

PAES – Tut' rentrée 2011-2012 BIOPHYSIQUE DES RADIATIONS Rayons X

Force de Coulomb : $F = \frac{k \cdot q \cdot q'}{x^2}$

Si l'une des charges est immobile et l'autre en mouvement, les 2 charges sont déviées en se partageant l'énergie incidente.

Arrêt par collision : Si un e^- entre en collision avec les e^- de la matière, plusieurs cas de figure

- Si E_c (énergie cinétique de l' e^- incident) $> |W_i|$ électron d'une matière cible \Rightarrow **ionisation**.
- Si E_c (énergie cinétique de l' e^- incident) $= \Delta W_i$ électron d'une matière cible \Rightarrow **excitation**.
- Si E_c (énergie cinétique de l' e^- incident) $< \Delta W_i$ électron d'une matière cible \Rightarrow **vibration + chaleur**.
- Retour à l'état fondamental \Rightarrow émission d'un photon de fluorescence, $h\nu$ quantifié \Rightarrow spectre de raie.
- Le photon est un rayon X caractéristique de la cible.

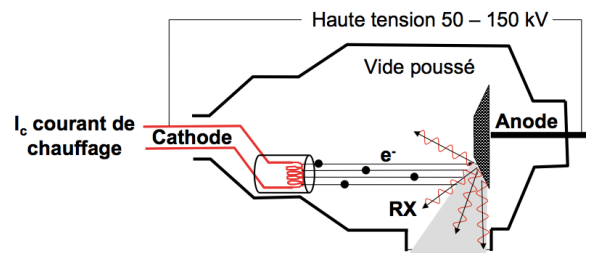
Arrêt par freinage :

- Accélération centripète de l'électron incident par interaction avec le noyau, qui produit un rayonnement $h\nu$, compris entre 0 et E_c (énergie de l'électron incident). Le photon aura donc une énergie $h\nu$ avec plusieurs valeurs possibles \Rightarrow spectre continu.

Production des rayons X : paramètres du tube de Coolidge

- Les rayons X sont des photons produits par l'interaction des électrons avec la matière.

- **Cathode** = filament de tungstène dans lequel circule : I_c le **courant de chauffage** (0,5 à 1 A) = émetteur d' e^- à partir de 1200°C (émission thermo-électronique). Ce courant va en effet permettre à partir de la cathode d'émettre un flux d'électron qui interagira avec l'anode.



- **Courant anodique i** = flux d' e^- entre cathode et anode (traversant le tube), en mA

- **Haute tension** accélératrice des électrons $U = 50$ à 150 kV, responsable de l'énergie cinétique E_{c_e} de chaque électron.

$$E_{c_e}(\text{eV}) = U(\text{V})$$

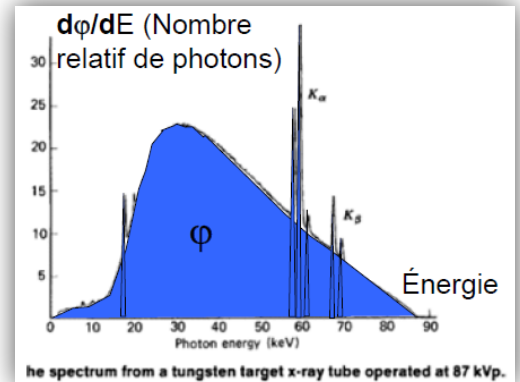
- **Anode**. Les électrons émis à partir de la cathode par le courant de chauffage vont interagir par les modalités précédemment vues avec l'anode, ce qui entraînera des réarrangements produisant des photons, ou rayons X. L'anode est aussi appelée cible, elle a un Z élevé pour une meilleure probabilité d'interaction avec les électrons de la matière, et donc un meilleur rendement. Elle est donc constituée d'un alliage et d'un dispositif tournant du fait de la forte production de chaleur.

- **Flux énergétique Φ** = puissance rayonnée (Watt ou photon/s).

Spectre énergétique : c'est la représentation graphique de la distribution énergétique d'un rayonnement.

Spectre des rayons X :

- Composante continue ↔ rayonnement de freinage.
- Raies ↔ photons X caractéristiques de fluorescence (lors du réarrangement).
- Φ = surface sous la courbe = $\frac{kiZU^2}{2}$
- Affaissement de début de courbe ↔ auto-absorption dans la cibles des rayons X de faible énergie.

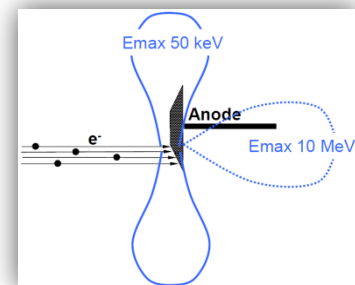


Caractéristiques d'exposition :

- Un filtre métallique absorbe les photos de faible énergie inutiles pour l'imagerie.
- Rendement d'une tube à rayons X :
 - **Puissance consommée : $P = Ui$**
 - **Puissance rayonnée : $\Phi = \frac{kiZU^2}{2}$**
 - **Rendement d'un tube à rayons X : $r = \frac{\Phi}{P} = \frac{kiZU^2}{2iU} = \frac{k}{2}ZU = KZU$ avec $K=k/2$**
 - ⇒ Le rendement est seulement de quelques % (chaleur) ; il dépend de Z (⇒ utilisation du tungstène $_{74}W$).
 - ⇒ k est une constante caractéristique du tube !

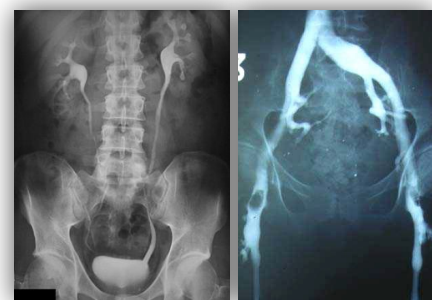
Paramètres du tube :

- On peut faire varier U (kilovoltage) et i (milliampérage).
- Si i ↗, Φ ↗ → le flux de rayons X ↗ sans modification des caractéristiques énergétiques ; la répartition spatiale de l'émission de rayons X est indicatrice d'intensité.
- Si U ↗, Φ ↗ et $E_{max} = U$ ↗ → les rayons X sont plus pénétrants.
- L'imagerie utilisant les rayons X est une imagerie dite « par transmission ».
- **Flux par unité de surface = débit de fluence = $F = F_0 e^{-\mu x}$** → la transmission des rayons X est inversement proportionnelle à μ (coefficient d'atténuation linéique) et à x.



Interaction des rayons X avec les tissus :

- Effet **photo-électrique** et diffusion **Compton**.
- **Contrastes naturels :** principalement Ca.
- **Contrastes artificiels :** principalement l'iode I (Z=53)
- **Quand Z ↗, le contraste ↗** (⇒ d'où le choix de l'iode 131 comme produit de contraste).



Tube de Crookes (= ancêtre du tube à rayons X) :

- A P_{atm} ⇒ pas de phénomène observable.
- A $P_{atm} 10^{-2}$ ⇒ décharges électriques, dues aux ionisations/excitations des molécules du gaz (principe des néons), car plus d'espace entre les molécules d'air.
- A $P_{atm} 10^{-5}$ ⇒ on ne voit plus de décharges, mais apparition d'une fluorescence verte et au fond du tube de l'ombre de l'anode ⇒ quelque chose se propage, ce sont les électrons. La fluorescence verte est due aux raies caractéristiques du verre.