

PAES – Tut' rentrée 2011-2012

BIOPHYSIQUE DES RADIATIONS

Particules, ondes et atome

Les rayonnements électromagnétiques (ou photons) résultent de la propagation d'un champ électrique et d'un champ magnétique qui vibrent en phase, perpendiculaires l'un par rapport à l'autre et par rapport à la direction de propagation.

Conversions unités :

- $1u = \frac{1}{N_A} = 0,166.10^{-23}g$
- $1eV = 1,602.10^{-19}J$

Constante de Planck : $h = 6,62.10^{-34} J.s = 4,13.10^{-15} eV.s$

	Masse au repos $= m_0$	Masse Relativiste	Charge q	Vitesse v	Stabilité
Electron	$9,1. 10^{-28} g$ $= 1/2000 u$	Si $v=0,5c$, $m=1,15m_0$	$-1,6.10^{-19}C$	Relativiste	Stable
Proton	$1,007 u$	-----	$+1,6.10^{-19}C$	Non relativiste	Stable
Neutron	$1,008 u$	-----	Neutre !	Non relativiste	Instable hors noyau : $n^0 \rightarrow p^+ + e^-$ $+ \nu + E$

Rq : Le professeur Darcourt introduira d'autres particules au fur et à mesure de son cours, qui ne sont pas utiles à savoir dans le cadre de la tut' rentrée

Masse :

- La masse atomique d'un élément est la masse d'une mole d'atome, c'est-à-dire la masse de N_A atomes.
- La masse d'un atome en unité de masse atomique, s'exprime par le même nombre que la masse d'une mole d'atome en g.
- **Masse relativiste :** $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ Quand $v \ll c \Rightarrow m = m_0$
- **Masse (exclusivement dynamique) des ondes électromagnétiques :** $m = \frac{h}{\lambda c}$

	Energie	Longueur d'onde
Photon	$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$	$\lambda = \frac{h}{mc}$
Particule	$E = mc^2$	$\lambda = \frac{h}{mv}$

Energie :

- **Energie d'une particule au repos :** $E = mc^2$
- **Energie cinétique :** $E_c = \frac{1}{2} mv^2$
- **Energie d'un rayonnement électromagnétique :** $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$
- **Relation de Duane et Hunt :** $E_{eV} = \frac{1240}{\lambda_{nm}}$

Electrons :

- **Les électrons se trouvent sur des orbites correspondants à des puits d'énergie.**
- **Energie de l'orbite :** $W_n = -13,6 \frac{(Z-\sigma)^2}{n^2} eV$ avec $\sigma =$ constante d'écran.
- **Energie de liaison :** $E_L = |W| =$ énergie qu'il faut apporter pour arracher l'électron.
 - ☞ W et E_L sont quantifiés, ils varient de manière discontinue en fonction de n .
- **Nombre maximum d'électrons pas couche = $2n^2$**
 - ☞ Les e^- de la couche K sont les plus fortement liés.
 - ☞ Les e^- de la couche la plus externe sont les moins fortement liés.
 - ☞ W_L varie beaucoup selon les atomes (fonction de Z^2 à l'effet écran près).
 - ☞ W_{ext} varie peu selon les atomes (dépend peu de Z).
- ☞ **Lorsque les couches électroniques les plus basses sont complètes, l'atome est dans son état fondamental (sinon excès d'énergie).**

Rappel :

$$v = \frac{c}{\lambda}$$

Interaction 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 :

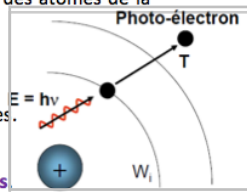
- **Après ionisation** d'énergie $E = |W_i|$: $E_c = h\nu - |W_x| = |W_i| - |W_x|$
- **Après excitation** d'énergie $E = |W_i| - |W_j|$: $E_c = h\nu - |W_x| = (|W_i| - |W_j|) - |W_x|$

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 $\mu =$ probabilité d'interaction par unité de longueur.
 $N =$ nombre de photons monoénergétiques.
 $x =$ épaisseur de matière traversée

Effet photo-électrique :

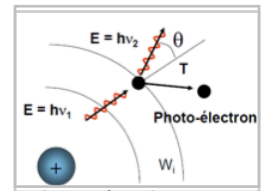
- Transfert de la **totalité de l'énergie** du photon incident à un électron des atomes de la matière.
- Si $E = h\nu$, $h\nu = E_c + |W_i|$
- Réarrangement par photon de fluorescence et électrons Auger.
- Pour l'électron ionisé, perte de son énergie E_c par ionisations successives.
- **Toute l'énergie est absorbée par la matière.**
- **Probabilité maximum** pour les photons d'**E faible** et les **éléments lourds**.



CDA : $\frac{\ln 2}{\mu}$ telle que $N_0/2 = N_0 e^{-\mu CDA}$
 $N(kCDA) = \frac{N_0}{2^k}$
 au bout de 10 CDA on considère le rayon comme atténué

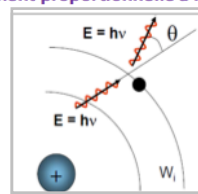
Effet Compton :

- **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 $h\nu_1 \ll \lambda$, $E_a/E_d \ll \lambda$.
- La **probabilité d'interaction** 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 $\propto \lambda$ à partir de **1022 keV**, puis \rightarrow .

