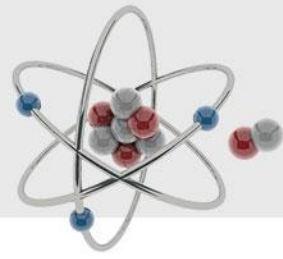




Prospection Radionucléaire

Dr. S.E. BENTRIDI

Plan du Cours



Méthode de Prospection Nucléaire

Chapitre 1: Principes de radioactivité et rayonnements nucléaires.

Chapitre 2: La radioactivité dans les formations géologiques

Chapitre 3: Instrumentation en radionucléaire

Chapitre 4: Recherche et prospection radionucléaire

Bibliographie:

- *W.M. Telford, L.P. Geldart, R.E. Sheriff, "Applied Geophysics", 2nd Edition, Cambridge University Press, 2014. Chapter 10: Radioactivity Method.*

- *Michael Dentith, Stephen T. Mudge, "Geophysics for the mineral exploration geoscientist", Cambridge University Press, 2nd Ed. 2014, Chapter 4: Radiometric method*

III. L'instrumentation en radionucléaire.

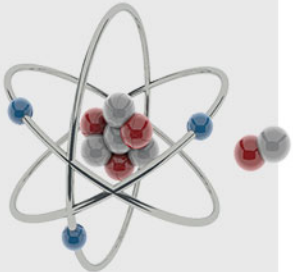
- Interaction rayonnements-matière.

□ Rayonnements Corpusculaires:

- Rayonnements β : e^- ; e^+
- Rayonnements α : ${}^4_2\text{He}$
- Rayonnements neutroniques: n ($q = 0$)

□ Rayonnements électromagnétiques:

- Rayonnements X (origine atomique)
- Rayonnements γ (origine nucléaire)

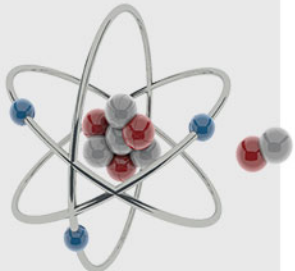


III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Interaction rayonnements-matière.

□ Section efficace d'interaction

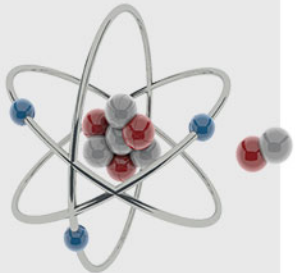
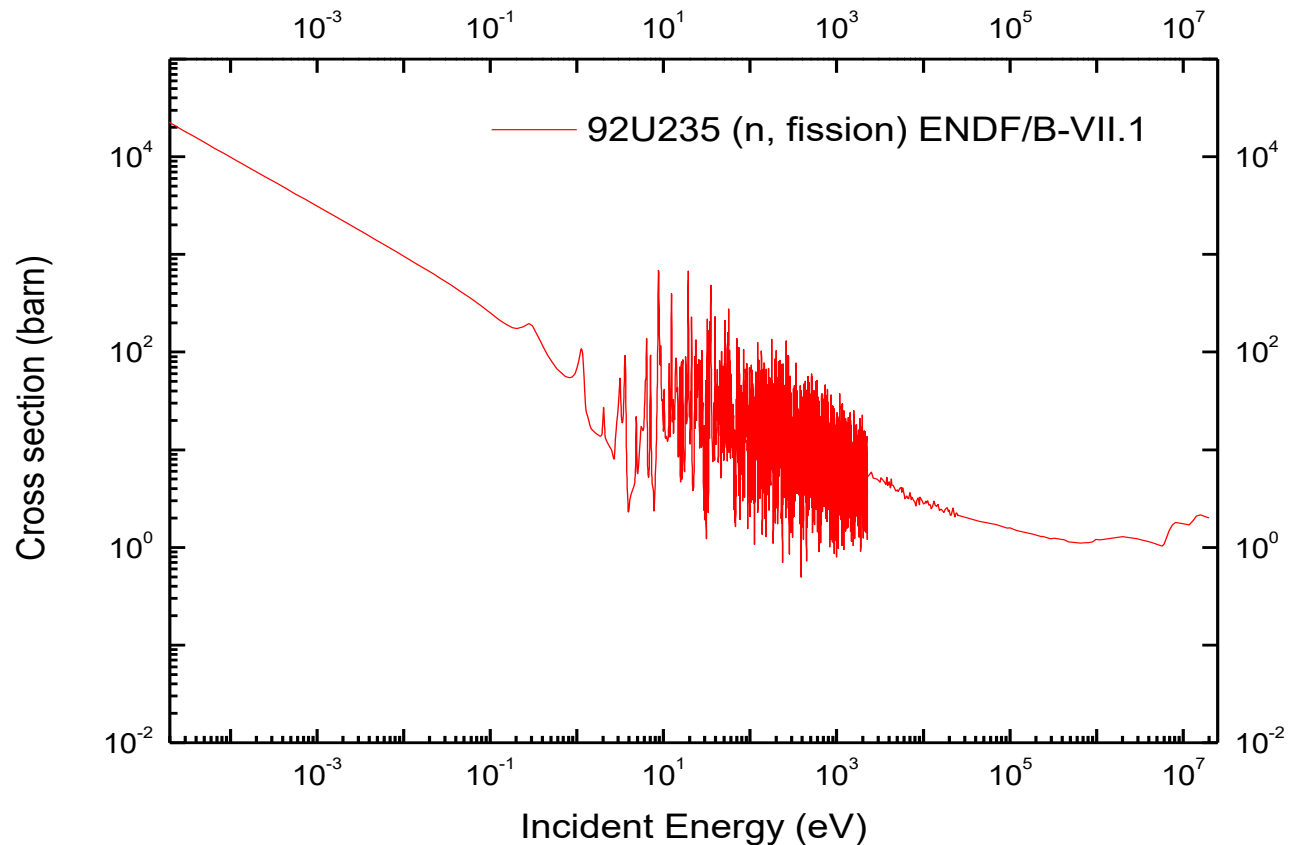
- Paramètre physique $\equiv f(Rayt, E_{inc}, Cible, interaction)$
- Section efficace microscopique: σ_i
- Section efficace macroscopique: $\Sigma_i = N \cdot \sigma_i$
- Section efficace micro. totale: $\sigma_{TOT} = \sum_i \sigma_i$
- Section efficace macro. Totale: $\Sigma_{TOT} = \sum_i f_i \cdot \Sigma_i$
- Unité: 1 barn = $10^{-24} cm^2$

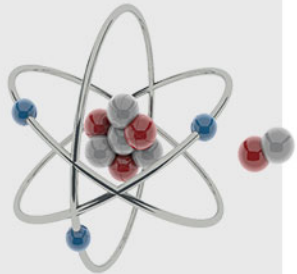


III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Interaction rayonnements-matière.

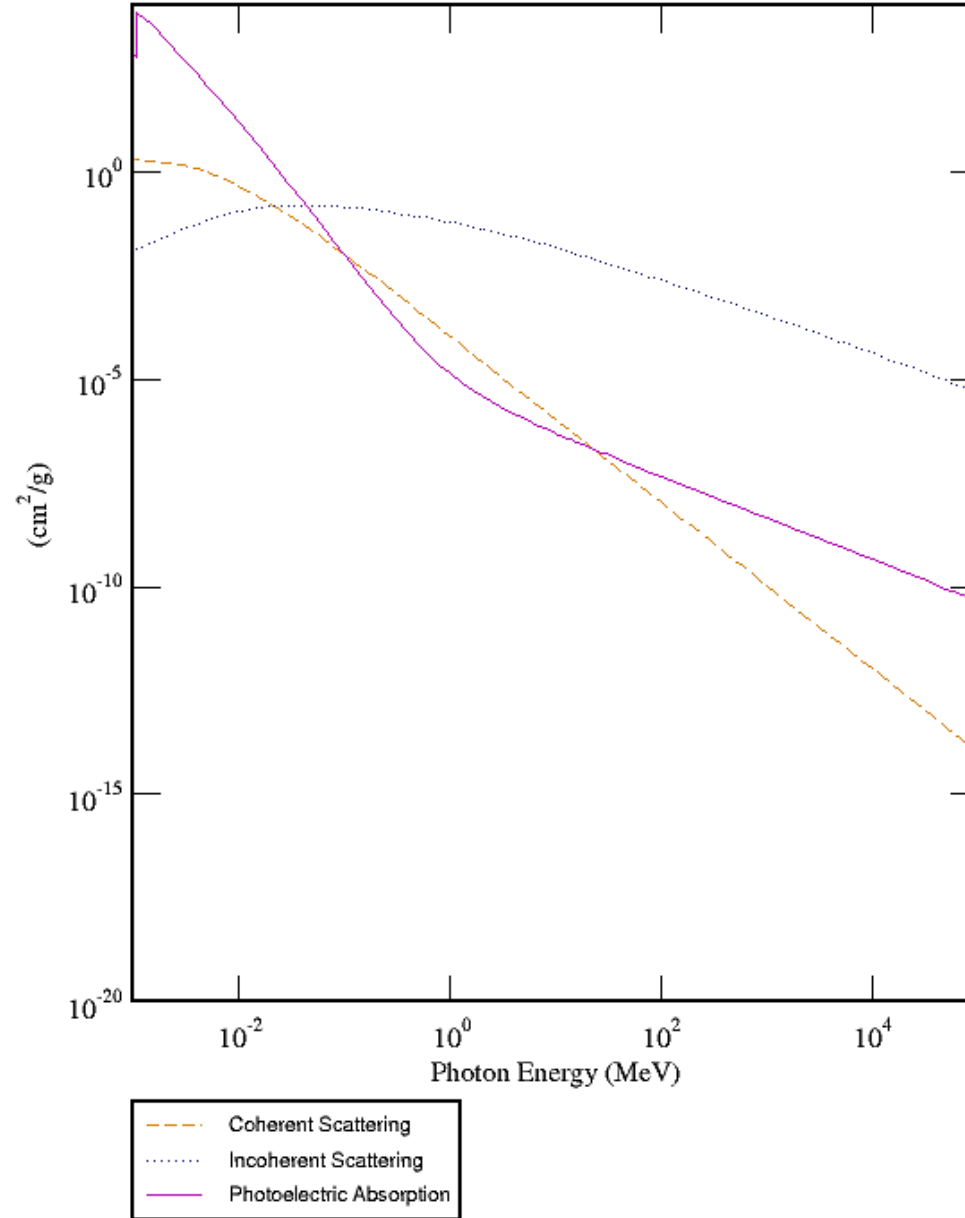
□ Section efficace d'interaction

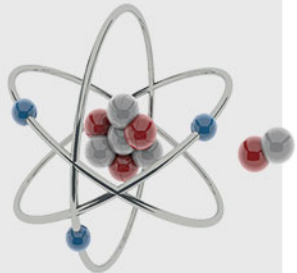




☐ Section efficace d'interaction

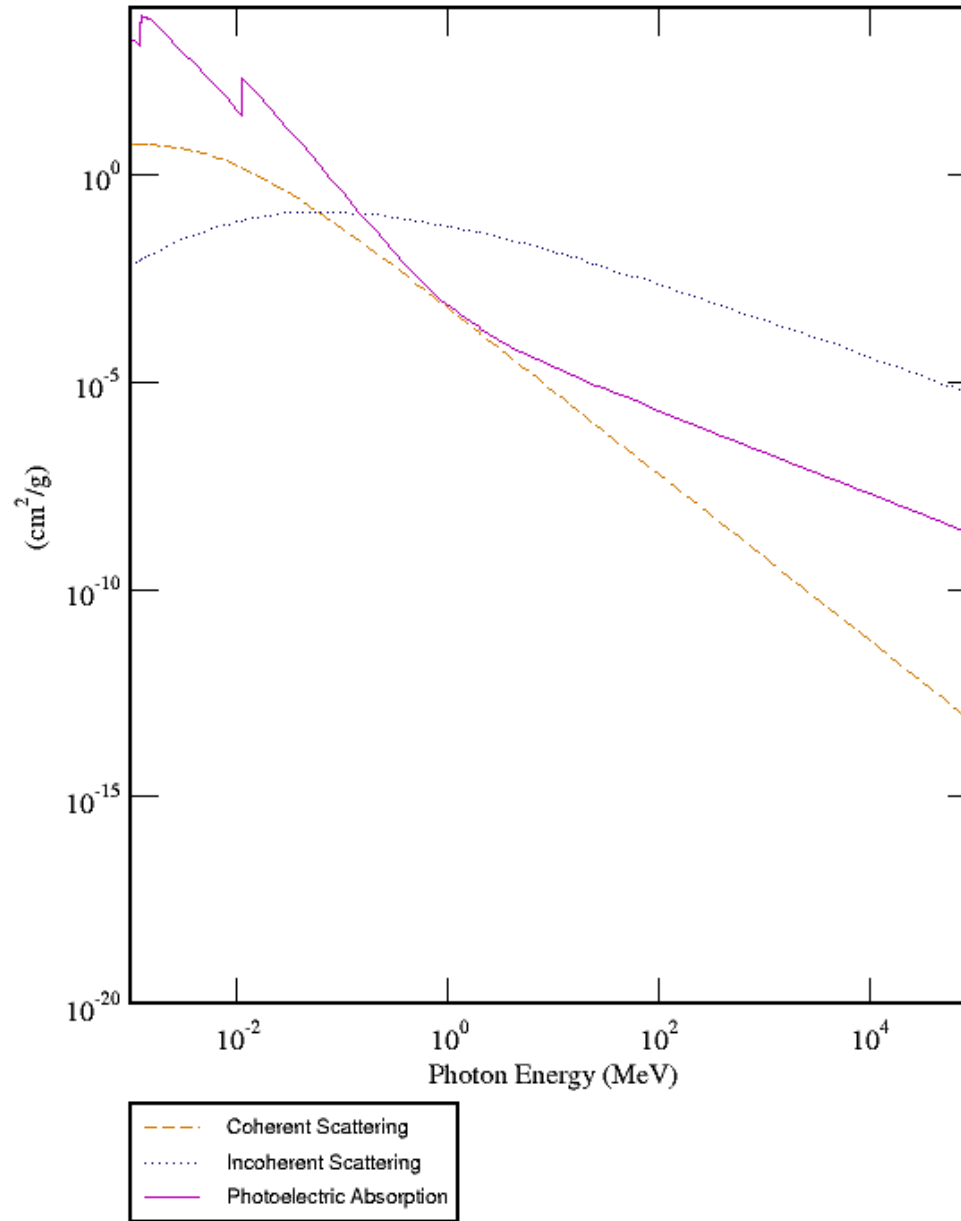
Sodium

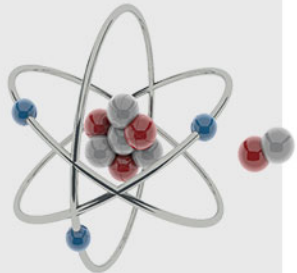




☐ Section efficace d'interaction

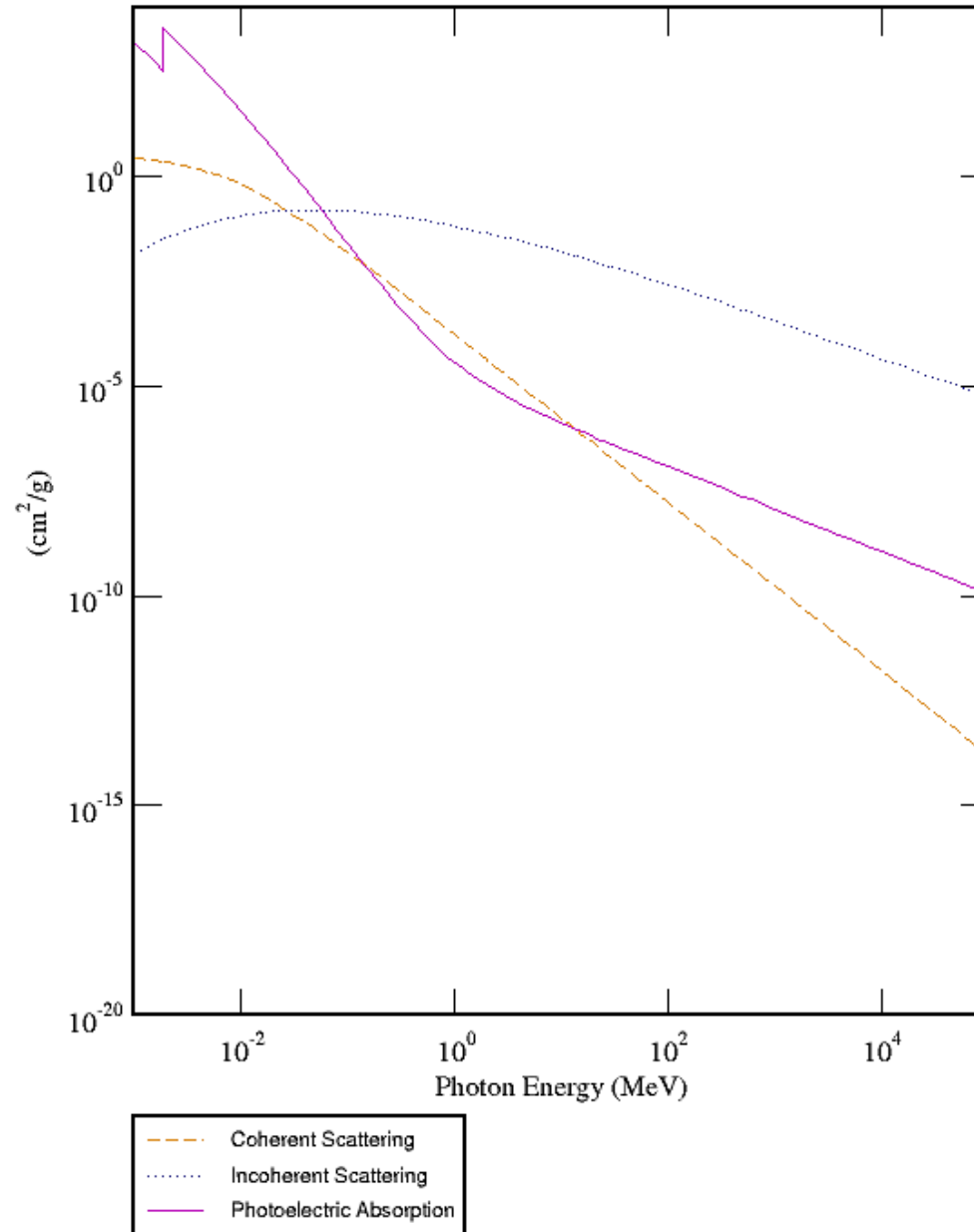
Germanium





☐ Section efficace d'interaction

Silicon



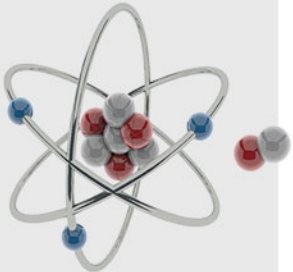
III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Interaction Photon-Matière.

A. Interaction élémentaire:

➤ Interaction photon-électron (Plus probable)

- ❑ Effet Photo-électrique: $h\nu = E_e + W_i$: photon transmet la totalité de son énergie et disparaît
- ❑ Effet Compton: $h\nu = E_e + h\nu'$: photon transmet une partie de son énergie et il est diffusé
- ❑ Diffusion Thomson-Rayleigh: photon dévié par un électron sans perte d'énergie
- ❑ Photon transmis sans perte d'énergie: aucune interaction



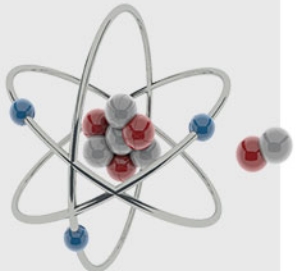
III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Interaction Photon-Matière.

A. Interaction élémentaire:

➤ Interaction photon-noyau (moins probable)

- ❑ Matérialisation (Création de paire): $h\nu = 2m_e c^2 + E_{e^-} + E_{e^+}$
- ❑ Réaction photo-nucléaire: le photon interagit avec le noyau et peut donner lieu à un noyau excité → désexcitation



III. L'instrumentation en radionucléaire.

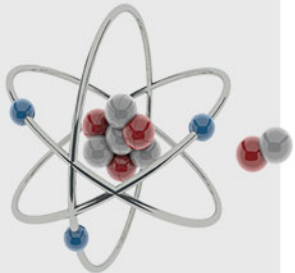
- Interaction Photon-Matière.

A. Interaction élémentaire:

- **Diffusion Thomson-Rayleigh: photon dévié par un électron sans perte d'énergie**

Diffusion élastique du photon incident sans transmission d'énergie au milieu traversé. $h\nu \in [10, 100eV]$ ($12.3 < \lambda < 123nm$) sur un électron très lié.

Il permet d'expliquer la couleur du ciel, dispersion de la lumière.

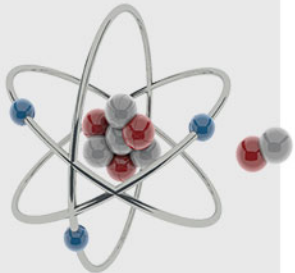
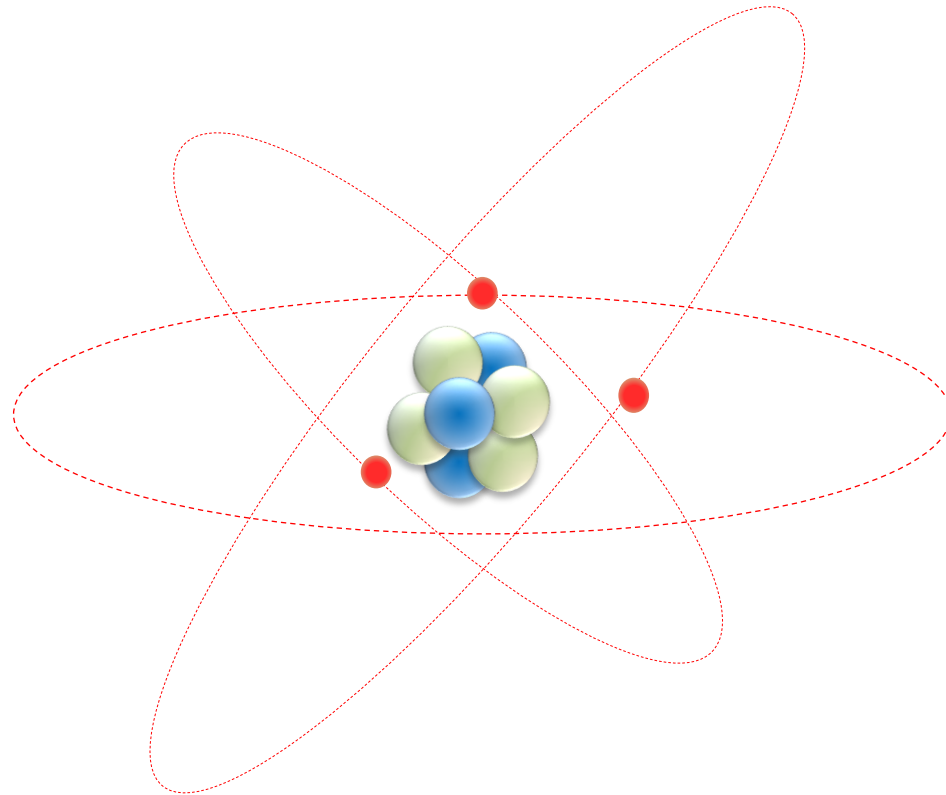


III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Interaction Photon-Matière.

A. Interaction élémentaire:

➤ Effet photo-électrique:



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Interaction Photon-Matière.

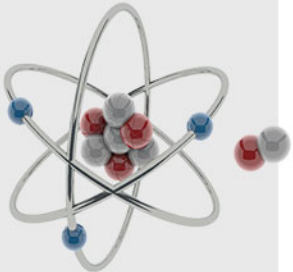
A. Interaction élémentaire:

➤ Effet photo-électrique:

Lorsqu'un photon entre en collision avec les électrons internes d'un atome et il **disparaît** suite à cette collision. Le photon disparaît suite à cette collision et il doit avoir au moins une énergie supérieure ou égale à l'énergie qui lie l'électron à son atome:

$$h\nu = E_e + W_i \rightarrow E_e = h\nu - W_i$$

L'atome ainsi ionisé, va subir une réorganisation en cascade du cortège électronique de l'atome (combler le vide): émission de photon (Fluorescence) ou expulsion d'un électron d'une couche plus périphérique (électron-Auger)

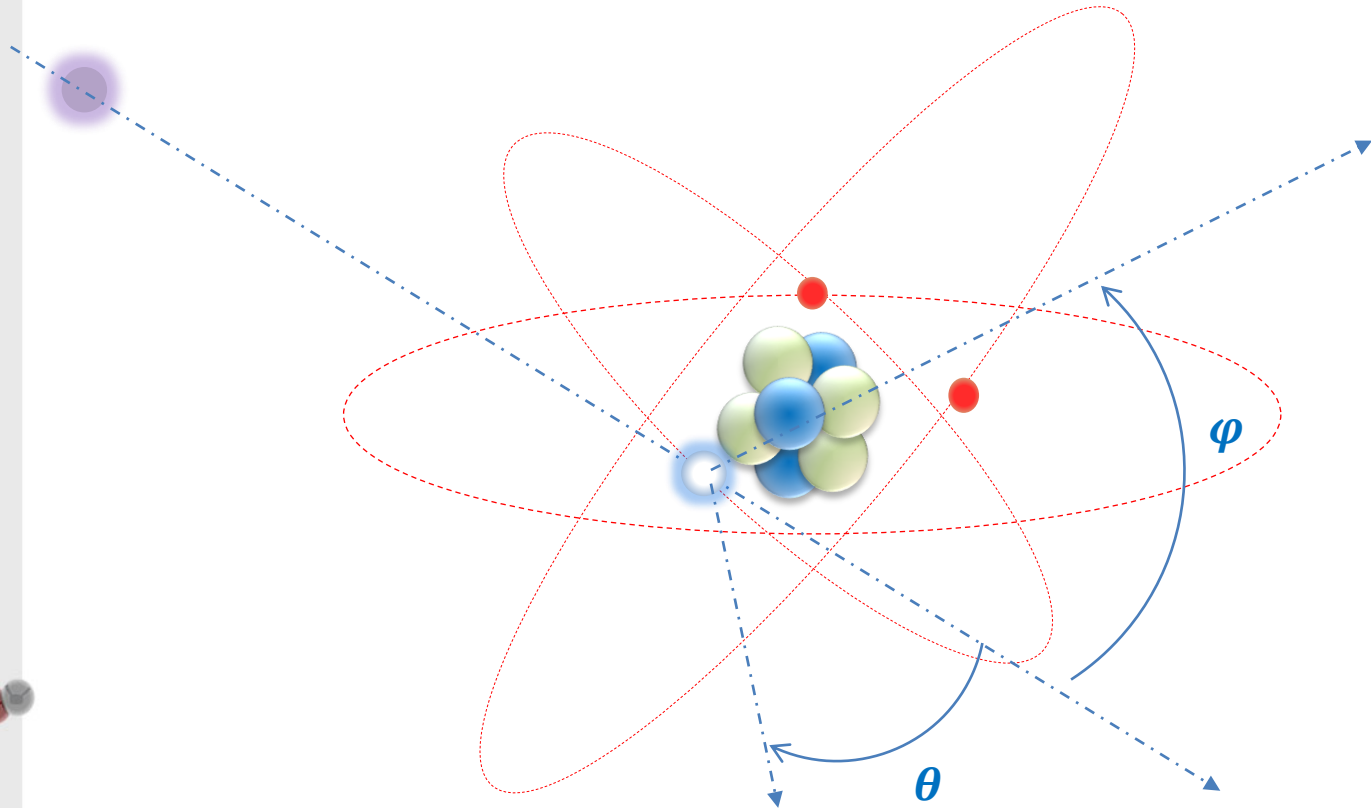


III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Interaction Photon-Matière.

A. Interaction élémentaire:

➤ Effet Compton:



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Interaction Photon-Matière.

A. Interaction élémentaire:

➤ Effet Compton:

Lorsqu'un photon entre en collision avec les électrons quasi-libre (couches externes) d'un atome et il **diffusé** suite à cette collision.

Le photon cède une partie de son énergie à l'électron:

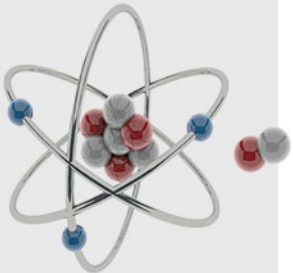
$$h\nu = E_e + h\nu' \rightarrow E_e = h\nu - h\nu'$$

❑ Pour des photons de faible énergie ($< 0.5\text{MeV}$) : $E_e = h\nu - h\nu' \ll$

❑ Pour des photons de forte énergie ($>2\text{MeV}$) : $E_e = h\nu - h\nu' \gg$

$$h\nu' = \frac{h\nu}{1 + \alpha(1 - \cos \theta)}; \alpha = \frac{h\nu}{m_e c^2}$$

$$E_e = \frac{2\alpha h\nu}{1 - 2\alpha + (1 + \alpha)^2 \tan^2 \varphi}$$



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Interaction Photon-Matière.

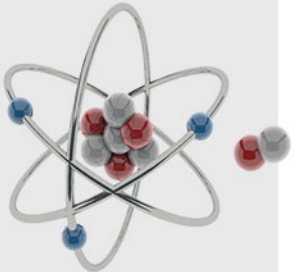
A. Interaction élémentaire:

➤ Production de paires d'électrons:

Lorsqu'un photon qui se trouve à la proximité d'un noyau, avec une énergie minimale de $1.022MeV$, il peut se matérialiser en deux particules: électron et positron (électron positif)

➤ Les réactions photo-nucléaires:

Elles mettent en jeu des énergies de photons importantes. Ce sont des réactions du types (γ, n) ou (γ, p) ou de photofission.



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Interaction Photon-Matière.

➤ Exercice sur l'Effet Compton:

Connaissant l'expression de l'énergie du photon Compton diffusé:

$$h\nu' = \frac{h\nu}{1 + \alpha(1 - \cos \theta)}; \alpha = \frac{h\nu}{m_e c^2}$$

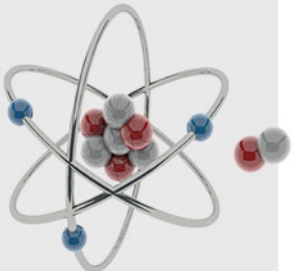
1- Calculer le rapport d'énergie minimal et maximal de ce photon diffusé par rapport au photon incident.

2- Estimer ces rapports pour des photons incidents de :

$$0.5 - 1.0 - 1.25 - 1.50 - 1.75 - 2 - 2.25 - 2.5 \text{ [MeV]}$$

3- Déduire la perte d'énergie maximale dans ce cas pour le photon incident.

4- Refaire le même calcul pour une diffusion sur les angles 15° et 75° .



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Interaction Photon-Matière.

➤ Exercice sur l'Effet Compton:

Connaissant l'expression de l'énergie du photon Compton diffusé:

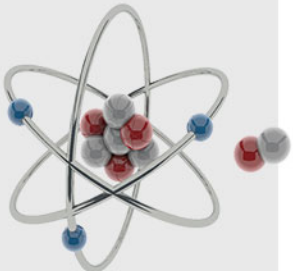
$$hv' = \frac{hv}{1 + \alpha(1 - \cos \theta)}; \alpha = \frac{hv}{m_e c^2}$$

1- Calculer le rapport d'énergie minimal et maximal de ce photon diffusé par rapport au photon incident de 1MeV.

Réponse:

$$\left(\frac{hv'}{hv}\right)_{min} = \left(\frac{1}{1 + \alpha(1 - \cos \theta)}\right)_{min} = \frac{1}{(1 + \alpha(1 - \cos \theta))_{max}} = \frac{1}{1 + 2\alpha}$$

$$\left(\frac{hv'}{hv}\right)_{max} = \left(\frac{1}{1 + \alpha(1 - \cos \theta)}\right)_{max} = \frac{1}{(1 + \alpha(1 - \cos \theta))_{min}} = 1$$



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Interaction Photon-Matière.

➤ Exercice sur l'Effet Compton:

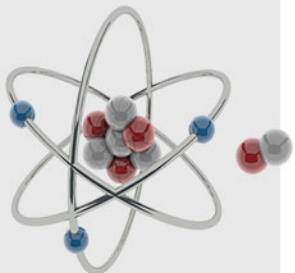
2- Estimer ces rapports pour des photons incidents de :

0.5 – 1.0 – 1.25 – 1.50 – 1.75 – 2 – 2.25 – 2.5 [MeV]

3- Déduire la perte d'énergie maximale dans ce cas pour le photon incident.

Réponse: il s'agit de photon de rétrodiffusion (diffusion vers l'arrière)

$h\nu$ [MeV]	0.5	1.0	1.25	1.50	1.75	2.0	2.25	2.5
α	0.98	1.95	2.45	2.94	3.42	3.91	4.40	4.90
$\left(\frac{h\nu'}{h\nu}\right)_{min}$	0.338	0.204	0.169	0.145	0.128	0.113	0.102	0.093
$\Delta h\nu$ $= h\nu - h\nu'$	0.33	0.80	1.04	1.28	1.53	1.77	2.02	2.27



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Interaction Photon-Matière.

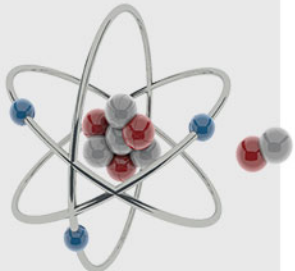
➤ Exercice sur l'Effet Compton:

4- Refaire le même calcul pour une diffusion sur les angles 15° et 75°.

Réponse:

Diffusion sur un angle de 15°: $\cos(15^\circ) = 0.966$

$h\nu$ [MeV]	0.5	1.0	1.25	1.50	1.75	2.0	2.25	2.5
α	0.98	1.95	2.45	2.94	3.42	3.91	4.40	4.90
$\left(\frac{h\nu'}{h\nu}\right)$	0.968	0.938	0.923	0.909	0.896	0.883	0.870	0.857
$\Delta h\nu$ $= h\nu - h\nu'$	0.02	0.06	0.10	0.14	0.18	0.23	0.29	0.36



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Interaction Photon-Matière.

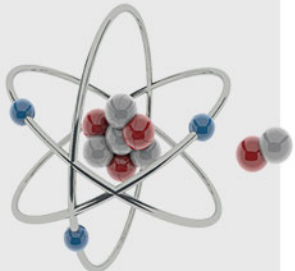
➤ Exercice sur l'Effet Compton:

4- Refaire le même calcul pour une diffusion sur les angles 15° et 75°.

Réponse:

Diffusion sur un angle de 15°: $\cos(75^\circ) = 0.26$

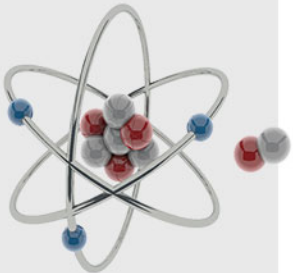
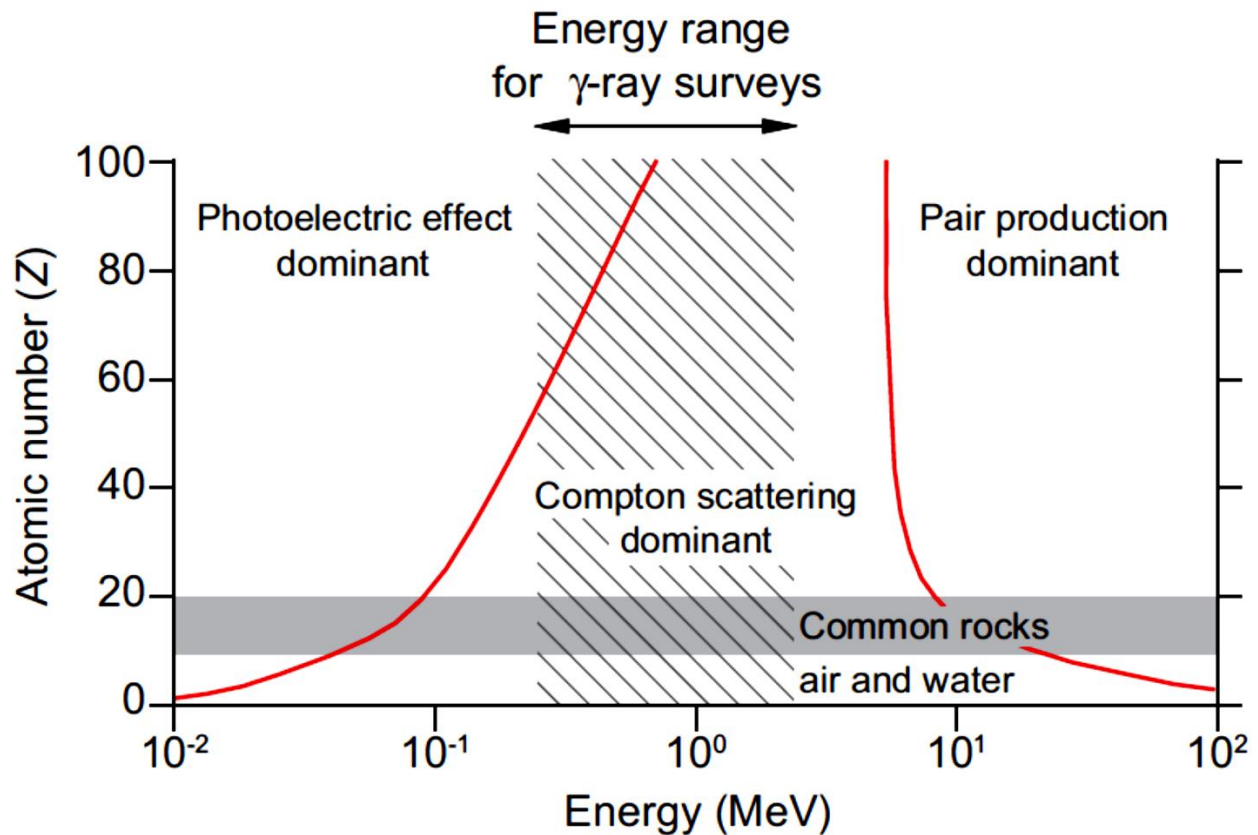
$h\nu$ [MeV]	0.5	1.0	1.25	1.50	1.75	2.0	2.25	2.5
α	0.98	1.95	2.45	2.94	3.42	3.91	4.40	4.90
$\left(\frac{h\nu'}{h\nu}\right)$	0.580	0.409	0.355	0.315	0.283	0.257	0.235	0.216
$\Delta h\nu$ $= h\nu - h\nu'$	0.21	0.59	0.81	1.03	1.25	1.49	1.72	1.96



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Interaction rayonnements-matière.

$$\sigma_{TOT} = \sigma_{PE} + \sigma_C + \sigma_{CP}$$



III. L'instrumentation en radionucléaire.

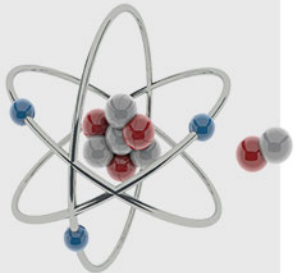
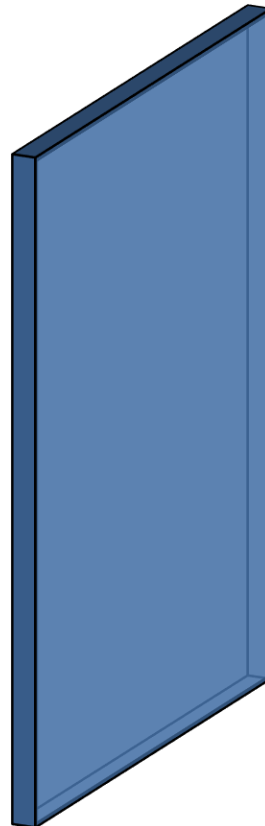
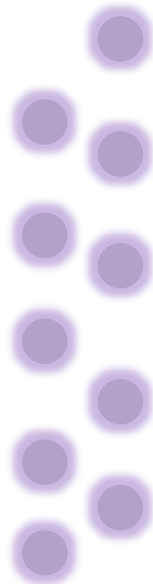
- Atténuation du rayonnement électromagnétique.

$$\sigma_{TOT} = \sigma_{PE} + \sigma_C + \sigma_R + \sigma_{CP}$$

$\rightarrow dx \leftarrow$

N_0

$N(dx)$



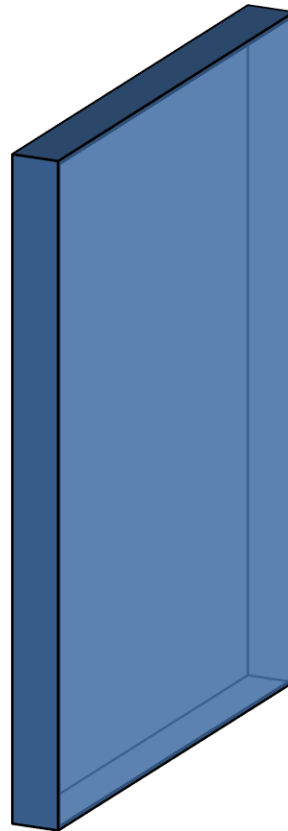
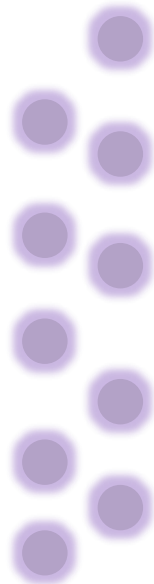
III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Atténuation du rayonnement électromagnétique.

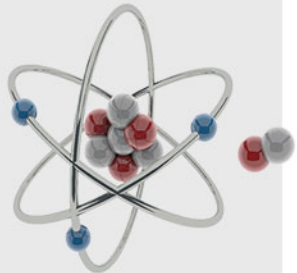
$$\sigma_{TOT} = \sigma_{PE} + \sigma_C + \sigma_R + \sigma_{CP}$$

$$\rightarrow 2dx \leftarrow$$

N_0



$N(2dx)$



III. L'instrumentation en radionucléaire.

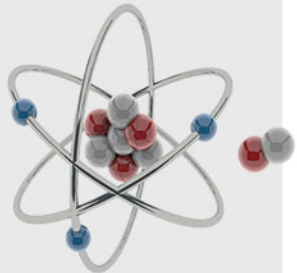
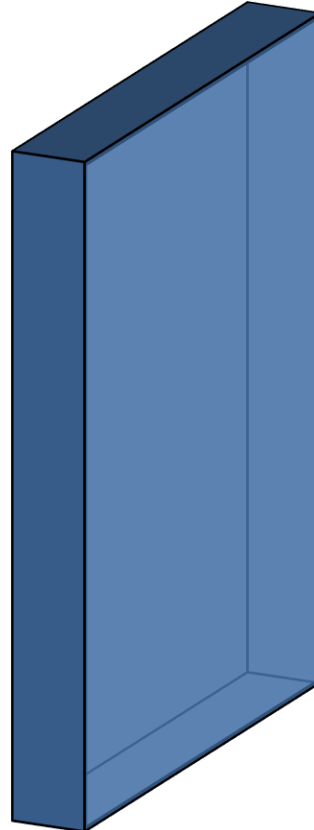
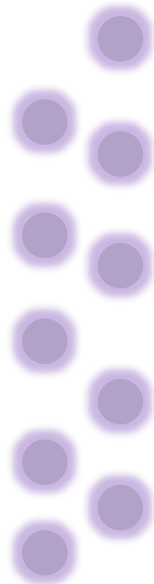
- Atténuation du rayonnement électromagnétique.

$$\sigma_{TOT} = \sigma_{PE} + \sigma_C + \sigma_R + \sigma_{CP}$$

$\rightarrow 3dx \leftarrow$

N_0

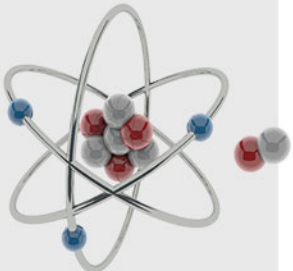
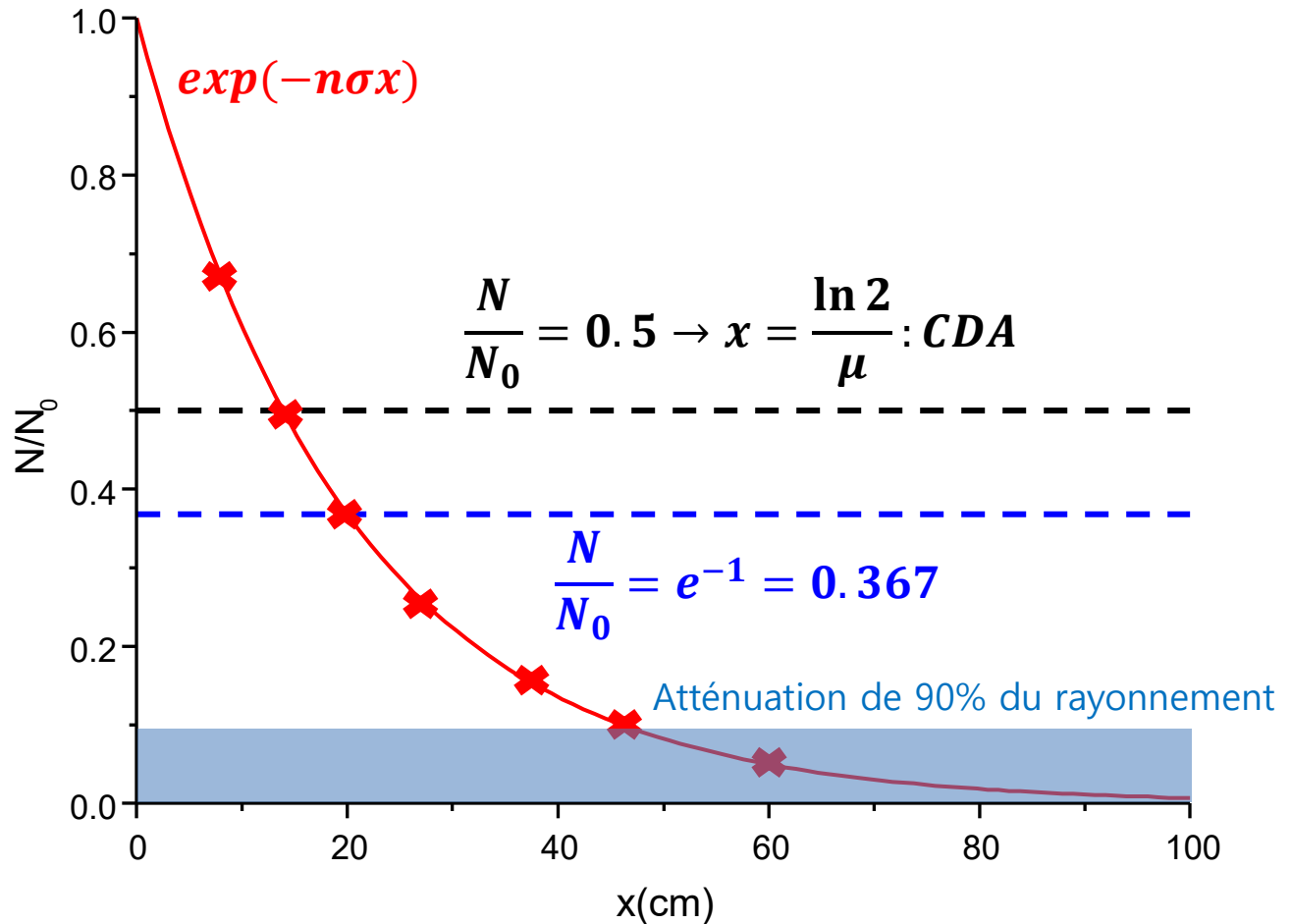
$N(3dx)$



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Atténuation du rayonnement électromagnétique.

$$\sigma_{TOT} = \sigma_{PE} + \sigma_C + \sigma_R + \sigma_{CP}$$



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Interaction rayonnements-matière Globale.

$$\sigma_{TOT} = \sigma_{PE} + \sigma_C + \sigma_R + \sigma_{CP}$$

σ_{PE} : Section efficace d'interaction photo-électrique

σ_C : Section efficace d'interaction Compton

σ_R : Section efficace d'interaction Rayleigh

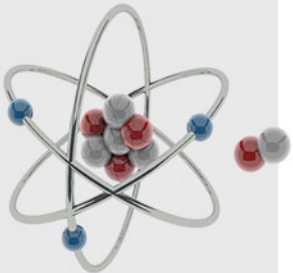
σ_{CP} : Section efficace de création de paires

Un faisceau incident avec une intensité de $N_0(\text{phot. s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2})$ subira une atténuation à cause de l'ensemble de ces interactions, qui suit une loi exponentielle, en fonction de l'épaisseur de la cible:

$$N(x) = N_0 \cdot \exp\{-xn\sigma_{TOT}\}$$

Le paramètre qui dépend de l'interaction photon-matière et de la densité de la cible n : $\mu = n\sigma_{TOT}[\text{cm}^{-1}]$

est appelé « coefficient d'atténuation total »



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Interaction rayonnements-matière Globale.

$$\sigma_{TOT} = \sigma_{PE} + \sigma_C + \sigma_R + \sigma_{CP}$$

$$N(x) = N_0 \cdot \exp\{-xn\sigma_{TOT}\} \rightarrow N(x) = N_0 \cdot e^{-\mu x}$$

On peut également utiliser le coefficient d'atténuation massique, pour

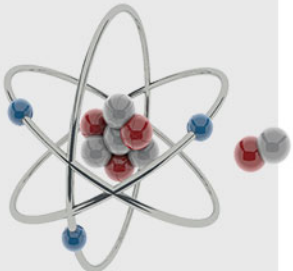
s'affranchir de la dépendance de l'état du matériau traversé: $\left(\frac{\mu}{\rho}\right) \left[\frac{cm^2}{g}\right]$

$$N(x) = N_0 \cdot \exp\left\{-\left(\frac{\mu}{\rho}\right) \rho x\right\}$$

ρ : masse volumique du matériau

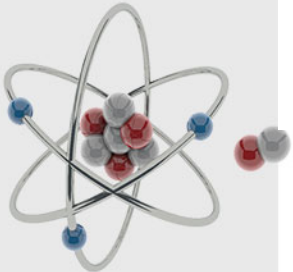
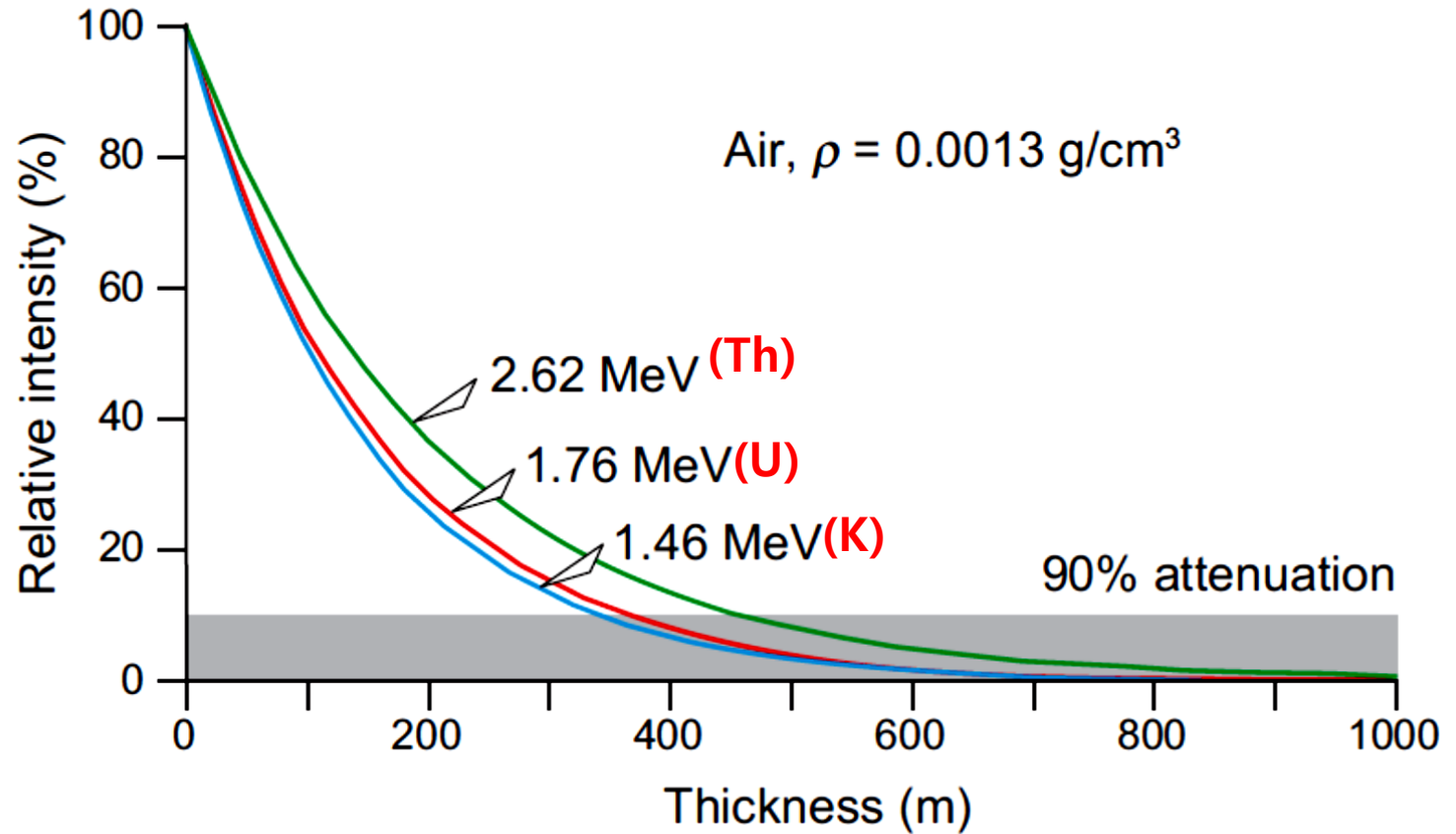
On définit également la Coude de Demi-Atténuation:

$$CDA = \frac{\ln 2}{\mu}$$



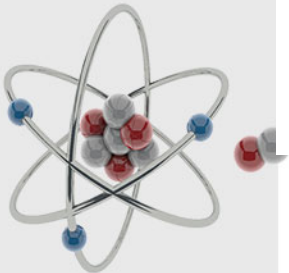
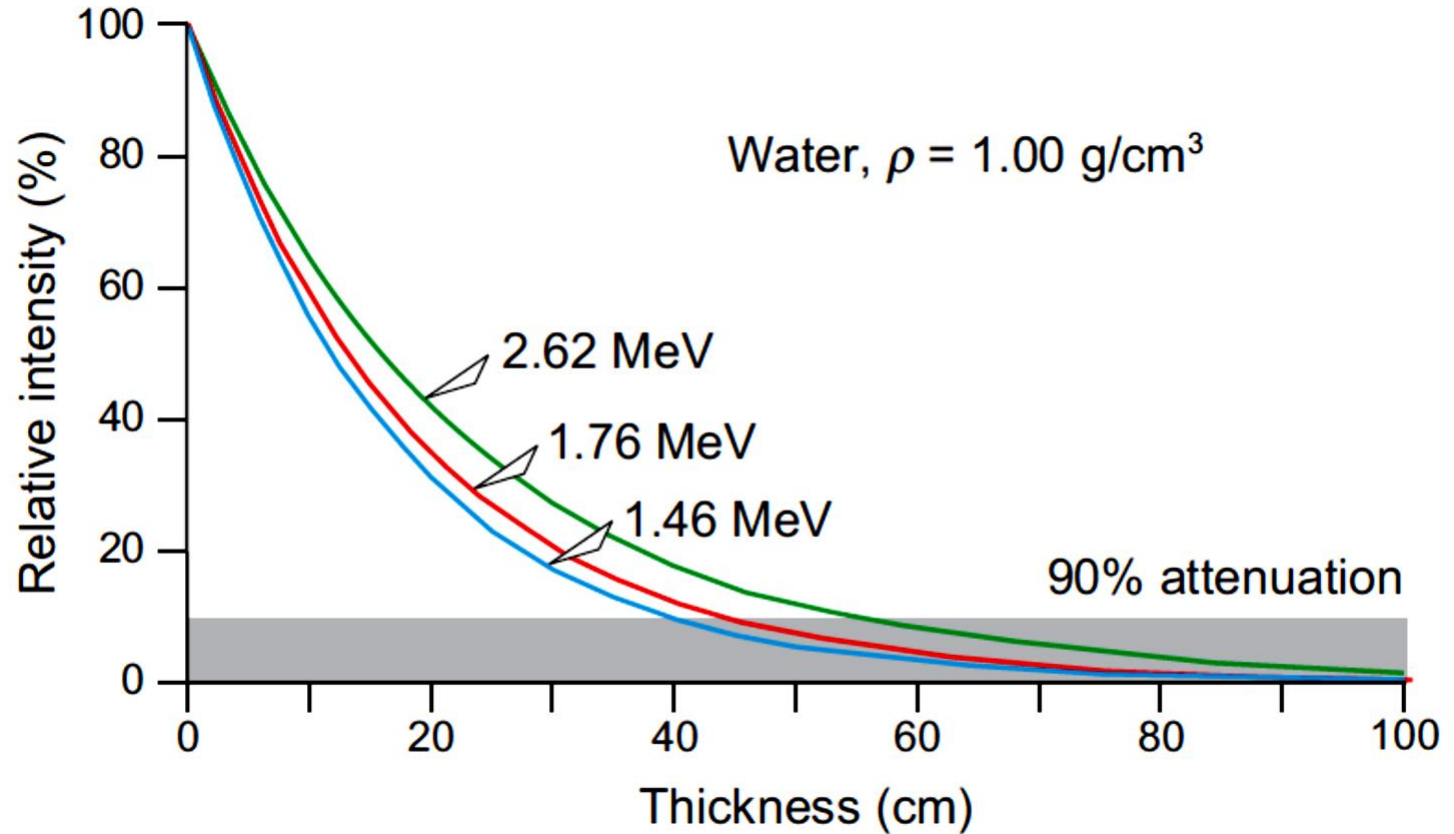
III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Atténuation des dans γ les milieux géologiques.



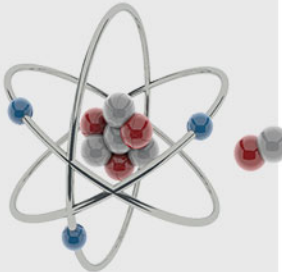
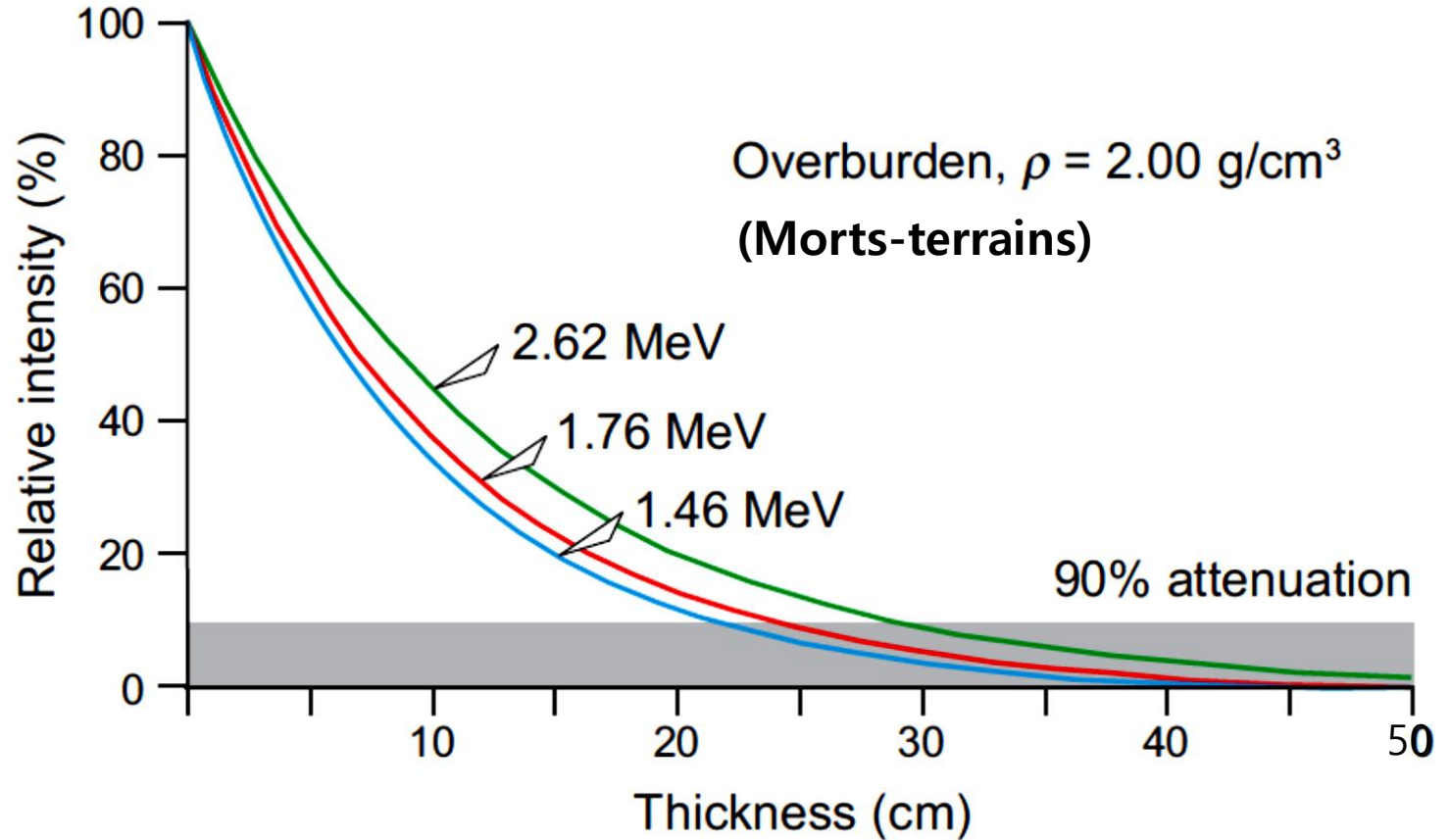
III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Atténuation des dans γ les milieux géologiques.



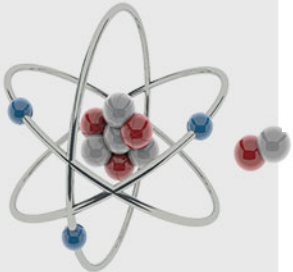
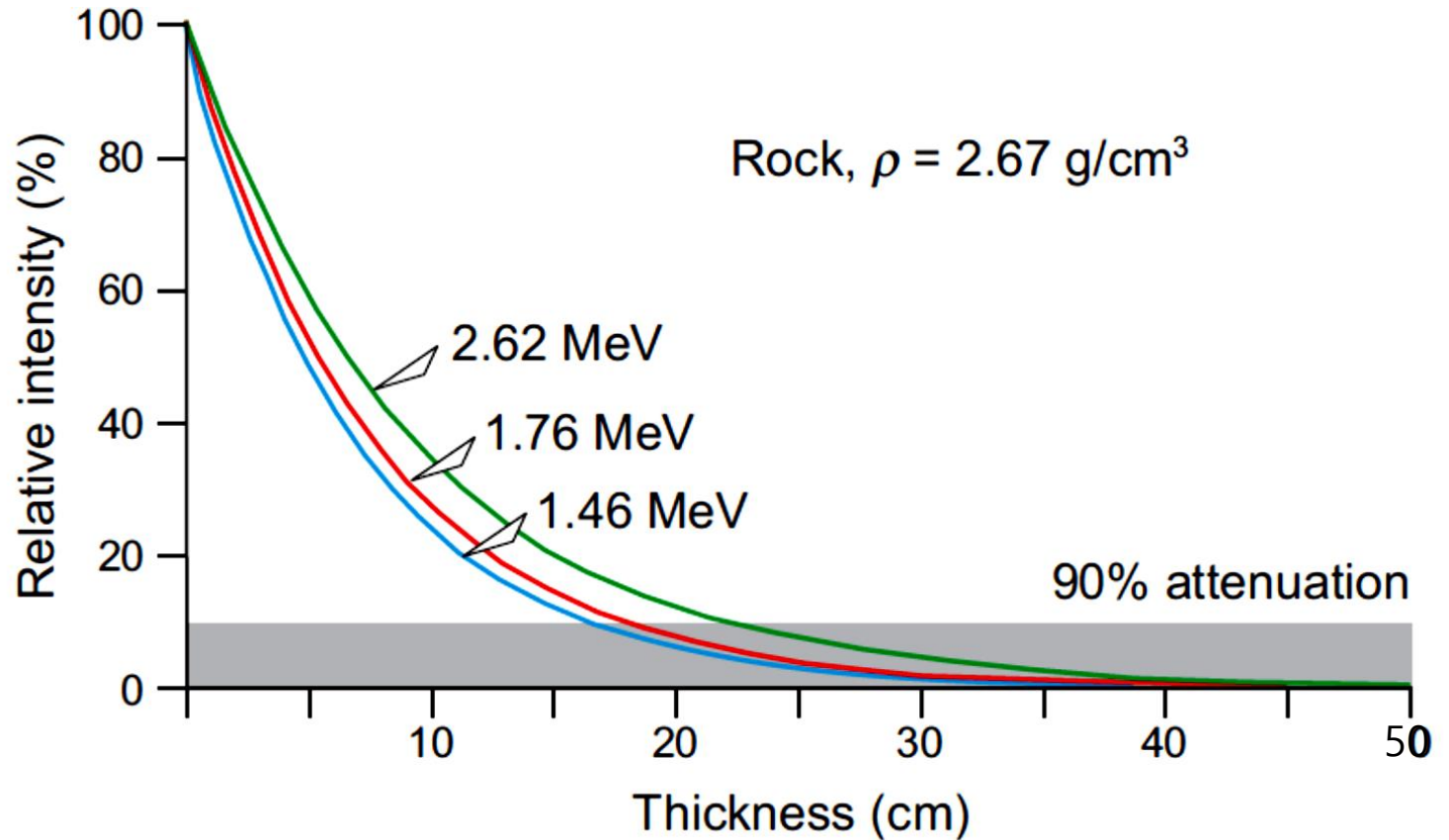
III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Atténuation des dans γ les milieux géologiques.



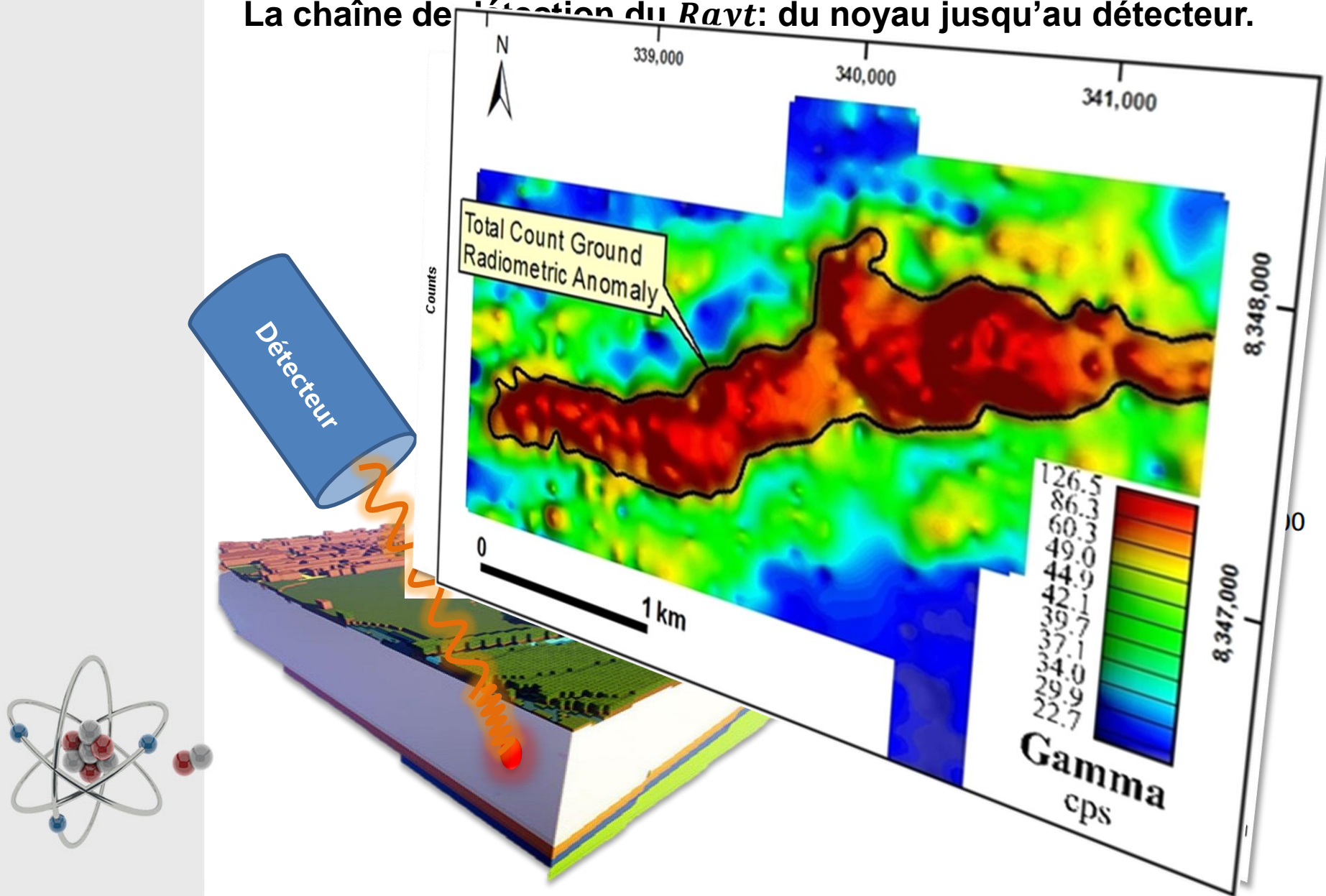
III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Atténuation des dans γ les milieux géologiques.



III. L'instrumentation en radionucléaire.

La chaîne de détection du Rayt : du noyau jusqu'au détecteur.



III. L'instrumentation en radionucléaire.

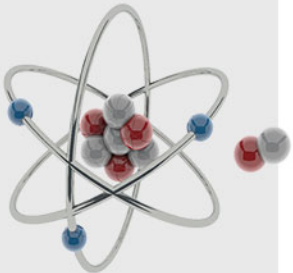
- La détection :

Basée sur l'interaction rayonnement-matière

- ❑ Rayonnements chargés: α , β , *ion*
- ❑ Rayonnements non-chargés: *RX*, γ , *n*

Mise en œuvre des systèmes de détection a pour but de mettre en évidence de l'existence du rayonnement ainsi que ses caractéristiques:

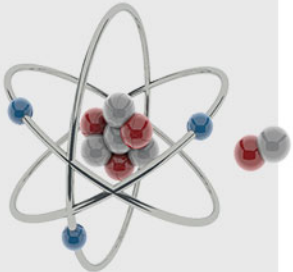
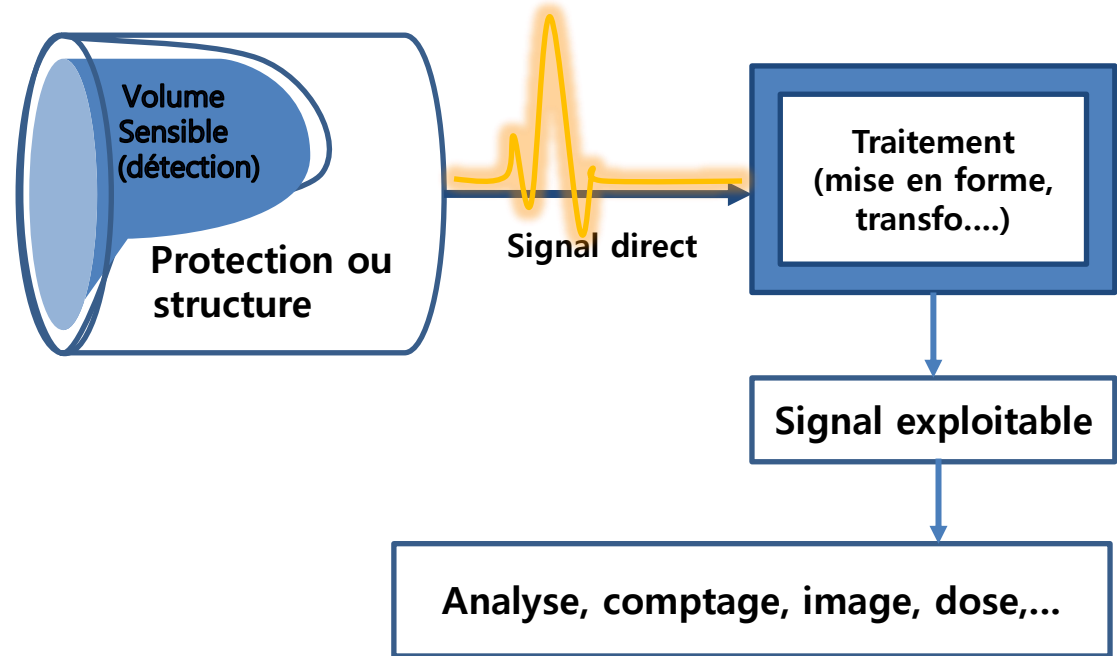
- La nature de la particule (α , β , γ , *n* ...)
- Energie ou quantité de mouvement (vitesse)
- Position dans l'espace à un instant donné
- Nombre des particules



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- La détection :

- ❖ Le principe de base consiste à faire interagir la particule d'intérêt avec de la matière pour lui prélever l'ensemble ou une partie de son énergie initiale. Cette dernière est transformée en un signal électrique exploité pour l'obtention de toutes les informations possibles sur le rayonnement.



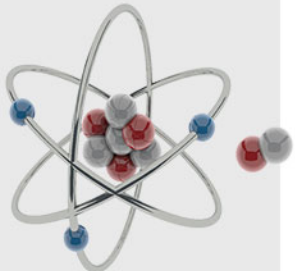
III. L'instrumentation en radionucléaire.

- La détection :

- ❖ Mode Courant : mode plus simple, basé sur la mesure d'un courant moyen qui permet de déduire l'énergie moyenne transférée par un flux de particules → information moyenne /s

Minimise les fluctuations mais fait perdre l'information apportée par chaque signal (débitmètre /dose)

- ❖ Mode Impulsion : le plus utilisé, basé sur l'enregistrement du passage de chaque particule individuellement. La charge collectée est directement reliée à l'énergie déposée dans le détecteur → Spectrométrie des particules.

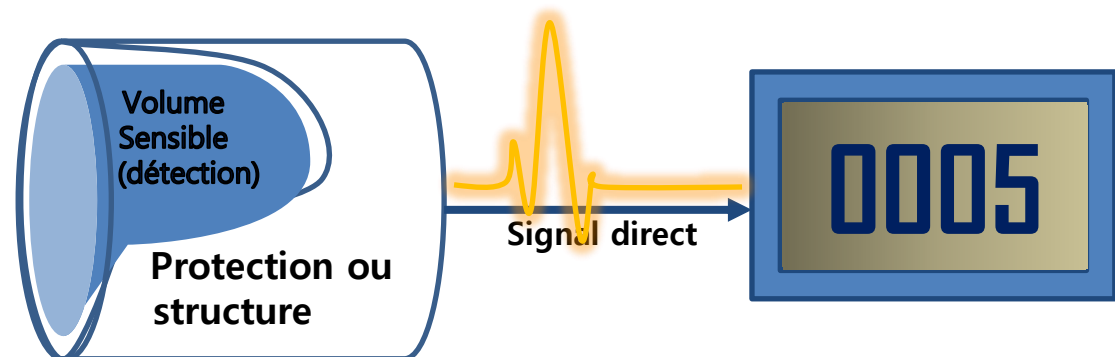


III. L'instrumentation en radionucléaire.

- **Caractéristiques d'un détecteur:**

- **Temps mort** : indépendamment des qualités du détecteur et de l'électronique qui l'accompagne, la vitesse d'enregistrement des signaux atteint toujours sa limite. Le temps qui sépare deux évènements successifs dans lequel le détecteur est aveugle (n'enregistre pas de signal même s'il en existe) est appelé temps mort.

06



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Caractéristiques d'un détecteur:

- ❑ **Résolution en énergie:** Elle exprime la capacité d'un détecteur à séparer les raies énergétiques d'un spectre formé de plusieurs γ :

FWHM: Full Width at Half Maximum (Largeur à mi-hauteur)

- ❑ **Résolution relative:** $R = \frac{FWHM}{E_0} [\%]$

$$M = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(E-E_0)^2}{2\sigma^2}}$$

$$FWHM = 2\sqrt{2\ln 2}\sigma \cong 2.355\sigma$$

Avec : $\sigma = \sqrt{E}$

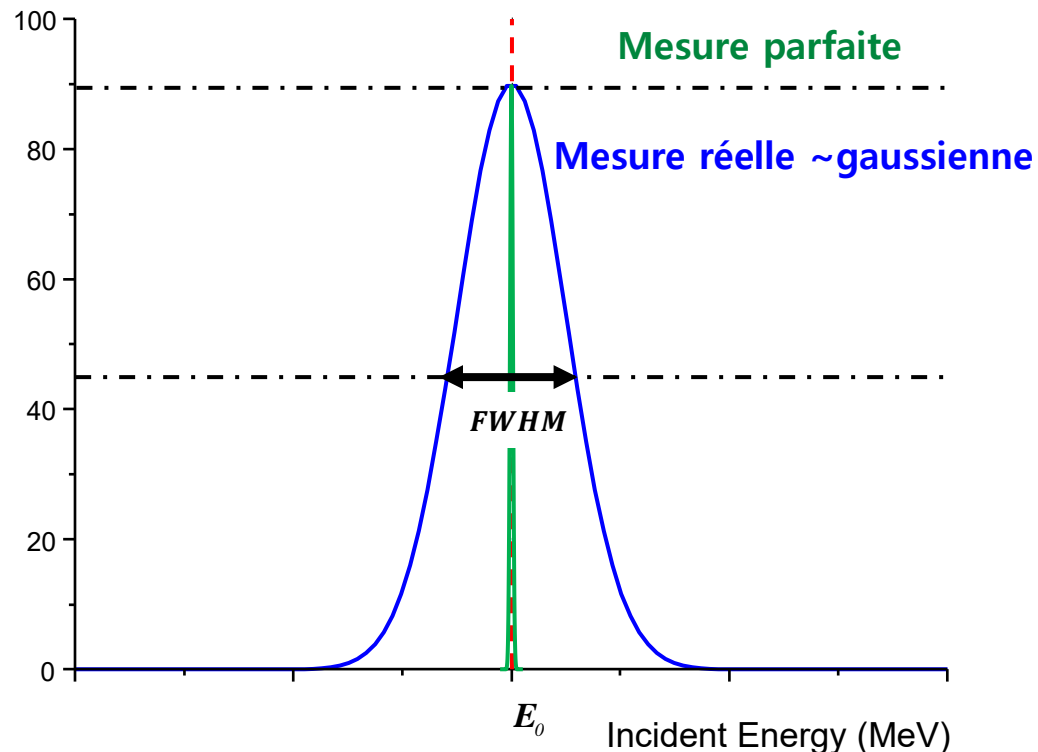
$E \sim W_i \cdot N$

W_i : énergie moyenne de création d'une paire d'ions

$$R = \frac{FWHM}{E_0} = \frac{2.355\sigma}{W_i \cdot N}$$

$$= \frac{2.355\sqrt{W_i \cdot N}}{W_i \cdot N}$$

$$R = \frac{2.355}{\sqrt{W_i \cdot N}}$$



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Caractéristiques d'un détecteur:

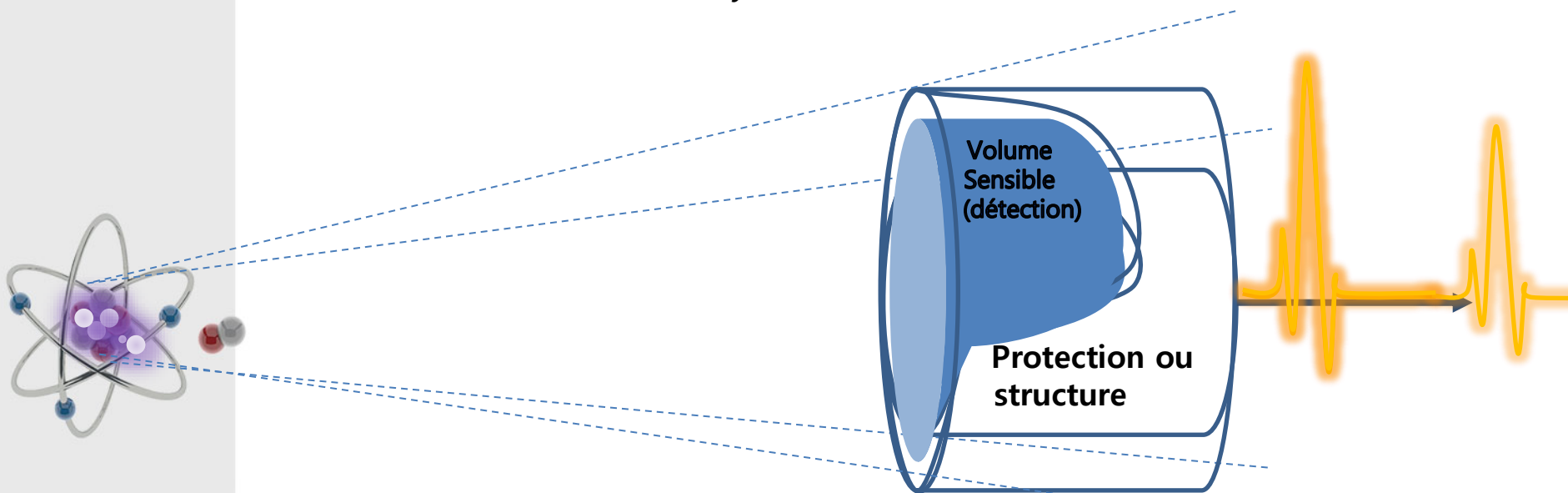
□ **Efficacité géométrique:** Elle exprime la relation spatiale qui existe entre la source des rayonnements et le détecteur. *On distinguera deux types d'efficacité:*

❖ **Efficacité absolue: détecteur + géométrie de la détection**

$$\varepsilon_{abs} = \frac{\text{nbre impulsions enregistrés}}{\text{nbre de rayonnements émis par la source}}$$

❖ **Efficacité intrinsèque: détecteur**

$$\varepsilon_{int} = \frac{\text{nbre impulsions enregistrés}}{\text{nbre de rayonnements incidents sur le détecteur}}$$



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Caractéristiques d'un détecteur:

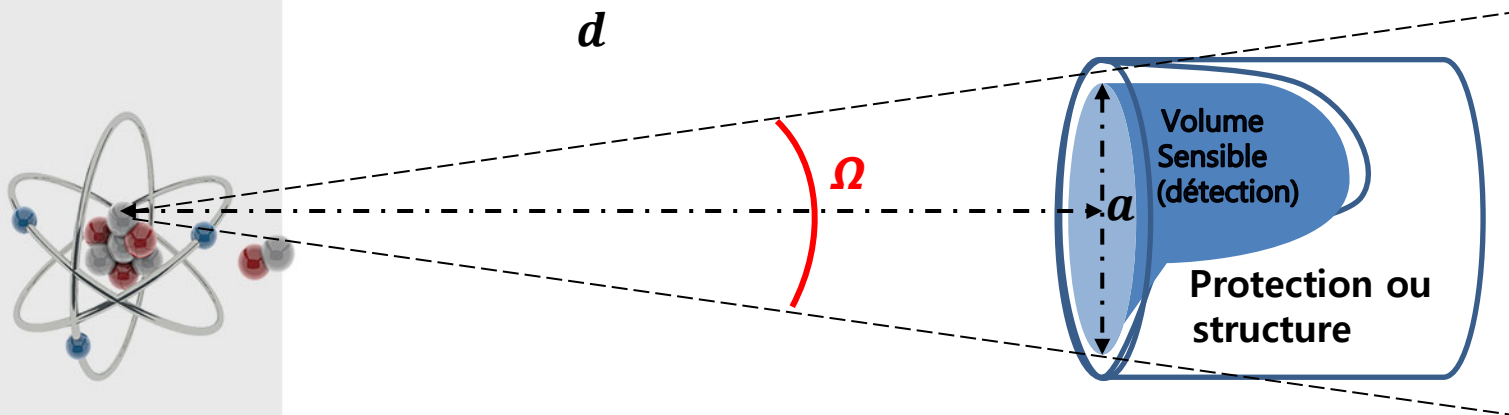
□ Efficacité géométrique:

❖ Efficacité absolue: $\varepsilon_{abs} = \frac{\text{nbre impulsions enregistrés}}{\text{nbre de rayonnements émis par la source}}$

❖ Efficacité intrinsèque: $\varepsilon_{int} = \frac{\text{nbre impulsions enregistrés}}{\text{nbre de rayonnements incidents sur le détecteur}}$

Pour une source isotrope: $\varepsilon_{int} = \varepsilon_{abs} \left(\frac{4\pi}{\Omega} \right)$

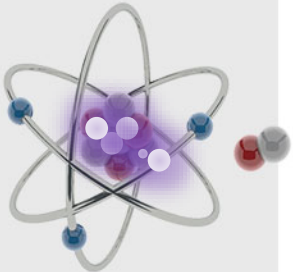
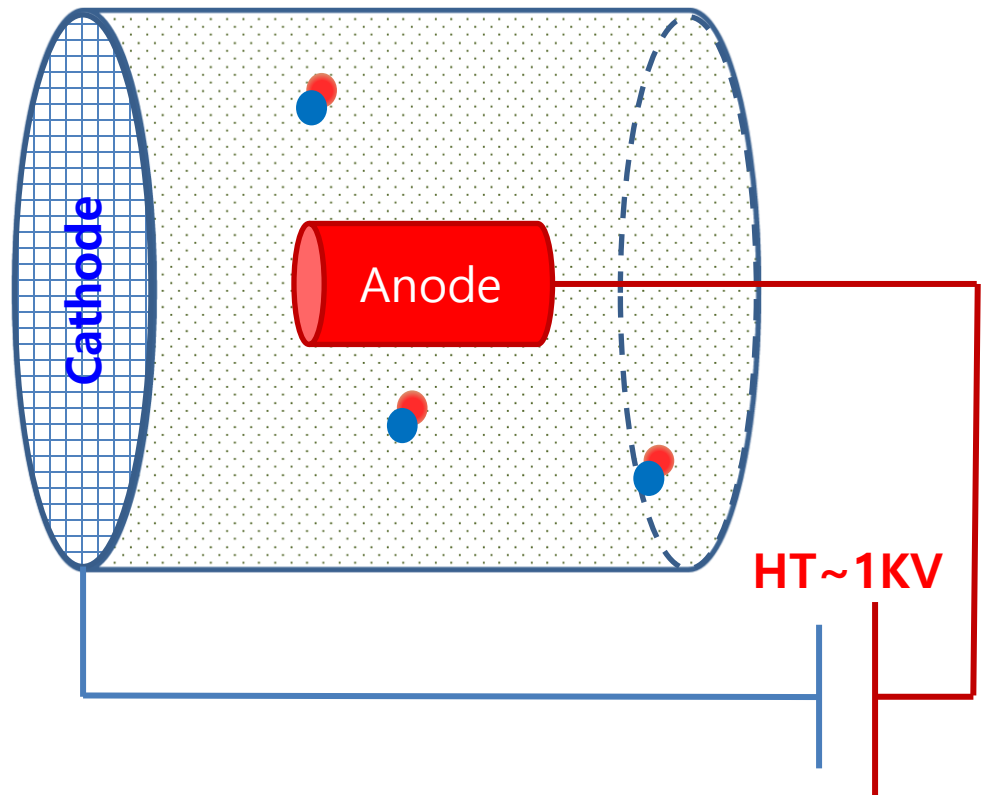
Avec l'angle solide: $\Omega = 2\pi(1 - \cos \theta) = 2\pi \left(1 - \frac{d}{\sqrt{d^2 + a^2}} \right)$



III. L'instrumentation en radionucléaire.

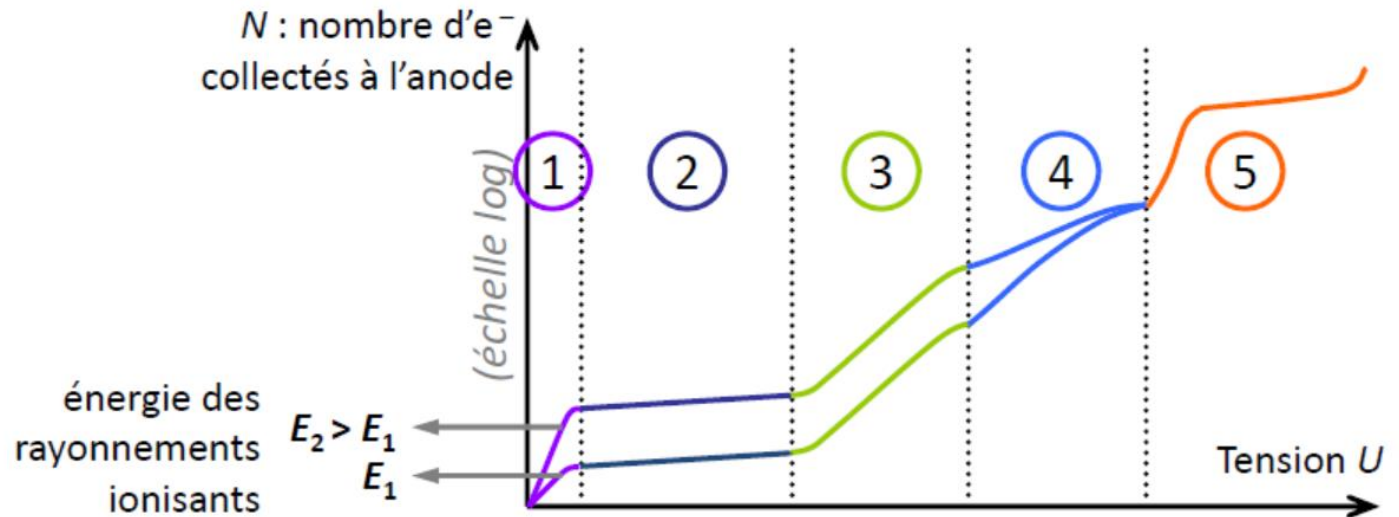
- Catégories de détecteurs de rayonnements:

- ❑ **Chambre d'ionisation (détecteurs à gaz)** : son principe est basé sur l'ionisation des molécules de gaz (rares), produisant un électron léger et un Anion lourd.



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Catégories de détecteurs de rayonnements:
 - Régimes d'une chambre d'ionisation (détecteurs à gaz)



1. **Recombinaison:** $N \propto U$

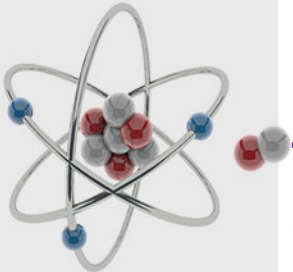
2. **Chambre d'ionisation:** chaque paire d'ions est collectée

3. **Compteur proportionnel:** e^- (primaire) \rightarrow ionisations secondaires

4. **Compteur semi-proportionnel:** écrantage de l'anode par les ions

5. **Compteur Geiger-Müller:** avalanche d'ionisations secondaires

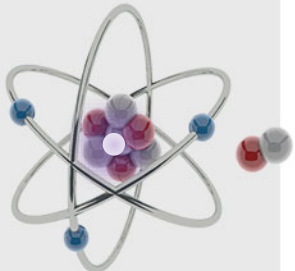
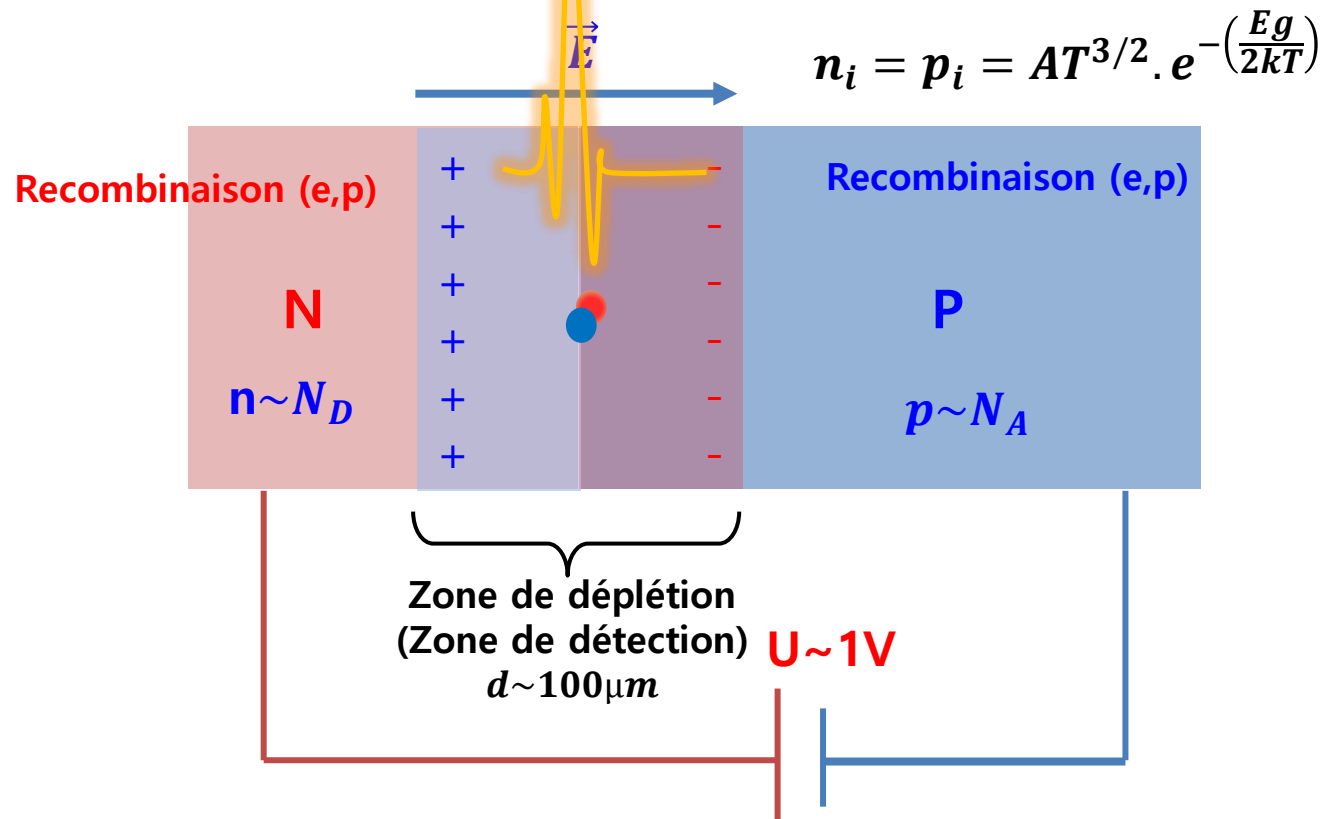
(volume réduit)



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Catégories de détecteurs de rayonnements:

- **Détecteurs à semi-conducteurs:** à base de Silicium (moins cher) ou de Germanium (plus cher). Conçu en jonction PN, ils exploitent un ordre relativement faible de polarisation de mesure et une bonne réponse à cause de la densité du matériau solide par rapport au gaz.



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Catégories de détecteurs de rayonnements:

□ Détecteurs à semi-conducteurs:

❖ Avantages:

○

○

○

○

○

○

❖ Inconvénients:

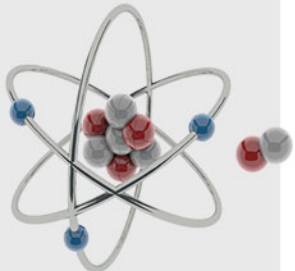
○

○

○ Dimensions limités à cause du coût;



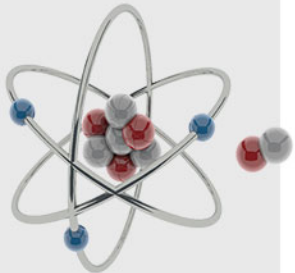
es RX, γ



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Catégories de détecteurs de rayonnements:

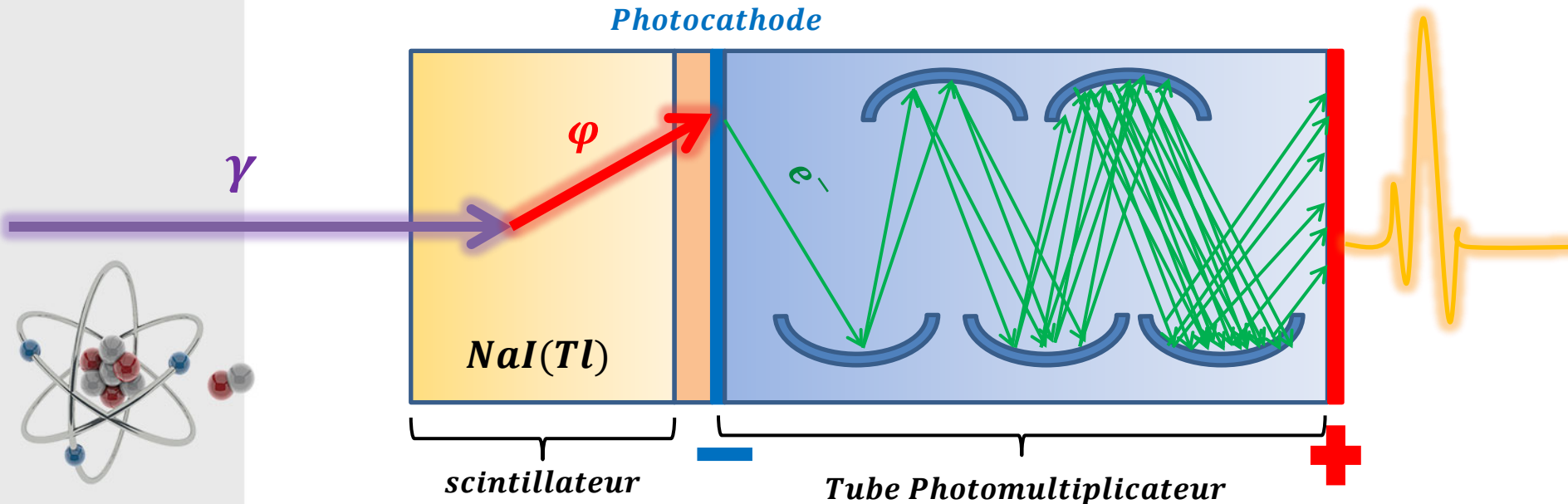
- **Scintillateurs** : son principe repose sur les scintillations (fluorescence ou luminescence) créées lors du passage d'un rayonnement dans le milieu. Ces scintillations dont l'origine provient de la désexcitation des atomes ayant subit l'excitation lors du passage du rayonnement détecté.
 - Par la suite les photons de désexcitation sont collectés sur une photocathode (par effet photo-électrique) et donneront lieu à un photo-électron qui sera accéléré sous l'effet d'une d.d.p.
 - L'électron est collecté premièrement sur une dynode : Anode qui permet de produire d'autres électrons secondaires (multiplication: $\delta > 1$)
 - Une cascade de dynode sont agencés afin de capturer un signal amplifié à la sortie en fonction du nombre de dynodes N: $\times \delta^N$
 - Cette dernière partie constitue ce qu'on appelle un photomultiplicateur (PM)



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Catégories de détecteurs de rayonnements:

- **Scintillateurs** : les scintillations créées lors du passage d'un rayonnement dans le milieu. (désexcitation des atomes).
- Les photons de désexcitation → Photocathode → photoélectron (effet photoélectrique) sous d.d.p
- Électron → dynode → électrons secondaires (multiplication: $\delta > 1$)
- Une cascade de dynode (N) → un signal amplifié ($\times \delta^N$)
- Cette dernière partie constitue un photomultiplicateur (PM)

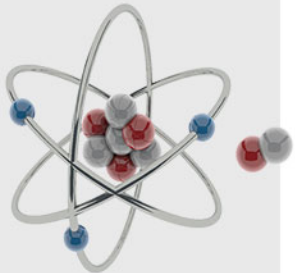


III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Catégories de détecteurs de rayonnements:

□ Caractéristiques des Scintillateurs :

- **Rendement lumineux:** nombre de photons de fluorescence émis par unité d'énergie des radiations incidents. (4-8%)
- **Durée de scintillation τ :** le plus petit possible pour réduire le temps mort.
- **Application spectrométrie:** proportionnalité entre nombre de photons de fluorescence émis avec l'énergie des rayonnements incidents (rendement lumineux stable).



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Catégories de détecteurs de rayonnements:

□ Types des Scintillateurs :

○ Scin

lumi

esse

crista

❖ Iodu

des

❖ Sulfu

ZnS

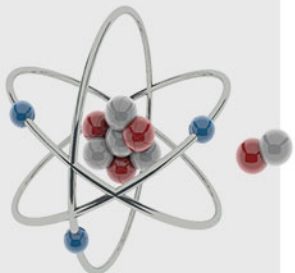
○ Scin

❖ Ren

❖ Très



Figure 4.8 Examples of modern γ -ray spectrometers. Exploranium GR-320 enviSPEC with large external sensor (rear); Exploranium GR-135 miniSPEC (front left); Radiation Solutions RS-125 Super-Spec (front right).



rayonnement

est due

à la matrice

de l'échantillon surtout

pour l'argent (Ag):

10^{-6} s.

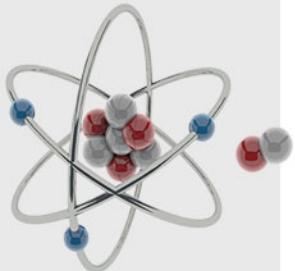
des

III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Catégories de détecteurs de rayonnements:

□ Types des Scintillateurs :

- **Scintillateurs solides à molécules organiques:** (anthracène, naphthalène, stilbène). Molécules fixées sur un film plastique.
- ❖ détection surtout des rayonnements β . avec $\tau = 10^{-8}s$
- ❖ Rendement lumineux faibles et non stable à haute énergie
- ❖ Réalisation des scintillateurs de très grandes dimensions de formes quelconques



III. L'instrumentation en radionucléaire.

- Catégories de détecteurs de rayonnements:

□ Types des Scintillateurs :

- **Scintillateurs liquides à molécules organiques:** obtenus par dissolution dans le xylène ou toluène quelques grammes des composés comme le terphényle ou le 2-5 diphényloxazole (PPO). Sont très voisins des scintillateurs organiques solides.
- ❖ Possibilité de dissoudre l'émetteur de rayonnement dans le scintillateur (émission totalement dans le scintillateur).
- ❖ $300nm \leq \lambda \leq 350nm$
- ❖ Très utilisés en biologie
- ❖ $\tau = 10^{-8}s$

