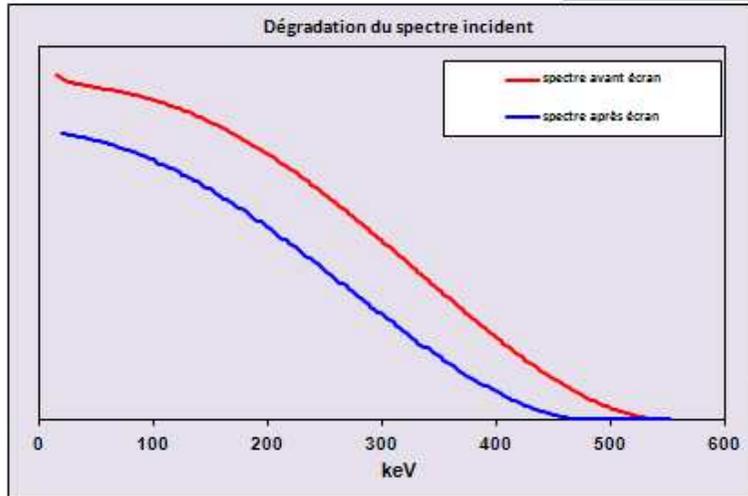
$E_{\beta\text{max}}$  (keV)    551

Élément    Cs

$E_{\beta\text{moyen}}$  (keV)    176



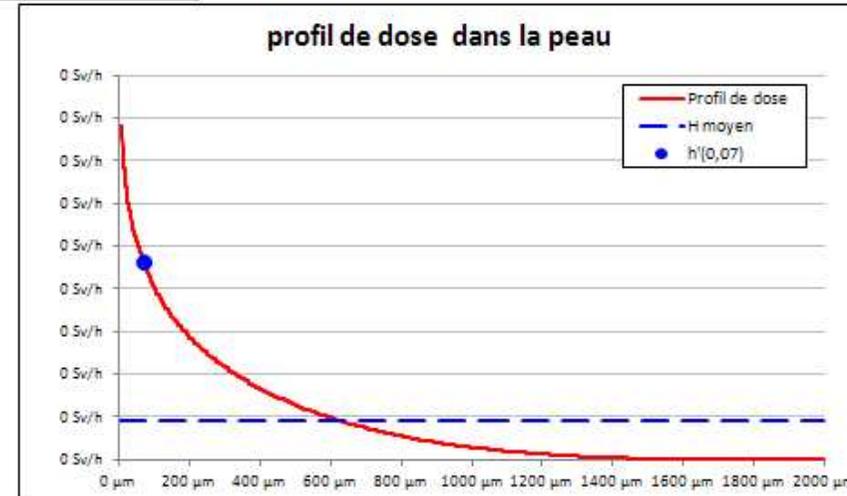
<b>Profondeur maximale pénétration tissus</b>	1,85 mm
<b>Coefficient conversion équivalent de dose moyen à la peau- fluence <math>\beta</math></b>	0,1117 nSv.cm2
<b>Débit d'équivalent de dose moyen à la peau</b>	0,02 Sv/h
<b>Coefficient conversion <math>H'(0,07)</math>- fluence <math>\beta</math></b>	0,5532 nSv.cm2
<b>Débit d'équivalent de dose <math>H'(0,07)</math></b>	0,092 Sv/h



**Activation calculs**    RAZ

Calculs terminés

Débit de fluence incident	4,62E+04 bêta./cm2/s
Rapport $H'(0,07)$ /Equivalent de dose moyen	4,95



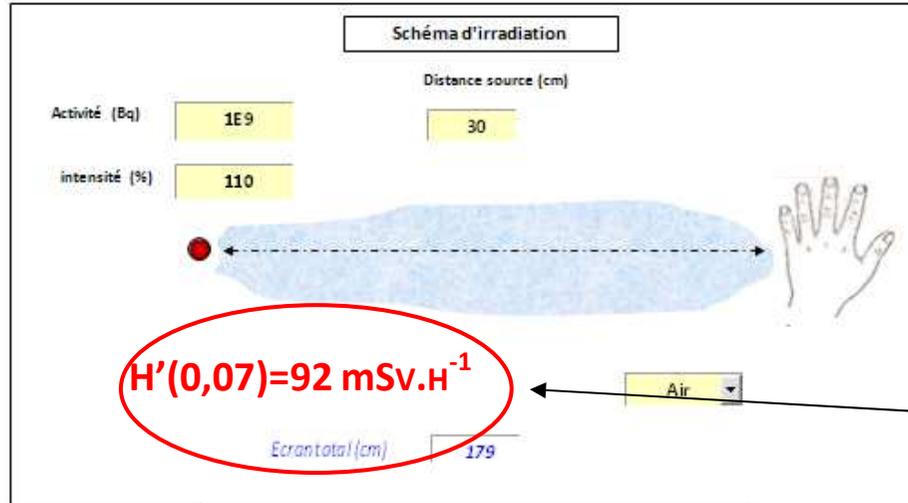
**Caractéristiques composante  $\beta$**

$\beta^-$       $\beta^+$

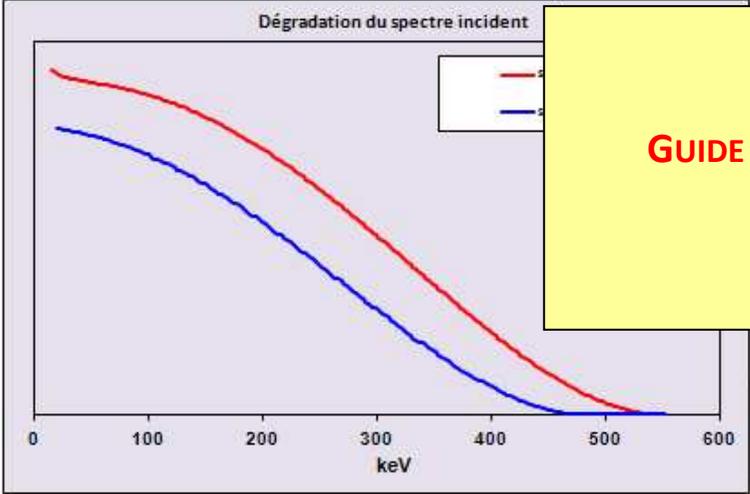
$E_{\beta\text{max}}$  (keV)    551

Élément    Cs

$E_{\beta\text{moyen}}$  (keV)    176

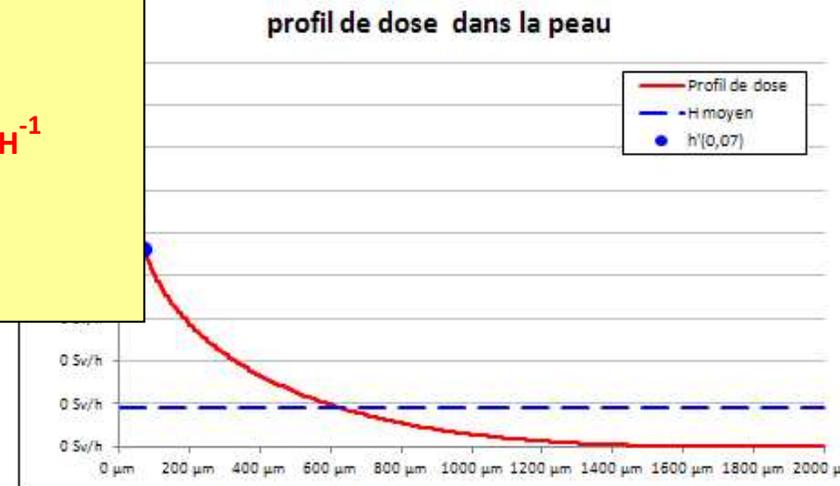


<b>Profondeur maximale pénétration tissus</b>	1,85 mm
<b>Coefficient conversion équivalent de dose moyen à la peau- fluence <math>\beta</math></b>	0,1117 nSv.cm2
<b>Débit d'équivalent de dose moyen à la peau</b>	0,02 Sv/h
<b>Coefficient conversion <math>H'(0,07)</math>- fluence <math>\beta</math></b>	0,5532 nSv.cm2
<b>Débit d'équivalent de dose <math>H'(0,07)</math></b>	0,092 Sv/h



**COMPARAISON :**

**GUIDE PRATIQUE DELACROIX :  $100 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$**



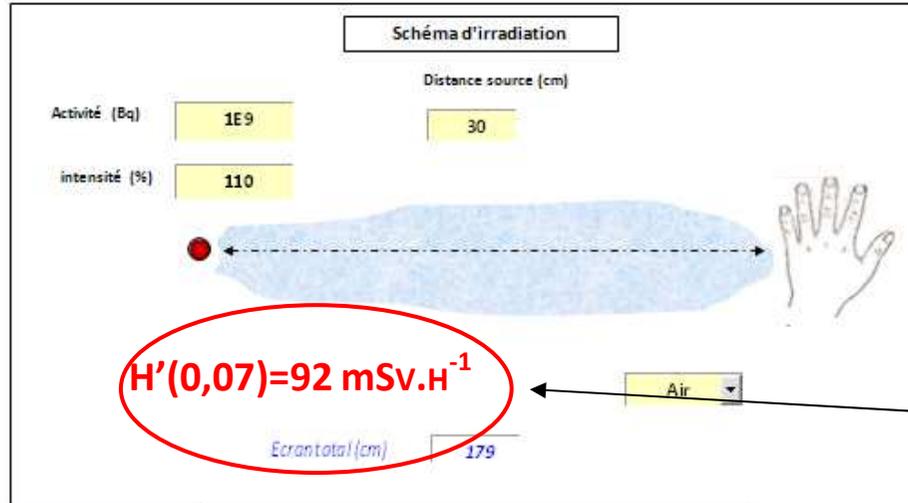
**Caractéristiques composante  $\beta$**

$\beta^-$       $\beta^+$

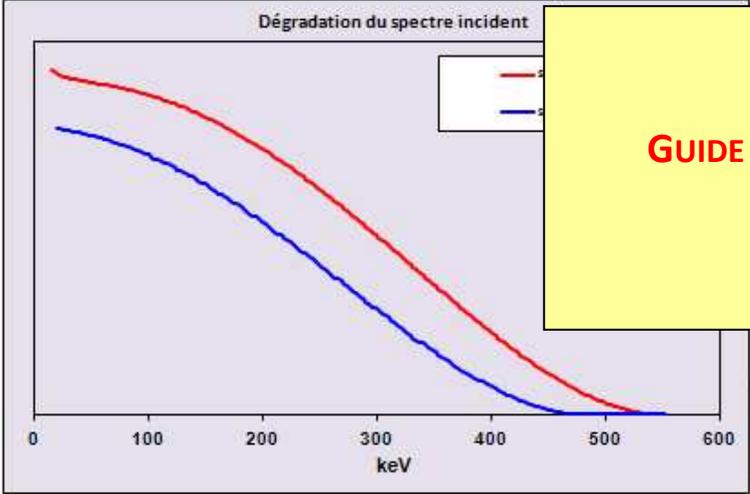
$E_{\beta\text{max}}$  (keV)    551

Élément    Cs

$E_{\beta\text{moyen}}$  (keV)    176



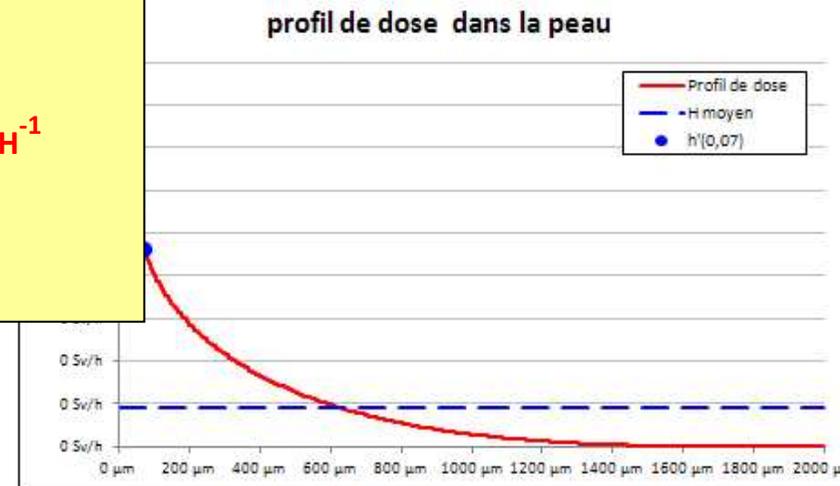
<b>Profondeur maximale pénétration tissus</b>	1,85 mm
<b>Coefficient conversion équivalent de dose moyen à la peau- fluence <math>\beta</math></b>	0,1117 nSv.cm2
<b>Débit d'équivalent de dose moyen à la peau</b>	0,02 Sv/h
<b>Coefficient conversion <math>H'(0,07)</math>- fluence <math>\beta</math></b>	0,5532 nSv.cm2
<b>Débit d'équivalent de dose <math>H'(0,07)</math></b>	0,092 Sv/h



**COMPARAISON :**

**GUIDE PRATIQUE DELACROIX : 100 mSv.H<sup>-1</sup>**

**DOSIMEX-B : 104 mSv.H<sup>-1</sup>**



**Caractéristiques composante  $\beta$**

$\beta^-$       $\beta^+$

$E_{\beta\text{max}}$  (keV)    551

Élément    Cs

$E_{\beta\text{moyen}}$  (keV)    176

**Schéma d'irradiation**

Distance source (cm)    30

Activité (Bq)    1E9

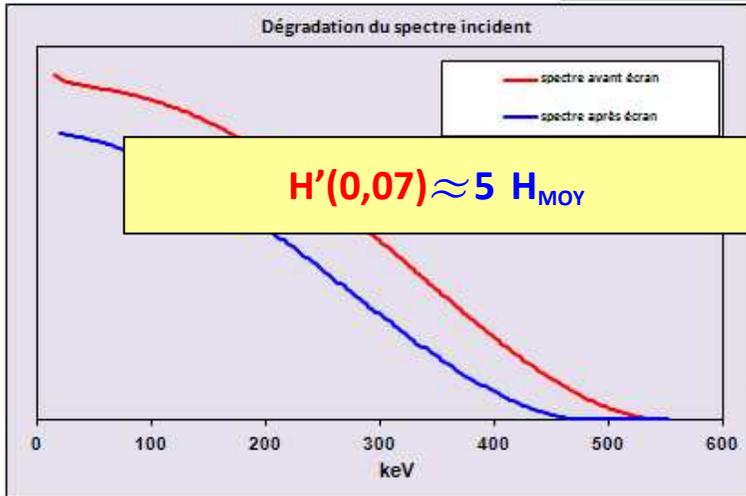
intensité (%)    110

**$H_{MOY} = 20 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$**

Ecran total (cm)    179

Air

<b>Profondeur maximale pénétration tissus</b>	1,85 mm
<b>Coefficient conversion équivalent de dose moyen à la peau- fluence <math>\beta</math></b>	0,1117 nSv.cm2
<b>Débit d'équivalent de dose moyen à la peau</b>	<b>0,02 Sv/h</b>
<b>Coefficient conversion <math>H'(0,07)</math>- fluence <math>\beta</math></b>	0,5532 nSv.cm2
<b>Débit d'équivalent de dose <math>H'(0,07)</math></b>	0,092 Sv/h

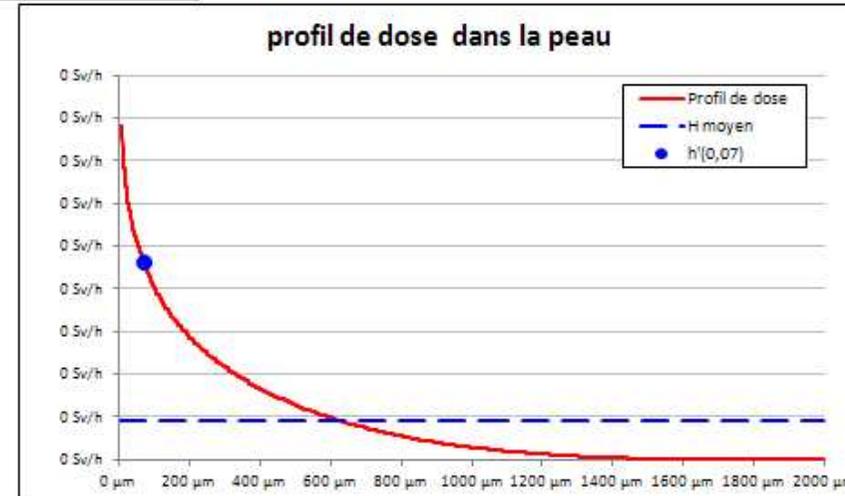


**Activation calculs**    RAZ

Calculs terminés

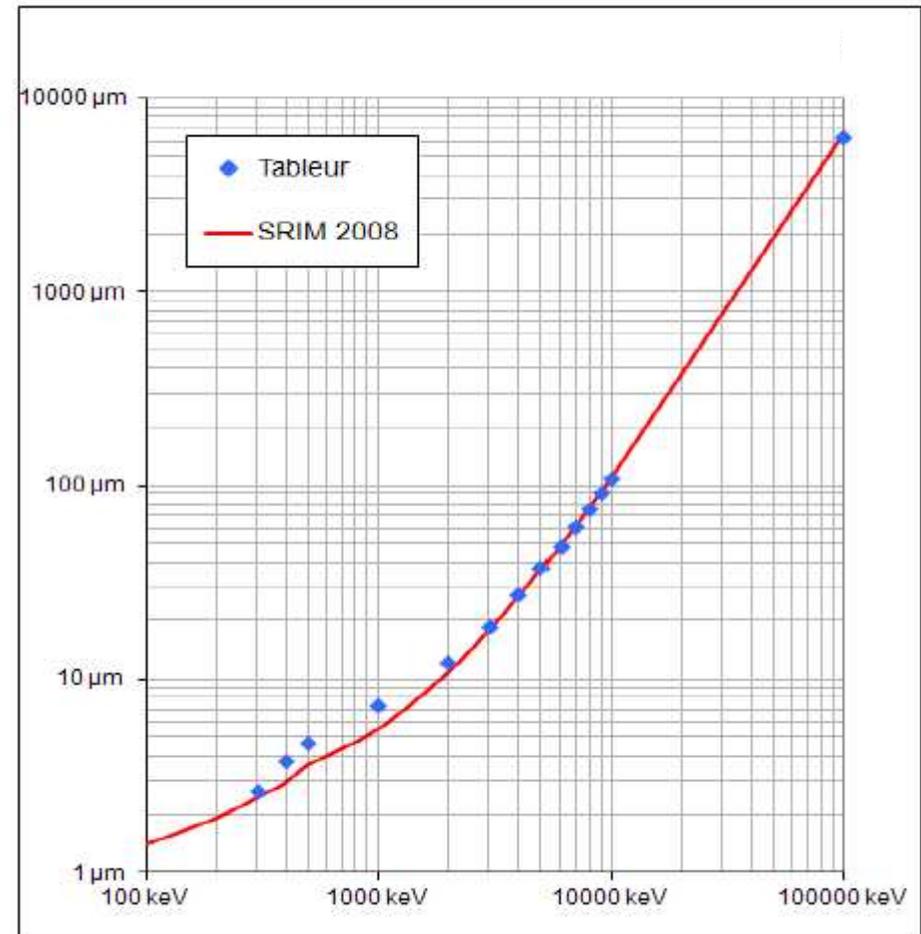
Débit de fluence incident    4,62E+04 bêta./cm2/s

Rapport  $H'(0,07)$ /Equivalent de dose moyen    **4,95**



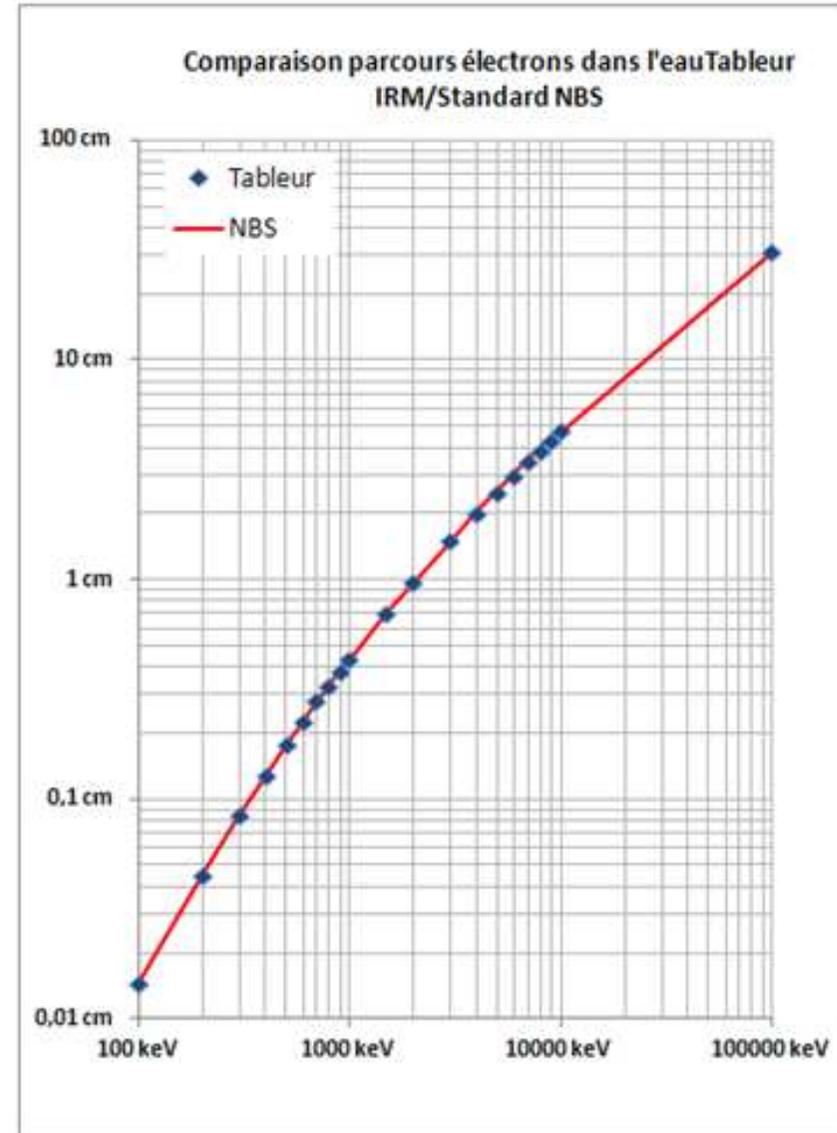
## Parcours particule alpha dans l'eau

parcours alpha dans l'eau ( $\mu\text{m}$ )			
E	Calcul	SRIM 2008	Ecart relatif
200	0,276	1,91	-85,5%
300	2,64	2,44	8,2%
400	3,8	2,91	30,6%
500	4,7	3,6	29,7%
1000	7,3	5,49	32,6%
2000	12,2	10,74	13,3%
3000	18,9	17,66	6,7%
4000	27,2	26,2	3,9%
5000	37,3	36,4	2,4%
6000	48,8	48,0	1,8%
7000	61,9	61,3	1,0%
8000	76,5	75,9	0,8%
9000	92	91,8	0,7%
10000	110	108,8	0,9%
100000	6336	6409	-1,1%

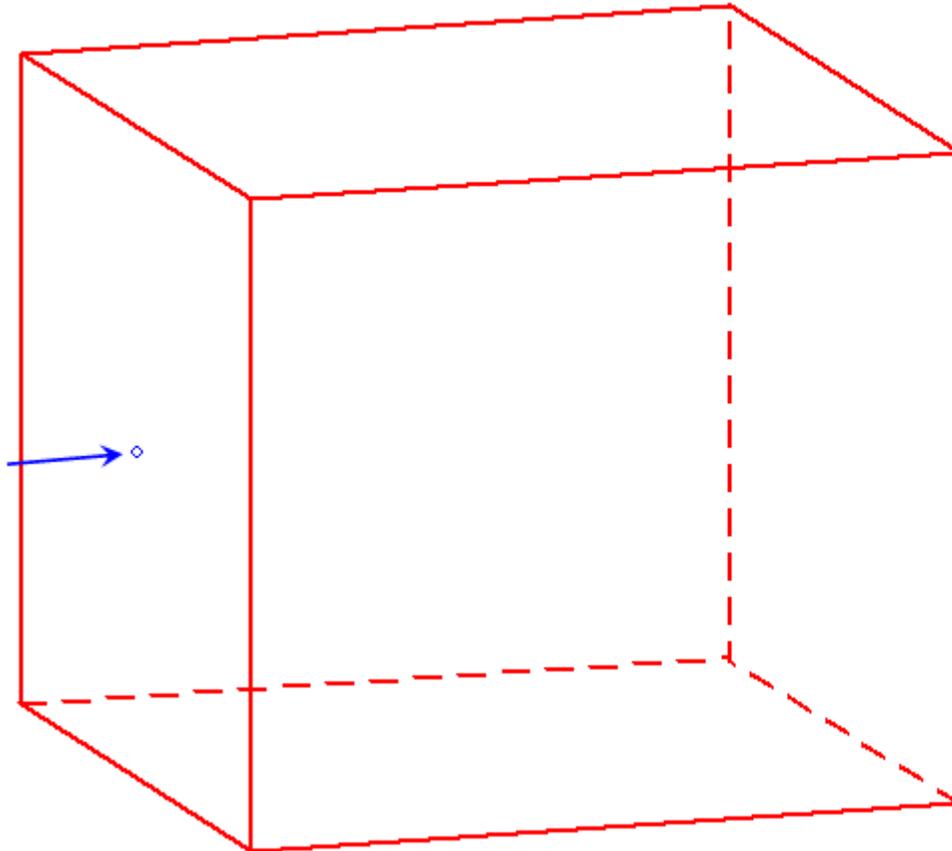


## Parcours électrons dans l'eau

PARCOURS DES ELECTONS DANS L'EAU (cm)			
E (keV)	Tableur	Standard NBS	Ecart relatif
100	0,0145	0,014	1,40%
200	0,0451	0,045	0,67%
300	0,0846	0,084	0,48%
400	0,129	0,128	1,09%
500	0,178	0,176	0,91%
600	0,228	0,226	0,88%
700	0,280	0,278	0,61%
800	0,332	0,330	0,73%
900	0,386	0,384	0,44%
1000	0,440	0,437	0,61%
1500	0,710	0,709	0,19%
2000	0,978	0,980	-0,19%
3000	1,501	1,510	-0,60%
4000	2,006	2,037	-1,53%
5000	2,497	2,540	-1,70%
6000	2,974	3,048	-2,44%
7000	3,439	3,530	-2,59%
8000	3,894	4,021	-3,15%
9000	4,342	4,490	-3,29%
10000	4,781	4,610	3,72%
100000	31,65	31	2,09%



**VISUALISATION TRAJECTOIRE DE PHOTONS DE 2 MeV  
DANS L'EAU PUIS DANS LE PLOMB  
(EXTRAIT UTILITAIRE « IRM PHOTON »)**



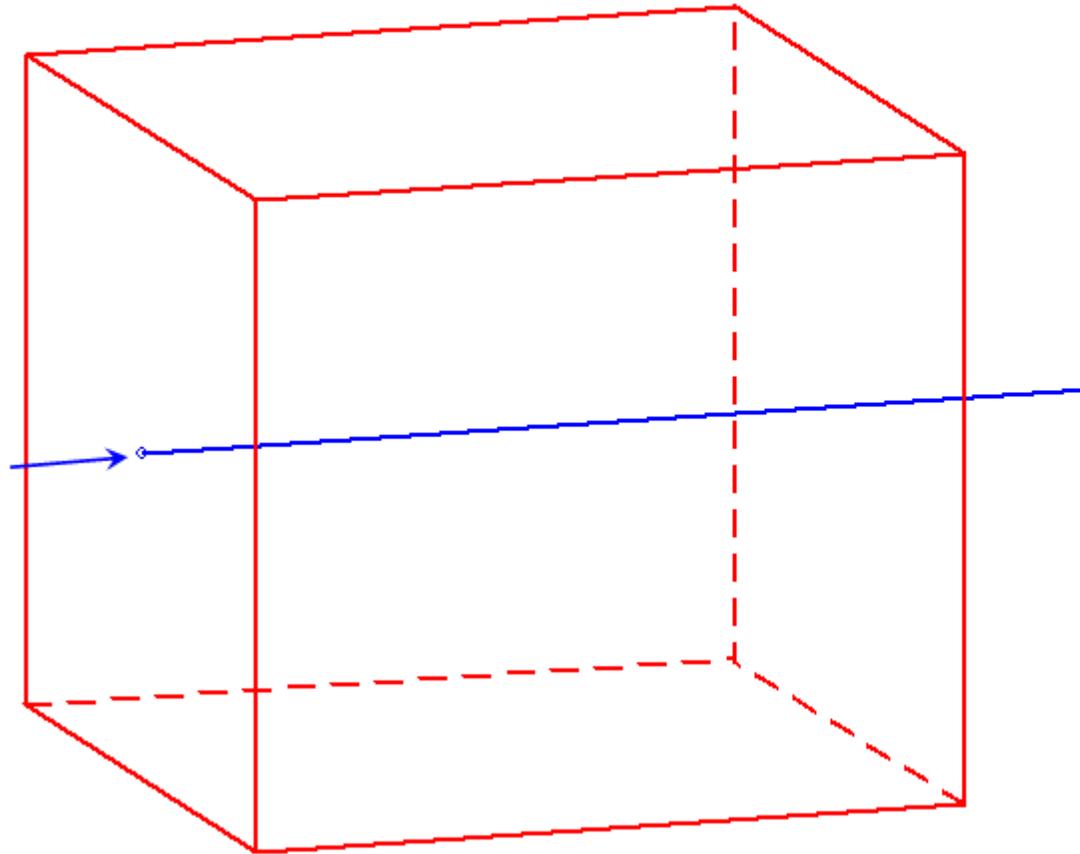
Matériau	Eau
épaisseur (cm)	15
Hauteur (cm)	15
Energie (keV)	2000

**Générer photon**

**HISTORIQUE PHOTON**

Energie	Libre parcours	Angle de diffusion

**CAPACITE DE PENETRATION ELEVEE**



**Transmission**

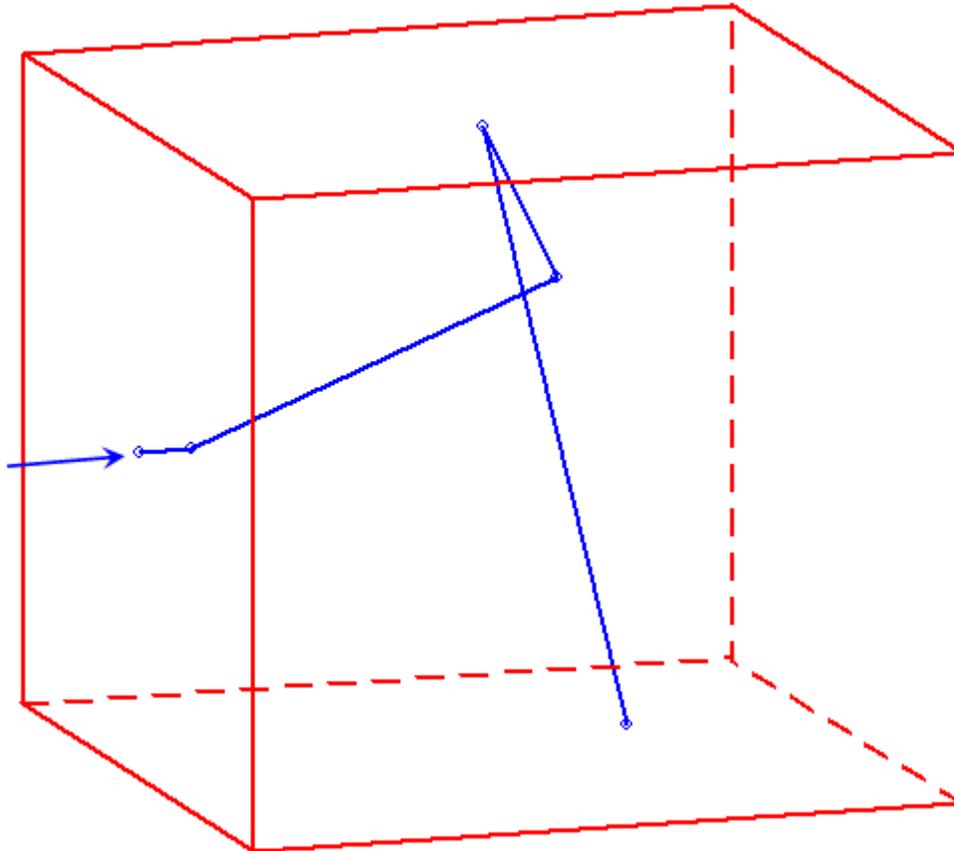
Matériau	Eau
épaisseur (cm)	15
Hauteur (cm)	15
Energie (keV)	2000

**Générer photon**

**HISTORIQUE PHOTON**

Energie	Libre parcours	Angle de diffusion
2000 keV		

**EFFETS DE DIFFUSION  
PREDOMINANT**



**Fuite**

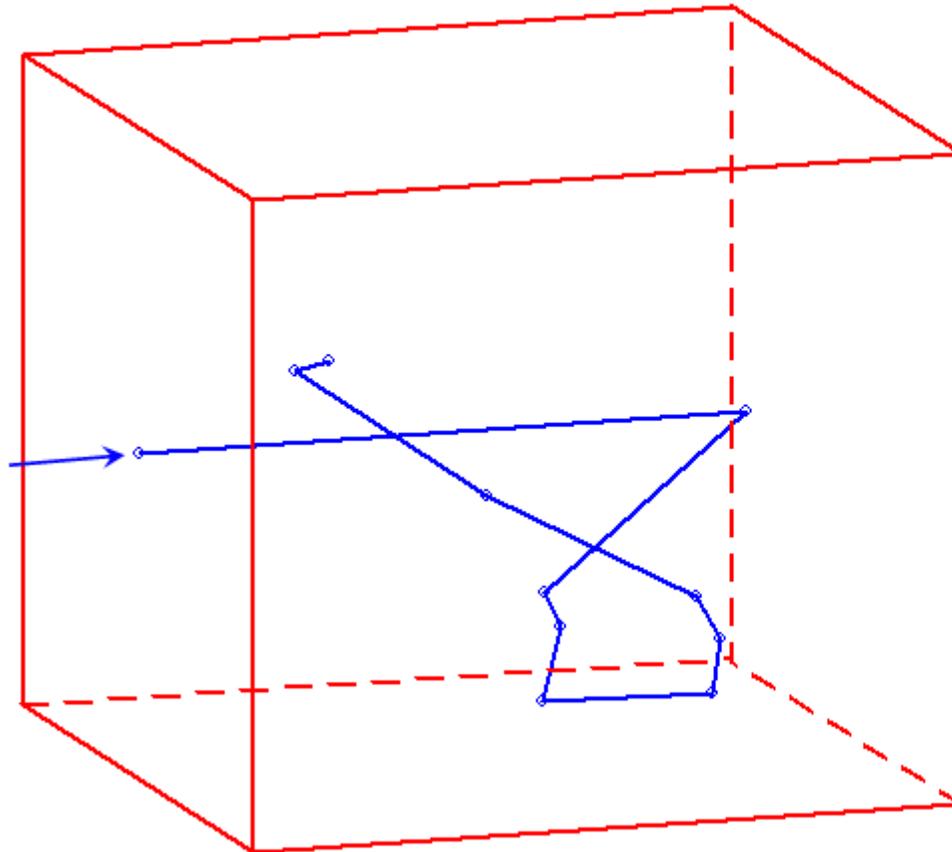
Matériau	Eau
épaisseur (cm)	15
Hauteur (cm)	15
Energie (keV)	2000

**Générer photon**

**HISTORIQUE PHOTON**

Energie	Libre parcours	Angle de diffusion
2000 keV	1,11 cm	44 °
951 keV	8,85 cm	-95 °
314 keV	4,12 cm	170 °
141 keV		

**EFFETS DE DIFFUSION  
PREDOMINANT**



**Fuite**

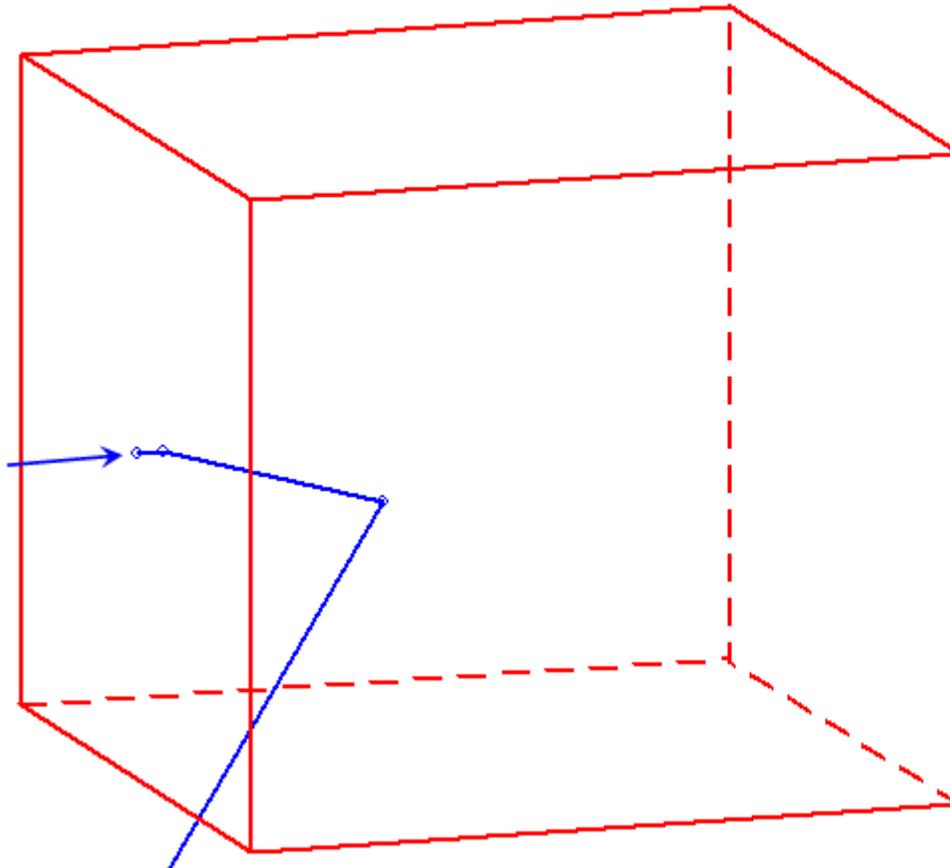
Matériau	Eau
épaisseur (cm)	15
Hauteur (cm)	15
Energie (keV)	2000

**Générer photon**

**HISTORIQUE PHOTON**

Energie	Libre parcours	Angle de diffusion
2000 keV	12,89 cm	138 °
256 keV	7,81 cm	-87 °
174 keV	0,83 cm	-56 °
151 keV	1,90 cm	-117 °
106 keV	4,21 cm	59 °
96 keV	1,76 cm	-24 °
95 keV	1,65 cm	44 °
90 keV	4,98 cm	15 °

**POSSIBILITE DE RETRODIFFUSION  
NON NEGLIGEABLE**



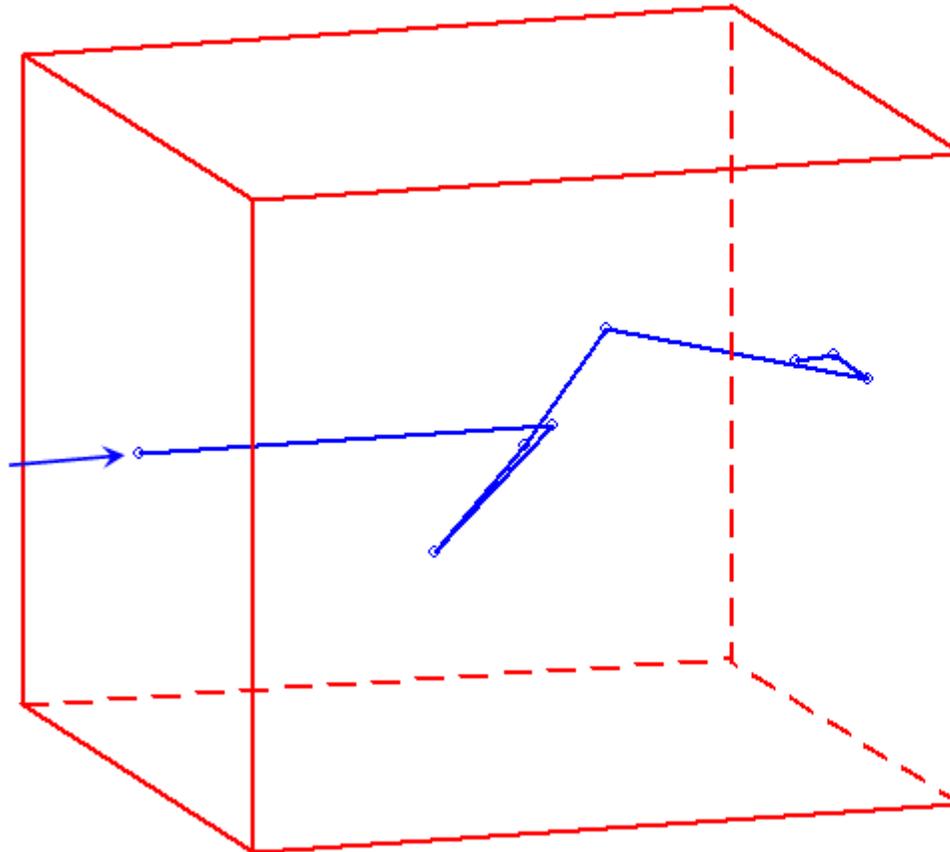
**Rétrodiffusion**

Matériau	Eau
épaisseur (cm)	15
Hauteur (cm)	15
Energie (keV)	2000

**Générer photon**

HISTORIQUE PHOTON		
Energie	Libre parcours	Angle de diffusion
2000 keV	0,57 cm	31 °
1290 keV	4,59 cm	98 °
332 keV		

**ABSORPTION TOTALE PEU PROBABLE**



**Absorption totale**

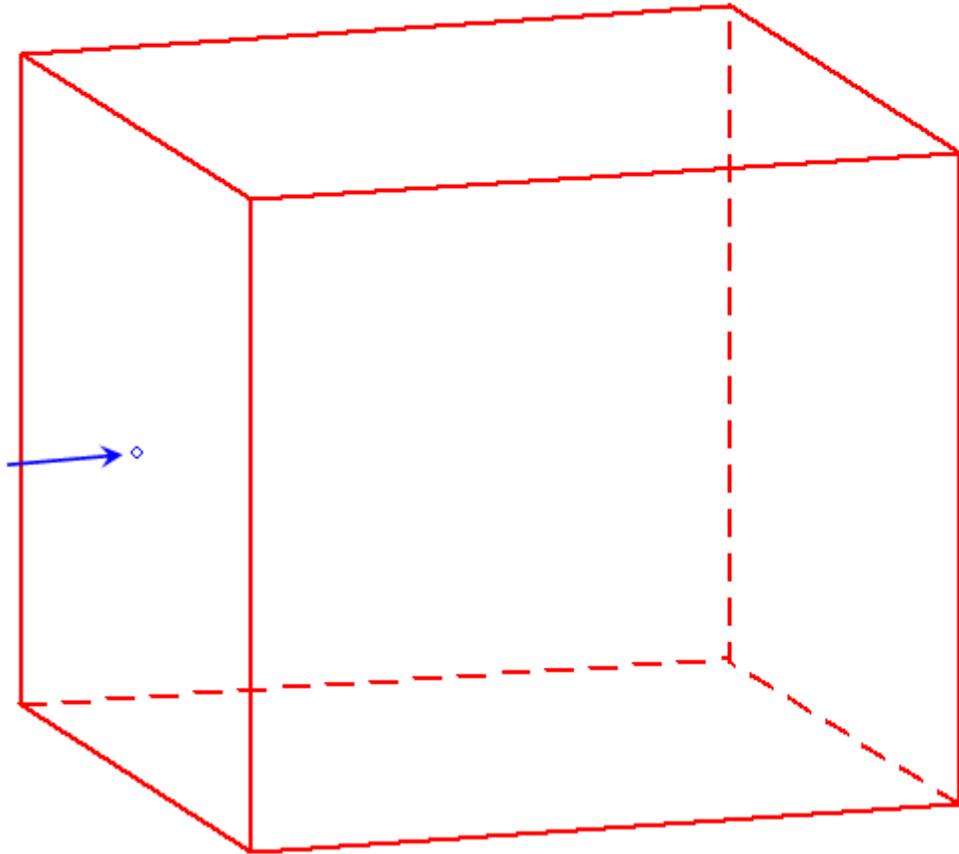
Matériau	Eau
épaisseur (cm)	15
Hauteur (cm)	15
Energie (keV)	2000

**Générer photon**

**HISTORIQUE PHOTON**

Energie	Libre parcours	Angle de diffusion
2000 keV	8,77 cm	136 °
258 keV	3,89 cm	162 °
130 keV	3,01 cm	-30 °
126 keV	3,59 cm	-63 °
111 keV	5,85 cm	143 °
80 keV	1,53 cm	-34 °
78 keV	1,02 cm	

**PHOTONS DE 2 MEV DANS LE PLOMB**



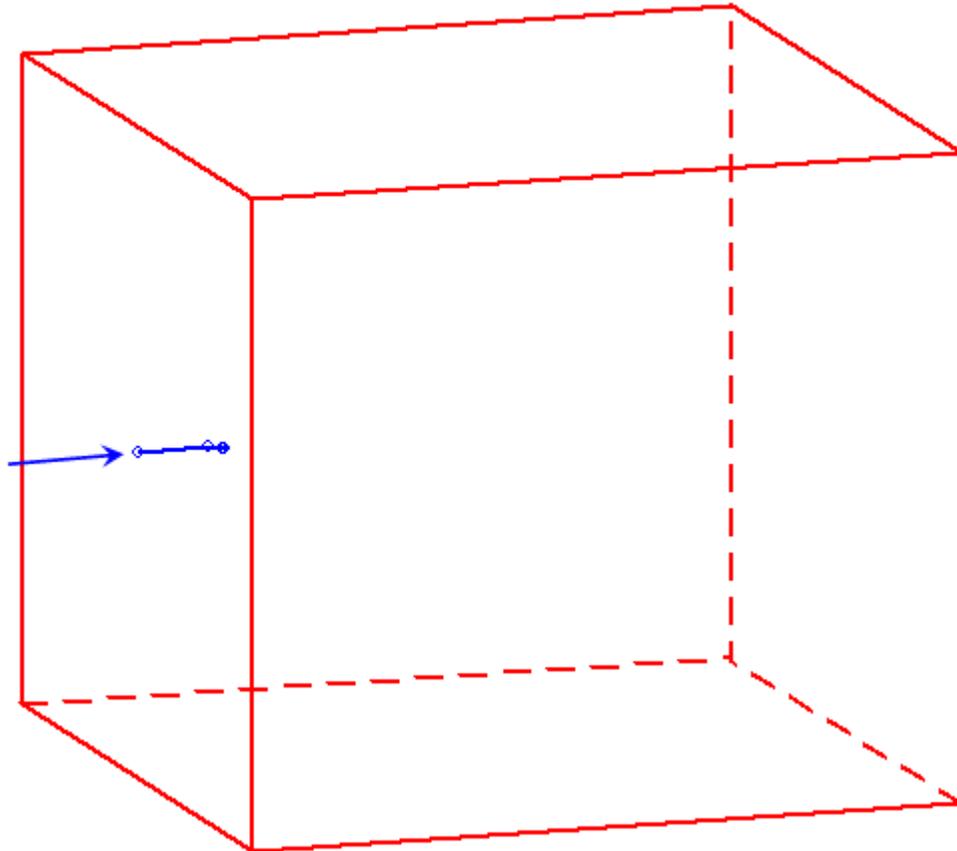
Matériau	Plomb
épaisseur (cm)	15
Hauteur (cm)	15
Energie (keV)	2000

**Générer photon**

**HISTORIQUE PHOTON**

Energie	Libre parcours	Angle de diffusion

**CAPACITE DE PENETRATION PEU  
ELEEVE**



**Absorption totale**

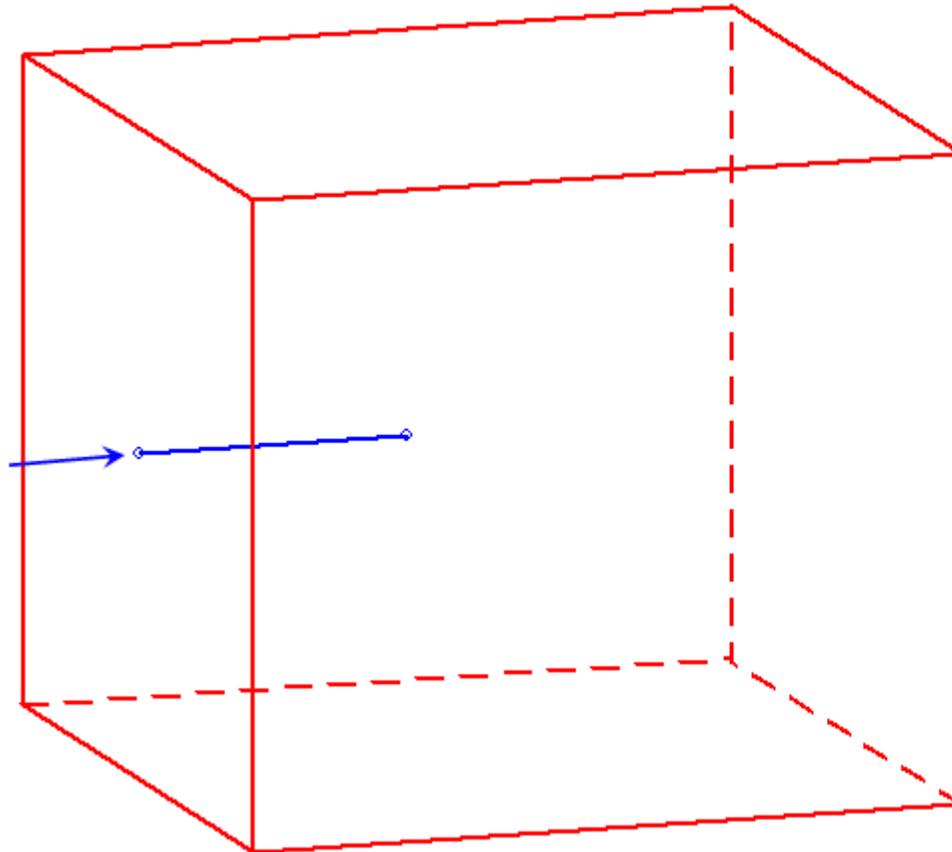
Matériau	Plomb
épaisseur (cm)	15
Hauteur (cm)	15
Energie (keV)	2000

**Générer photon**

**HISTORIQUE PHOTON**

Energie	Libre parcours	Angle de diffusion
2000 keV	1,48 cm	15 °
1758 keV	0,38 cm	-162 °
228 keV	0,04 cm	

**DIFFUSION LIMITEE**



**Absorption totale**

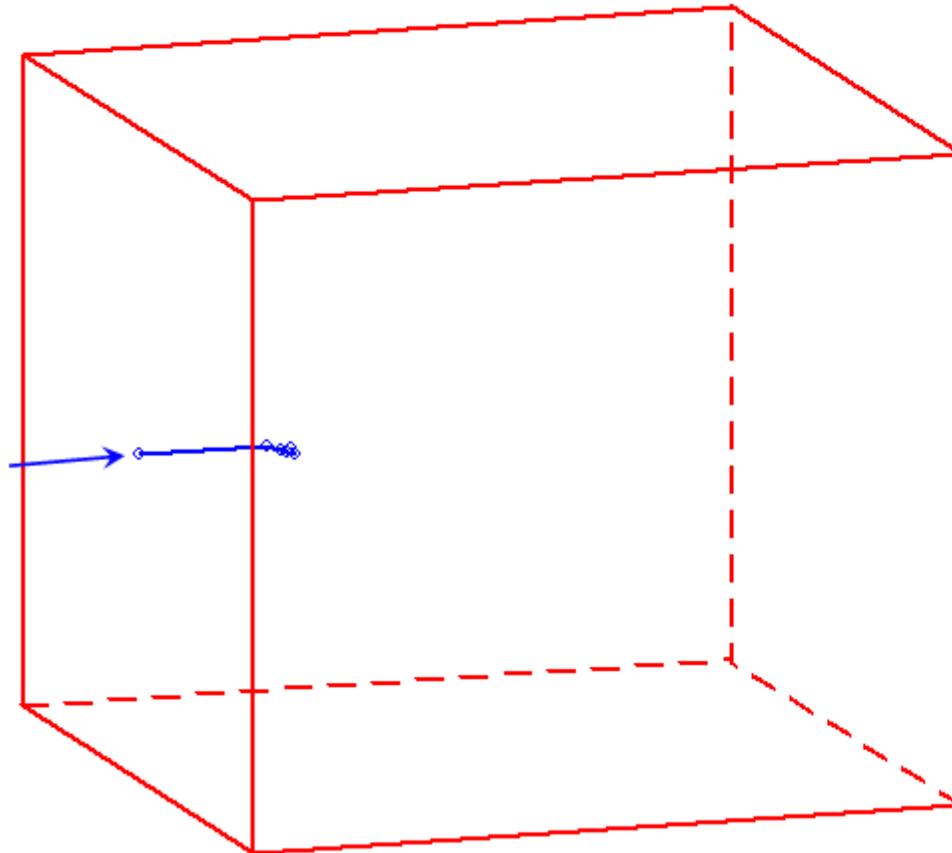
Matériau	Plomb
épaisseur (cm)	15
Hauteur (cm)	15
Energie (keV)	2000

**Générer photon**

**HISTORIQUE PHOTON**

Energie	Libre parcours	Angle de diffusion
2000 keV	5,67 cm	99 °
362 keV	0,02 cm	

**DIFFUSION LIMITEE**



**Absorption totale**

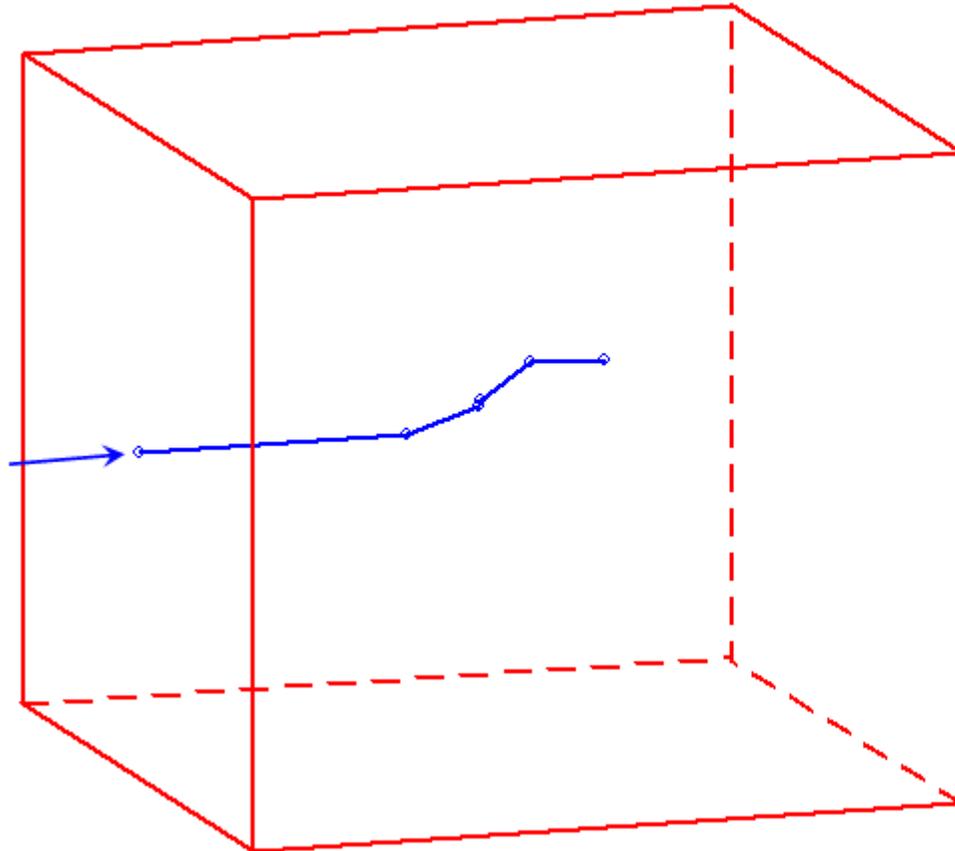
Matériau	Plomb
épaisseur (cm)	15
Hauteur (cm)	15
Energie (keV)	2000

**Générer photon**

**HISTORIQUE PHOTON**

Energie	Libre parcours	Angle de diffusion
2000 keV	2.72 cm	41 °
1017 keV	0.52 cm	9 °
992 keV	0.16 cm	-29 °
796 keV	0.18 cm	-97 °
290 keV	0.33 cm	

**EXEMPLE DE TRAJECTOIRE  
EXCEPTIONNELLEMENT PENETRANTE**



**Absorption totale**

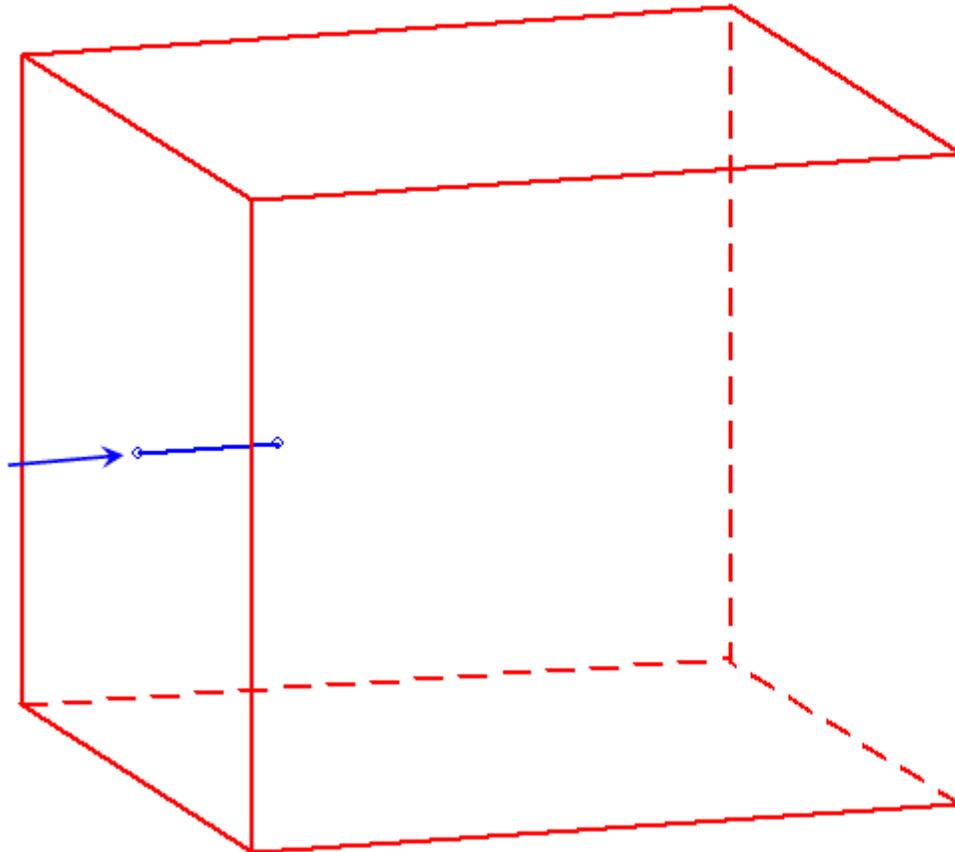
Matériau	Plomb
épaisseur (cm)	15
Hauteur (cm)	15
Energie (keV)	2000

**Générer photon**

**HISTORIQUE PHOTON**

Energie	Libre parcours	Angle de diffusion
2000 keV	5,66 cm	23 °
1522 keV	1,89 cm	37 °
951 keV	0,15 cm	26 °
801 keV	1,44 cm	38 °
604 keV	1,50 cm	

**TRAJECTOIRE PLUS FREQUENTE**



**Absorption totale**

Matériau	Plomb
épaisseur (cm)	15
Hauteur (cm)	15
Energie (keV)	2000

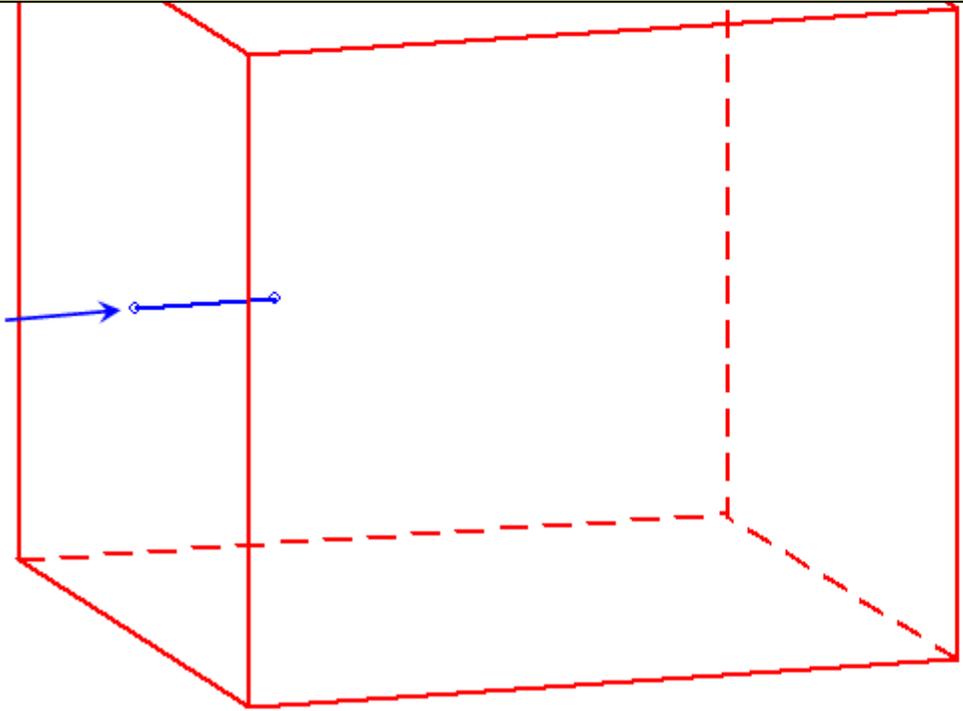
**Générer photon**

**HISTORIQUE PHOTON**

Energie	Libre parcours	Angle de diffusion
2000 keV	2,98 cm	

**OU L'ON COMPREND QUE LE PLOMB EST UN BON ECRAN DE PROTECTION VIS-A-VIS DES PHOTONS**

**ET PAS L'EAU !**



Absorption totale

Matériau	Plomb
épaisseur (cm)	15
Hauteur (cm)	15
Energie (keV)	2000

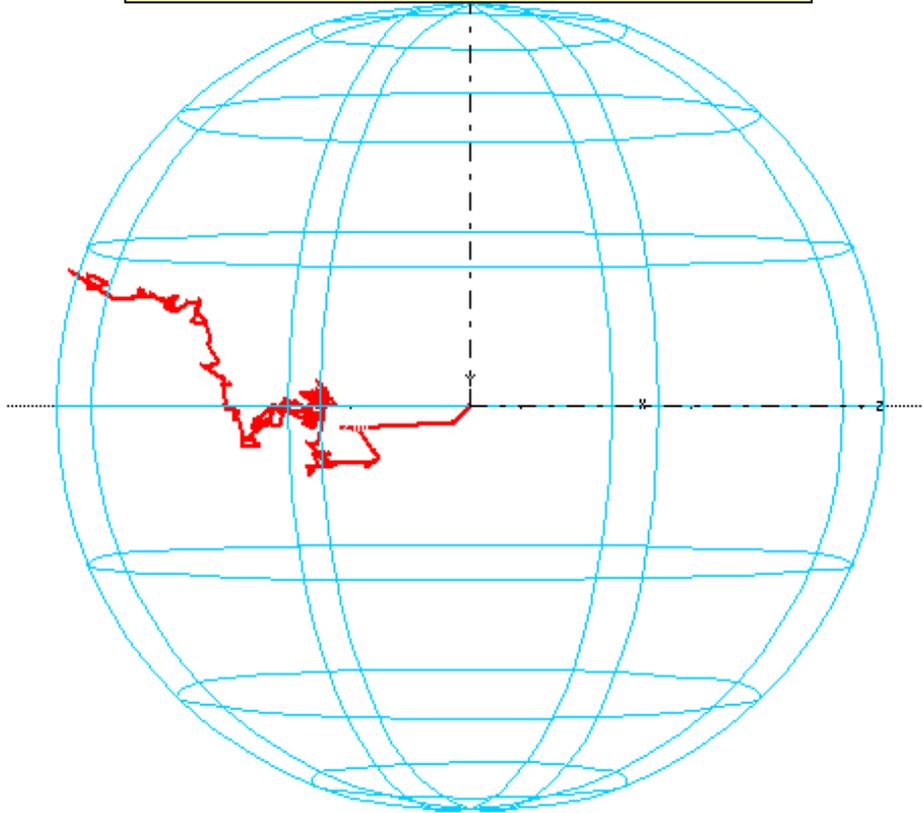
**Générer photon**

**HISTORIQUE PHOTON**

Energie	Libre parcours	Angle de diffusion
2000 keV	2,98 cm	



# THERMALISATION ET FUITE



?

R (cm)	<input type="text" value="1"/>
$\rho$ (g.cm <sup>-3</sup> )	<input type="text" value="1"/>
<b>proportions</b>	
C12	<input type="text" value="0"/>
H1	<input type="text" value="2"/>
O16	<input type="text" value="1"/>
N14	<input type="text" value="0"/>
B10	<input type="text" value="0"/>
Pb207	<input type="text" value="0"/>
<b>Energie initiale neutron</b>	<input type="text" value="5"/>

**Envoyer neutron**

**Historique trajectoire**

Nombre chocs	308	
	Energie (eV)	Libre parcouru
Choc 1	5,00E+06 eV	2,88 cm
Choc 2	7,61E+05 eV	6,56 cm
Choc 3	6,11E+05 eV	0,73 cm
Choc 4	1,39E+05 eV	0,61 cm
Choc 5	5,56E+04 eV	3,13 cm
Choc 6	7,23E+03 eV	0,04 cm
Choc 7	6,33E+03 eV	0,02 cm
Choc 8	6,00E+03 eV	0,33 cm
Choc 9	3,30E+03 eV	0,28 cm
Choc 10	3,11E+01 eV	0,33 cm
Choc 11	1,14E+01 eV	0,26 cm
Choc 12	2,50E-02 eV	0,30 cm
Choc 13	2,50E-02 eV	0,03 cm
Choc 14	2,50E-02 eV	0,04 cm
Choc 15	2,50E-02 eV	0,53 cm
Choc 16	2,50E-02 eV	0,28 cm
Choc 17	2,50E-02 eV	1,96 cm
Choc 18	2,50E-02 eV	0,02 cm
Choc 19	2,50E-02 eV	0,82 cm
Choc 20	2,50E-02 eV	0,48 cm
Choc 21	2,50E-02 eV	0,30 cm
Choc 22	2,50E-02 eV	0,10 cm
Choc 23	2,50E-02 eV	0,02 cm
Choc 24	2,50E-02 eV	0,22 cm
Choc 25	2,50E-02 eV	0,36 cm
Choc 26	2,50E-02 eV	0,52 cm

**Rotation 360°**

Rotations libres

X

Y

Z

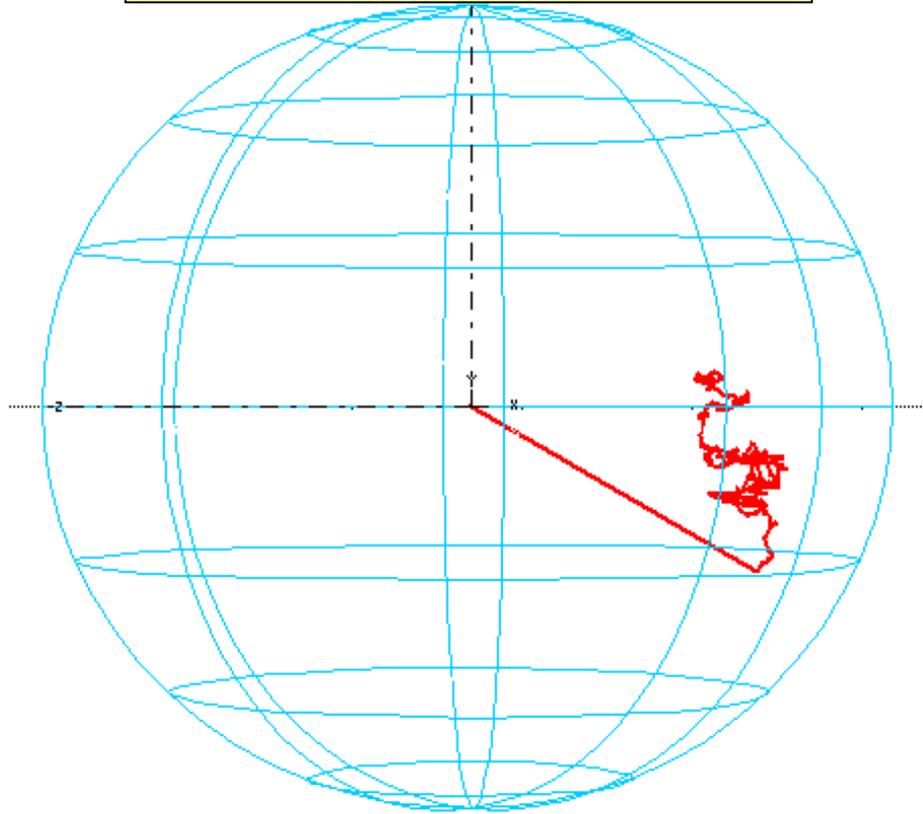
**NEUTRON THERMALISE**

---

**FUITE NEUTRON**

AV

# THERMALISATION ET CAPTURE



?

R (cm)	25
$\rho$ (g.cm <sup>-3</sup> )	1
<b>proportions</b>	
C12	0
H1	2
O16	1
N14	0
B10	0
Pb207	0
<b>Energie initiale neutron</b>	
	5

Envoyer neutron

Historique trajectoire

Nombre chocs	304	
	Energie (eV)	Libre parcouru
Choc 1	5,00E+06 eV	20,24 cm
Choc 2	7,03E+04 eV	0,75 cm
Choc 3	1,49E+04 eV	0,07 cm
Choc 4	7,70E+03 eV	0,03 cm
Choc 5	1,82E+03 eV	0,38 cm
Choc 6	2,94E+02 eV	0,46 cm
Choc 7	5,79E+01 eV	0,17 cm
Choc 8	1,66E+01 eV	0,30 cm
Choc 9	1,16E+01 eV	0,80 cm
Choc 10	6,78E+00 eV	0,76 cm
Choc 11	2,50E-02 eV	0,14 cm
Choc 12	2,50E-02 eV	0,01 cm
Choc 13	2,50E-02 eV	0,59 cm
Choc 14	2,50E-02 eV	0,54 cm
Choc 15	2,50E-02 eV	0,08 cm
Choc 16	2,50E-02 eV	0,34 cm
Choc 17	2,50E-02 eV	0,37 cm
Choc 18	2,50E-02 eV	0,16 cm
Choc 19	2,50E-02 eV	0,08 cm
Choc 20	2,50E-02 eV	1,14 cm
Choc 21	2,50E-02 eV	0,23 cm
Choc 22	2,50E-02 eV	0,47 cm
Choc 23	2,50E-02 eV	0,23 cm
Choc 24	2,50E-02 eV	0,73 cm
Choc 25	2,50E-02 eV	0,00 cm
Choc 26	2,50E-02 eV	0,17 cm

Rotation 360°

Rotations libres

X

Y

Z

NEUTRON THERMALISE

---

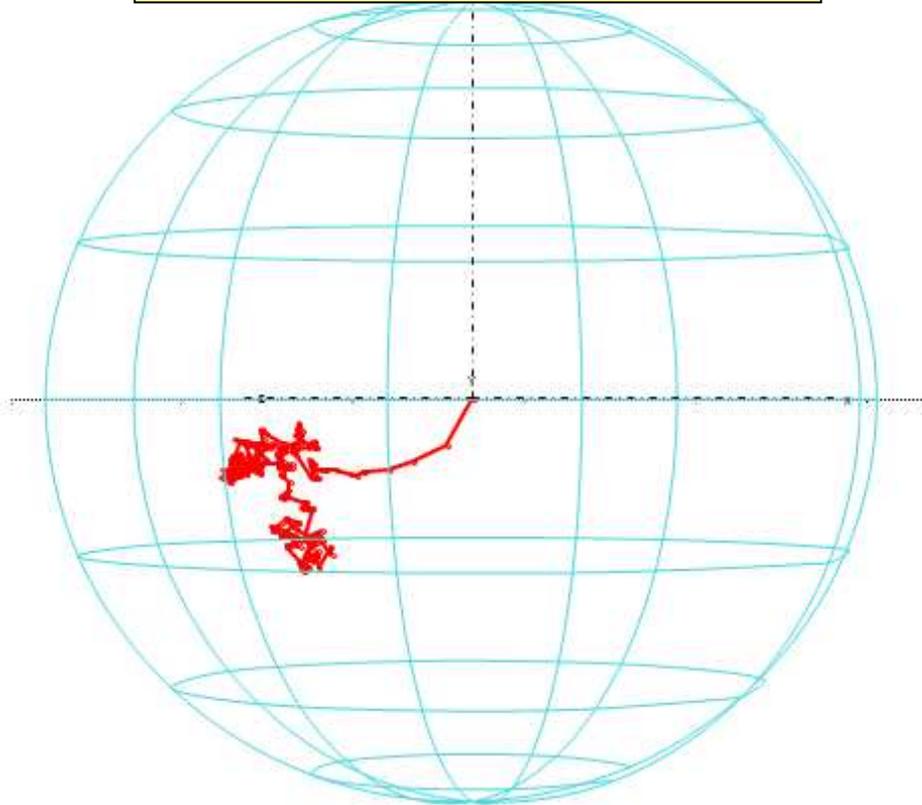
CAPTURE NEUTRON

---

R/C

AV

# THERMALISATION ET CAPTURE



?

R (cm)	25
$\rho$ (g.cm <sup>-3</sup> )	1
<b>proportions</b>	
C12	0
H1	2
O16	1
N14	0
B10	0
Pb207	0
<b>Energie initiale neutron</b>	
	5

Envoyer neutron

### Historique trajectoire

	Nombre chocs	348
	Energie (eV)	Libre parcours
<i>Choc 1</i>	5,00E+06 eV	3,61 cm
<i>Choc 2</i>	4,63E+06 eV	2,76 cm
<i>Choc 3</i>	1,29E+06 eV	1,59 cm
<i>Choc 4</i>	2,25E+05 eV	1,81 cm
<i>Choc 5</i>	1,29E+05 eV	0,12 cm
<i>Choc 6</i>	2,29E+04 eV	0,93 cm
<i>Choc 7</i>	1,41E+04 eV	0,48 cm
<i>Choc 8</i>	1,39E+04 eV	1,01 cm
<i>Choc 9</i>	1,04E+04 eV	0,59 cm
<i>Choc 10</i>	6,56E+03 eV	0,10 cm
<i>Choc 11</i>	2,73E+03 eV	0,57 cm
<i>Choc 12</i>	2,31E+03 eV	0,60 cm
<i>Choc 13</i>	1,86E+01 eV	0,28 cm
<i>Choc 14</i>	1,65E+01 eV	0,06 cm
<i>Choc 15</i>	2,50E-02 eV	0,31 cm
<i>Choc 16</i>	2,50E-02 eV	0,48 cm
<i>Choc 17</i>	2,50E-02 eV	0,52 cm
<i>Choc 18</i>	2,50E-02 eV	0,40 cm
<i>Choc 19</i>	2,50E-02 eV	0,22 cm
<i>Choc 20</i>	2,50E-02 eV	0,01 cm
<i>Choc 21</i>	2,50E-02 eV	0,10 cm
<i>Choc 22</i>	2,50E-02 eV	0,41 cm
<i>Choc 23</i>	2,50E-02 eV	0,02 cm
<i>Choc 24</i>	2,50E-02 eV	0,40 cm
<i>Choc 25</i>	2,50E-02 eV	1,42 cm

Rotation 360°

Rotations libres

X	◀▶
Y	◀▶
Z	◀▶

NEUTRON THERMALISE

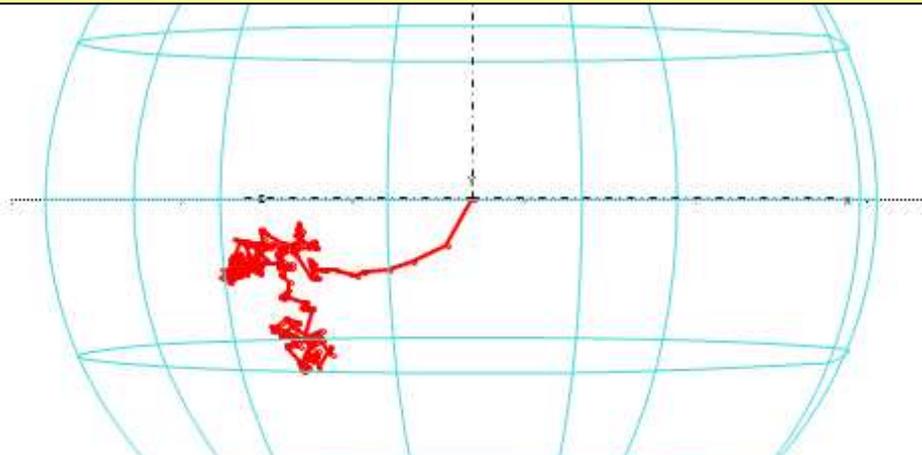
CAPTURE NEUTRON

RAZ

**THERMALISATION EFFICACE ( $\approx 16$ CHOCS) PUIS FUITE OU CAPTURE**

**TRANSMISSION EN FLUENCE : 19 %**

**TRANSMISSION EN DOSE : 12 %**



R(cm)	25
(g.cm <sup>-3</sup> )	1
<b>proportions</b>	
C12	0
H1	2
O16	1
N14	0
B10	0
Pb207	0

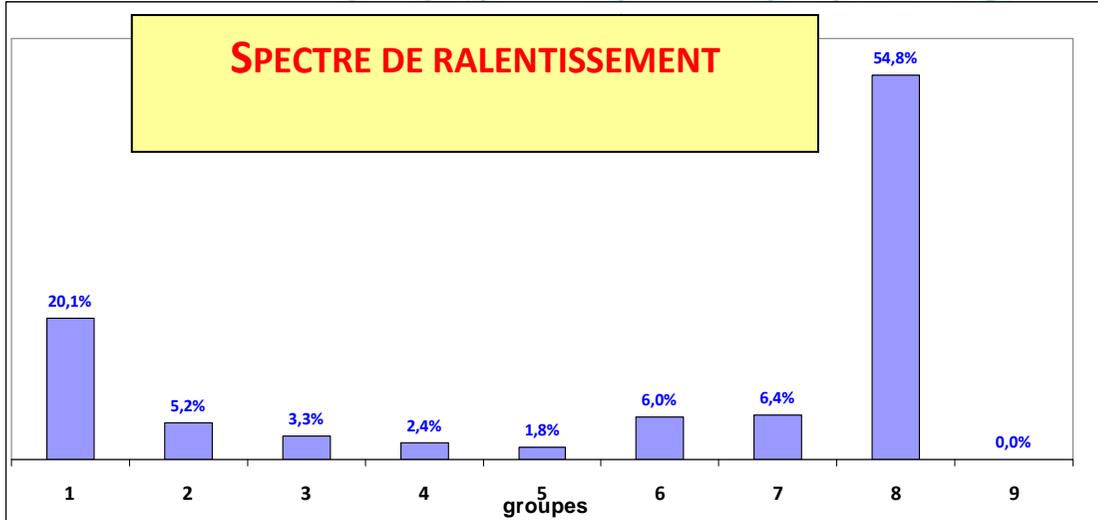
Energie initiale neutron

Envoyer neutron

**Historique trajectoire**

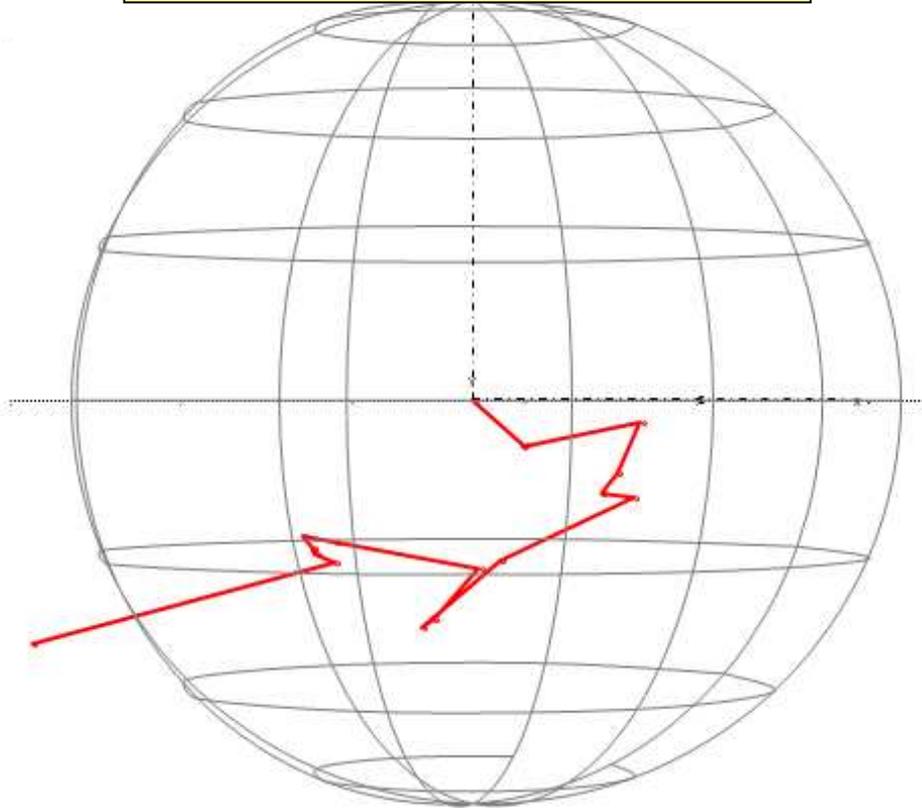
Nombre chocs		348
	Energie (eV)	Libre parcours
<i>Choc 1</i>	5,00E+06 eV	3,61 cm
<i>Choc 2</i>	4,63E+06 eV	2,76 cm
<i>Choc 3</i>	1,29E+06 eV	1,59 cm
<i>Choc 4</i>	2,25E+05 eV	1,81 cm
<i>Choc 5</i>	1,29E+05 eV	0,12 cm
<i>Choc 6</i>	2,29E+04 eV	0,93 cm
<i>Choc 7</i>	1,41E+04 eV	0,48 cm
<i>Choc 8</i>	1,39E+04 eV	1,01 cm
<i>Choc 9</i>	1,04E+04 eV	0,59 cm
<i>Choc 10</i>	6,56E+03 eV	0,10 cm
<i>Choc 11</i>	2,73E+03 eV	0,57 cm
<i>Choc 12</i>	2,31E+03 eV	0,60 cm
<i>Choc 13</i>	1,86E+01 eV	0,28 cm
<i>Choc 14</i>	1,65E+01 eV	0,06 cm
<i>Choc 15</i>	2,50E-02 eV	0,31 cm
<i>Choc 16</i>	2,50E-02 eV	0,48 cm
<i>Choc 17</i>	2,50E-02 eV	0,52 cm
<i>Choc 18</i>	2,50E-02 eV	0,40 cm
<i>Choc 19</i>	2,50E-02 eV	0,22 cm
<i>Choc 20</i>	2,50E-02 eV	0,01 cm
<i>Choc 21</i>	2,50E-02 eV	0,10 cm
<i>Choc 22</i>	2,50E-02 eV	0,41 cm
<i>Choc 23</i>	2,50E-02 eV	0,02 cm
<i>Choc 24</i>	2,50E-02 eV	0,40 cm
<i>Choc 25</i>	2,50E-02 eV	1,42 cm

**SPECTRE DE RALENTISSEMENT**





**FUITE DU NEUTRON  
AVEC UNE ENERGIE DE 4,2 MEV**



?

R (cm)	25
$\rho$ (g.cm <sup>-3</sup> )	11,25
<b>proportions</b>	
C12	0
H1	0
O16	0
N14	0
B10	0
Pb207	1

Energie initiale neutron

**Envoyer neutron**

**Historique trajectoire**

Nombre chocs	15	
	Energie (eV)	Libre parcours
Choc 1	5,00E+06 eV	6,50 cm
Choc 2	4,99E+06 eV	0,41 cm
Choc 3	4,95E+06 eV	7,29 cm
Choc 4	4,88E+06 eV	6,05 cm
Choc 5	4,82E+06 eV	2,77 cm
Choc 6	4,78E+06 eV	2,27 cm
Choc 7	4,69E+06 eV	14,09 cm
Choc 8	4,66E+06 eV	6,83 cm
Choc 9	4,57E+06 eV	0,97 cm
Choc 10	4,57E+06 eV	5,26 cm
Choc 11	4,52E+06 eV	9,01 cm
Choc 12	4,51E+06 eV	1,95 cm
Choc 13	4,44E+06 eV	2,33 cm
Choc 14	4,40E+06 eV	0,10 cm
Choc 15	4,36E+06 eV	0,43 cm
Choc 16	4,33E+06 eV	1,27 cm
Choc 17	4,26E+06 eV	22,34 cm

**Rotation 360°**

Rotations libres

X

Y

Z

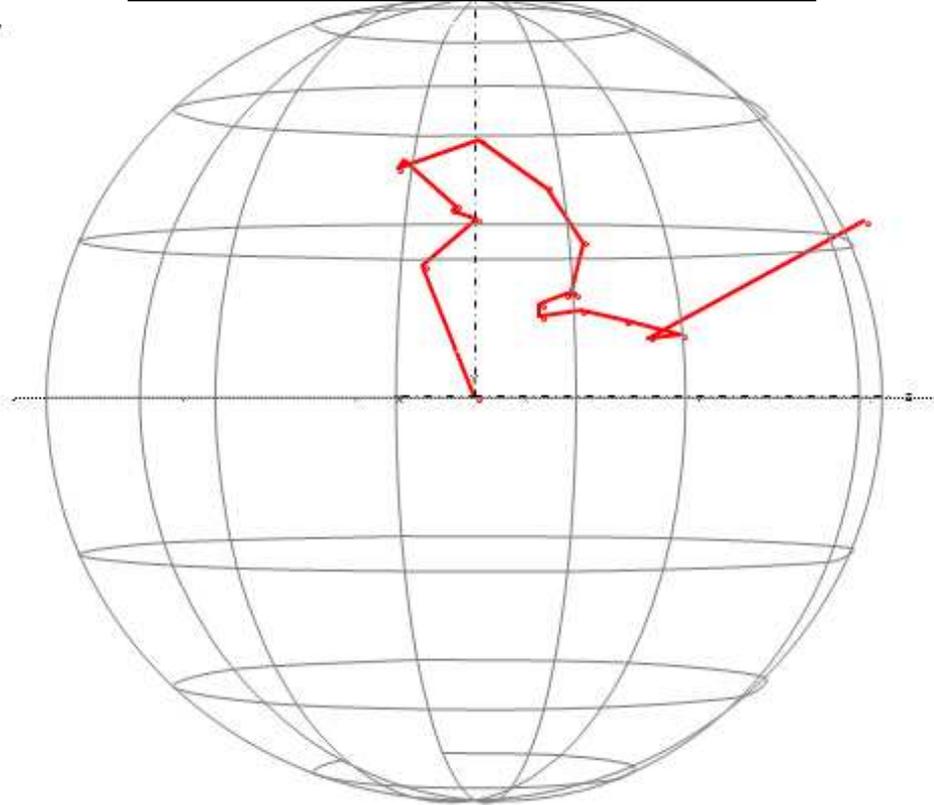
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**FUITE NEUTRON**

**FUITE DU NEUTRON  
AVEC UNE ENERGIE DE 4,1 MEV**



R(cm)	25
$\rho(g.cm^{-3})$	11,25
<b>proportions</b>	
C12	0
H1	0
O16	0
N14	0
B10	0
Pb207	1

Energie initiale neutron

Envoyer neutron

**Historique trajectoire**

Nombre chocs	18	
	Energie (eV)	Libre parcours
Choc 1	5,00E+06 eV	16,09 cm
Choc 2	4,96E+06 eV	4,26 cm
Choc 3	4,89E+06 eV	1,52 cm
Choc 4	4,83E+06 eV	0,40 cm
Choc 5	4,78E+06 eV	4,37 cm
Choc 6	4,72E+06 eV	0,69 cm
Choc 7	4,64E+06 eV	5,13 cm
Choc 8	4,62E+06 eV	5,57 cm
Choc 9	4,61E+06 eV	4,00 cm
Choc 10	4,58E+06 eV	5,88 cm
Choc 11	4,57E+06 eV	0,49 cm
Choc 12	4,49E+06 eV	0,63 cm
Choc 13	4,49E+06 eV	1,86 cm
Choc 14	4,47E+06 eV	1,93 cm
Choc 15	4,43E+06 eV	2,43 cm
Choc 16	4,43E+06 eV	2,77 cm
Choc 17	4,37E+06 eV	0,11 cm
Choc 18	4,31E+06 eV	4,01 cm
Choc 19	4,23E+06 eV	1,95 cm
Choc 20	4,15E+06 eV	15,24 cm

Rotation 360°

Rotations libres

X

Y

Z

\_\_\_\_\_

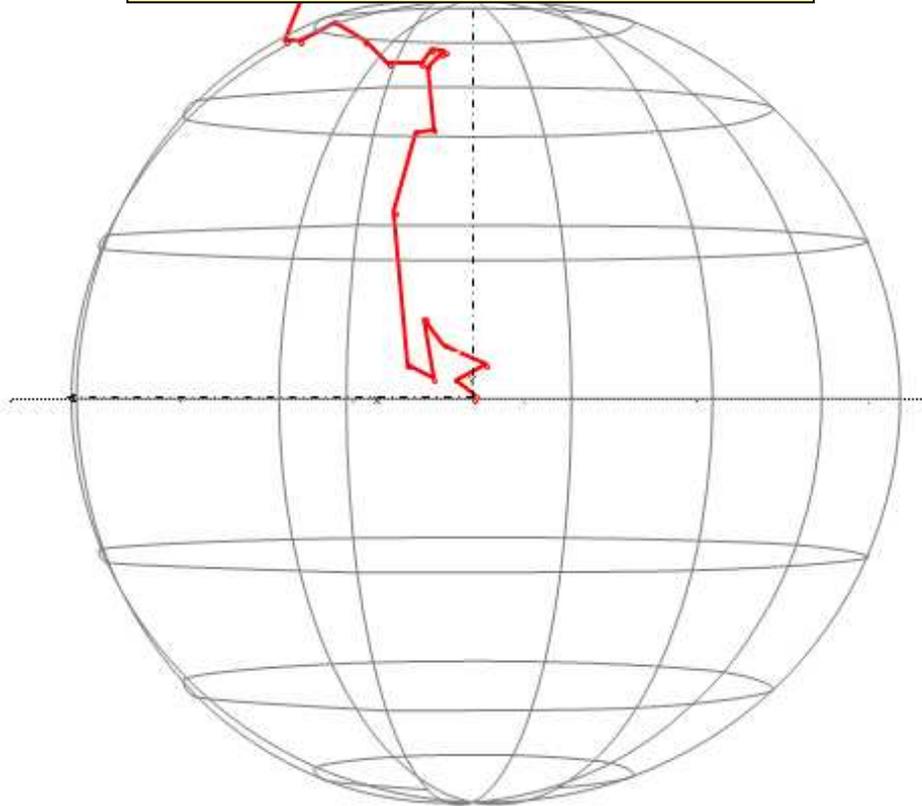
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

FUITE NEUTRON

PAZ

**FUITE DU NEUTRON  
AVEC UNE ENERGIE DE 4,3 MEV**



?

R (cm)	25
$\rho$ (g.cm <sup>-3</sup> )	11,25
<b>proportions</b>	
C12	0
H1	0
O16	0
N14	0
B10	0
Pb207	1
<b>Energie initiale neutron</b>	
	5

**Envoyer neutron**

**Historique trajectoire**

Nombre chocs	20	
	Energie (eV)	Libre parcouru
Choc 1	5,00E+06 eV	0,47 cm
Choc 2	4,97E+06 eV	1,48 cm
Choc 3	4,90E+06 eV	2,19 cm
Choc 4	4,83E+06 eV	2,69 cm
Choc 5	4,82E+06 eV	2,38 cm
Choc 6	4,73E+06 eV	4,01 cm
Choc 7	4,68E+06 eV	2,40 cm
Choc 8	4,63E+06 eV	0,11 cm
Choc 9	4,57E+06 eV	10,10 cm
Choc 10	4,57E+06 eV	5,53 cm
Choc 11	4,54E+06 eV	1,13 cm
Choc 12	4,50E+06 eV	4,24 cm
Choc 13	4,48E+06 eV	1,09 cm
Choc 14	4,45E+06 eV	3,84 cm
Choc 15	4,41E+06 eV	0,83 cm
Choc 16	4,39E+06 eV	1,38 cm
Choc 17	4,37E+06 eV	2,19 cm
Choc 18	4,35E+06 eV	2,03 cm
Choc 19	4,35E+06 eV	2,16 cm
Choc 20	4,32E+06 eV	2,77 cm
Choc 21	4,31E+06 eV	0,87 cm
Choc 22	4,27E+06 eV	6,53 cm

**Rotation 360°**

Rotations libres

X

Y

Z

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**FUITE NEUTRON**

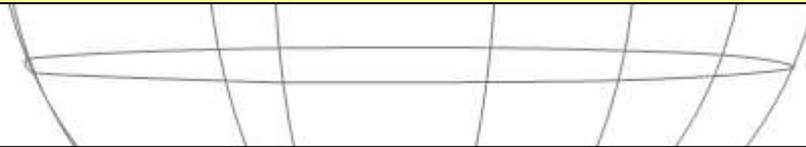
PAZ

## ABSENCE DE THERMALISATION ET DE CAPTURE

- TRANSMISSION EN FLUENCE : 100 %
- TRANSMISSION EN DOSE : 102 %

OU L'ON COMPREND QUE LE PLOMB N'EST PAS UN BON ECRAN DE PROTECTION VIS-A-VIS DES NEUTRONS

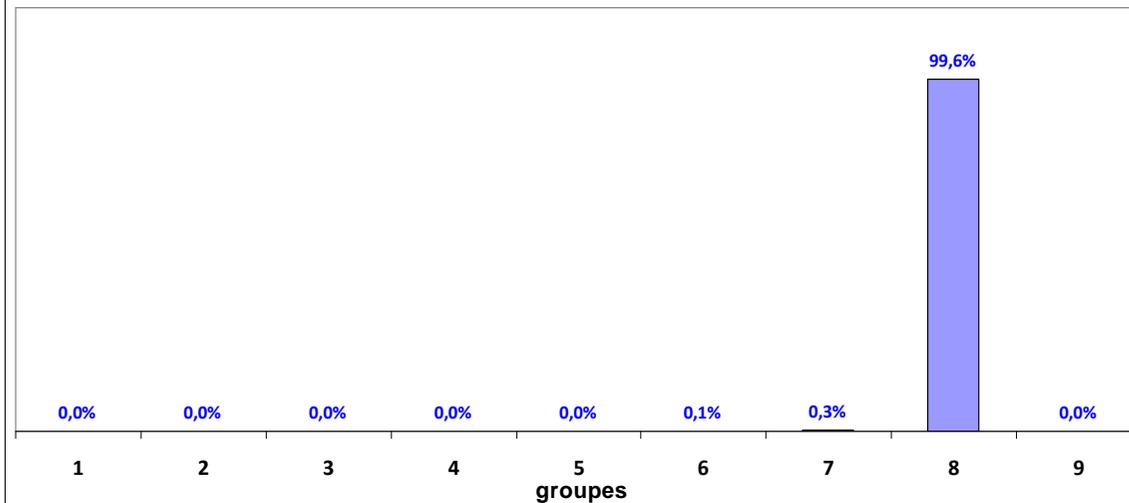
CONTRAIREMENT A L'EAU !!



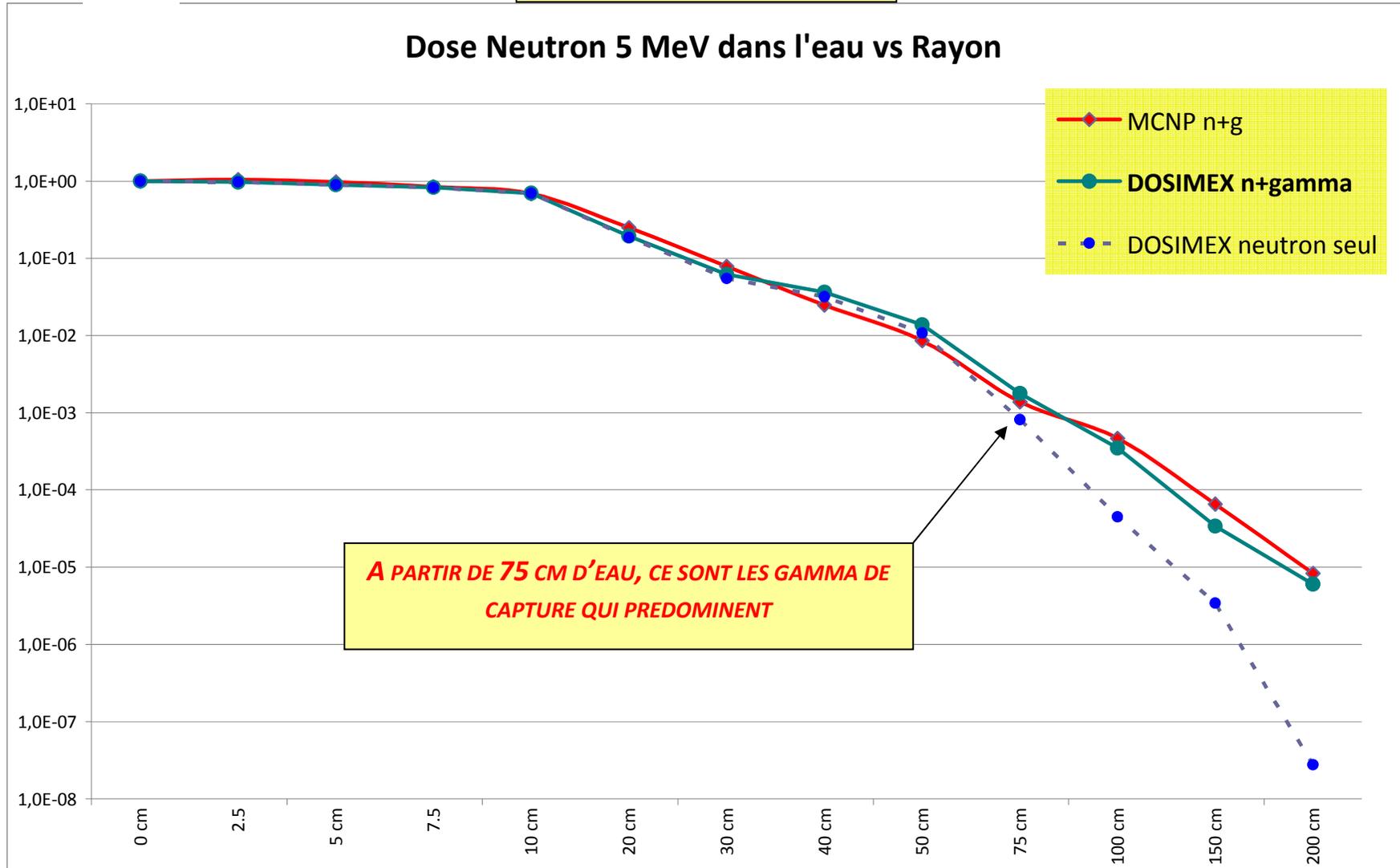
Historique trajectoire

Nombre chocs	20	
	Energie (eV)	Libre parcours
<i>Choc 1</i>	5,00E+06 eV	0,47 cm
<i>Choc 2</i>	4,97E+06 eV	1,48 cm
<i>Choc 3</i>	4,90E+06 eV	2,19 cm
<i>Choc 4</i>	4,83E+06 eV	2,69 cm
<i>Choc 5</i>	4,82E+06 eV	2,38 cm
<i>Choc 6</i>	4,73E+06 eV	4,01 cm
<i>Choc 7</i>	4,68E+06 eV	2,40 cm
<i>Choc 8</i>	4,63E+06 eV	0,11 cm
<i>Choc 9</i>	4,57E+06 eV	10,10 cm
<i>Choc 10</i>	4,57E+06 eV	5,53 cm
<i>Choc 11</i>	4,54E+06 eV	1,13 cm
<i>Choc 12</i>	4,50E+06 eV	4,24 cm
<i>Choc 13</i>	4,48E+06 eV	1,09 cm
<i>Choc 14</i>	4,45E+06 eV	3,84 cm
<i>Choc 15</i>	4,41E+06 eV	0,83 cm
<i>Choc 16</i>	4,39E+06 eV	1,38 cm
<i>Choc 17</i>	4,37E+06 eV	2,19 cm
<i>Choc 18</i>	4,35E+06 eV	2,03 cm
<i>Choc 19</i>	4,35E+06 eV	2,16 cm
<i>Choc 20</i>	4,32E+06 eV	2,77 cm
<i>Choc 21</i>	4,31E+06 eV	0,87 cm
<i>Choc 22</i>	4,27E+06 eV	6,53 cm

Spectre neutrons émergents



**DOSIMEX-N vs MCNP**



**RESULTATS MCNP BY COURTESY OF RODOLPHE ANTONI (CEA/CAD) ET LAURENT BOURGOIS (CEA/DAM DIF)**

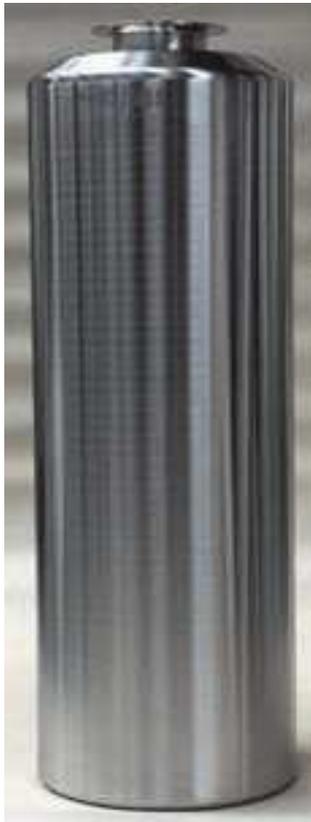
## EXEMPLE PEDAGOGIQUE AVEC DOSIMEX-G

## EXEMPLE PEDAGOGIQUE AVEC DOSIMEX-G

### MODELISATION SIMPLIFIEE D'UN CONTENEUR DE DECHETS VITRIFIES

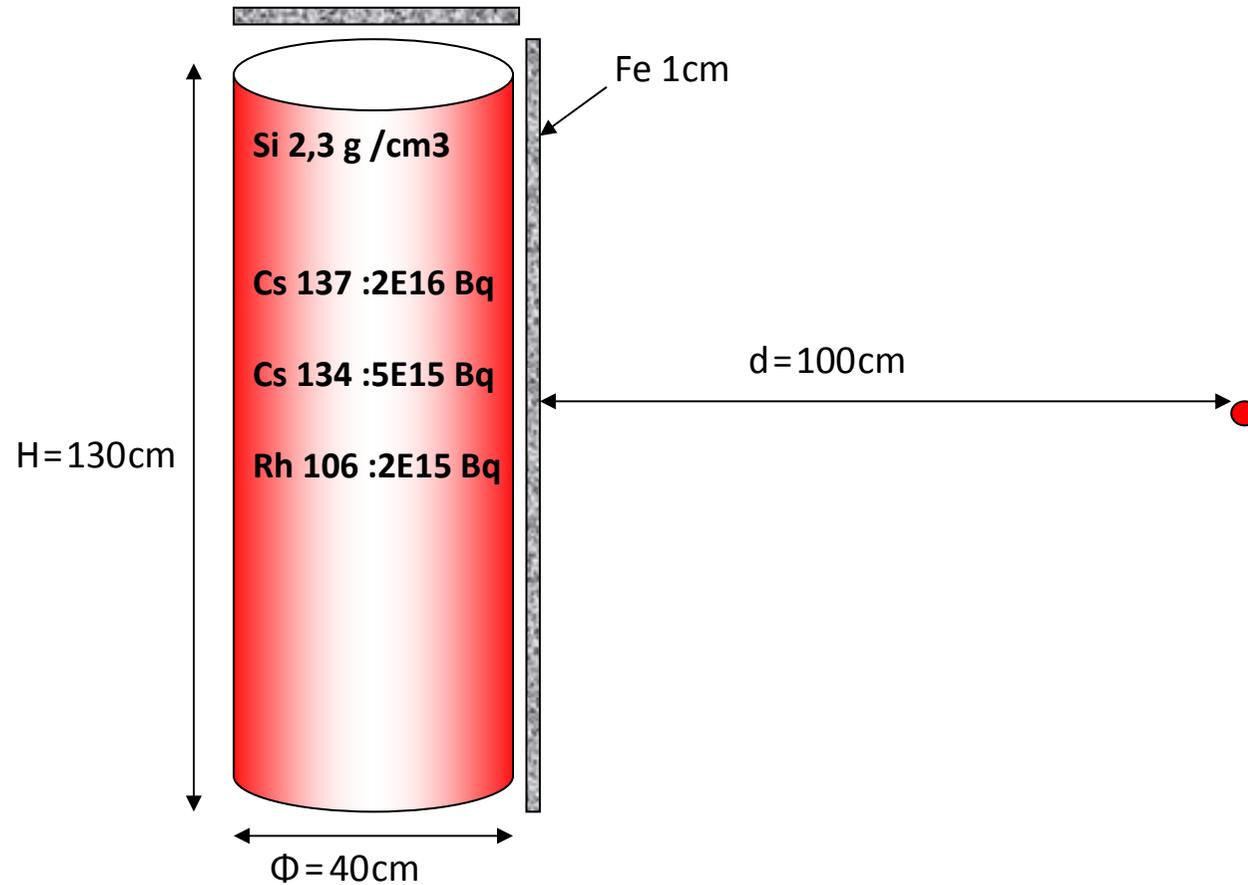
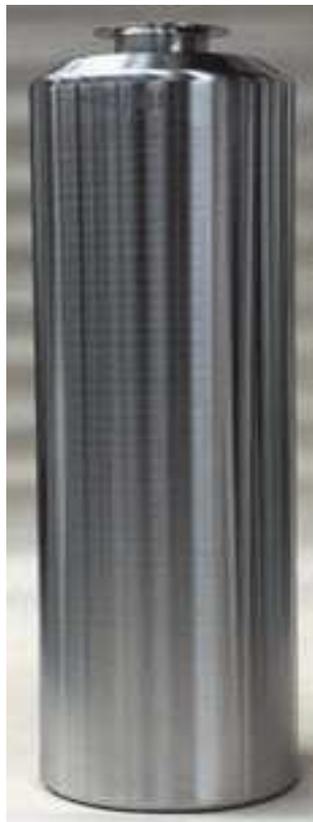
## EXEMPLE PEDAGOGIQUE AVEC DOSIMEX-G

### MODELISATION SIMPLIFIEE D'UN CONTENEUR DE DECHETS VITRIFIES



## EXEMPLE PEDAGOGIQUE AVEC DOSIMEX-G

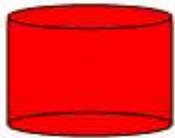
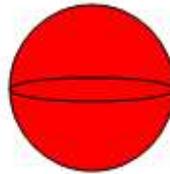
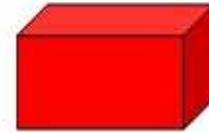
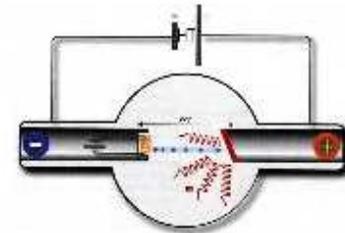
### MODELISATION SIMPLIFIEE D'UN CONTENEUR DE DECHETS VITRIFIES





## Choix de la géométrie de la source radioactive

Sélectionnez la géométrie de la source parmi les choix suivants:

 Cylindre Disque Ponctuelle Fil Sphère Parallélépipède Générateur X

### CHOIX RADIONUCLEIDE

Terme source

edp sciences

Elément

Isotope

Nombre de masse

Activité

Cs

Cm

Co

Cr

Cs

Cu

Dy

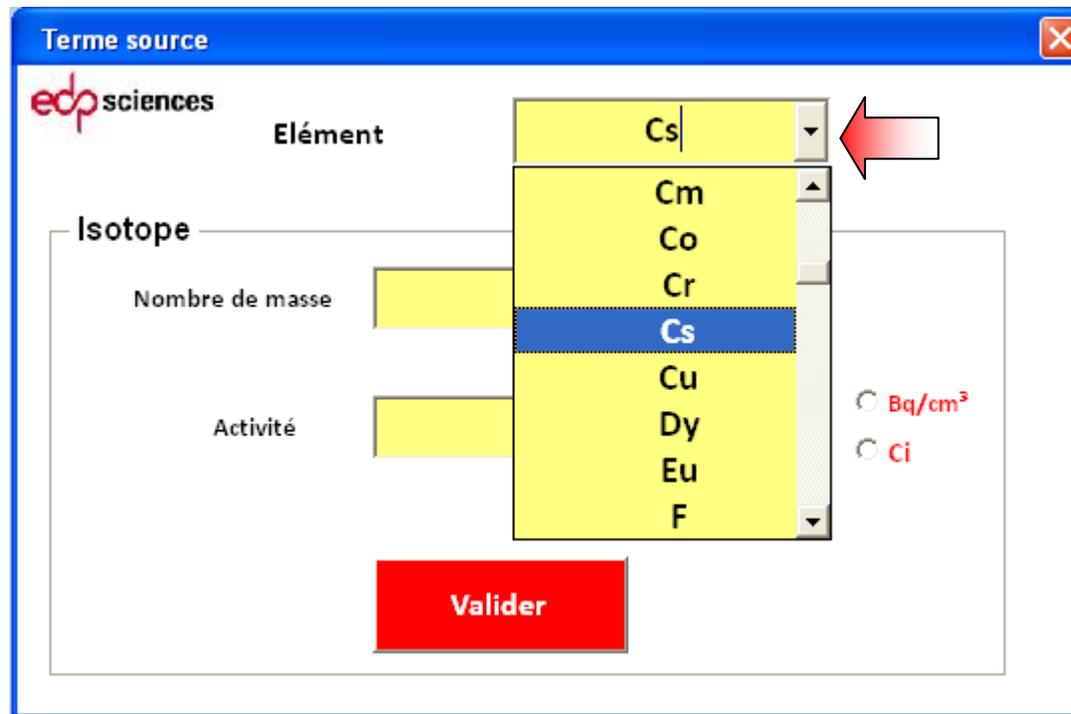
Eu

F

Bq/cm<sup>3</sup>

Ci

Valider



2E16 BQ DE CESIUM 137 (6,25 KG)

Terme source

edp sciences

Elément **Cs**

Isotope

Nombre de masse **137**

Activité **2E16**

Bq  
 kBq  
 MBq

Bq/cm<sup>3</sup>  
 Ci

**Valider**

5E15 BQ DE CESIUM 134 (0,10 KG)

**Terme source** ✕

edp sciences

Elément Cs

Isotope

Nombre de masse 134

Activité 5E15

Bq    
  kBq    
  Bq/cm<sup>2</sup>  
 MBq    
  Ci

Valider

**2E15 BQ DE RHODIUM 106 (16 G)**

Terme source

edp sciences

Elément **Rh**

Isotope

Nombre de masse **106**

Activité **2E15**

Bq  
 kBq  
 MBq

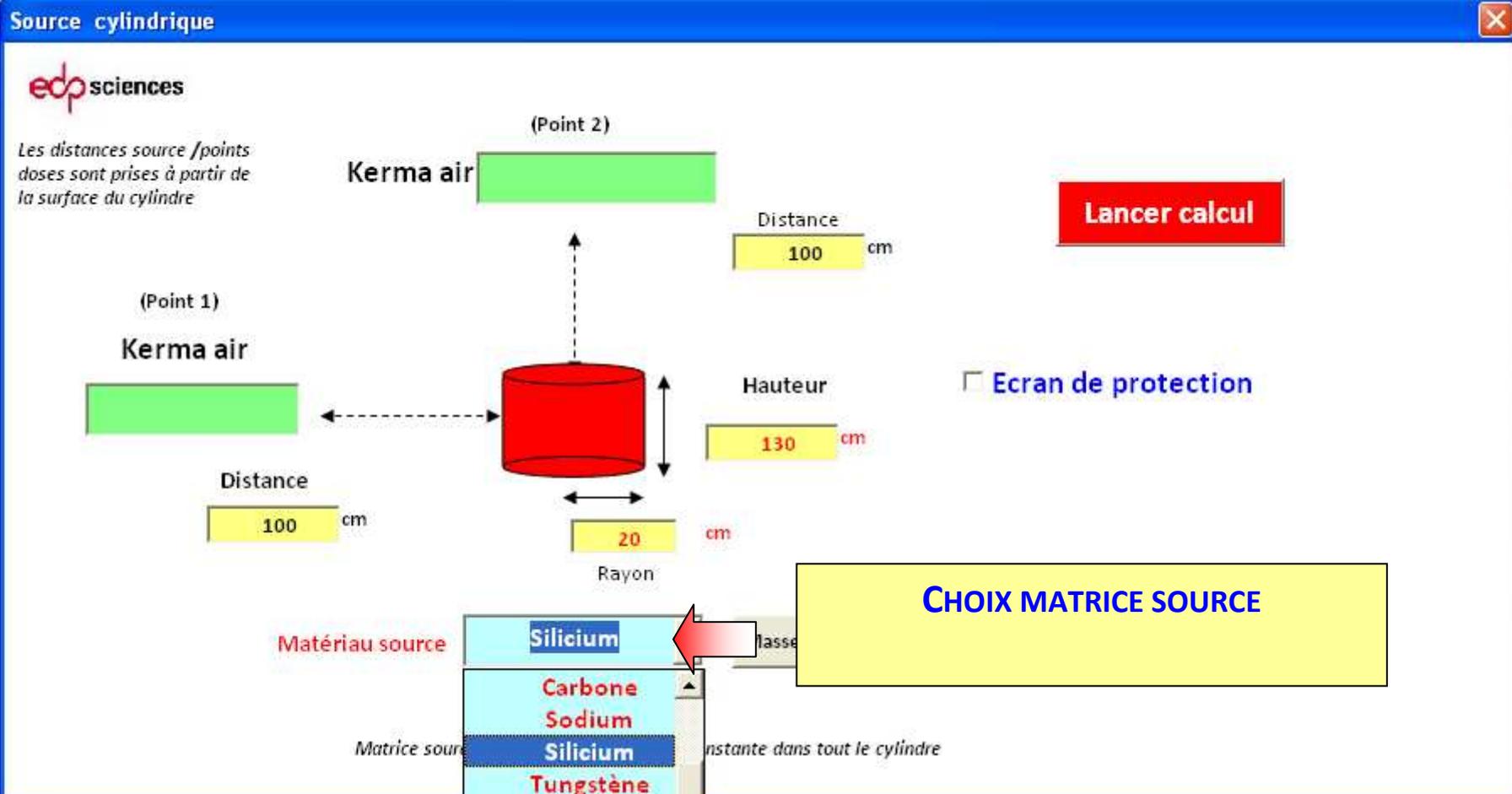
Bq/cm<sup>2</sup>  
 Ci

**Valider**

Source cylindrique

edp sciences

Les distances source / points doses sont prises à partir de la surface du cylindre



(Point 2)  
Kerma air

Distance 100 cm

(Point 1)  
Kerma air

Distance 100 cm

Hauteur 130 cm

Rayon 20 cm

Matériau source: Silicium

Matrice source: Carbone, Sodium, Silicium, Tungstène

instante dans tout le cylindre

Lancer calcul

Ecran de protection

CHOIX MATRICE SOURCE

**Source cylindrique**

edp sciences

*Les distances source / points doses sont prises à partir de la surface du cylindre*

**Kerma air** (Point 2)

**Kerma air** (Point 1)

Distance: 100 cm

Distance: 100 cm

Hauteur: 130 cm

Rayon: 20 cm

**Matériau source**: Silicium

**ECRAN FER POUR MODELISER LE CONTAINER EN ACIER (1 CM)**

Ecran de protection

**Caratéristiques écran**

Nature: Fer

Epaisseur: 1 cm

Matériau source: Masse vol.

Caratéristiques écran: Masse vol.

*Matrice source avec activité volumique constante dans tout le cylindre*

**Source cylindrique**

edp sciences

*Les distances source / points doses sont prises à partir de la surface du cylindre*

**Kerma air** (Point 2)

**Kerma air** (Point 1)

Distance: 100 cm

Distance: 100 cm

Hauteur: 130 cm

Rayon: 20 cm

Matériau source: **Silicium** Masse vol.

**Lancer calcul**

**TEMPS D'INTEGRATION : QQS MN**

Nature: **Fer** Masse vol.

Epaisseur: **1** Cm

*Matrice source avec activité volumique constante dans tout le cylindre*

**Source cylindrique** ✕

**edp sciences**

*Les distances source /points doses sont prises à partir de la surface du cylindre*

(Point 1)  
**Kerma air**  
**608,32 Gy/h**

Distance **100 cm**

(Point 2)  
**Kerma air**  
**194,58 Gy/h**

Distance **100 cm**

Matériau source **Silicium** Masse vol.

Hauteur **130 cm**

Rayon **20 cm**

**Lancer calcul**

**Ecran de protection**

Caratéristiques écran

Nature **Fer** Masse vol.

Epaisseur **1** Cm

*Matrice source avec activité volumique constante dans tout le cylindre*

**Source cylindrique**

edp sciences

*Les distances source /points doses sont prises à partir de la surface du cylindre*

**MERCURAD : 205 Gy/H**

**MERCURAD : 624 Gy/H**

**608,32 Gy/h**

**Kerma air (Point 2) : 194,58 Gy/h**

Distance: 100 cm

Hauteur: 130 cm

Rayon: 20 cm

Distance: 100 cm

Matériau source: **Silicium**

**Ecran de protection**

Caratéristiques écran

Nature: **Fer** Masse vol.

Epaisseur: **1** Cm

**Lancer calcul**

*By courtesy of Jean-Lionel TROLET of the Ecole des Applications Militaires de l'Energie Atomique*

**Source cylindrique**

edp sciences

*Les distances source /points doses sont prises à partir de la surface du cylindre*

**MERCURAD : 624 Gy/H**

**608,32 Gy/h**

*Pour info Microshield : 454 Gy/H*

(Point 2)

**Kerma air : 194,58 Gy/h**

Distance : 100 cm

Hauteur : 130 cm

Rayon : 20 cm

Matériau source : **Silicium**

**MERCURAD : 205 Gy/H**

**Lancer calcul**

**Ecran de protection**

Caratéristiques écran

Nature : **Fer** Masse vol.

Epaisseur : **1** Cm

*By courtesy of Jean-Lionel TROLET of the Ecole des Applications Militaires de l'Energie Atomique*

## FEUILLE DE SYNTHÈSE DES RESULTATS

Type de Build-up		Taylor		
Condition d'exposition		Cylindre R=20cm / H=130 cm de Silicium avec écran de Fer de 1cm		
Distance source/Pt1		100cm	Distance source/Pt2	100cm
		Avec Build-up	Sans Build-up	Build-up moyen
Pt1	Kerma	608,32 Gy/h	184,06 Gy/h	3,3
	H*(10)	729,8 Sv/h	221,15 Sv/h	
	H'(0,07)	730,11 Sv/h	221,25 Sv/h	
	Hp(10)	735,85 Sv/h	222,98 Sv/h	
Pt2	Kerma	194,58 Gy/h	59,71 Gy/h	3,26
	H*(10)	233,43 Sv/h	71,6 Sv/h	
	H'(0,07)	233,53 Sv/h	71,64 Sv/h	
	Hp(10)	235,37 Sv/h	72,2 Sv/h	

Source cylindrique

**MISE EN PLACE D'UN ECRAN DE PROTECTION :  
15 CM DE PLOMB**

edp sciences

Les distances source / points doses sont prises à partir de la surface du cylindre

Kerma air

(Point 1)  
Kerma air

Distance  
100 cm

Matériau source Silicium Masse vol.

**Saisie des écrans**

Ecran n° 1

Nature **Plomb**

Epaisseur 15 Cm

Valider

calcul

selection

an

an

Config écrans

Epaisseur 16 Cm

Matrice source avec activité volumique constante dans tout le cylindre

**Source cylindrique** ✕

**edp sciences**

*Les distances source / points doses sont prises à partir de la surface du cylindre.*

(Point 1)  
**Kerma air**

Distance: 100 cm

(Point 2)  
**Kerma air**

Distance: 100 cm

Matériau source: **Silicium**

Masse vol.:

Rayon: 20 cm

Hauteur: 130 cm

**Lancer calcul** ←

**Ecran de protection**

**Caratéristiques écran**

Nature: **Multi-écran** Config écrans

Epaisseur: **16** cm

*Matrice source avec activité volumique constante dans tout le cylindre*

**Source cylindrique**

edp sciences

*Les distances source / points doses sont prises à partir de la surface du cylindre*

(Point 2)  
Kerma air **654,18 µGy/h**

Distance **100** cm

(Point 1)  
Kerma air **1,49 mGy/h**

Distance **100** cm

Hauteur **130** cm

Rayon **20** cm

Matériau source **Silicium** Masse vol.

Ecran de protection

Caratéristiques écran

Nature **Multi-écran**

Epaisseur **16** Cm

*Matrice source avec activité volumique constante dans tout le cylindre*

**Source cylindrique**

edp sciences

*Les distances source / points doses sont prises à partir de la surface du cylindre*

**Kerma air** **654,18  $\mu\text{Gy/h}$**

**MERCURAD :**  
**853  $\mu\text{Gy/H}$**

Distance: 100 cm

**MERCURAD :**  
**1,05 mGy/H**

**1,49 mGy/h**

Distance: 100 cm

Hauteur: 130 cm

Rayon: 20 cm

Matériau source: **Silicium**

Masse vol.

**Ecran de protection**

Caratéristiques écran

Nature: **Multi-écran** Config écrans

Epaisseur: **16** Cm

**Lancer calcul**

*Matrice source avec activité volumique constante dans tout le cylindre*

**Source cylindrique** ✕

**edp sciences**

*Les distances source / points doses sont prises à partir de la surface du cylindre*

**MERCURAD : 1,05 mGy/H**

**1,49 mGy/h**

**Pour info Microshield : 0,63 mGy/H**

(Point 2)

**Kerma air 654,18  $\mu$ Gy/h**

Matériau source **Silicium** Masse vol.

**MERCURAD : 853  $\mu$ Gy/H**

Distance **100 cm**

Hauteur **130 cm**

Rayon **20 cm**

**Ecran de protection**

Caratéristiques écran

Nature **Multi-écran** Config écrans

Epaisseur **16** Cm

**Lancer calcul**

*Matrice source avec activité volumique constante dans tout le cylindre*

**UNE SPECIFICITE DE DOSIMEX –G :**

**UNE SPECIFICITE DE DOSIMEX –G :**

**LE MAILLAGE EN PUISSANCE AUTO-ADAPTATIF**

**UNE SPECIFICITE DE DOSIMEX –G :**

**LE MAILLAGE EN PUISSANCE AUTO-ADAPTATIF**

**A LA SUITE DE LA REMARQUE L'UN DE NOS PREMIERS UTILISATEURS :**

**UNE SPECIFICITE DE DOSIMEX –G :**

**LE MAILLAGE EN PUISSANCE AUTO-ADAPTATIF**

**A LA SUITE DE LA REMARQUE L'UN DE NOS PREMIERS UTILISATEURS :**

**« *LORSQUE JE CALCULE A DES DISTANCES PLUS FAIBLES, LA DOSE DIMINUE* »**

**UNE SPECIFICITE DE DOSIMEX –G :**

**LE MAILLAGE EN PUISSANCE AUTO-ADAPTATIF**

**A LA SUITE DE LA REMARQUE L'UN DE NOS PREMIERS UTILISATEURS :**

**« *LORSQUE JE CALCULE A DES DISTANCES PLUS FAIBLES, LA DOSE DIMINUE* »**

**PALSAMBLEU !**

**UNE SPECIFICITE DE DOSIMEX –G :**

**LE MAILLAGE EN PUISSANCE AUTO-ADAPTATIF**

**A LA SUITE DE LA REMARQUE L'UN DE NOS PREMIERS UTILISATEURS :**

**« *LORSQUE JE CALCULE A DES DISTANCES PLUS FAIBLES, LA DOSE DIMINUE* »**

**PALSAMBLEU !**

**IL CODAIT UN SILO DE 9 M DE HAUT ET DE 4 M DE DIAMETRE !!**

**UNE SPECIFICITE DE DOSIMEX –G :**

**LE MAILLAGE EN PUISSANCE AUTO-ADAPTATIF**

**A LA SUITE DE LA REMARQUE L'UN DE NOS PREMIERS UTILISATEURS :**

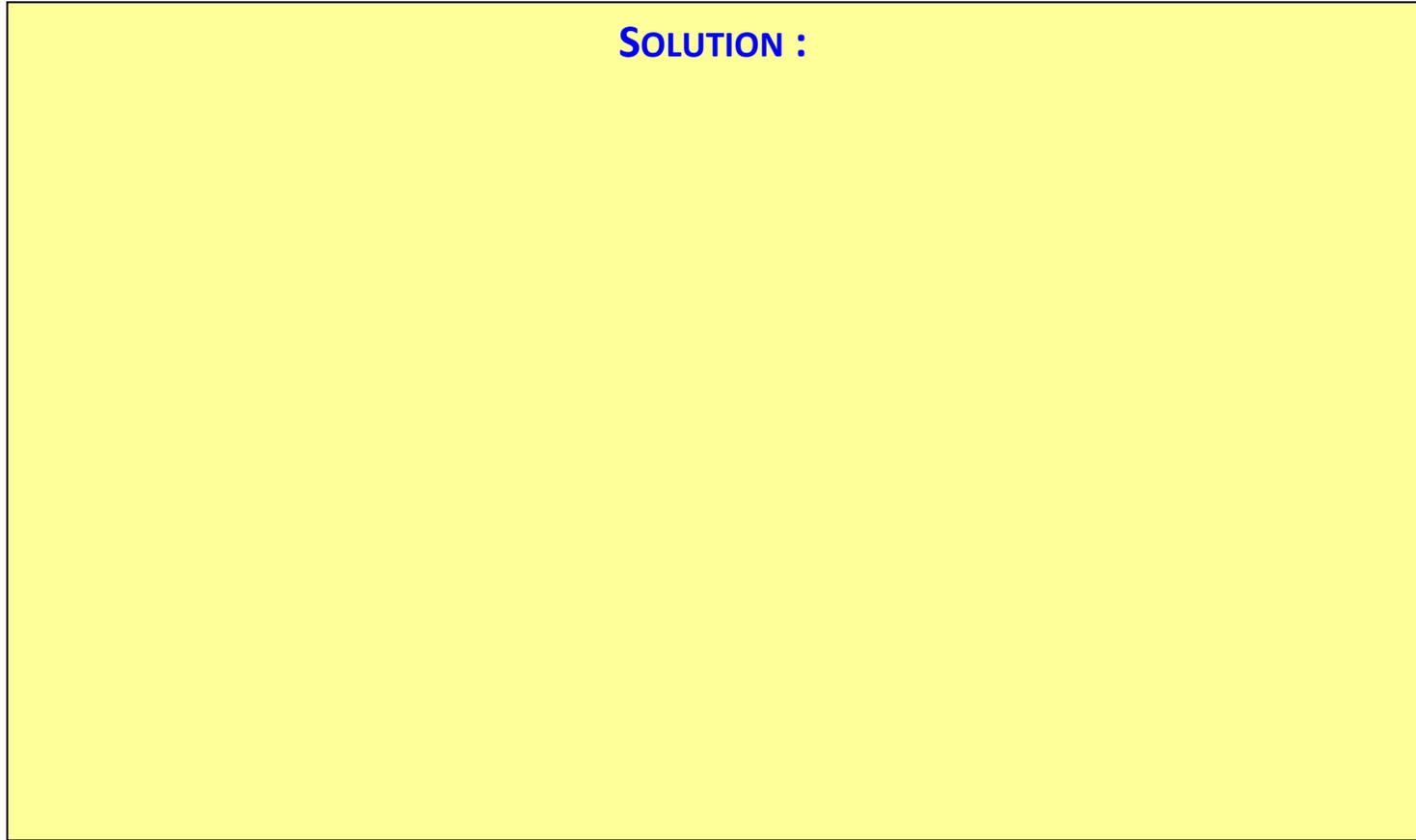
**« LORSQUE JE CALCULE A DES DISTANCES PLUS FAIBLES, LA DOSE DIMINUE »**

**PALSAMBLEU !**

**IL CODAIT UN SILO DE 9 M DE HAUT ET DE 4 M DE DIAMETRE !!**

**EFFET DE MAILLAGE TROP GROSSIER**

**SOLUTION :**



**SOLUTION :**

**POUR EVITER D'AUGMENTER LE NOMBRE DE MAILLE (15)  
(TEMPS DE CALCULS REDHIBITOIRES)**

**SOLUTION :**

**POUR EVITER D'AUGMENTER LE NOMBRE DE MAILLE (15)  
(TEMPS DE CALCULS REDHIBITOIRES)**

- 1) MAILLER FIN EN REGARD DU DETECTEUR ET PLUS GROSSIEREMENT  
EN PROFONDEUR (MALLAGE EN PUISSANCE)**

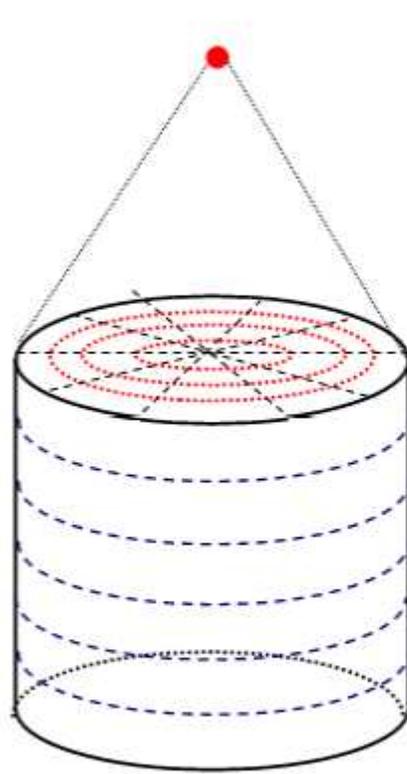
**SOLUTION :**

**POUR EVITER D'AUGMENTER LE NOMBRE DE MAILLE (15)  
(TEMPS DE CALCULS REDHIBITOIRES)**

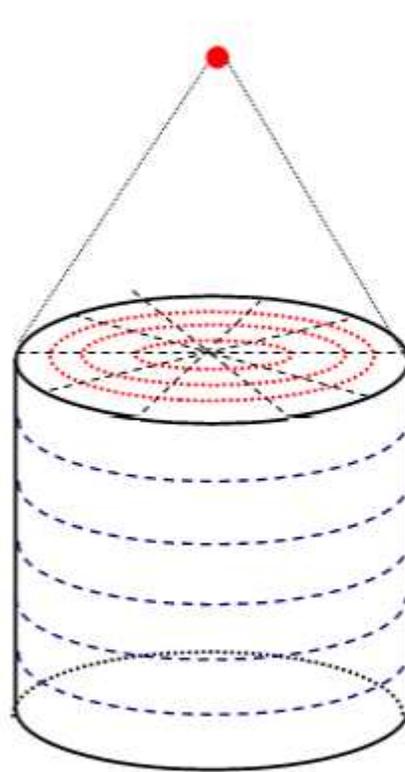
**1) MAILLER FIN EN REGARD DU DETECTEUR ET PLUS GROSSIEREMENT  
EN PROFONDEUR (MALLAGE EN PUISSANCE)**

**+**

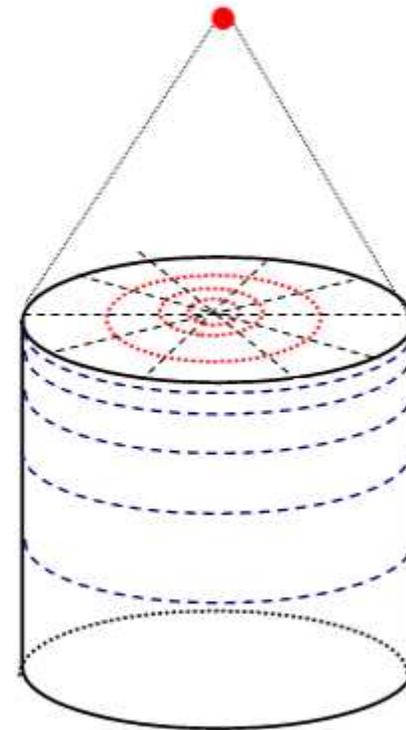
**2) DIMENSIONNER LA PREMIERE MAILLE EN FONCTIONS DES LIBRES PARCOURS  
MOYENS DES PHOTONS**



Maillage uniforme



Maillage uniforme



maillage en puissance

**EXEMPLE DE MAILLAGE ADAPTE POUR UNE EPAISSEUR DE 100 CM DE PLOMB**

N° maille	$\Delta H_n$ (cm)	
	Am 241	Co 60
1	0,007	0,62
2	0,013	0,80
3	0,025	1,03
4	0,046	1,34
5	0,086	1,74
6	0,16	2,25
7	0,30	2,92
8	0,57	3,79
9	1,07	4,91
10	2,01	6,37
11	3,77	8,26
12	7,07	10,71
13	13,27	13,89
14	24,91	18,01
15	46,73	23,35

59 KEV : PREMIERE MAILLE : 70 μM

59 KEV : DERNIERE MAILLE : 46 CM

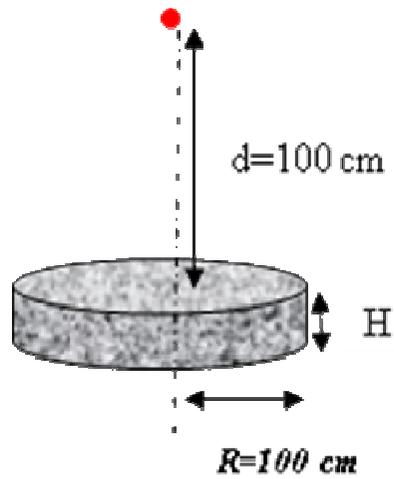
**EXEMPLE DE MAILLAGE ADAPTE POUR UNE EPAISSEUR DE 100 CM DE PLOMB**

N° maille	$\Delta H_x$ (cm)	
	Am 241	Co 60
1	0,007	0,62
2	0,013	0,80
3	0,025	1,03
4	0,046	1,34
5	0,086	1,74
6	0,16	2,25
7	0,30	2,92
8	0,57	3,79
9	1,07	4,91
10	2,01	6,37
11	3,77	8,26
12	7,07	10,71
13	13,27	13,89
14	24,91	18,01
15	46,73	23,35

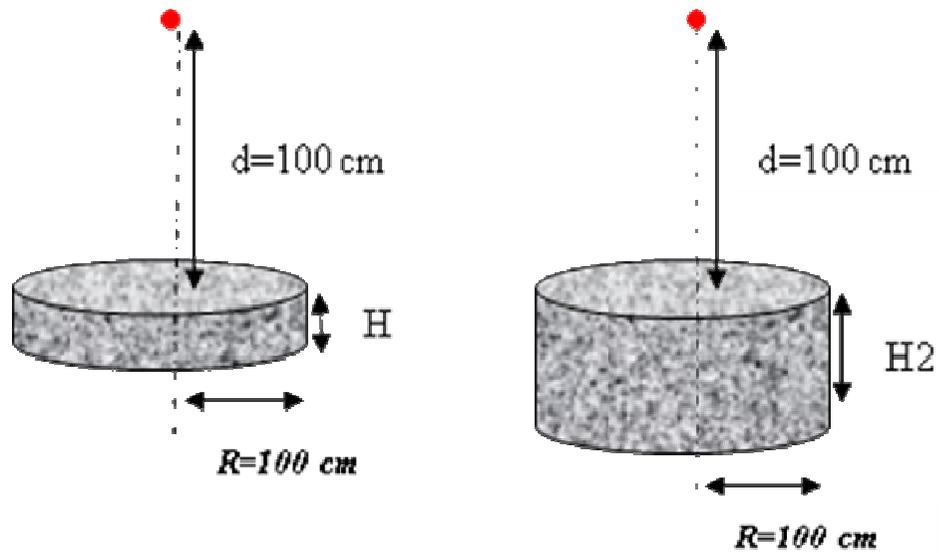
**1250 KEV : PREMIERE MAILLE : 6 MM**

**1250 KEV : DERNIERE MAILLE : 23 CM**

## VOLUME SOURCE PB CONTAMINE DE FAÇON HOMOGÈNE EN AM 241

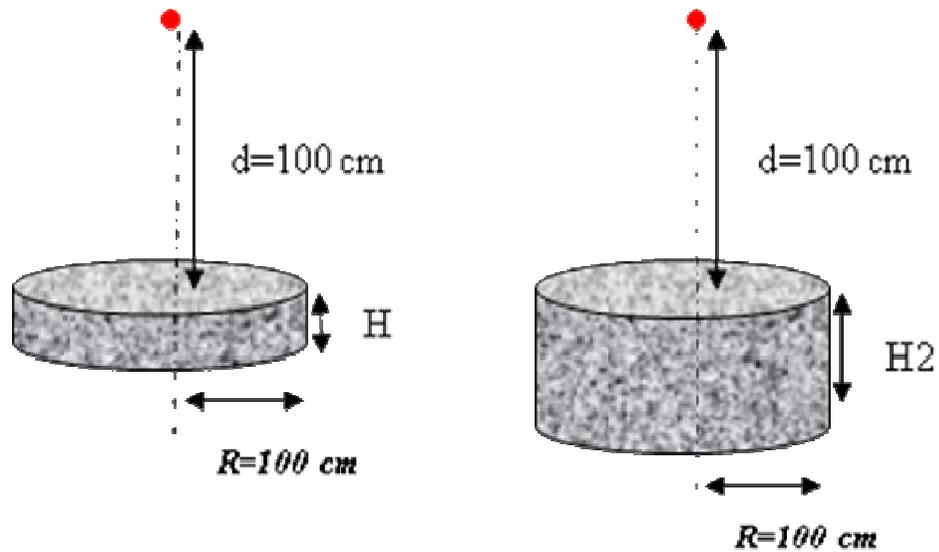


## VOLUME SOURCE PB CONTAMINE DE FAÇON HOMOGÈNE EN AM 241



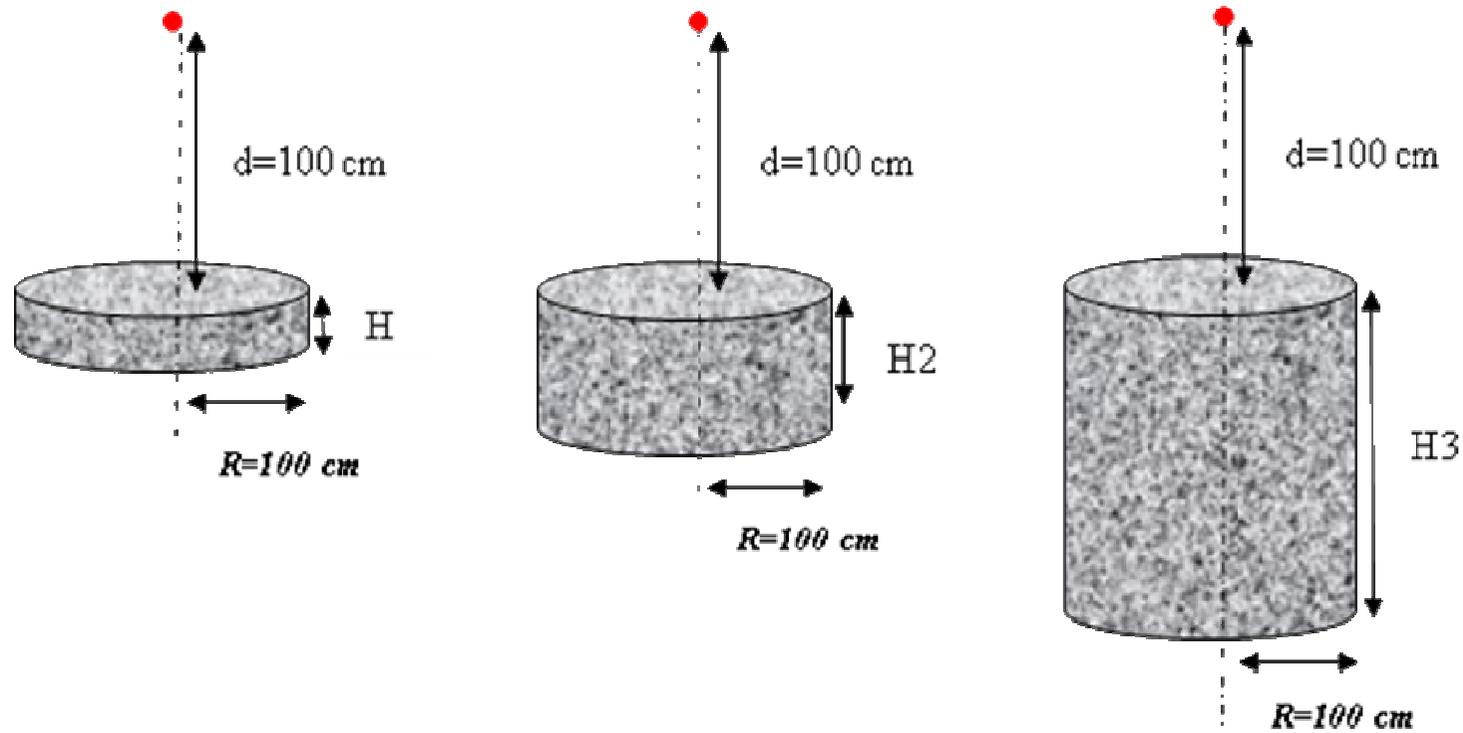
## VOLUME SOURCE Pb CONTAMINE DE FAÇON HOMOGÈNE EN Am 241

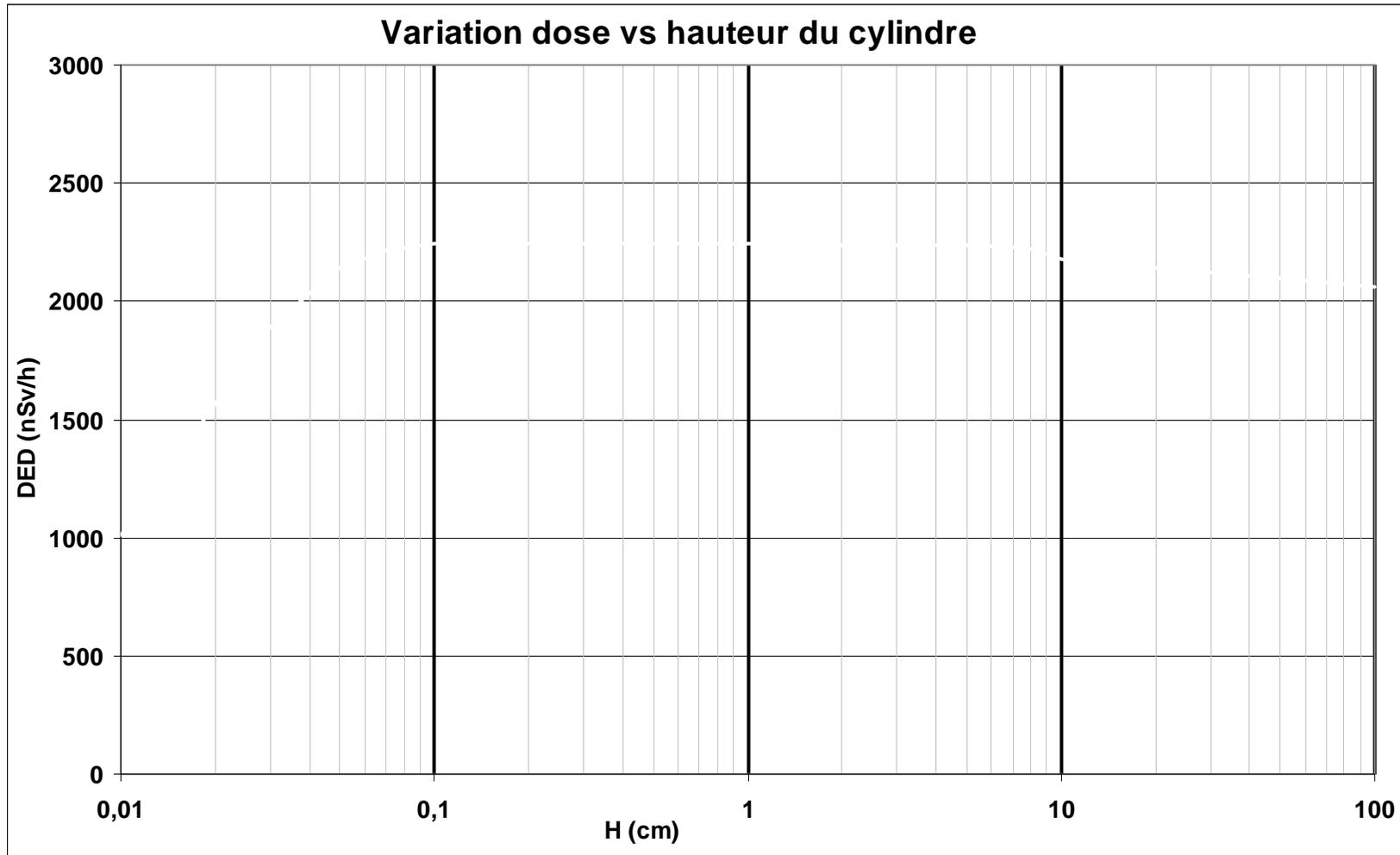
LE DÉBIT DE DOSE NE PEUT QU' AUGMENTER LORSQUE LA HAUTEUR D U CYLINDRE AUGMENTE

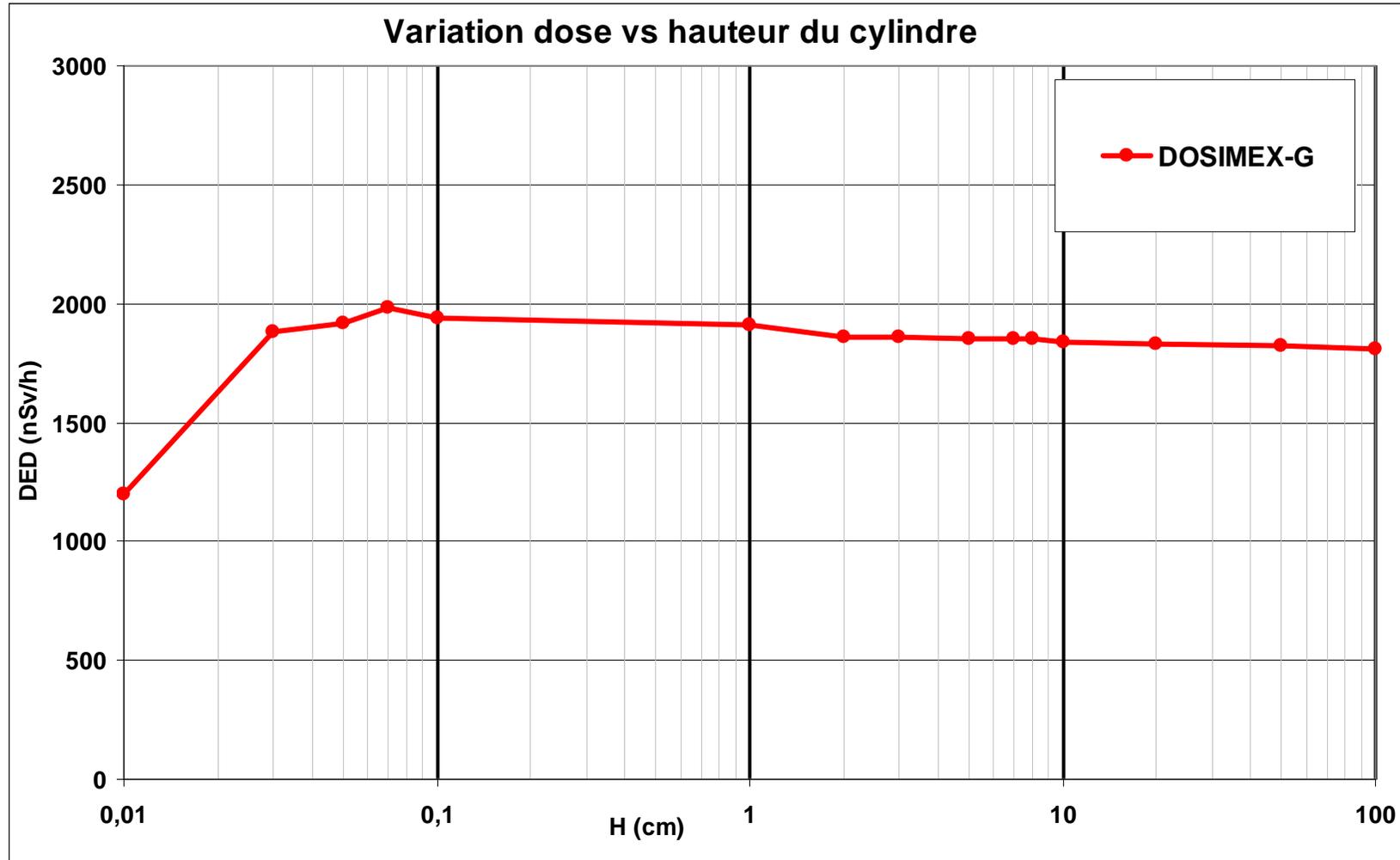


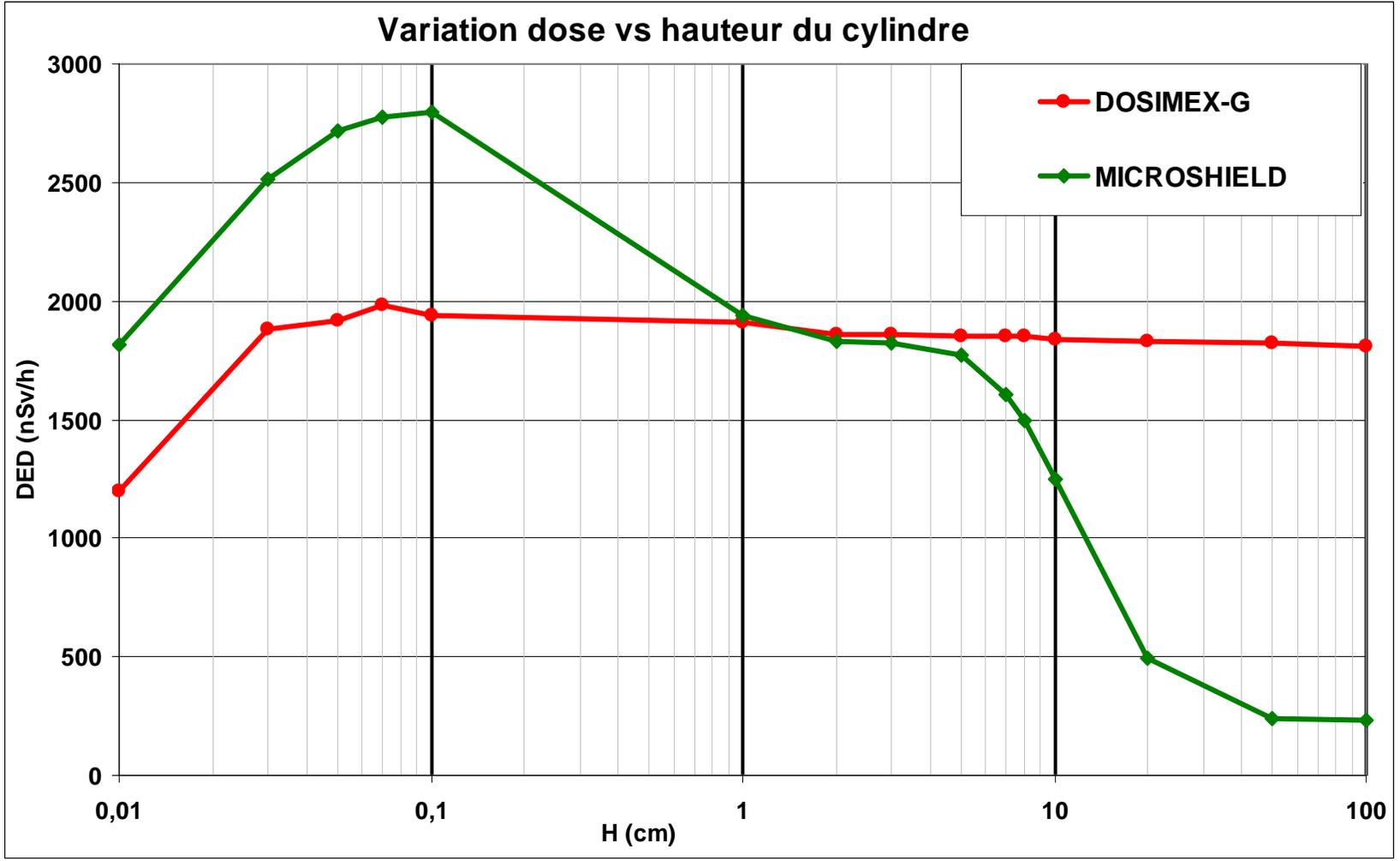
## VOLUME SOURCE Pb CONTAMINE DE FAÇON HOMOGÈNE EN AM 241

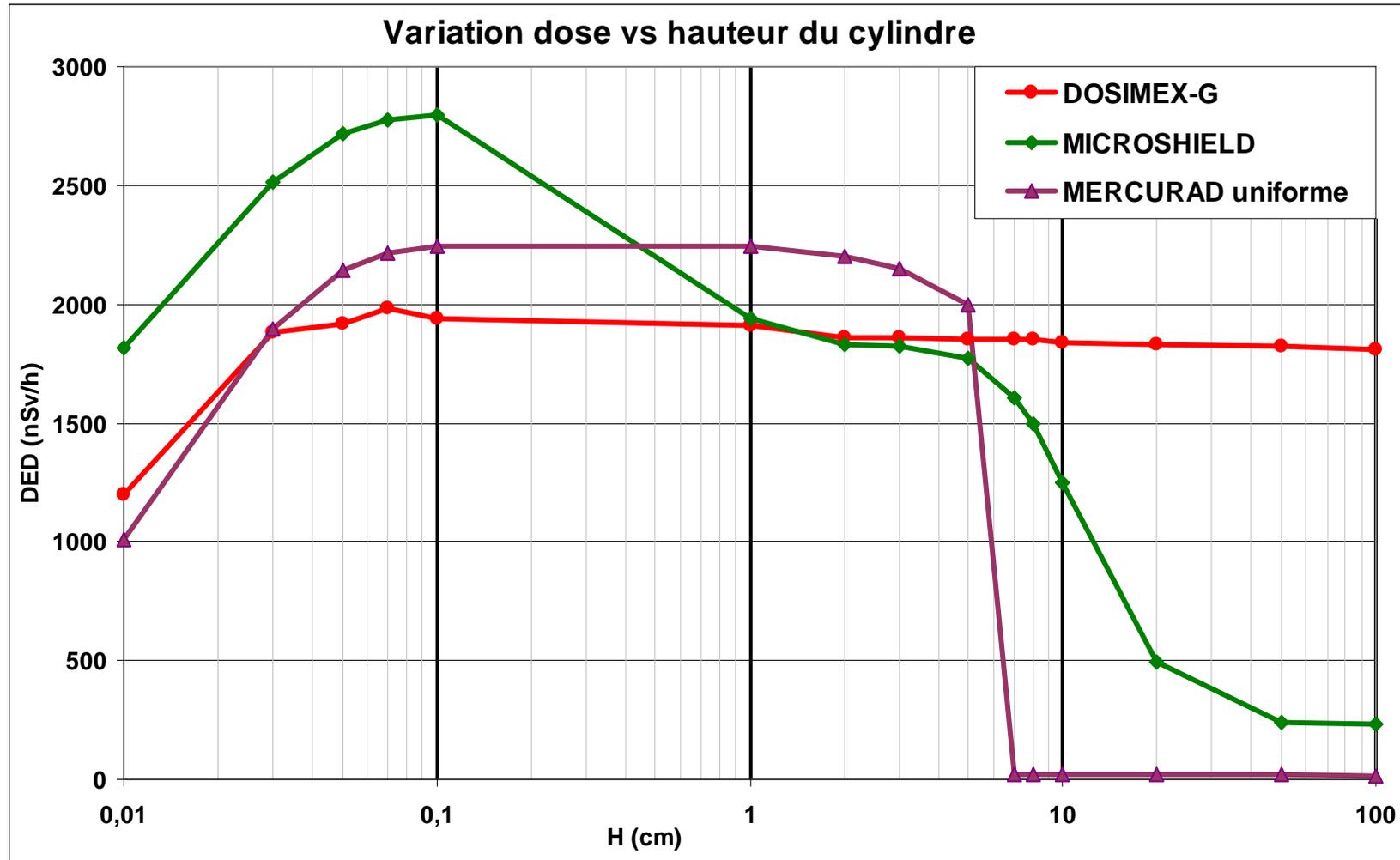
LE DÉBIT DE DOSE NE PEUT QU' AUGMENTER LORSQUE LA HAUTEUR D U CYLINDRE AUGMENTE

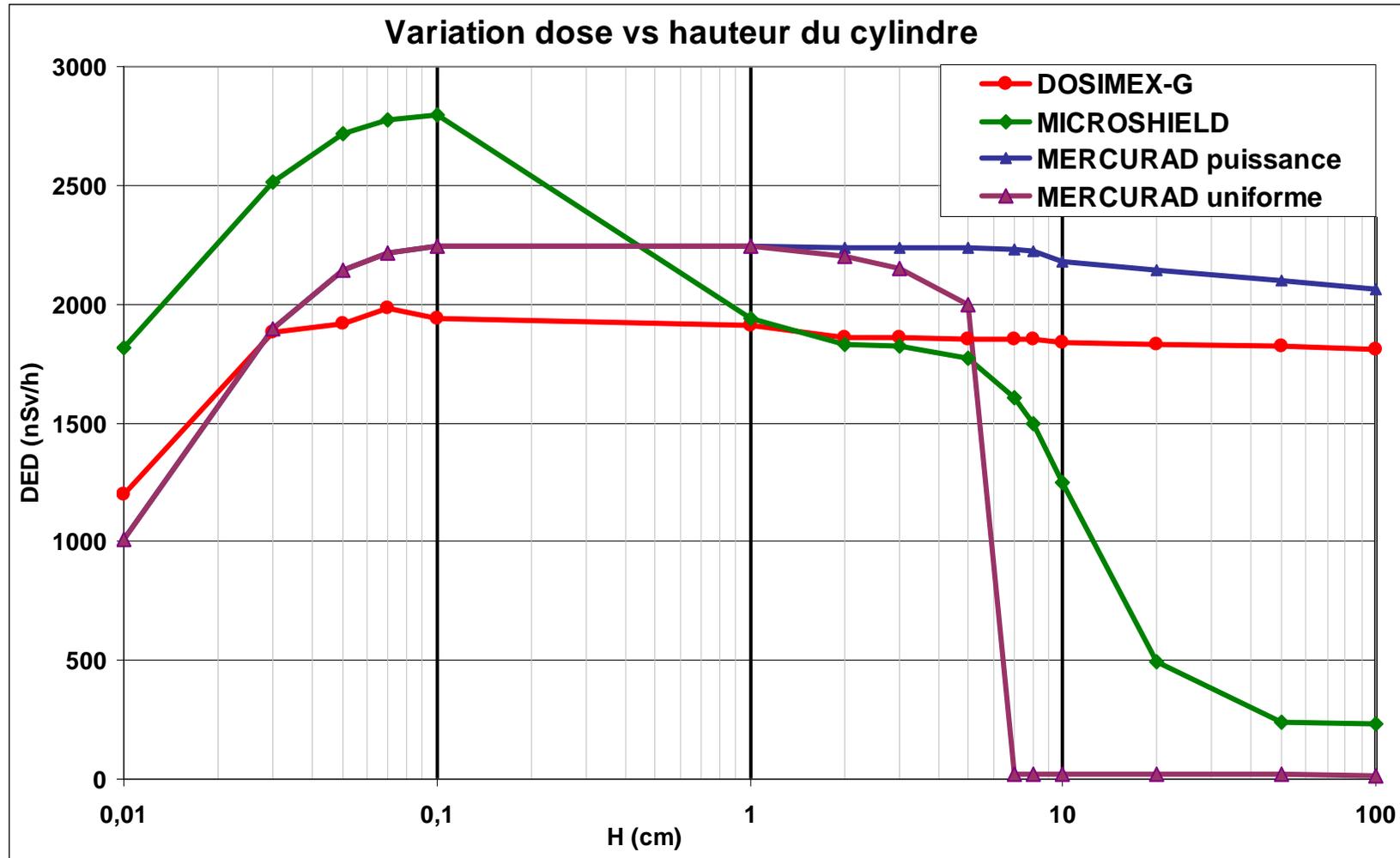












APPLICATION : LA CAPACITE DE DOSIMEX-G A PRENDRE EN COMPTE DES DIMENSIONS ELEVEES DE RETROUVER L'ORDRE DE GRANDEURS DES FACTEURS DE CONVERSION ACTIVITE SURFACIQUE-DEBIT DE DOSE A 1 M DONNE PAR LE FEDERAL GUIDANCE POUR DES SURFACES « INFINIES ».

Source disque

edp sciences

Kerma air **90.3 nGy/h**

**Lancer calcul**

Ecran de protection

Caratéristiques écran

Nature **Air** Masse vol.

Epaisseur **100** Cm

Distance **100** Cm

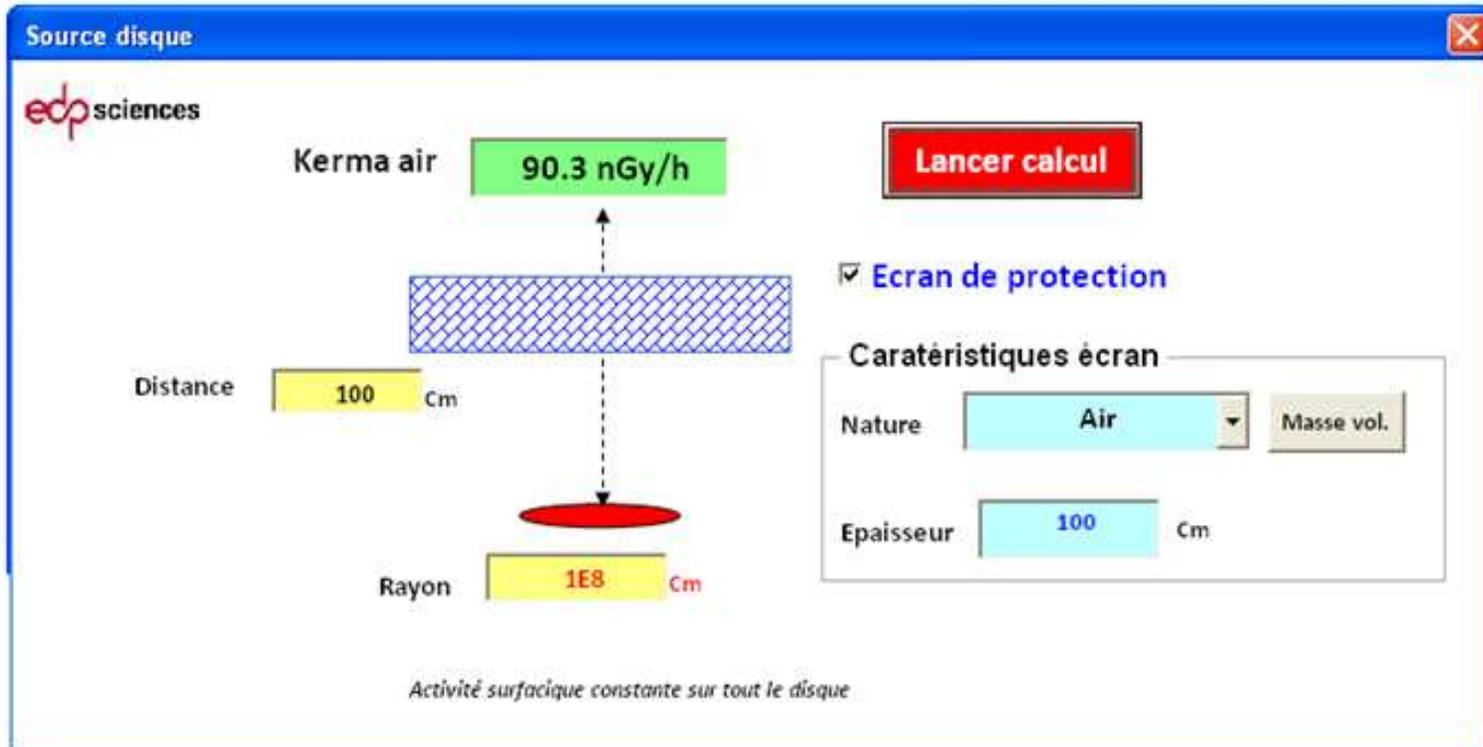
Rayon **1E8** Cm

Activité surfacique constante sur tout le disque

**RAYON : 1000 KM !**

Boite de dialogue DOSIMEX-G pour calcul coefficient conversion activité surfacique-débit de dose à 1m (1 Bq.cm<sup>-2</sup> en Co 60, R=10<sup>8</sup> cm)

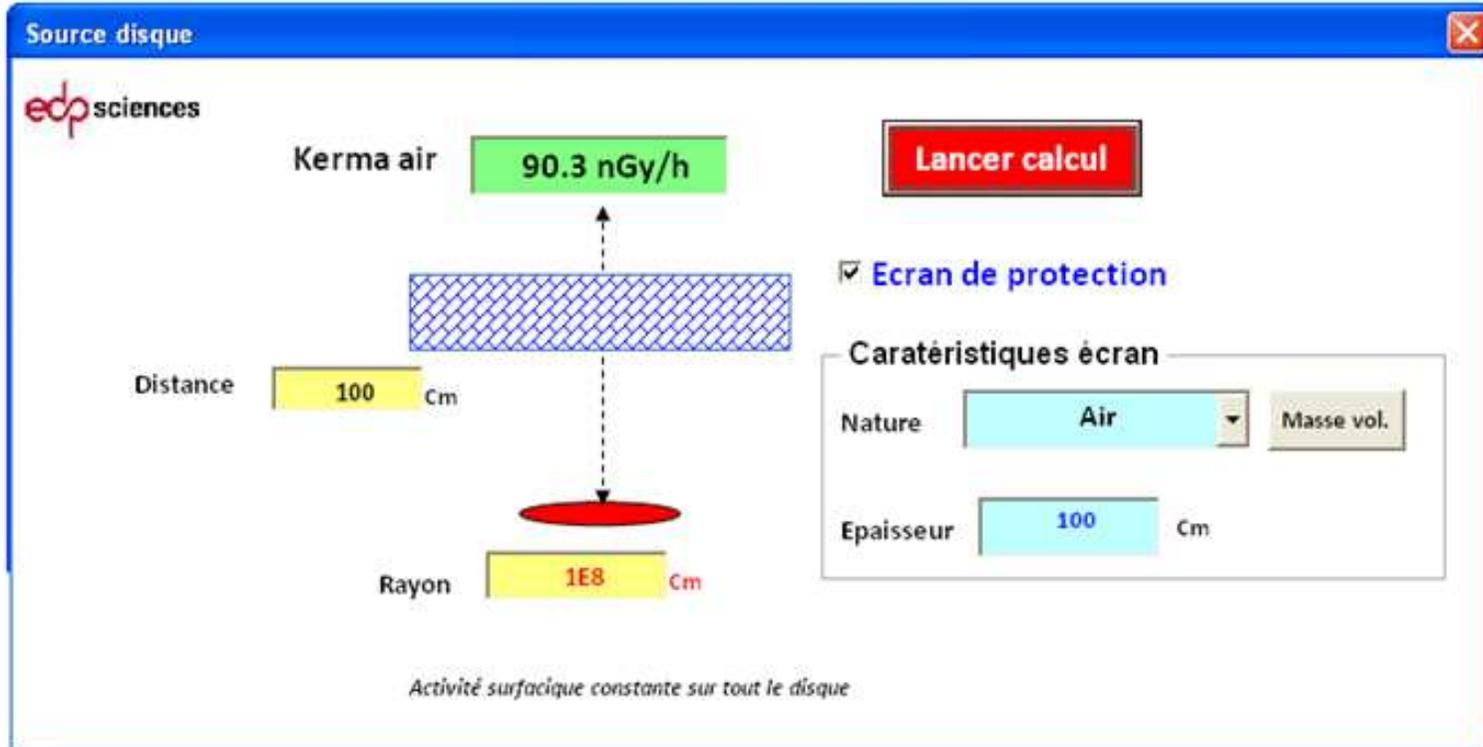
APPLICATION : LA CAPACITE DE DOSIMEX-G A PRENDRE EN COMPTE DES DIMENSIONS ELEVEES DE RETROUVER L'ORDRE DE GRANDEURS DES FACTEURS DE CONVERSION ACTIVITE SURFACIQUE-DEBIT DE DOSE A 1 M DONNE PAR LE FEDERAL GUIDANCE POUR DES SURFACES « INFINIES ».



Boite de dialogue DOSIMEX-G pour calcul coefficient conversion activité surfacique-débit de dose à 1m (1 Bq.cm<sup>-2</sup> en Co 60, R=10<sup>8</sup> cm)

Radionucléide	<u>Federal Guidance</u>	DOSIMEX-G
Cesium 137	21 nGy.h <sup>-1</sup> .Bq <sup>-1</sup> .cm <sup>2</sup>	23 nGy.h <sup>-1</sup> .Bq <sup>-1</sup> .cm <sup>2</sup>
Cobalt60	87 nGy.h <sup>-1</sup> .Bq <sup>-1</sup> .cm <sup>2</sup>	90nGy.h <sup>-1</sup> .Bq <sup>-1</sup> .cm <sup>2</sup>

APPLICATION : LA CAPACITE DE DOSIMEX-G A PRENDRE EN COMPTE DES DIMENSIONS ELEVEES DE RETROUVER L'ORDRE DE GRANDEURS DES FACTEURS DE CONVERSION ACTIVITE SURFACIQUE-DEBIT DE DOSE A 1 M DONNE PAR LE FEDERAL GUIDANCE POUR DES SURFACES « INFINIES ».



Boite de dialogue DOSIMEX-G pour calcul coefficient conversion activité surfacique-débit de dose à 1m (1 Bq.cm<sup>-2</sup> en Co 60, R=10<sup>8</sup> cm)

Radionucléide	Federal Guidance	DOSIMEX-G
Cesium 137	21 nGy.h <sup>-1</sup> .Bq <sup>-1</sup> .cm <sup>2</sup>	23 nGy.h <sup>-1</sup> .Bq <sup>-1</sup> .cm <sup>2</sup>
Cobalt60	87 nGy.h <sup>-1</sup> .Bq <sup>-1</sup> .cm <sup>2</sup>	90nGy.h <sup>-1</sup> .Bq <sup>-1</sup> .cm <sup>2</sup>

## CHOIX SOURCE « GENERATEUR X »

Choix de la géométrie de la source radioactive

Sélectionnez la géométrie de la source parmi les choix suivants:

Cylindre

Disque

Ponctuelle

Fil

Sphère

Parallélépipède

Générateur X

Valider



2 OPTIONS DISPONIBLES

Générateur X sélection ✕

Calcul débit de dose

Feuille de calcul  
NF C15-160

**Valider choix**

**OPTION CALCUL DEBIT DE DOSE DANS LE  
FAISCEAU PRIMAIRE**

Générateur X sélection ✕

Calcul débit de dose

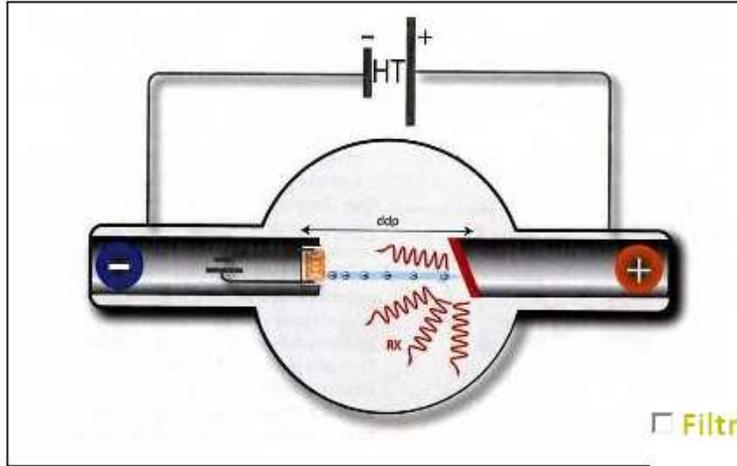
Feuille de calcul  
NF C15-160

**Valider choix**

Alimentation

HT utilisation (kV)

Intensité (mA)



Filtration inhérente

Filtration additionnelle

Distance

m

Ecran

Lancer calcul

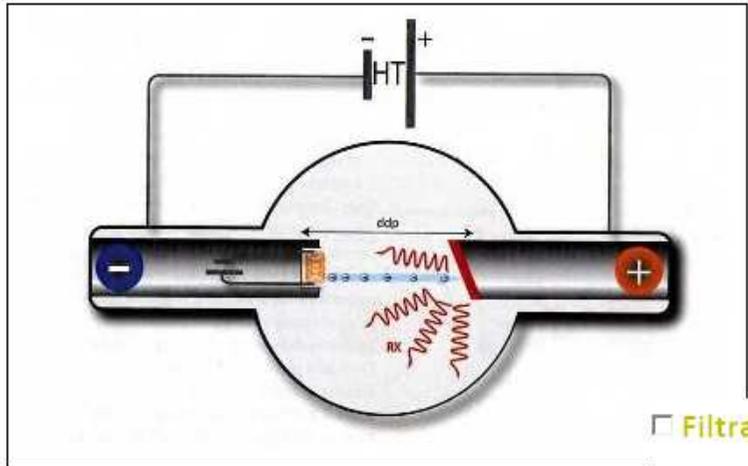
kerma air

Unité d'affichage en kerma.h-1

Alimentation

HT utilisation (kV)  ←

Intensité (mA)



Filtration inhérente

Filtration additionnelle

Distance  m

Ecran

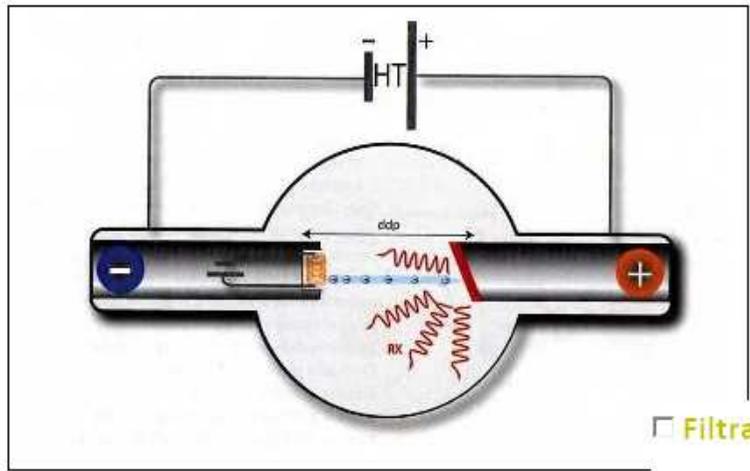
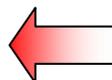
Lancer calcul

kerma air

Unité d'affichage en kerma.h-1

Alimentation

HT utilisation (kV)	120
Intensité (mA)	1



- Filtration inhérente
- Filtration additionnelle

Distance  m

Ecran

**Lancer calcul**

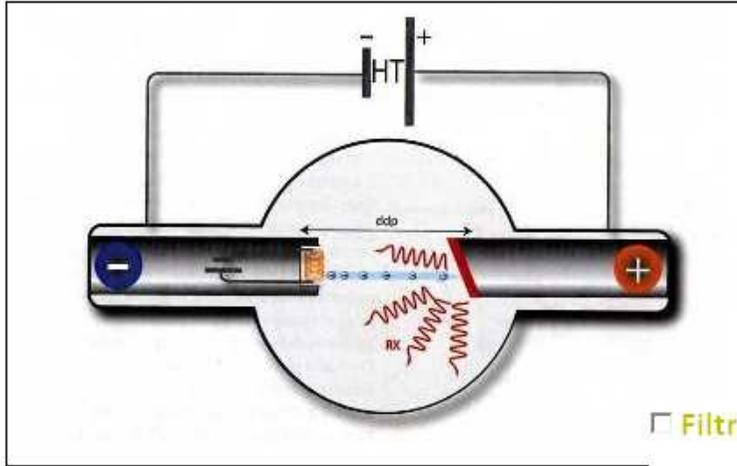
kerma air

Unité d'affichage en kerma.h-1

Alimentation

HT utilisation (kV)

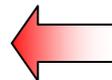
Intensité (mA)



Filtration inhérente

Filtration additionnelle

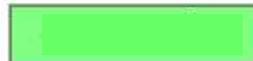
Distance  m



Ecran

**Lancer calcul**

kerma air

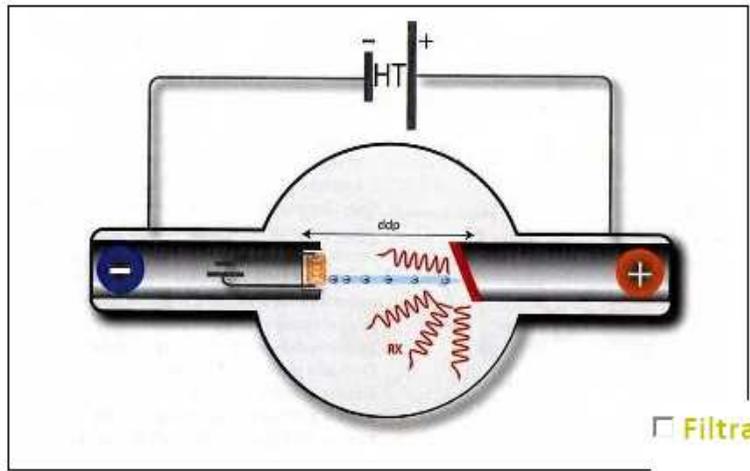


Unité d'affichage en kerma.h-1

edp sciences

Alimentation

HT utilisation (kV)	120
Intensité (mA)	1



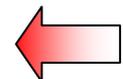
- Filtration inhérente
- Filtration additionnelle

Distance  m

**CALCUL EN L'ABSENCE DE FILTRATION**

Ecran

**Lancer calcul**



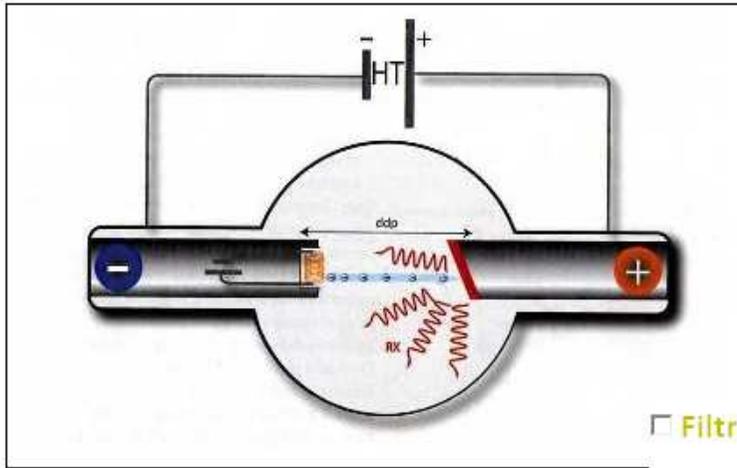
kerma air

Unité d'affichage en kerma.h-1

Alimentation

HT utilisation (kV)

Intensité (mA)



Filtration inhérente

Filtration additionnelle

**DEBIT DE KERMA AIR ELEVE**

Distance  m

Ecran

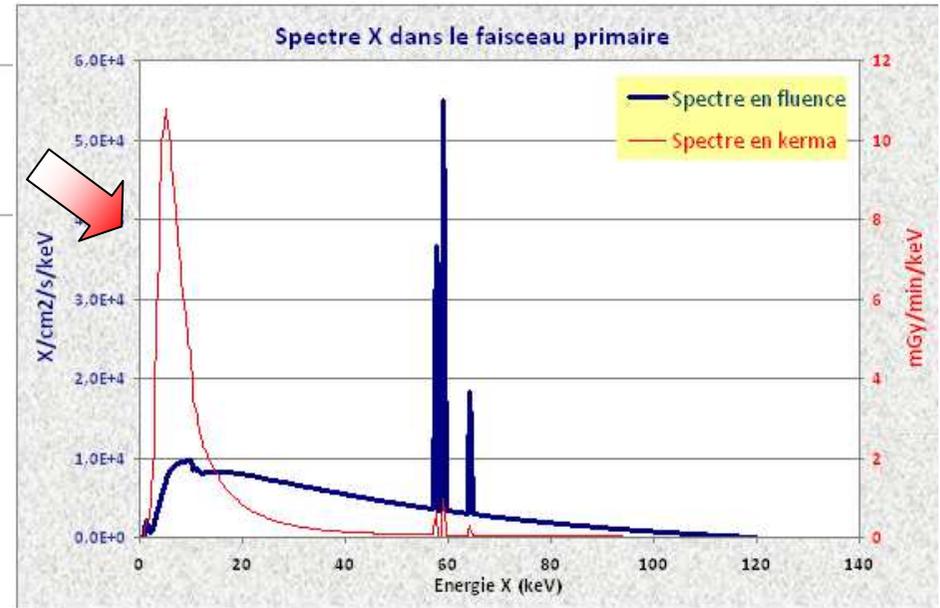
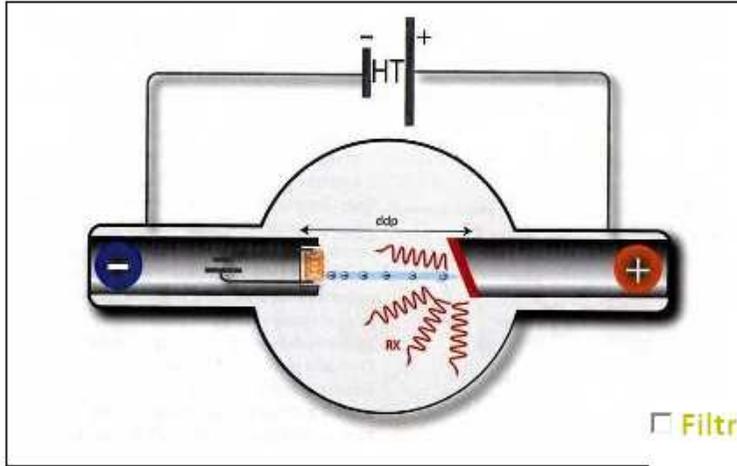
**Lancer calcul**

kerma air

Unité d'affichage en kerma.h-1

Alimentation  
HT utilisation  
Intensité (mA)

**KERMA GENERE ESSENTIELLEMENT  
PAR LES FAIBLES ENERGIES**



- Filtration inhérente
- Filtration additionnelle

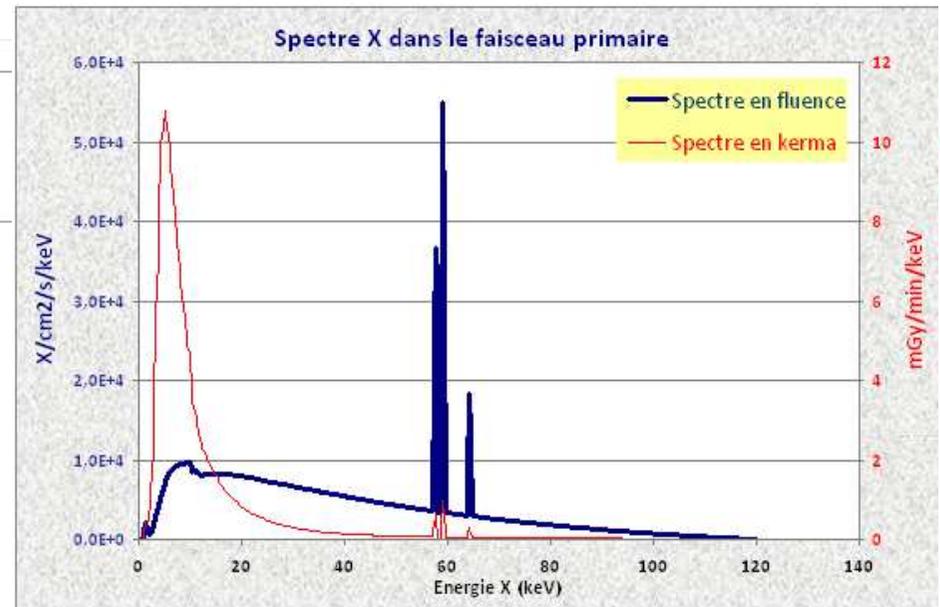
Distance  m

Ecran

**Lancer calcul**

kerma air

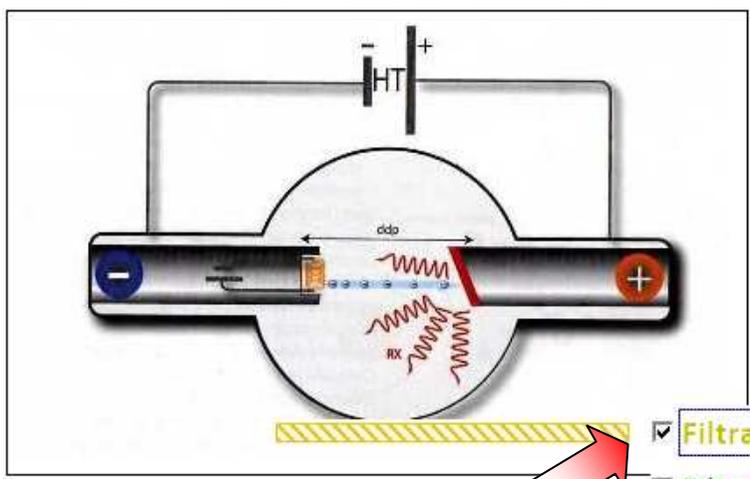
Unité d'affichage en kerma.h-1



Alimentation

HT utilisation (kV)

Intensité (mA)



**MISE EN PLACE D'UNE FILTRATION (2 MM D'AL)**

Filtration inhérente

Filtration additionnelle

Filtration inhérente

Nature

Epaisseur  mm

Distance  m

Ecran

**Lancer calcul**

kerma air

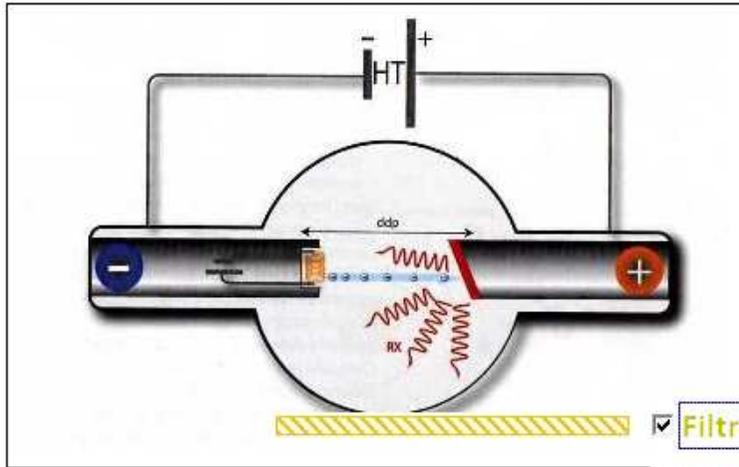
Unité d'affichage en kerma.h-1

edp sciences

Alimentation

HT utilisation (kV)

Intensité (mA)



Filtration inhérente

Filtration additionnelle

Filtration inhérente

Nature

Epaisseur  mm

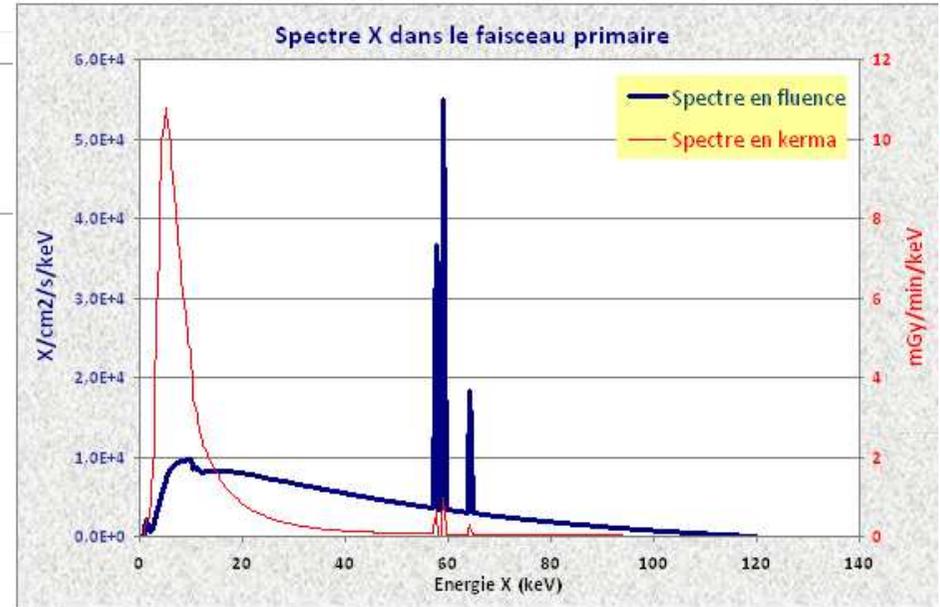
Distance  m

Ecran

Lancer calcul

kerma air

Unité d'affichage en kerma.h<sup>-1</sup>

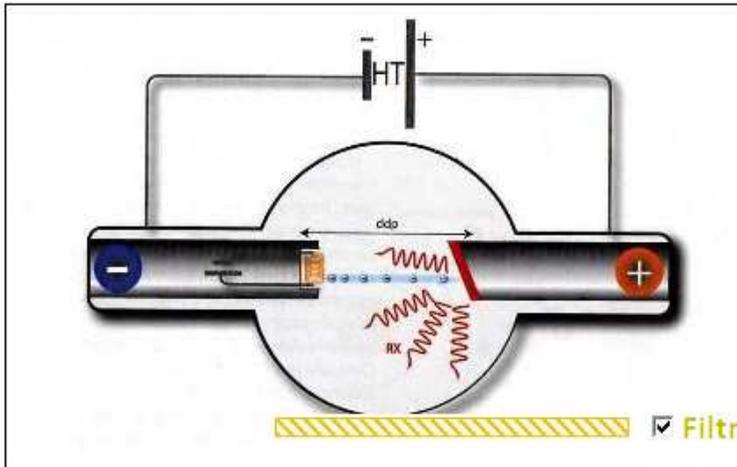


edp sciences

Alimentation

HT utilisation (kV)

Intensité (mA)



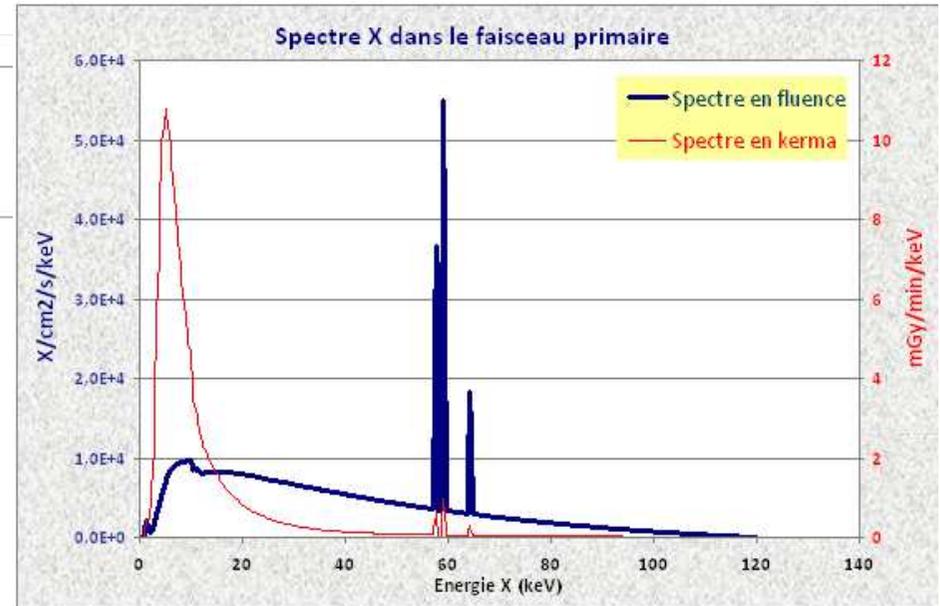
Filtration inhérente

Filtration additionnelle

Filtration inhérente

Nature

Epaisseur  mm



**LE KERMA AIR CHUTE DE 209 mGy/MIN  
A 14 mGy/MIN**

Distance  m

Ecran

**Lancer calcul**

kerma air

Unité d'affichage en kerma.h-1

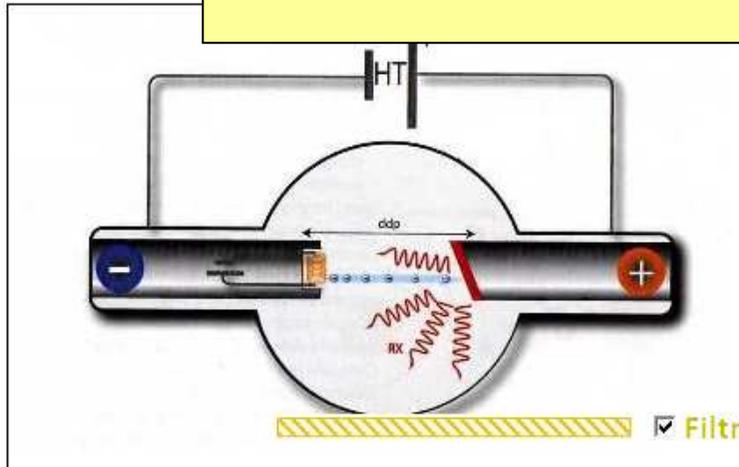
edp sciences

Alimentation

HT utilisation (kV)

Intensité (mA)

### SPECTRE SANS FILTRATION



Filtration inhérente

Filtration additionnelle

Distance  m

Filtration inhérente

Nature

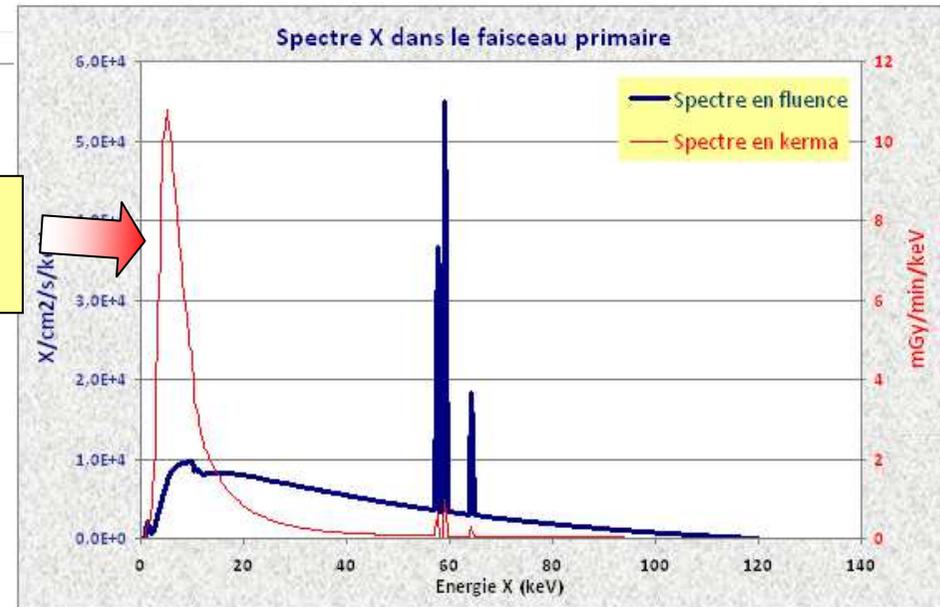
Epaisseur  mm

Ecran

Lancer calcul

kerma air

Unité d'affichage en kerma.h-1

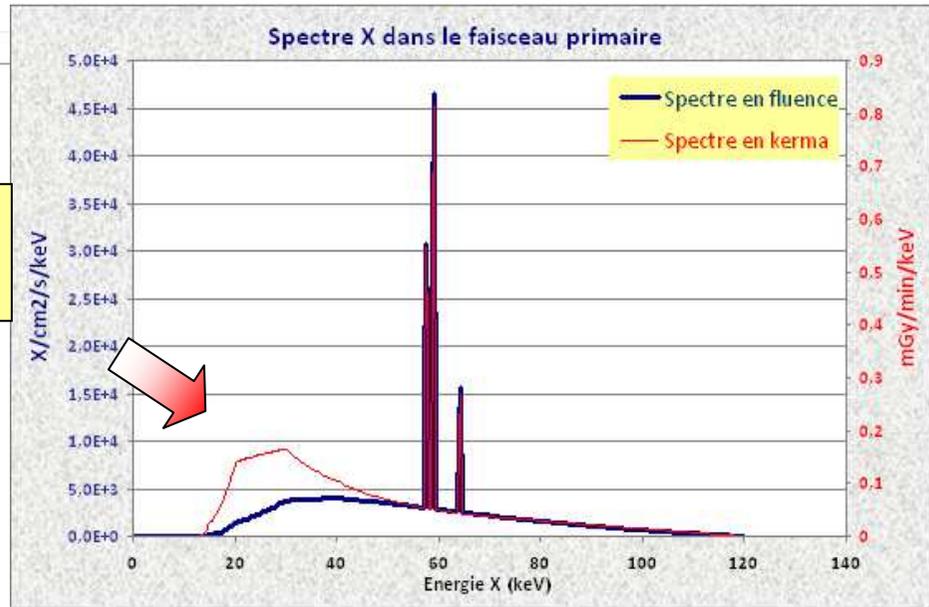
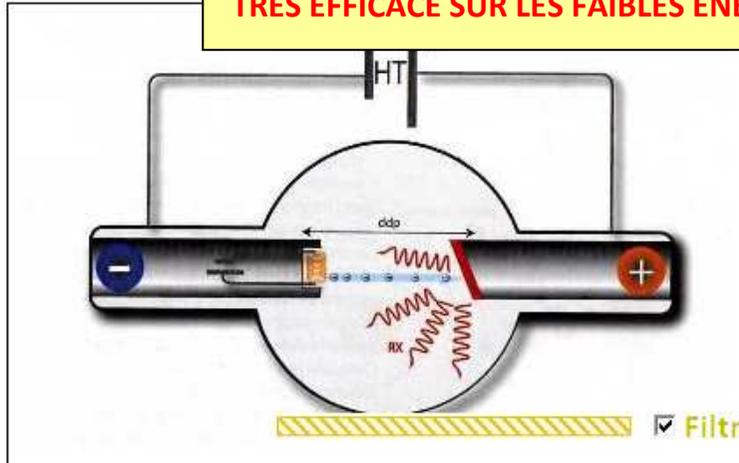


Alimentation

HT utilisation (kV)

Intensité (mA)

**SPECTRE AVEC FILTRATION  
TRES EFFICACE SUR LES FAIBLES ENERGIES**



Filtration inhérente

Filtration additionnelle

Filtration inhérente

Nature

Epaisseur  mm

Distance  m

Ecran

**Lancer calcul**

kerma air

Unité d'affichage en kerma.h-1

## Partie IV. DOSSIER VALIDATION DOSIMEX-G 1.3.3 POUR LES GENERATEURS X

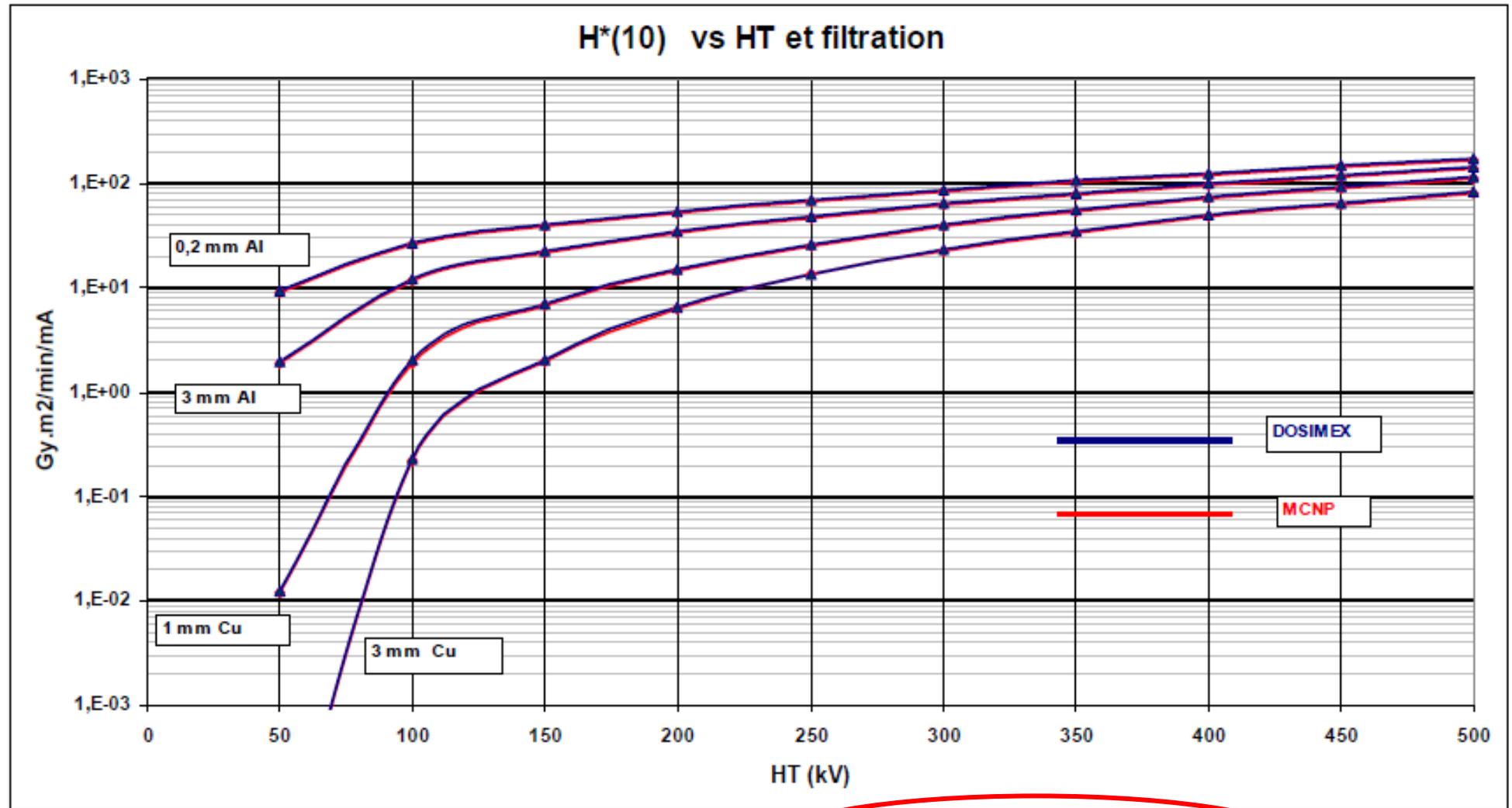
---

### IV.1 VALIDATION OPTION « CALCULS DEBIT DE DOSE »

LES VALEURS OBTENUES EN TERMES DE KERMA DANS L'AIR ET DE DEBIT DE DOSE AMBIANT  $H^*(10)$  DANS LE FAISCEAU PRIMAIRE ONT ETE COMPARES A DES RESULTATS OBTENUS AVEC MCNP

*REFERENCE :*

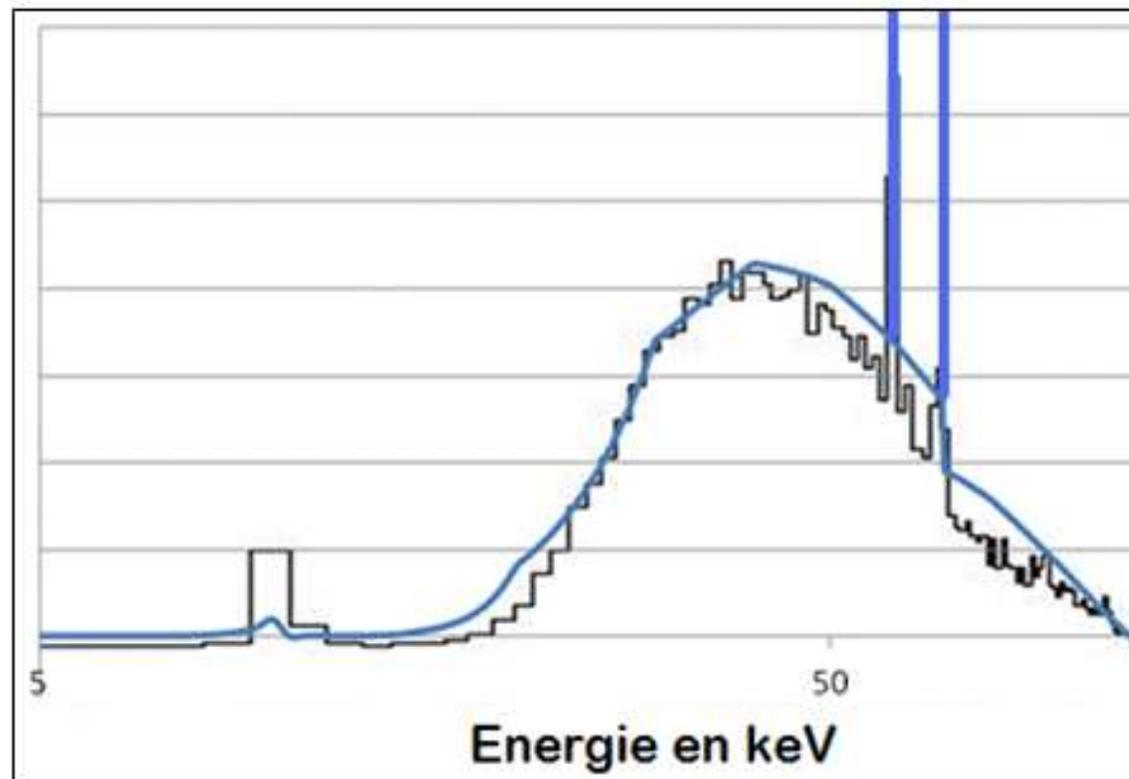
*« PHYSIQUE APPLIQUEE A L'EXPOSITION EXTERNE : DOSIMETRIE ET RADIOPROTECTION »  
RODOLPHE ANTONI ET LAURENT BOURGOIS, SPRINGER 2012*



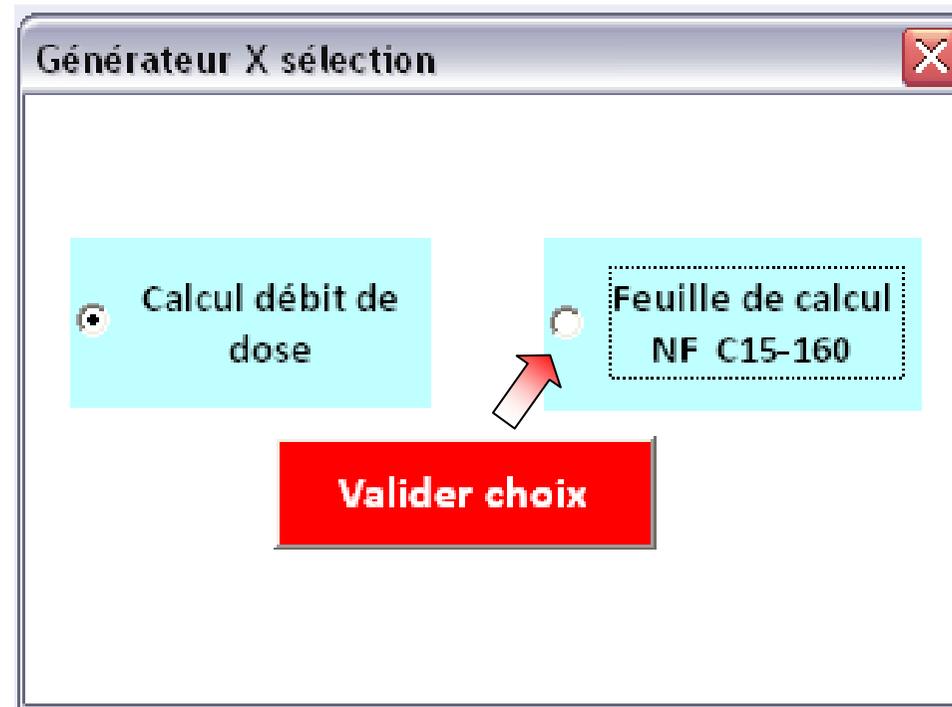
L'écart moyen algébrique est égal à 1 %, et l'écart moyen absolu égal à 12 %.

### COMPARATIF SPECTRE

Des essais ont été réalisés pour confirmer la correspondance spectrale des résultats obtenus avec DOSIMEX-G. Le spectre ci-après a été obtenu pour une simulation de spectre X de 120kV sans filtration et a été confronté à un résultat MCNP.



**OPTION APPLICATION NORME NF C15-160**





Activité & local adjacent | Générateur X | Impact du au rayonnement primaire | Impact du au rayonnement diffusé | Impact du au rayonnement de fuite | Résultats

**edp sciences**

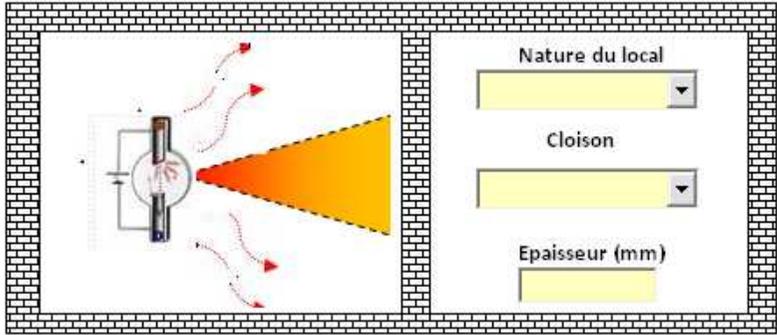
**Activité**

Domaine d'activité

Application

*(valeur indicative NFC 15-160)*

**Caractéristique du local où doit être déterminée la protection**



Nature du local

Cloison

Epaisseur (mm)

**Ecran équiv.**

Local exposé par le rayonnement primaire

Local exposé par le rayonnement diffusé et le rayonnement de fuite

Facteur d'occupation du local  *(valeur indicative NFC 15-160)*

Hmax (mSv/sem)

Activité & local adjacent | Générateur X | Impact du au rayonnement primaire | Impact du au rayonnement diffusé | Impact du au rayonnement de fuite | Résultats

**edp sciences**

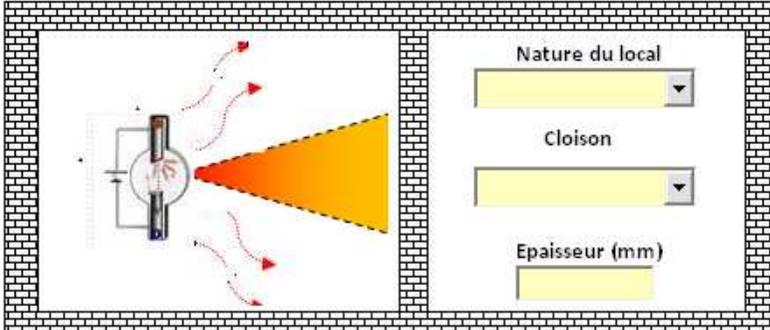
**Activité**

Domaine d'activité

Application  **Medical**  **Vétérinaire**  **Industriel**

*(valeur indicative NFC 15-160)*

**Caractéristique du local où doit être déterminée la protection**



Nature du local

Cloison

Epaisseur (mm)

**Ecran équiv.**

Local exposé par le rayonnement primaire

Local exposé par le rayonnement diffusé et le rayonnement de fuite

Facteur d'occupation du local  *(valeur indicative NFC 15-160)*

Hmax (mSv/sem)

Activité & local adjacent | Générateur X | Impact du au rayonnement primaire | Impact du au rayonnement diffusé | Impact du au rayonnement de fuite | Résultats

edp sciences

**Activité**

Domaine d'activité: **Medical**

Application: **imagerie radiologique générale avec scopie et graphie**

Charge: **imagerie radiologique générale avec scopie et graphie**  
**imagerie radiologique générale avec graphie uniquement**  
**imagerie radiologique pulmonaire seule** (valeur indicative NFC 15-160)  
**imagerie radiologique diagnostique en angiographie et cardiologie**  
**imagerie radiologique au bloc opératoire**  
**imagerie radiologique interventionnelle (hors bloc opératoire)**

**Caractéristique du local**

Nature du local:

Cloison:

Epaisseur (mm):

**Ecran équiv.**

Local exposé par le rayonnement primaire

Local exposé par le rayonnement diffusé et le rayonnement de fuite

Facteur d'occupation du local:  (valeur indicative NFC 15-160)

Hmax (mSv/sem):

Activité

Domaine d'activité

Medical

Application

imagerie radiologique générale avec scopie et graphie

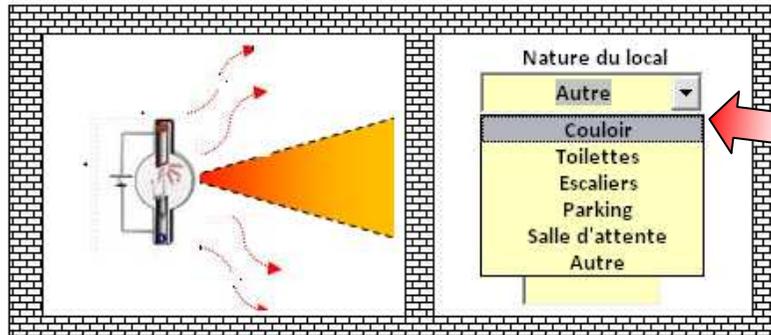
Charge de travail

400

mA.min / Semaine

(valeur indicative NFC 15-160)

Caractéristique du local où doit être déterminée la protection



Nature du local

Autre

Couloir

Toilettes

Escaliers

Parking

Salle d'attente

Autre

Ecran equiv.

Local exposé par le rayonnement primaire

Local exposé par le rayonnement diffusé et le rayonnement de fuite

Facteur d'occupation du local

1

(valeur indicative NFC 15-160)

Hmax (mSv/sem)

Activité & local adjacent | Générateur X | Impact du au rayonnement primaire | Impact du au rayonnement diffusé | Impact du au rayonnement de fuite | Résultats

edp sciences

Activité

Domaine d'activité

Medical

Application

imagerie radiologique générale avec scopie et graphie

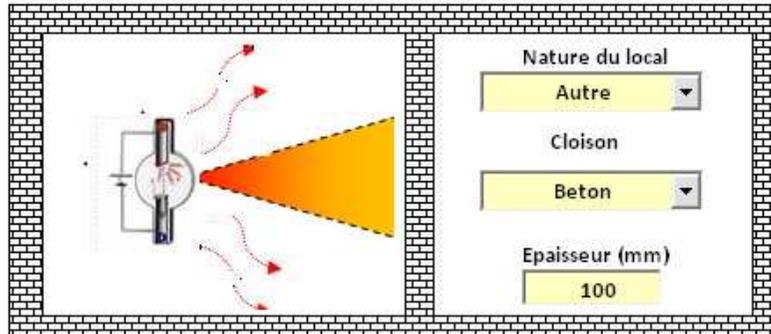
Charge de travail

400

mA.min / Semaine

(valeur indicative NFC 15-160)

Caractéristique du local où doit être déterminée la protection



Ecran équiv.

Local exposé par le rayonnement primaire

Local exposé par le rayonnement diffusé et le rayonnement de fuite

Facteur d'occupation du local

1

(valeur indicative NFC 15-160)

Hmax (mSv/sem)

0,02

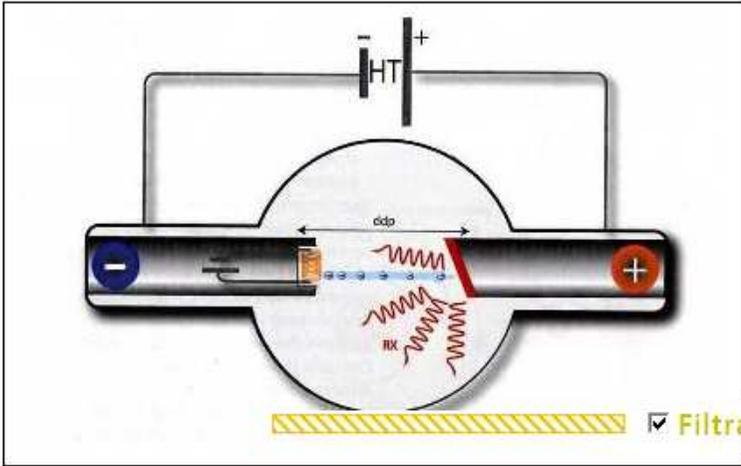




Activité & local adjacent | **Générateur X** | Impact du au rayonnement primaire | Impact du au rayonnement diffusé | Impact du au rayonnement de fuite | Résultats

**Alimentation**

HT utilisation (kV)  HTnominal (kV)  *HT utilisation < HT nominal impacte le facteur f (rayonnement de fuite) voir fig. 7 NF c15-160* kV



**Filtration inhérente**

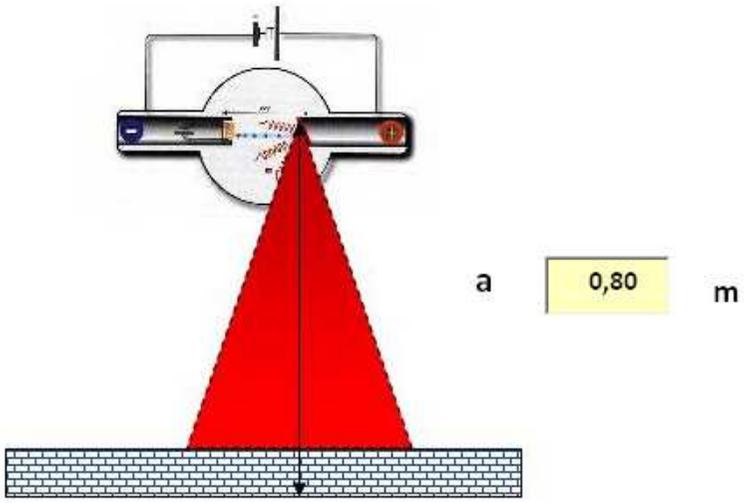
Nature

Epaisseur  mm



Activité & local adjacent | Générateur X | Impact du au rayonnement primaire | Impact du au rayonnement diffusé | Impact du au rayonnement de fuite | Résultats

edp sciences

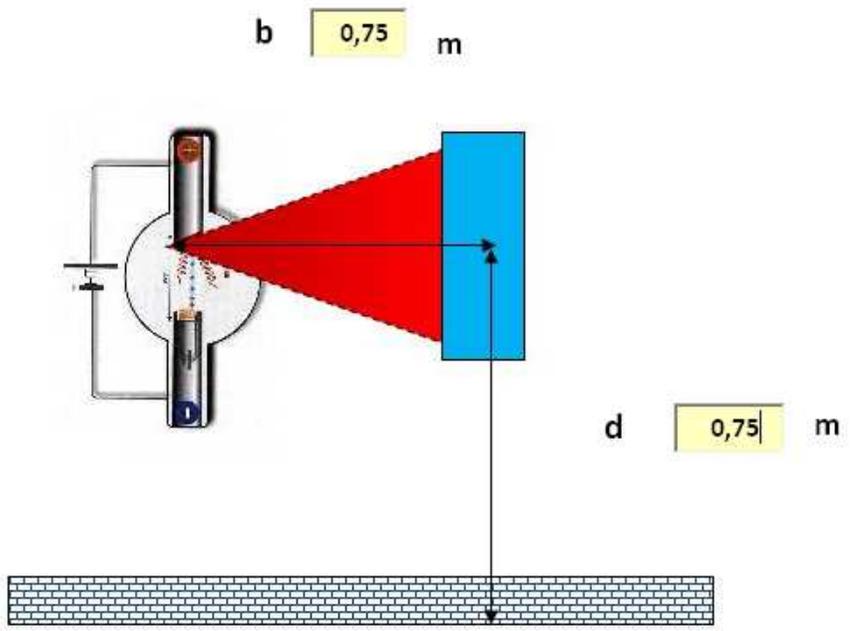


a 0,80 m



Activité & local adjacent | Générateur X | Impact du au rayonnement primaire | Impact du au rayonnement diffusé | Impact du au rayonnement de fuite | Résultats

edp sciences



b 0,75 m

d 0,75 m



Activité & local adjacent | Générateur X | Impact du au rayonnement primaire | Impact du au rayonnement diffusé | Impact du au rayonnement de fuite | Résultats

edp sciences

**Q : produit intensité.temps maximal par heure de fonctionnement (mA.min.h-1)**

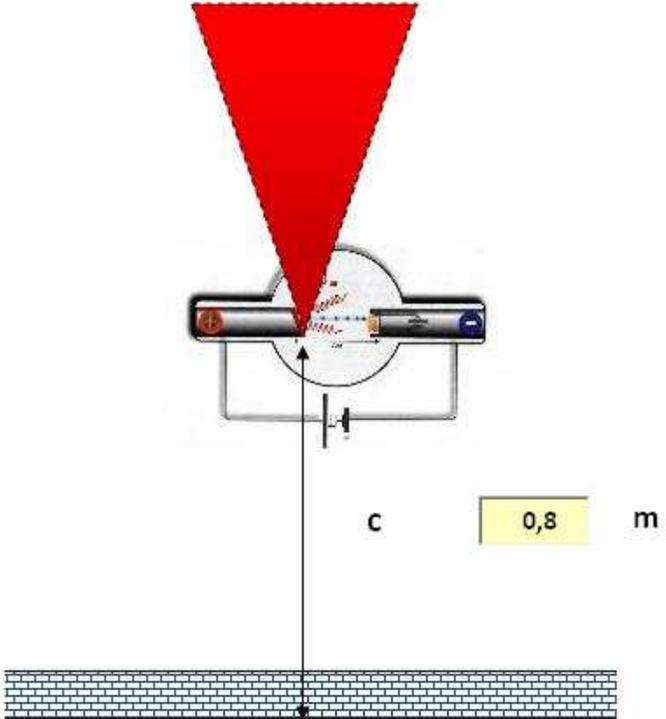
**180**

*(valeur indicative NF C 15-160 §4.2.6.1)*

**Cg : Débit d'équivalent de dose à 1 m pour le rayonnement de fuite (mSv.m2.h-1)**

**1**

*(valeur indicative NF C 15-160 §4.2.6.2)*



The diagram shows a detector assembly consisting of a central tube with two side tubes, connected to a circuit. A red cone of radiation originates from the central tube. A vertical line labeled 'c' indicates a distance of 0.8 m from the detector to a brick wall below.



Activité & local adjacent | Générateur X | Impact du au rayonnement primaire | Impact du au rayonnement diffusé | Impact du au rayonnement de fuite | Résultats

edp sciences

Secteur d'activité :	-	Calcul effectué par :	DOSIMEX		
Domaine :	-	Date :	24/02/2014 13:12:37		
Appareil :	Appareil				
HT utilisée (kV) :	100 kV	Local adjacent :	-		
Filtration :	-	T occupation :	-		
$\Gamma_R$ (mGy.m2/min/mA) :	-	Paroi :	-	Equivalent Pb	
Largeur Faisceau l (cm) :	-	Epaisseur (mm) :	-	-	
W (mA.min/sem) :	-	Hmax (mSv/sem) :	-	-	

Rayonnement primaire	R		a		Hp×T (mSv/sem)	Fp	Xpb
	1	-	-	-	-	-	-
Rayonnement diffusé	k (m2)	b	d		Hs×T (mSv/sem)	Fs	Xpb
	-	-	-	-	-	-	-
Rayonnement de fuite	f	c	Q	Cg	Hg×T (mSv/sem)	Fg	Xpb
	0,55	-	-	-	-	-	-
Epaisseur équivalente de protection de plomb calculée (mm)							-
Epaisseur équivalente de protection de plomb à ajouter (mm)							-

Modèle de calcul

NF C15-160 (03-2011)

Methode alternative\*

Dosimex

**Lancer calcul**

**Imprimer les résultats**

*Déclarer une imprimante par défaut*

Activité & local adjacent | Générateur X | Impact du au rayonnement primaire | Impact du au rayonnement diffusé | Impact du au rayonnement de fuite | Résultats

edp sciences

Secteur d'activité :	-	Calcul effectué par :	DOSIMEX		
Domaine :	-	Date :	24/02/2014 13:12:37		
Appareil :	Appareil				
HT utilisée (kV) :	100 kV	Local adjacent :	-		
Filtration :	-	T occupation :	-		
$\Gamma_R$ (mGy.m2/min/mA) :	-	Paroi :	-	Equivalent Pb	
Largeur Faisceau l (cm) :	-	Epaisseur (mm) :	-	-	
W (mA.min/sem) :	-	Hmax (mSv/sem) :	-	-	

Rayonnement primaire	R		a		Hp×T (mSv/sem)	Fp	Xpb
	1		-		-	-	-
Rayonnement diffusé	k (m2)	b	d		Hs×T (mSv/sem)	Fs	Xpb
	-	-	-		-	-	-
Rayonnement de fuite	f	c	Q	Cg	Hg×T (mSv/sem)	Fg	Xpb
	0,55	-	-	-	-	-	-
Epaisseur équivalente de protection de plomb calculée (mm)							-
Epaisseur équivalente de protection de plomb à ajouter (mm)							-

Modèle de calcul

NF C15-160 (03-2011)

Methode alternative\*

Dosimex

**Lancer calcul**

**Imprimer les résultats**

Déclarer une imprimante par défaut

Activité & local adjacent | Générateur X | Impact du au rayonnement primaire | Impact du au rayonnement diffusé | Impact du au rayonnement de fuite | Résultats

edp sciences

Secteur d'activité :	Medical	Calcul effectué par :	DOSIMEX		
Domaine :	imagerie radiologique générale	Date :	24/02/2014 13:12:37		
Appareil :	Appareil SFRP				
HT utilisée (kV) :	100	Local adjacent :	Autre		
Filtration :	Aluminium 2mm	T occupation :	1		
$\Gamma_R$ (mGy.m2/min/mA) :	8,91E+00	Paroi :	Beton	Equivalent Pb	
Largeur Faisceau l (cm) :		Epaisseur (mm) :	100	1	
W (mA.min/sem) :	400	Hmax (mSv/sem) :	0,02		

Rayonnement	R		a		Hp×T (mSv/sem)	Fp	Xpb
Rayonnement primaire	1		0,80		5,57E+03	2,79E+05	4,2
Rayonnement diffusé	k (m2)	b	d		Hs×T (mSv/sem)	Fs	Xpb
	0,0022	0,75	0,75		2,48E+01	1,24E+03	1,9
Rayonnement de fuite	f	c	Q	Cg	Hg×T (mSv/sem)	Fg	Xpb
	0,55	0,8	180	1	1,91E+00	9,55E+01	1,65
Epaisseur équivalente de protection de plomb calculée (mm)							4,2
Epaisseur équivalente de protection de plomb à ajouter (mm)							3,2

Modèle de calcul

NF C15-160 (03-2011)

Methode alternative\*

Dosimex

**Lancer calcul**

*Imprimer les résultats*

*Déclarer une imprimante par défaut*

Activité & local adjacent | Générateur X | Impact du au rayonnement primaire | Impact du au rayonnement diffusé | Impact du au rayonnement de fuite | Résultats

edp sciences

Secteur d'activité :	Medical	Calcul effectué par :	DOSIMEX		
Domaine :	imagerie radiologique générale	Date :	24/02/2014 13:12:37		
Appareil :	Appareil SFRP				
HT utilisée (kV) :	100	Local adjacent :	Autre		
Filtration :	Aluminium 2mm	T.occupation :	1		
$\Gamma_R$ (mGy.m2/min/mA) :	<b>RESULTATS STRICTEMENT CONFORME AUX RESULTATS DE LA NORME</b>				
Largeur Faisceau l (cm) :					
W (mA.min/sem) :					

Rayonnement primaire	R 1		a 0,80		Hp×T (mSv/sem) 5,57E+03	Fp 2,79E+05	Xpb 4,2
Rayonnement diffusé	k (m2) 0,0022	b 0,75	d 0,75		Hs×T (mSv/sem) 2,48E+01	Fs 1,24E+03	Xpb 1,9
Rayonnement de fuite	f 0,55	c 0,8	Q 180	Cg 1	Hg×T (mSv/sem) 1,91E+00	Fg 9,55E+01	Xpb 1,65
Epaisseur équivalente de protection de plomb calculée (mm)							4,2
Epaisseur équivalente de protection de plomb à ajouter (mm)							3,2

Modèle de calcul

NF C15-160 (03-2011)

Methode alternative\*

Dosimex

**Lancer calcul**

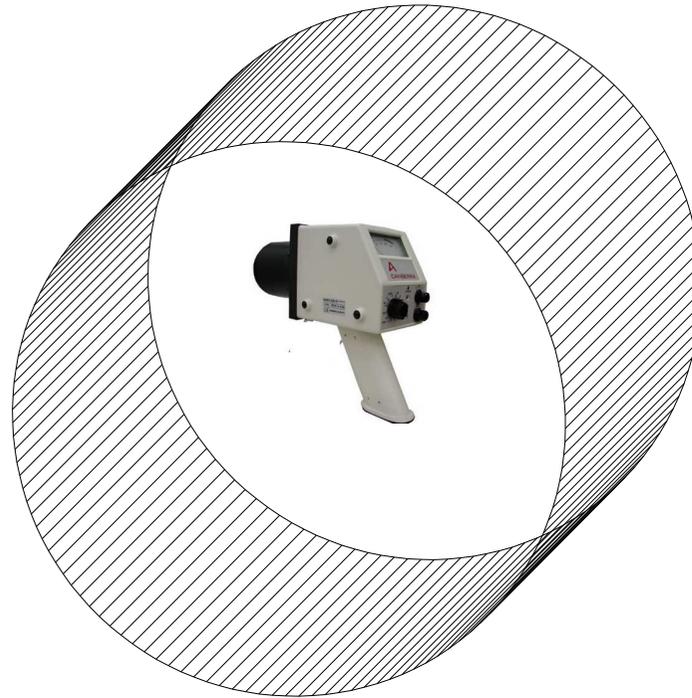
*Imprimer les résultats*

*Déclarer une imprimante par défaut*

**LES PROCHAINES EVOLUTIONS DE DOSIMEX –G, TOUJOURS EN FONCTION DES DEMANDES UTILISATEURS :**

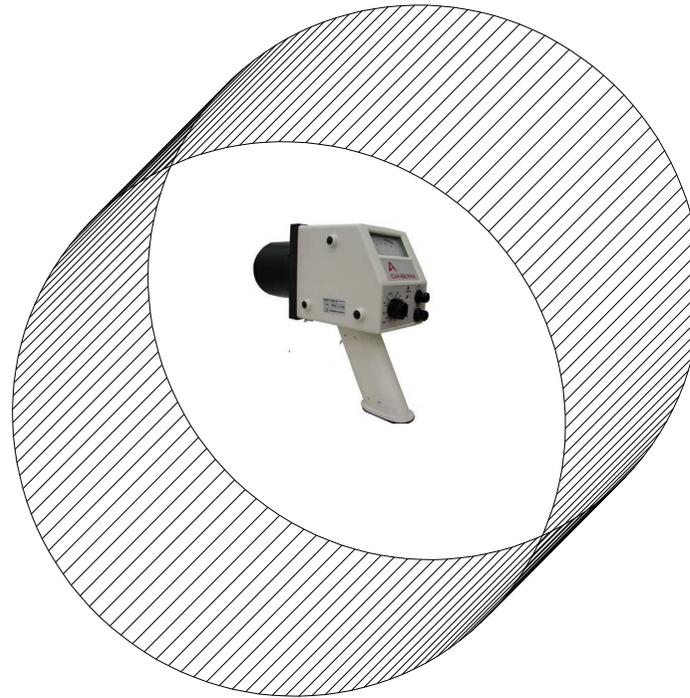
## LES PROCHAINES EVOLUTIONS DE DOSIMEX –G, TOUJOURS EN FONCTION DES DEMANDES UTILISATEURS :

- **SOURCE GAMMA : CALCUL DANS UN VOLUME AVEC DES SURFACES CONTAMINEES**



## LES PROCHAINES EVOLUTIONS DE DOSIMEX –G, TOUJOURS EN FONCTION DES DEMANDES UTILISATEURS :

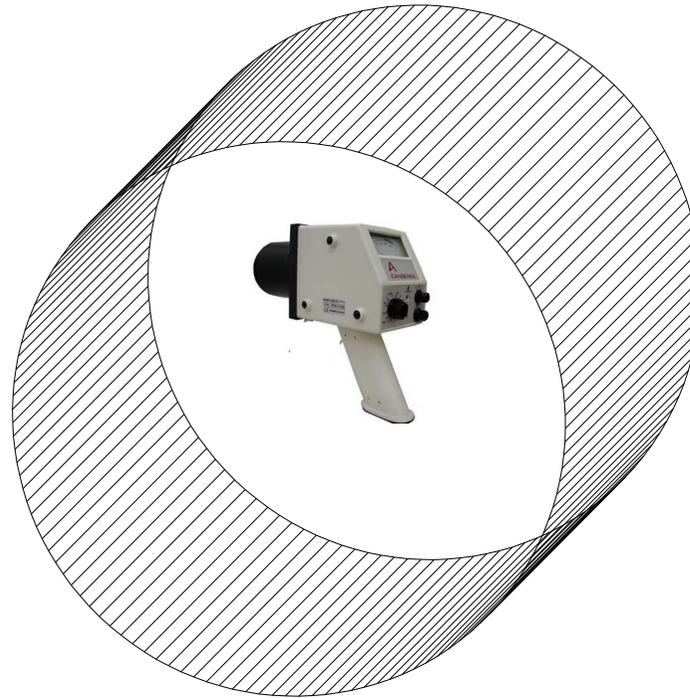
- **SOURCE GAMMA : CALCUL DANS UN VOLUME AVEC DES SURFACES CONTAMINEES**



- **CALCUL ACTIVITE VS DOSE**

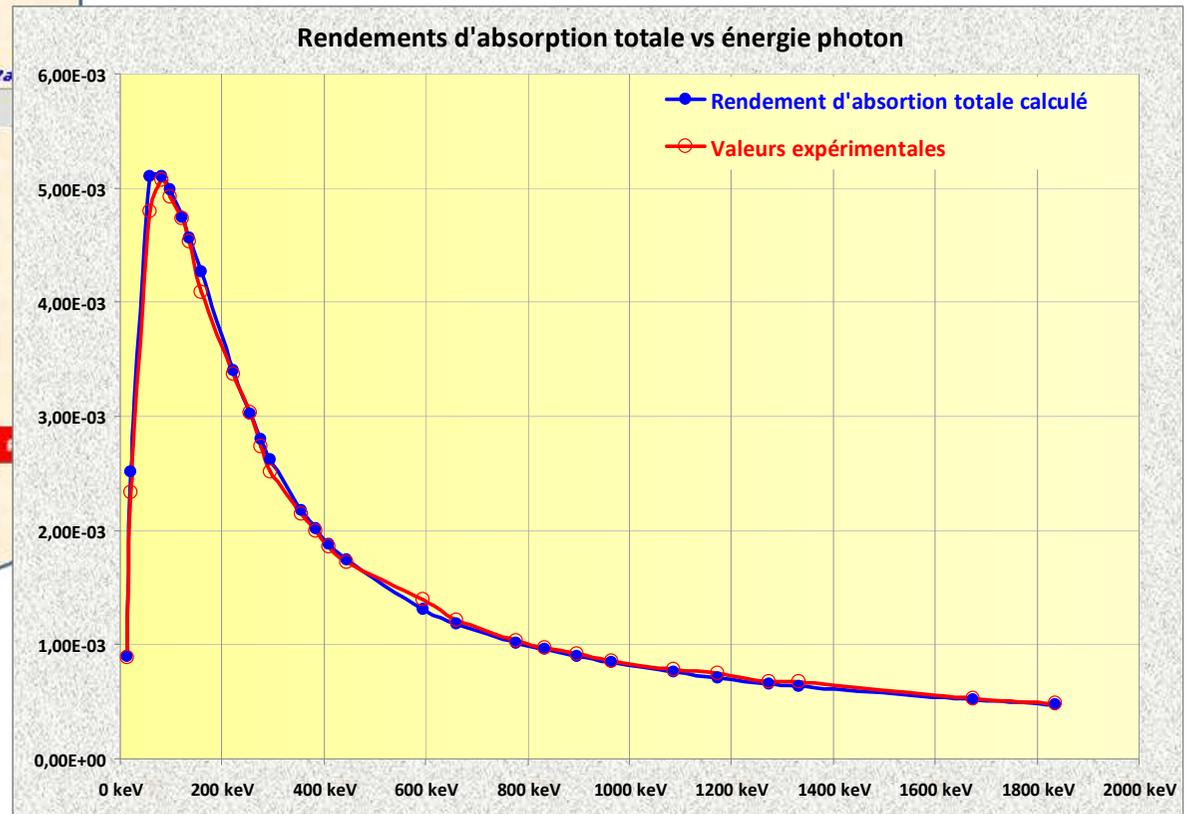
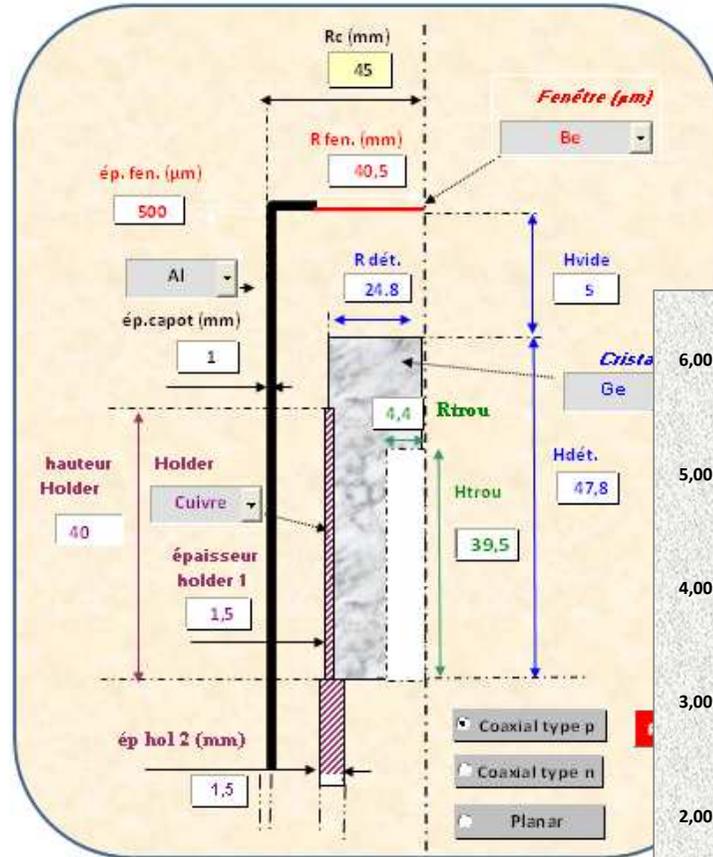
## LES PROCHAINES EVOLUTIONS DE DOSIMEX –G, TOUJOURS EN FONCTION DES DEMANDES UTILISATEURS :

- **SOURCE GAMMA : CALCUL DANS UN VOLUME AVEC DES SURFACES CONTAMINEES**



- **CALCUL ACTIVITE VS DOSE**
- **GENERATEUR X :CHOIX ANODE + REGLAGE ANGLE**

## ET DEJA DISPONIBLE EN VERSION D'ESSAI : LE CODE TAGE (TOTAL ABSORPTION GAMMA EFFICIENCY)



***MERCI DE VOTRE ATTENTION***