

Interaction des RI avec la matière

Ouvrez vos grimoires et vos
oreilles!!





Sommaire (y'en a qui disent que ça sert à rien mais au moins tu te repères...)

I Introduction aux rayonnements ionisants

A Définition

B Intérêt des RI en santé

C Fondements physiques

II Mécanismes généraux des interactions des rayonnements avec la matière

A Interactions élémentaires

1 Interaction par excitation

2 Interaction par ionisation

B Caractère ionisant ou non d'un rayonnement

1 Rayonnement directement ou indirectement ionisant

2 Caractère ionisant des REM

C Conséquences pour la matière

1 Emission d'un photon de fluorescence

2 Emission d'un électron Auger





Sommaire (y'en a qui disent que ça sert à rien mais au moins tu te repères...)

III Interaction des photons avec la matière

A Atténuation des photons dans la matière

- 1 La loi d'atténuation
- 2 Les différentes expressions de μ
- 3 Couche de demi atténuation

B Mécanismes d'interactions des photons

- 1 Effet photo électrique
- 2 Effet Compton
- 3 Création de paires

C Probabilités des différents mécanismes d'interactions

- 1 Effet photo électrique
- 2 Effet Compton
- 3 Création de paires
- 4 Importances relatives

D Interactions des particules avec la matière

- 1 Interactions des neutrons
- 2 Interactions des particules chargées positivement

IV Conclusion





DEFINITION



Le RI (rayonnement ionisant):
-rayonnement électromagnétique ou
particulaire
-produit directement ou indirectement
des ionisations



Toi qui pense
que la biophysique
c'est super
compliqué



Toi qui voit que
finalement c'est
possible de
passer par les
profs font pas
des QCM très
compliqués

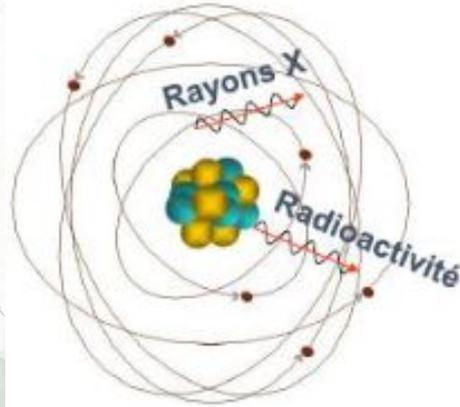
Ses applications en santé

- Effets biologiques (à l'échelle de la cellule, des tissus, de l'organisme...)
- Exploration diagnostique (rayons X par exemple)
- Traitements (radiothérapie)



Mais d'où proviennent les RI??

Ces fondements physiques



Moi quand on me dis que la biostat est une matière de roi

L'extérieur du noyau

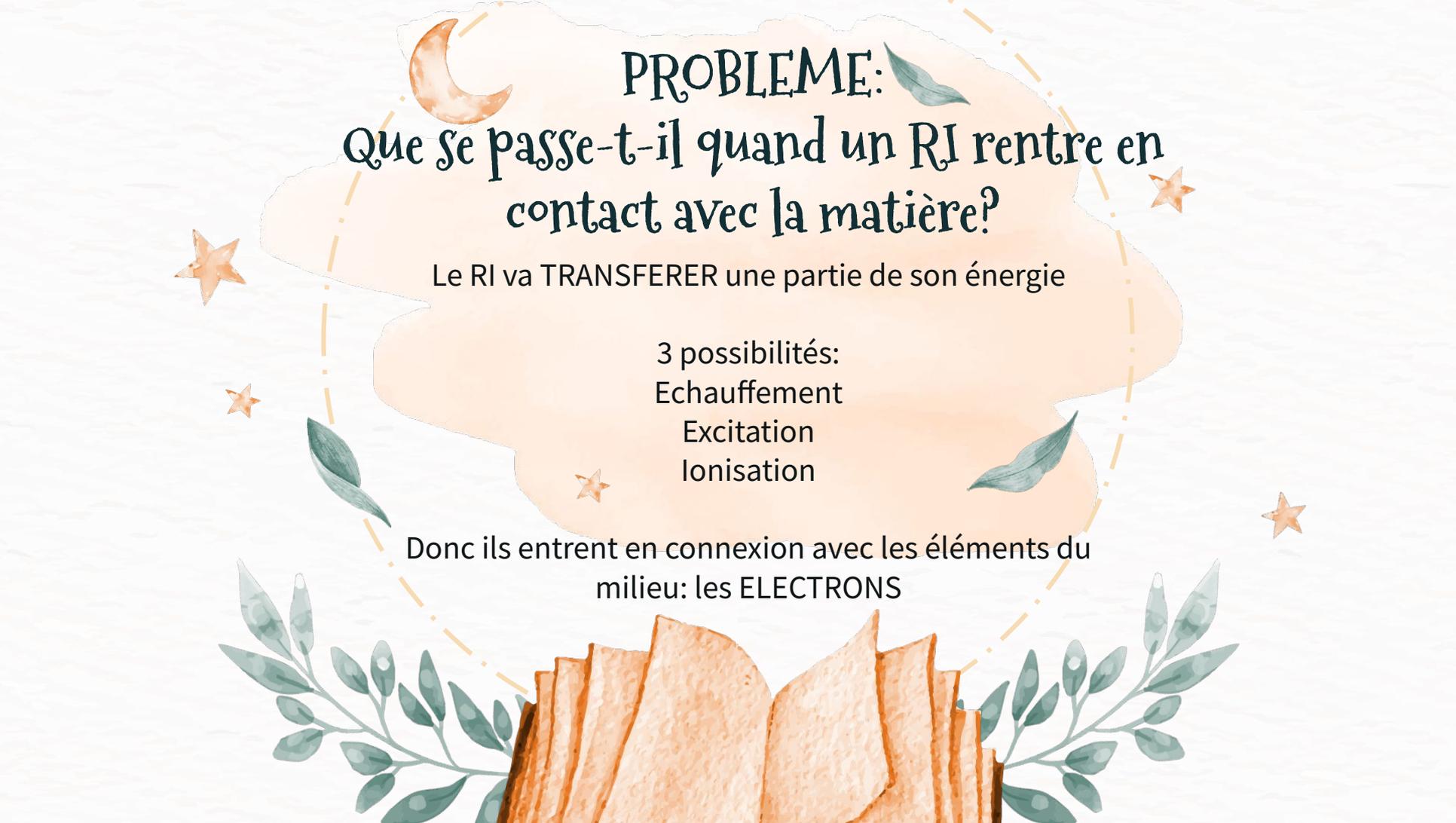
Les rayons X



Le noyau lui même

La radioactivité





PROBLEME:
Que se passe-t-il quand un RI rentre en contact avec la matière?

Le RI va TRANSFERER une partie de son énergie

3 possibilités:
Echauffement
Excitation
Ionisation

Donc ils entrent en connexion avec les éléments du milieu: les ELECTRONS



Rappel de convention d'écriture physique de la matière



Photon $E = h\nu$



Atomes de la matière
selon le modèle de
Bohr ($K, L, M\dots$)



Energie de l'électron
 $= W_i$

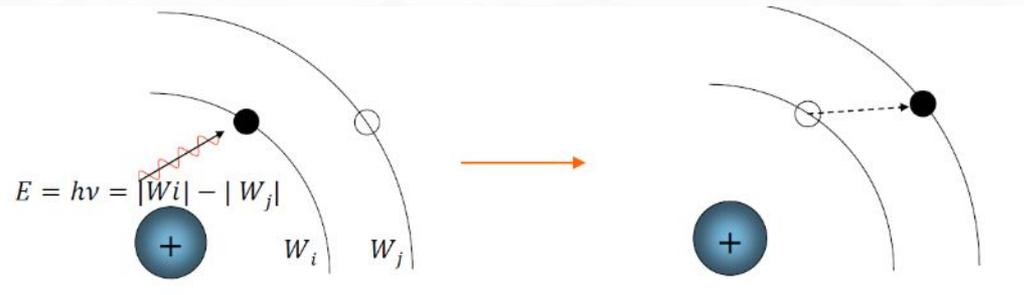


Energie de liaison de
l'électron $= |W_i|$



PAR EXCITATION

- Absorption de l'énergie du photon
- L'électron va changer d'orbite si l'énergie du photon correspond EXACTEMENT à l'écart entre 2 énergie de liaisons. $E = |W_i| - |W_j|$
- L'atome n'est plus dans son état fondamental, il est en excès d'énergie
- L'énergie absorbée est quantifiée

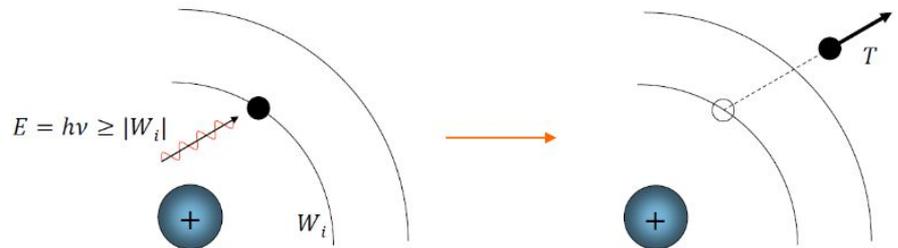


Interactions élémentaires



PAR IONISATION

- L'électron va être EJECTE car l'énergie du photon va être supérieur à l'énergie de liaison
- L'atome n'est plus dans son état fondamental, il est en excès d'énergie
- L'électron va avoir une énergie cinétique (vitesse)
 $E = h\nu = W_i + T$ $T = h\nu - |W_i|$
- 2 consommations d'énergie
- L'énergie absorbée N'est PAS quantifiée



RAYONNEMENT DIRECTEMENT ET INDIRECTEMENT IONISANT

Caractère ionisant
ou non d'un
rayonnement

Particules chargées

Interactions
= coulombiennes/obligatoires
= Electrostatiques
= Directement ionisantes
= ex: α^{2+} ; β^{-} ; β^{+} ; e^{-} ; p^{+}

Les REM/ particules neutres

Interactions
= balistiques/ non obligatoires
= Indirectement ionisantes
= par les électrons ou protons secondaires



Ionisant vs non ionisant



Ionisant

**$E \geq 13,6 \text{ eV} \rightarrow$
REM ionisant++**

**Rayons gamma,
rayons X
une partie des UV**



Non ionisant

**$E < 13,6 \text{ eV} \rightarrow$ REM
non ionisant++**

**L'autre partie des UV
le visible
les ondes infrarouge
les ondes radio**





Conséquence sur la matière

PHOTON DE FLUORESCENCE

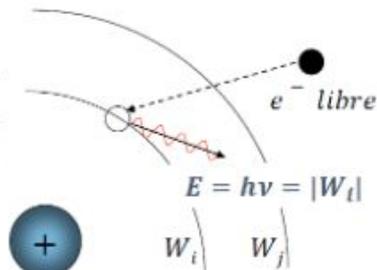
Atome ionisé

Besoin d'un nouvel électron
car électron perdu

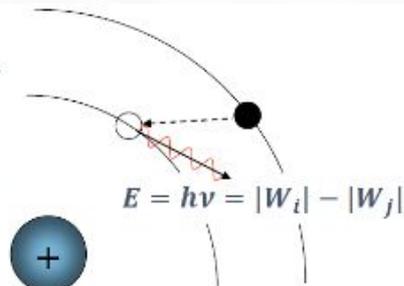
Atome excité

Réarrangement de l'atome

Après ionisation
 $E = |W_i|$



Après excitation
 $E = |W_i| - |W_j|$



ELECTRON AUGER

L'atome a émis un photon pour retourner dans son état fondamental.

★ Le photon peut lui-même percuter un nouvel électron qu'on appellera ELECTRON AUGER

Avec comme E_c : **T = l'excès d'énergie de l'atome E - |Wx|**

Conséquence sur la
matière



Toi en ce
moment
même



Photon de fluorescence ou électron Auger?

Photon de fluorescence

Noyau lourd

Electron Auger

Noyau légers



Photon de fluorescence / électron Auger?



QCM 1 : Les énergies de liaison des électrons de l'atome de sodium ($Z=11$) sont, en eV et dans le modèle de Bohr : $W_K = -1070$, $W_L = -40$ et $W_M = -10$. Après ionisation de cet atome par expulsion d'un électron de la couche K, on peut observer :



- A) un photon de fluorescence de 1070 eV
- B) un électron Auger d'énergie cinétique de 1070 eV
- C) un photon de fluorescence de 1030 eV
- D) un photon de fluorescence de 30 eV
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses



Photon de fluorescence / électron Auger?



QCM 1 : Les énergies de liaison des électrons de l'atome de sodium ($Z=11$) sont, en eV et dans le modèle de Bohr : $W_K = -1070$, $W_L = -40$ et $W_M = -10$. Après ionisation de cet atome par expulsion d'un électron de la couche K, on peut observer :



- A) un photon de fluorescence de 1070 eV
- B) un électron Auger d'énergie cinétique de 1070 eV
- C) un photon de fluorescence de 1030 eV
- D) un photon de fluorescence de 30 eV
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses



Interactions des photons avec la matière

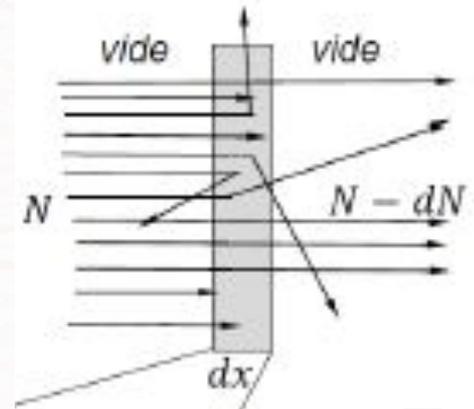
Atténuation des photons

3 destins des photons !

Absorbés

Diffusés

Transmis





Interactions des photons avec la matière



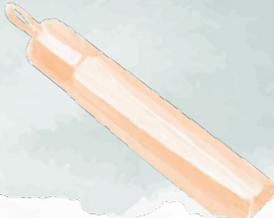
La loi d'atténuation (photon transmis)

A savoir que l'atténuation des photons se fait de façon exponentielle

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



Interactions des
photons avec la
matière



Les différentes expressions de μ

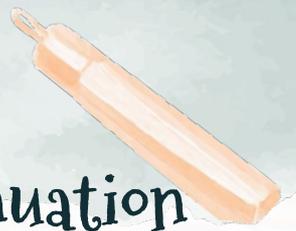
μ : coefficient linéique d'atténuation

=proba d'interaction

Il est SPECIFIQUE du milieu et de l'énergie des photons

μ/p : coefficient massique d'atténuation

Il ne dépend PAS de l'état du milieu



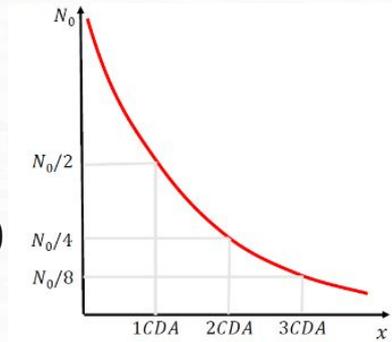
Couche de demi atténuation

Interactions des
photons avec la
matière

La CDA a quoi sert-elle?

$$\text{CDA} = \ln(2) / \mu$$

Jamais le faisceau atteindra 0
10 CDA c'est négligeable!



Mécanisme d'interaction des photons



1. Effet photo électrique

2. Effet Compton

3. Création de paires

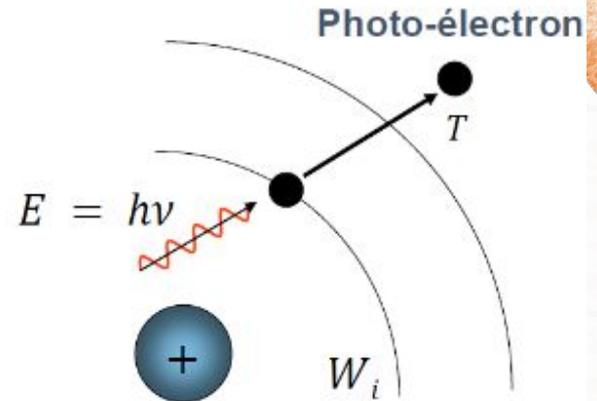
Effet photo électrique

Transfert **TOTAL** de l'énergie

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

Conséquence:

- Atome: photon fluorescence/ auger
- Electron ionisé: perte E_c par ionisations successives
- Rayonnement: disparition



Effet Compton

★ Transfert **PARTIEL** de l'énergie

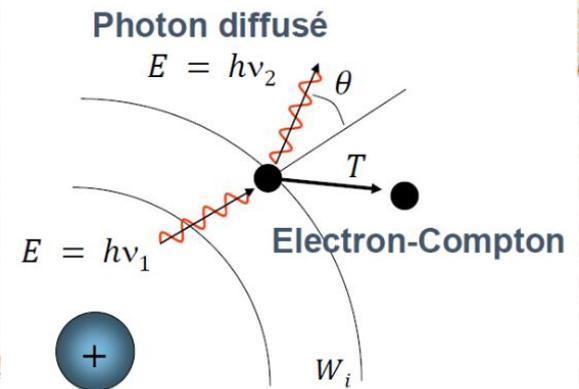
$$h\nu_1 = T + h\nu_2 + |W_i|$$

Energie répartie en:

- E_c
- Energie consommée pour arracher l'e-
- Energie du photon diffusé

Conséquence:

- Atome: photon fluorescence/ auger
- Electron ionisé: perte E_c par ionisations successives
- Rayonnement: une partie du rayonnement est diffusée

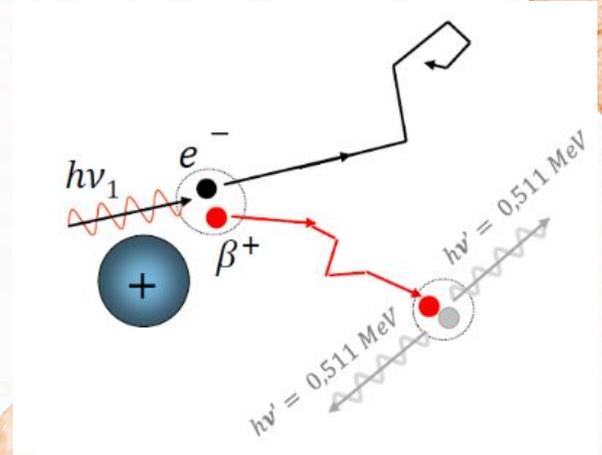


Création de paires

Une photon passant à proximité du noyau formera :

- Un positon
- Un électron

Il faut une énergie minimale de **1022KeV**



Photon de fluorescence / électron auger?



QCM 2 : Un atome fait l'objet d'un effet photo-électrique. Quelle(s) est (sont) la (les) proposition(s) exacte(s) ?

- A) L'effet photo électrique correspond à un transfert partiel d'énergie
- B) L'effet photo électrique correspond à un transfert total d'énergie
- C) L'énergie du photon se répartit en un autre photon et l'expulsion d'un électron
- D) L'énergie du photon permet l'expulsion d'un électron
- E) Toutes les réponses sont fausses



Photon de fluorescence / électron auger?



QCM 2 : Un atome fait l'objet d'un effet photo-électrique. Quelle(s) est (sont) la (les) proposition(s) exacte(s) ?

- A) L'effet photo électrique correspond à un transfert partiel d'énergie
- B) L'effet photo électrique correspond à un transfert total d'énergie
- C) L'énergie du photon se répartit en un autre photon et l'expulsion d'un électron
- D) L'énergie du photon permet l'expulsion d'un électron
- E) Toutes les réponses sont fausses





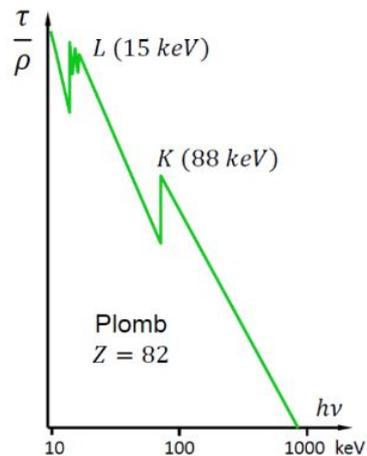
Probabilité des différents mécanismes

1. Effet photo électrique
2. Effet Compton
3. Création de paires
4. Importances relatives

Photo électrique

Probabilité élevée pour:

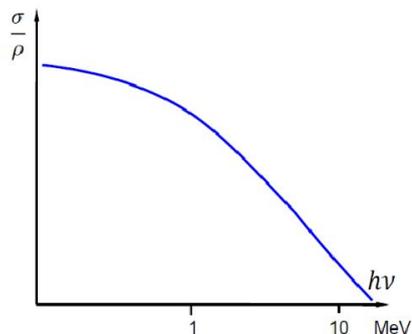
- les éléments lourds
- les photons de faible énergie



Compton

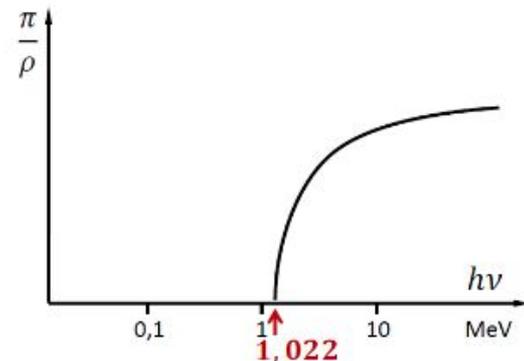
Probabilité est indépendante de la matière

Probabilité diminue quand l'énergie du photon augmente



Création de paires

Il faut un minimum de 1,022 MeV



Importances relatives

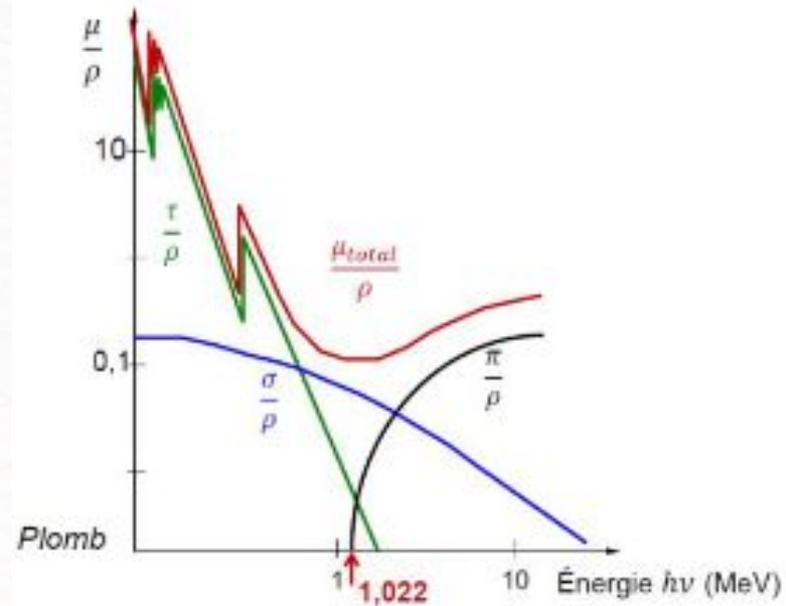
Energie du photon:

Faible énergie:

Effet photoélectrique ($le +$)
Effet Compton (possible)

Forte énergie

Création de paires **1,022 MeV**



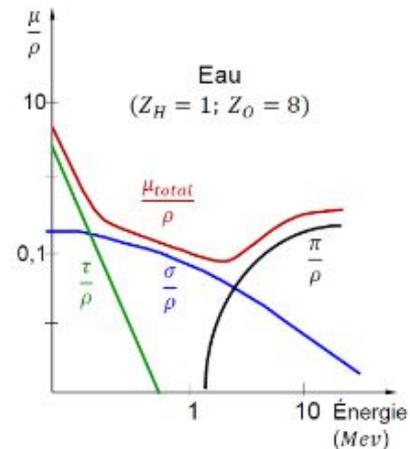
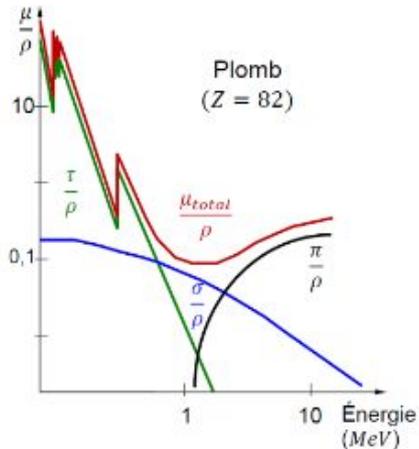
Importances relatives

Milieu:

★ Seul l'effet photo électrique va être impacté

La probabilité de l'effet photoélectrique

AUGMENTE quand le Z du milieu **AUGMENTE**



Interactions des particules avec la matière



1. Interactions des neutrons

2. Interactions des particules
chargées positivement

3. Interactions des électrons



Interactions des neutrons

- Interactions Balistique ou Coulombienne??
- Probabilité FAIBLE
- Très pénétrant

Neutrons RAPIDES:
milieu riche en H : transfert d'énergie maximal
milieu riche en noyaux lous: rebondissent

Neutrons LENTS
Absorbés par le noyaux

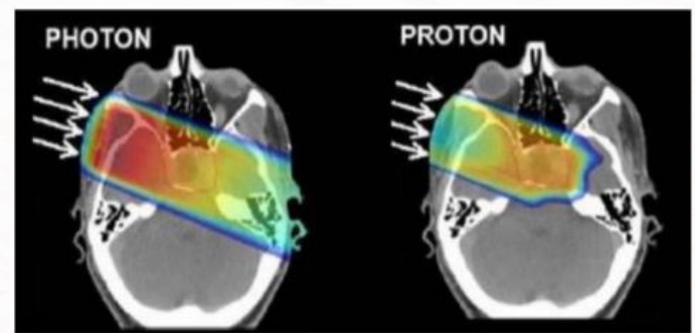
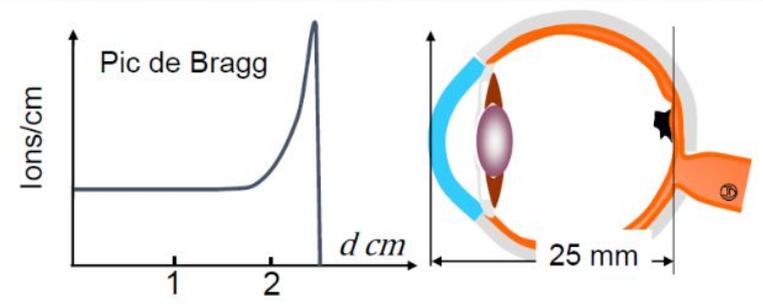


Interactions des
particules chargées
positivement

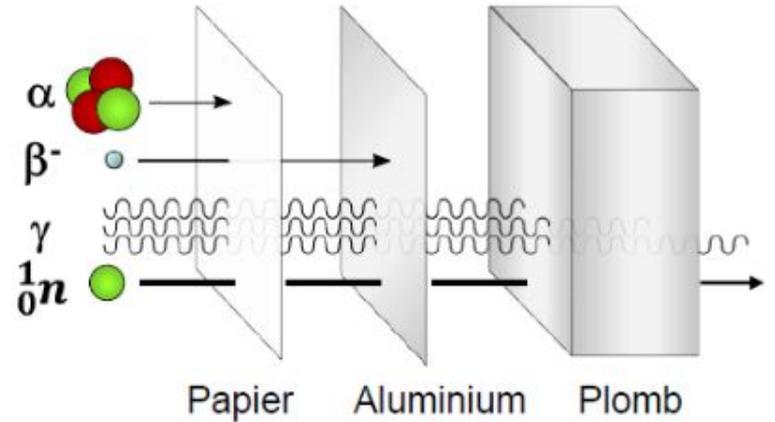
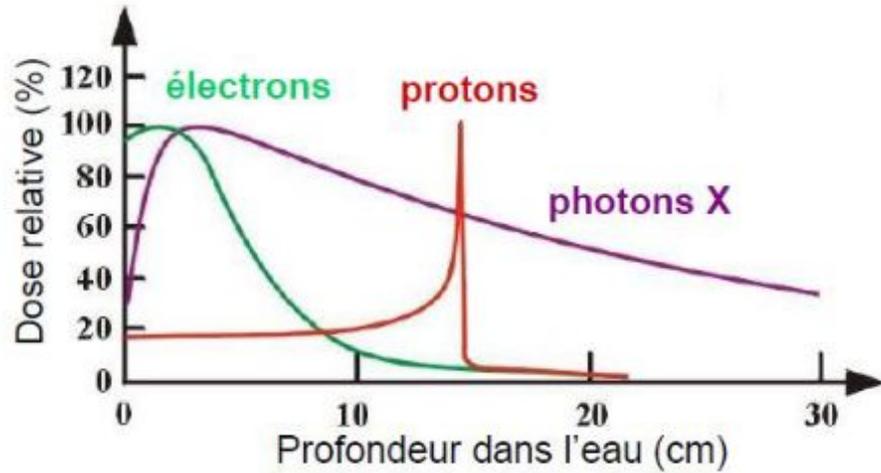
proton + particule
alpha

- Interactions Balistique ou Coulombienne??
- Directement ionisante
- Trajet court et rectiligne
- Nombreuses ionisations

Pic de Bragg et protothérapie++



Conclusion / Recap

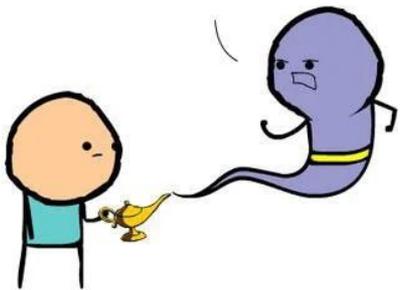


THANKS !

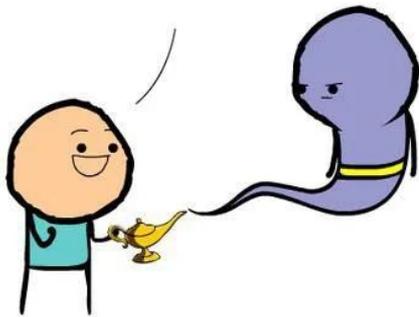
Do you have any questions?



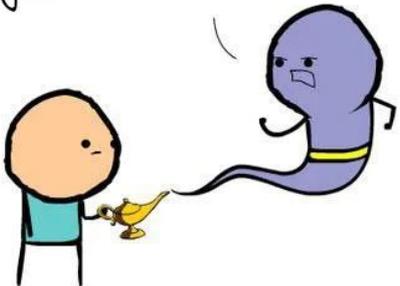
je suis le génie
de la lampe



tu peux régler
mon problème ?



j'ai LA solution !



TRAVAILLE et
ENTRAINE TOI !!
Et tu passeras !



SOLUTION POUR PERFECT LA BIOPHY

1. Apprendre ses leçons
2. Comprendre ses leçons
3. S'ENTRAINER+++++++