

The background of the entire slide is a dense, repeating pattern of the tips of colored pencils. Each pencil tip is a small circle, and the colors are varied, including shades of red, orange, yellow, green, blue, purple, and pink. The pencils are arranged in a grid-like fashion, creating a vibrant and textured background.

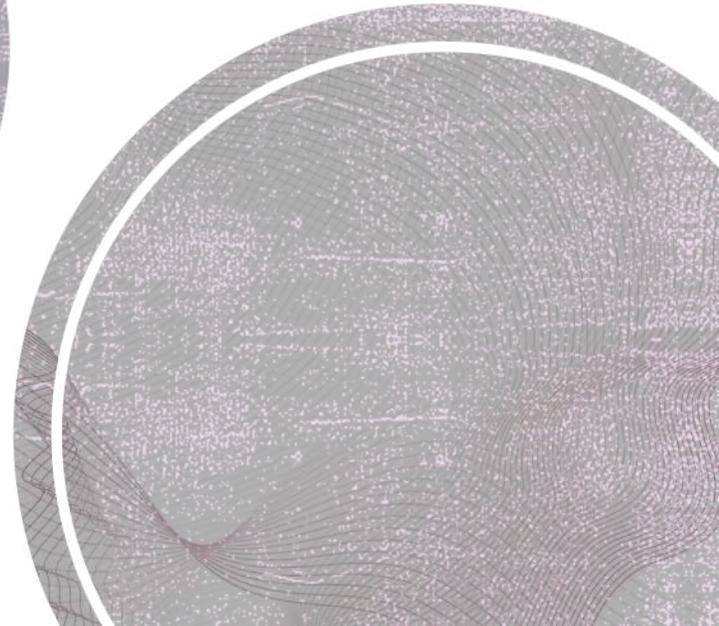
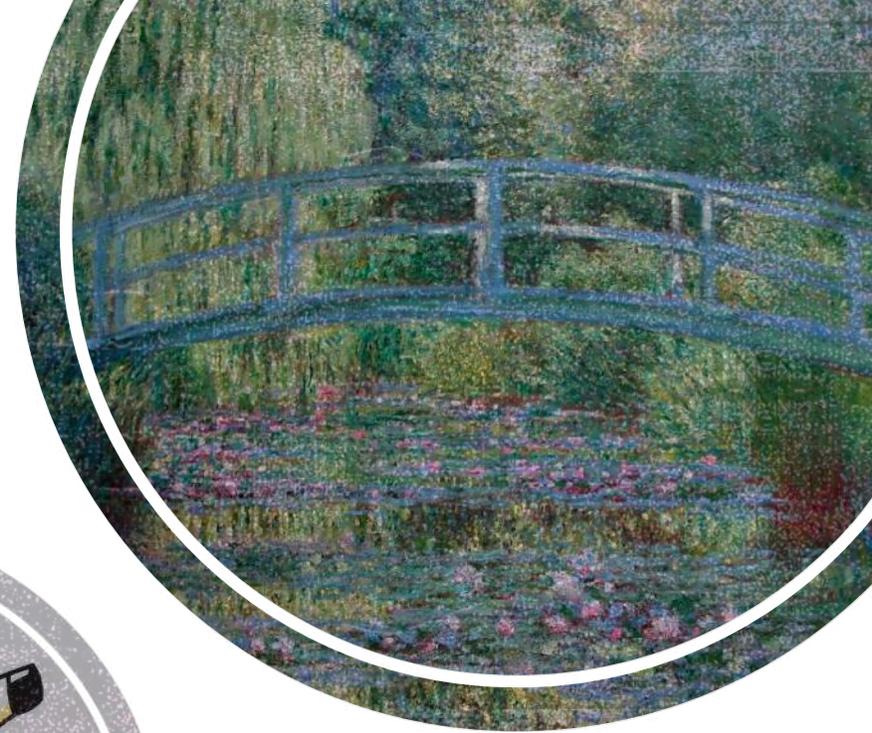
INTERACTIONS DES RAYONNEMENTS AVEC LA MATIERE

By Giorgio Avenoso (Gio²r)

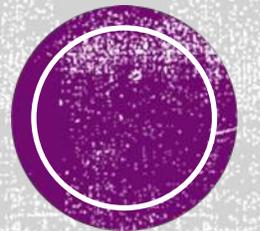


- 2 TYPES DE RAYONNEMENTS :**
- **ELECTROMAGNETIQUE (PHOTONS)**
 - **PARTICULAIRE (PARTICULE AVEC MASSE)**

- TRANSFERT D'ÉNERGIE À LA MATIÈRE DE 3 MANIÈRES :**
- **ÉCHAUFFEMENT DE LA MATIÈRE**
 - **EXCITATION DES ATOMES DE LA MATIÈRE**
 - **IONISATION DES ATOMES DE LA MATIÈRE**



I. RAYONNEMENTS IONISANTS



RAYONNEMENTS DIRECTEMENT IONISANTS

- Particules chargées : électrons, protons, α , β^+ , β^-
- Ont des interactions obligatoires
- Ont des interactions électrostatiques / Coulombiennes



RAYONNEMENTS INDIRECTEMENT IONISANTS

- Particules non chargées : REM gamma, X, neutron
- Ont des interactions non-obligatoires dites balistiques, statistique

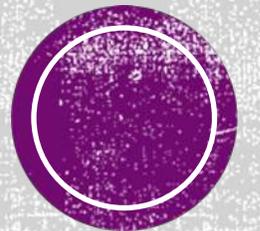


CARACTÈRE IONISANT OU NON DES REM

- Pour être ionisant : E doit être $\geq |W_x|$
- Avec $|W|$ l'énergie de liaison de l'électron.
 - REM ionisant si $E \geq 13,6 \text{ eV}$
 - $13,6 \text{ eV}$ est le seuil énergétique déterminé à partir de la molécule d'eau.

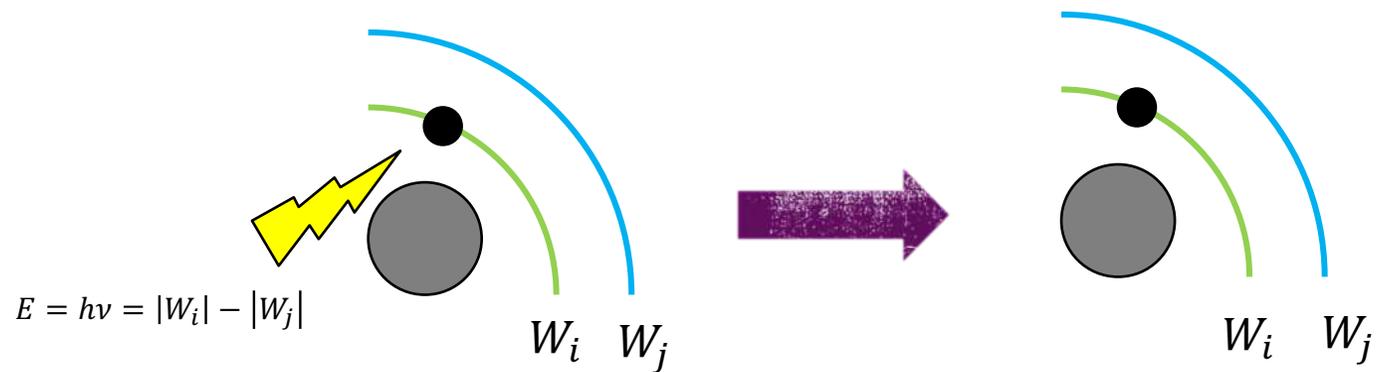


II. LES INTERACTIONS ELEMENTAIRES



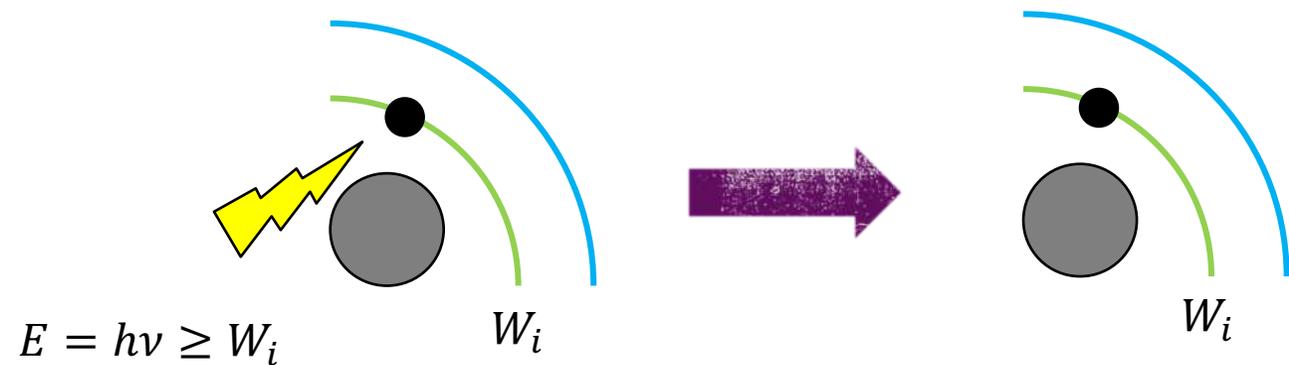
INTERACTIONS PAR EXCITATION

- Soit un photon d'énergie, $E < |W_i|$.
- Mais égal à $E = h\nu = |W_i| - |W_j|$, soit l'écart entre 2 couches de l'atome.
- L'énergie absorbée est quantifiée !

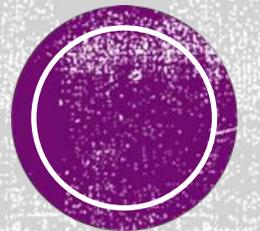


INTERACTIONS PAR IONISATION

- Soit un photon d'énergie, $E = h\nu \geq |W_i|$.
- L'électron est expulsé avec une énergie cinétique, $T = h\nu - |W_i|$
 - L'énergie absorbée n'est pas quantifiée !



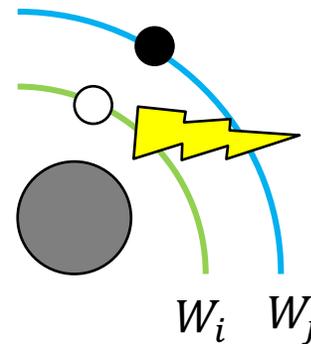
III. CONSÉQUENCE POUR LA MATIÈRE



ÉMISSION D'UN PHOTON DE FLUORESCENCE

Après une excitation :

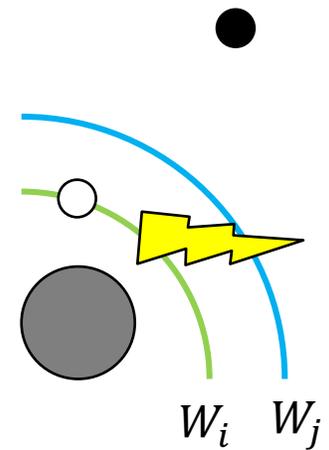
$$E = h\nu = |W_i| - |W_j|$$



Après une ionisation :

$$E = h\nu \geq |W_i|$$

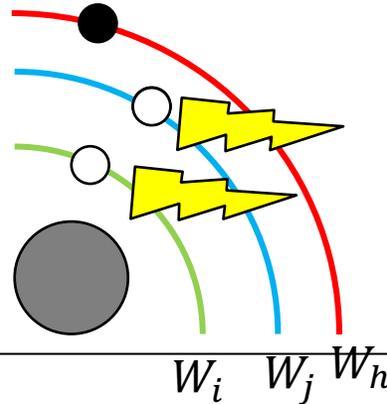
ICI ON PEUT UTILISER
UN ELECTRON LIBRE



ÉMISSION D'UN PHOTON DE FLUORESCENCE EN CASCADE

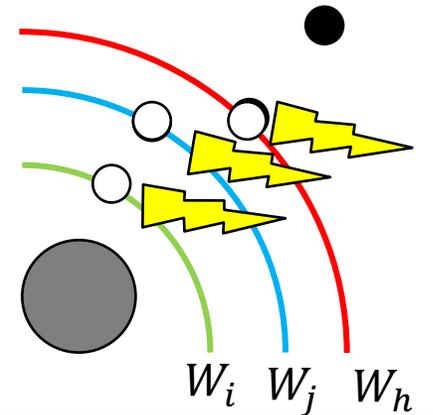
Après une excitation :

$$\begin{aligned}
 & E_1 + E_2 \\
 & = \\
 & (|W_i| - |W_j|) \\
 & + \\
 & (|W_j| - |W_h|) \\
 & = \\
 & (|W_i| - |W_h|)
 \end{aligned}$$



Après une ionisation :

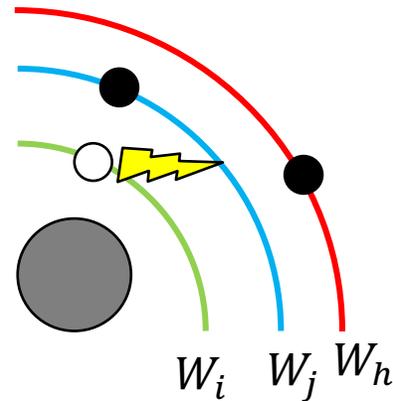
$$\begin{aligned}
 & E_1 + E_2 + E_3 \\
 & = \\
 & (|W_i| - |W_j|) \\
 & + \\
 & (|W_j| - |W_h|) \\
 & + \\
 & |W_h| \\
 & = \\
 & |W_i|
 \end{aligned}$$



ÉMISSION D'ÉLECTRON D'AUGER

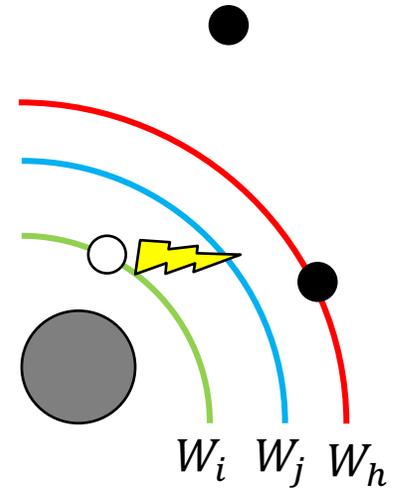
Après une excitation :

$$\begin{aligned} T &= h\nu - |W_x| \\ &= (|W_i| - |W_j|) - |W_h| \end{aligned}$$



Après une ionisation :

$$\begin{aligned} T &= h\nu - |W_x| \\ &= |W_i| - |W_x| \end{aligned}$$



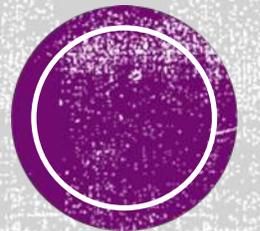
$$\omega_i = \frac{\text{Proba Fluorescence}}{\text{Proba Auger}}$$

Ce rendement décrit la compétition : photon de fluorescence / électron d'auger

Il dépend du Z de l'atome :

- Z élevé = photon de fluorescence (émission radiative)
- Z faible = électron d'auger

IV. INTERACTIONS DES PHOTONS AVEC LA MATIÈRE



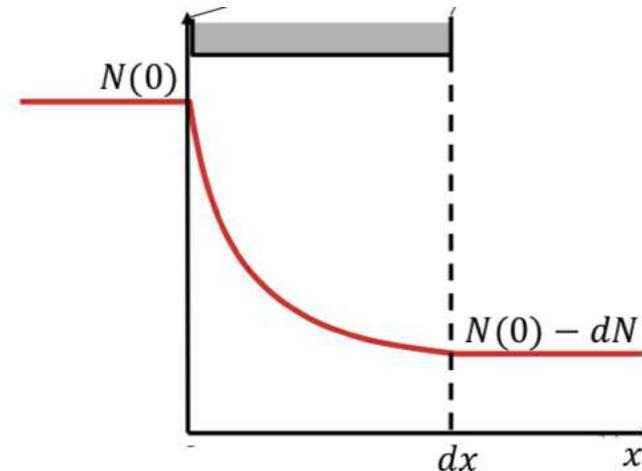
LOI D'ATTÉNUATION:

$$N(x) = N(0)e^{-\mu x}$$

Avec $N(0)$, la population initiale, μ le coefficient linéique d'atténuation, x l'épaisseur.

$$N(x) = N(0)e^{-\frac{\mu}{\rho}\rho x}$$

Avec $N(0)$ la population initiale, $\frac{\mu}{\rho}$ le coefficient massique d'atténuation, x l'épaisseur, ρ la masse volumique.



LA COUCHE DE DEMI- ATTÉNUATION (CDA)

$$\frac{N(0)}{2} = N(0)e^{-\mu \times CDA}$$

La CDA est la couche nécessaire pour diviser par 2 la population de photon incident.

$$CDA = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0,693}{\mu}$$

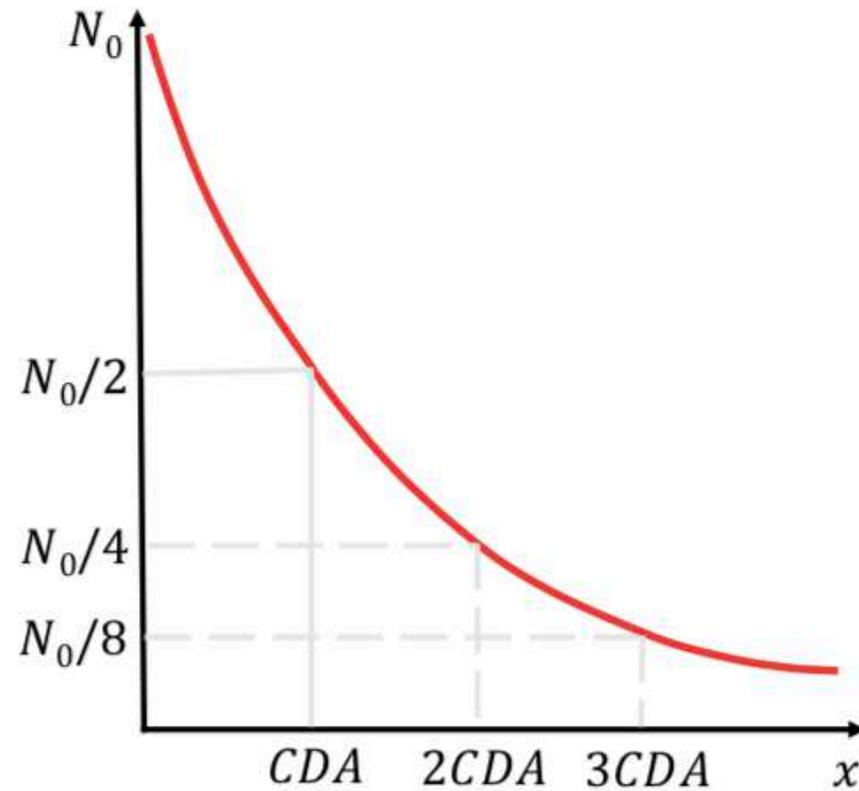
On peut réécrire la loi d'atténuation en fonction du nombre de CDA :

$$N(k \times CDA) = N(0) \left(\frac{1}{2}\right)^k = \frac{N(0)}{2^k}$$

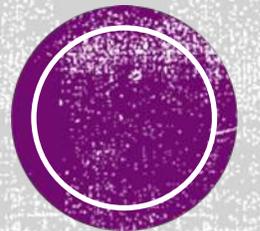
Au bout de 10 CDA, on considère le flux de photons transmis comme négligeable : 99,9 % sont atténués.



| x | $N(x)/N(0)$ | % |
|-----------------|-------------|------|
| CDA | $1/2$ | 50 |
| $2 \times CDA$ | $(1/2)^2$ | 25 |
| $3 \times CDA$ | $(1/2)^3$ | 12,5 |
| $n \times CDA$ | $(1/2)^n$ | |
| $10 \times CDA$ | $1/1024$ | 0,1 |



V. MÉCANISMES D'ATTÉNUATIONS



EFFET PHOTO-ÉLECTRIQUE

Principe :

Un photon incident d'énergie $E = h\nu$ rencontre un électron et l'expulse de l'atome en lui cédant toute son énergie.

$$\text{Soit : } E = h\nu \geq W_i$$

T l'énergie cinétique de l'électron expulsé :

$$T = h\nu - |W_i|$$



EFFET PHOTO-ÉLECTRIQUE

Conséquences :

- L'atome se réarrange par émission de photon de fluorescence/ électron de Auger.
- L'électron expulsé perd de son énergie cinétique par ionisations successives.
- Le rayonnement disparaît car le photon donne toute son énergie à l'électron.



EFFET PHOTO-ÉLECTRIQUE

Probabilité interactions τ :

$$\tau = k\rho \frac{Z^3}{(h\nu)^3} \text{ ou } \frac{\tau}{\rho} = k \frac{Z^3}{(h\nu)^3}$$

Elle est proportionnelle à Z.

Elle est inversement proportionnelle à $h\nu$,
l'énergie du photon incident.



EFFET COMPTON

Principe :

L'énergie du photon incident se partage entre l'électron expulsé et le photon diffusé.

L'énergie du photon diffusé :

$$E = h\nu_2$$

T l'énergie cinétique de l'électron expulsé :

$$T = h\nu - |W_i|$$

On en conclu que :

$$h\nu_1 = T + h\nu_2 + |W_i|$$



EFFET COMPTON

Conséquences :

- L'atome se réarrange.
- L'électron perd son énergie par ionisations successives (énergie absorbée $E_a = T$)
- Une partie du rayonnement est diffusée (énergie diffusée $E_d = h\nu_2$)



EFFET COMPTON

Probabilité d'interactions σ :

$$\sigma = k\rho \frac{1}{h\nu} \text{ ou } \frac{\sigma}{\rho} = k \frac{1}{h\nu}$$

Elle est inversement proportionnelle à $h\nu$,
l'énergie du photon incident.



DIFFUSION DE THOMPSON- RAYLEIGH

Principe :

- Est un changement de direction du photon incident sans changement d'énergie, ni de longueur d'onde.
- Concerne les photons de basse énergie comme les infra-rouges, le visible, les ultra-violets.



CRÉATION DE PAIRE OU MATÉRIALISATION

Principe :

Un photon incident $h\nu$ disparaît au profit de deux masses :

Un électron e^- et son antiparticule, le positon β^+ .

L'électron continue son parcours dans la matière.

L'antiparticule β^+ en rencontrant un autre électron, va se désintégrer en 2 photons d'énergie $0,511 \text{ MeV}$ ($= 511 \text{ keV}$) chacun, émis à 180° l'un de l'autre.



**CRÉATION DE
PAIRE
OU
MATÉRIALISATION**

Probabilité d'interactions π :

$$N(x) = N(0)e^{-\pi x}$$

Probabilité augmente avec l'énergie du photon incident.

Possède un seuil énergétique de 1,022 MeV (ou 1022 keV).



IMPORTANCE RELATIVE DES MÉCANISMES D'INTERACTION

Les mécanismes d'interactions dépendent de l'énergie et du milieu :

