



PAES – Tut' rentrée 2011-2012
BIOPHYSIQUE DES RADIATIONS
Interactions des rayonnements ionisants avec la matière

Excitation	$E = h\nu = W_i - W_j < W_i $	L'e ⁻ change d'orbitale sur une case quantique libre	Energie quantifiée	
Ionisation	$E = h\nu > W_i $	Expulsion de l'e ⁻	Energie non quantifiée	Energie cinétique de l'e ⁻ = $h\nu - W_i $

L'atome excité ou ionisé est instable, et tend à retourner à l'état fondamental (il se désexcite) : un e⁻ comble la case vacante et un photon de fluorescence $E = h\nu$ est émis.

Emission de fluorescence :

- **Après ionisation** d'énergie $E = |W_i|$: $E = |W_i|$
- **Après excitation** d'énergie $E = |W_i| - |W_j|$: $E = |W_i| - |W_j|$

Emission d'un électron Auger :

- **Après ionisation** d'énergie $E = |W_i|$: $E_c = h\nu - |W_x| = |W_i| - |W_x|$
- **Après excitation** d'énergie $E = |W_i| - |W_j|$: $E_c = h\nu - |W_x| = (|W_i| - |W_j|) - |W_x|$

Rayonnements ionisants = « Rayonnements électromagnétiques ou corpusculaires capable de produire directement ou indirectement des ions, lors de leur passage à travers les atomes et les molécules ».

Loi d'atténuation des photons dans la matière : $N(x) = N(0) e^{-\mu x}$ avec μ = probabilité d'interaction par unité de longueur.
 N = nombre de photons monoénergétiques.
 x = épaisseur de matière traversée

μ = coefficient linéique d'atténuation (en cm⁻¹) :

- Probabilité d'interaction par unité de longueur
 - Spécifique du milieu et de l'énergie des photons
- ⇒ $N(x) = N(0) e^{-\mu x}$

μ/ρ = coefficient massique d'atténuation (en cm².g⁻¹) :

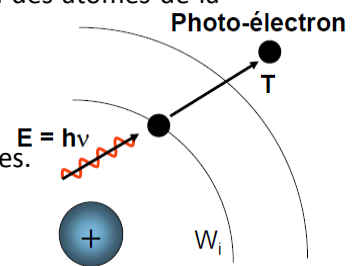
- Ne dépend pas du milieu
 - La masse surfacique $m/s = \rho x$ est plus facile à mesurer
- ⇒ $N(x) = N(0) e^{-\frac{\mu}{\rho} \rho x}$

Couche de demi atténuation = $CDA = \frac{\ln 2}{\mu}$ telle que : $\frac{N(0)}{2} = N(0) e^{-\mu CDA}$

$N(kCDA) = \frac{N(0)}{2^k}$; atténuation totale grâce à 10 CDA.

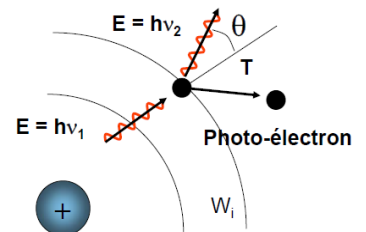
Effet photo-électrique :

- **Transfert de la totalité de l'énergie** du photon incident à un électron des atomes de la matière.
- Si $E = h\nu$, $h\nu = E_c + |W_i|$
- Réarrangement par photon de fluorescence et électrons Auger.
- Pour l'électron ionisé, perte de son énergie E_c par ionisations successives.
- **Toute l'énergie est absorbée par la matière.**
- Probabilité d'interaction par effet photo-électrique : $\frac{\tau}{\rho} = k \frac{Z^3}{(h\nu)^3}$
- **Probabilité maximum** pour les **photons d'E faible** et les **éléments lourds**.
- Pics de τ/ρ ($h\nu$) correspondant aux énergies W_k, W_i, \dots



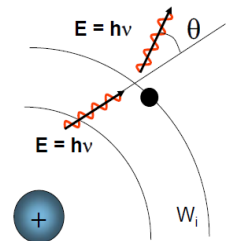
Effet Compton :

- **Transfert partiel de l'énergie** du photon incident à un électron des atomes de la matière (électron faiblement lié).
- Si $E = h\nu_1$, $h\nu_1 = E_c + h\nu_2 + |W_i|$
- Réarrangement par photon de fluorescence et électrons Auger.
- Pour l'électron ionisé, perte de son énergie E_c par ionisations successives = énergie absorbée ou transférée.
- **Une partie de l'énergie est diffusée.**
- E_a/E_d faible lors d'un choc tangentiel, et maximal lors d'un choc frontal.
- Quand $h\nu_1 \nearrow$, $E_a/E_d \nearrow$.
- La **probabilité d'interaction** par effet Compton $\frac{\sigma}{\rho} = k \frac{1}{h\nu}$ est **quasi indépendante de la nature de la matière**, et est **inversement proportionnelle à l'énergie $h\nu_1$** .



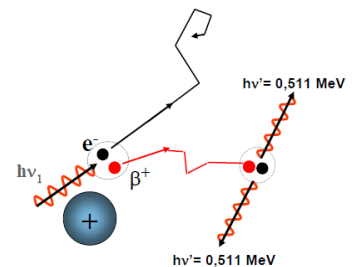
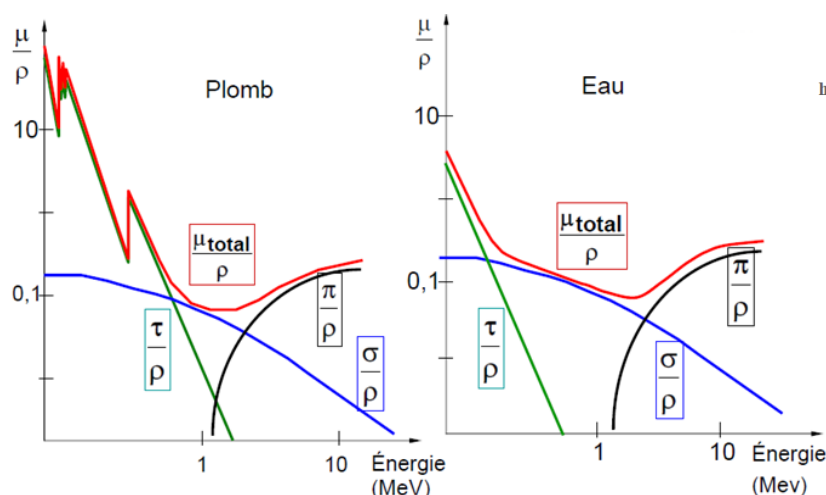
Diffusion de Thomson-Rayleigh :

- **Changement de direction sans changement d'énergie.**
- **++ pour les photons peu énergétiques** (IR, visible, UV).
- Négligeable pour les photons X et γ.



Création de paire ou matérialisation :

- Un photon très énergétique passant à proximité d'un noyau voit son **énergie transformée en 2 particules**.
- La probabilité de création de paires $\nearrow \nearrow$ **à partir de 1022 keV**, puis \rightarrow .



Faible probabilité d'interaction entre les neutrons et les noyaux ☐ les neutrons sont très pénétrants.

Neutrons rapides :

- Milieux riches en hydrogène (**noyaux légers**) : le transfert d'énergie est maximal, le noyau H^+ est expulsé \Rightarrow proton secondaire \rightarrow **ionisations** (\rightarrow les neutrons sont indirectement ionisants).
- Milieux composés de **noyaux lourds** : le neutrons rebondissent sans perdre beaucoup d'énergie.

Neutrons lents (= thermiques) :

- Sont absorbés par les noyaux \Rightarrow **captures nucléaires** à l'origine de transformations **radioactives** (« capture radiative »).

Utilisation du pic de Bragg dans la protonthérapie des mélanomes de l'œil :

- Lorsqu'ils traversent la matière, les RI perdent progressivement leur énergie en y provoquant des ionisations.
- L'importance de ce transfert d'énergie dépend du type de RI, de son énergie et des milieux traversés.

