

# IMRT1 : DEVOIR 4 : 0910

Données :

constante de Planck :  $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

masse de l'électron :  $m_e = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$

1 u (unité de masse atomique) =  $1,660 \times 10^{-27} \text{ kg}$

masse volumique de l'eau :  $\rho = 1,00 \text{ g.cm}^{-3}$

charge élémentaire :  $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$

célérité de la lumière :  $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

chaleur massique du tungstène :  $C = 134 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

masse volumique du plomb :  $\rho = 11,3 \text{ g.cm}^{-3}$

## 1. QCM : compléter le tableau réponse par F pour Faux et V pour Vrai

1. L'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène vaut 13,6 eV

Dans le système MKSA, cette valeur devient :

- A)  $1,6 \times 10^{-9}$       B)  $6,02 \times 10^{23}$       C) 0,082      D)  $9,1 \times 10^{-31}$       E)  $2,18 \times 10^{-18}$

2. Les états d'énergie d'un électron sont définis par 4 nombres quantiques.

A) Le nombre quantique magnétique varie par valeurs entières de -n à +n

B) Le nombre quantique secondaire prend toutes les valeurs entières de 0 à n-1

C) Le nombre de spin est égal à +1

D) Les valeurs prises par le nombre quantique magnétique dépendent du nombre quantique secondaire

E) Le niveau d'énergie principal est une valeur entière positive.

3. Soit un rayonnement électromagnétique de 150 keV

La longueur d'onde du rayonnement vaut :

- A) 15 nm      B) 8,27 pm      C) 8,27 nm      D)  $8,27 \times 10^{-12} \text{ m}$       E)  $2,28 \times 10^{-31} \text{ m}$

4. La masse de l'électron vaut :

- A) 0,55 u      B)  $0,511 \text{ MeV} / c^2$       C)  $511 \text{ MeV} / c^2$       D) 0,00055 u      E)  $9,1 \times 10^{-34} \text{ g}$

5. On considère l'élément  ${}_{92}^{235}\text{U}$  :

A) 235 est le nombre de neutrons

B) 92 est le nombre de protons

C) 235 est toujours le nombre d'électrons

D) 143 est le nombre de neutrons

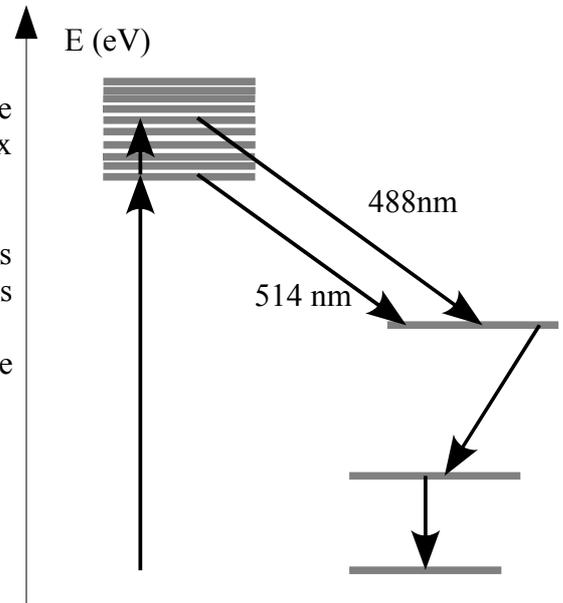
E) 235 est le nombre de protons

|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| A |   |   |   |   |   |
| B |   |   |   |   |   |
| C |   |   |   |   |   |
| D |   |   |   |   |   |
| E |   |   |   |   |   |

## 2. Laser

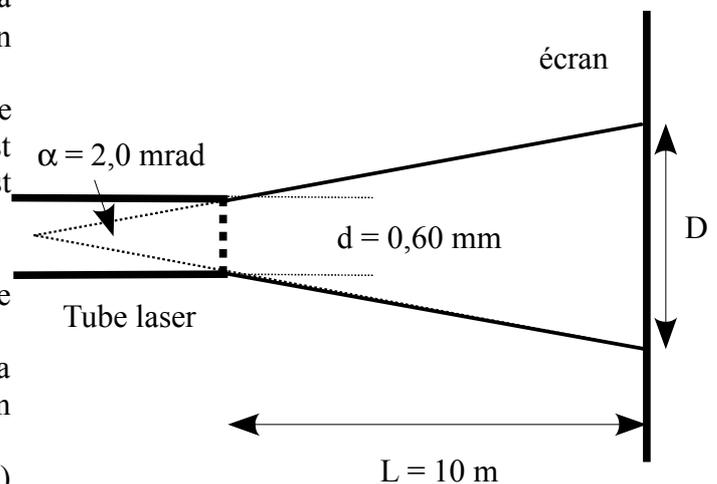
Les transitions existant dans un laser à argon peuvent être résumées par le schéma ci contre. Le laser à argon émet deux radiations de longueur d'onde 488 nm et 514 nm

1. Légendez le schéma (voir fin du texte) en utilisant les mots "transitions laser", "pompage optique", "états excités métastables", "état fondamental"....
2. Dans quel domaine des ondes électromagnétiques émet ce laser ?

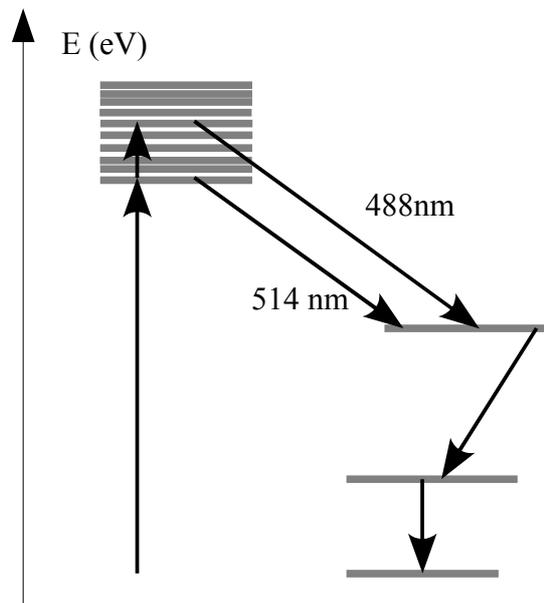


Le laser à "argon" émet principalement la radiation de longueur d'onde  $\lambda = 0,514 \mu\text{m}$  (on néglige les autres émissions).

La puissance d'émission vaut  $P = 250 \text{ mW}$ . Le diamètre du faisceau à la sortie du laser est  $d = 0,60 \text{ mm}$  et son angle de divergence est  $\alpha = 2 \text{ mrad}$ .



3. Calculer l'énergie d'un photon émis par le laser.
4. Montrer que le diamètre  $D$  du faisceau, à la distance  $L = 10 \text{ m}$  de la sortie, mesure environ  $20 \text{ mm}$ .
5. Calculer l'intensité (ou puissance surfacique) au niveau d'un écran placé à  $10 \text{ m}$  de la sortie.
6. Calculer le nombre de photons émis par le laser pendant une durée de  $10 \text{ s}$ .



## Problème : rayons X , production et propagation dans la matière.

On produit des rayons X dans un tube de Coolidge à anode de tungstène

Les électrons sont accélérés par une différence de potentiel  $U_{AC} = V_A - V_C = 150 \text{ kV}$ . Ce tube est alimenté par un courant d'intensité  $i = 2,0 \text{ mA}$ , et son rendement est  $r = 1\%$ .

### A. Échauffement de l'anode.

1. Calculer la puissance électrique  $P_E$  consommée par le tube, la puissance rayonnée  $P_R$  (sous forme de rayons X), la puissance transformée en chaleur  $P_J$ .
2. La masse de l'anode vaut  $m = 50,0 \text{ g}$ . Calculer l'élévation de température que subirait cet électrode au bout de 10 s en fonctionnement statique ; commenter.

### B. Caractéristiques du rayonnement de freinage

1. L'énergie cinétique des électrons émis par la cathode vaut environ 5 eV ; calculer l'énergie cinétique  $E_c$  (en eV et en J) des électrons incidents quand ils atteignent l'anode.

2.1. Calculer la longueur d'onde minimum  $\lambda_0$  du spectre continu obtenu par freinage des électrons.

2.2. Calculer l'énergie  $E_m$  (en eV et en J) des photons X les plus nombreux. On rappelle que les photons X les plus probables ont pour longueur d'onde  $\lambda_m = 1,5 \lambda_0$ .

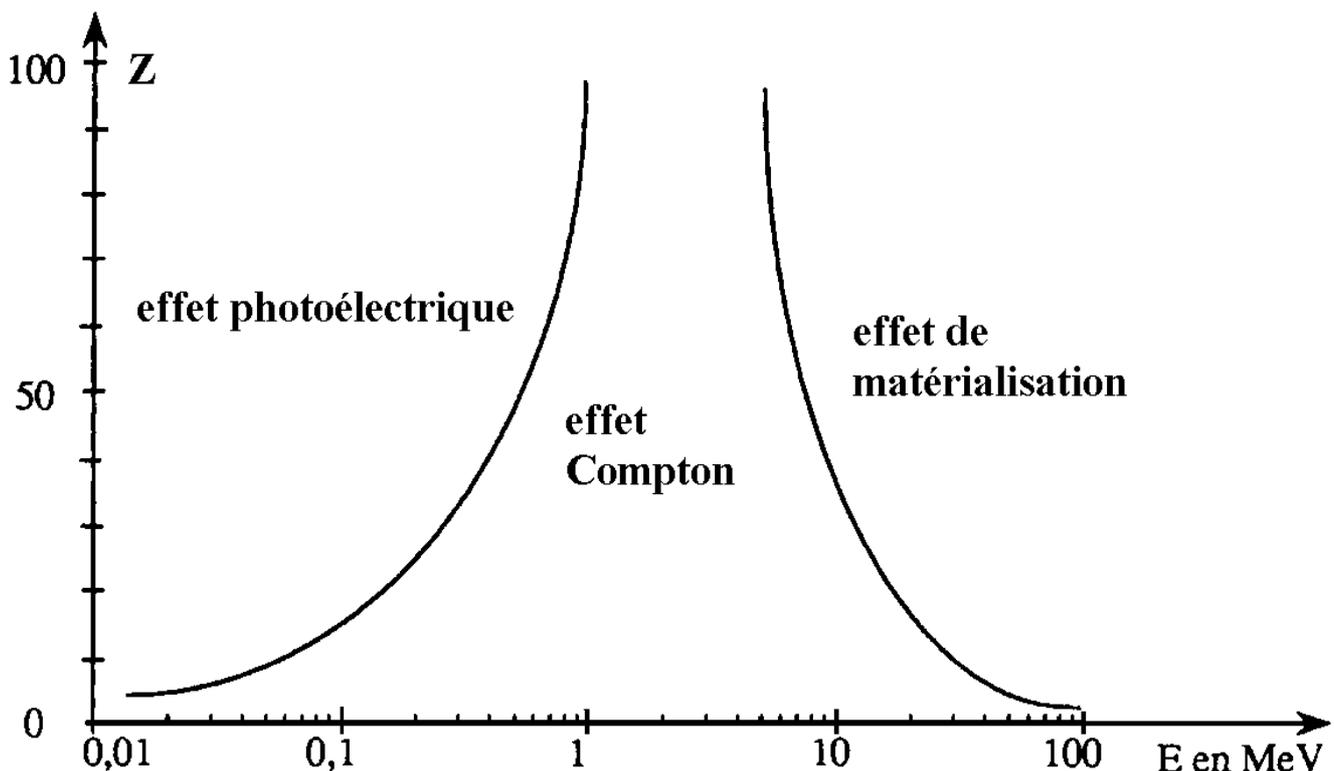
### C. Interaction du rayonnement dans la matière.

Le faisceau de rayons X est maintenant dirigé soit sur une cible de plomb, soit sur un fantôme d'eau. Pour simplifier, on considère qu'il ne contient que des photons d'énergie 90 keV.

1.1. A l'aide du diagramme fourni ci-dessous, déterminer le type d'interaction que ce type de photons présente avec les molécules d'eau, considérées comme de numéro atomique "moyen" égal à 8.

1.2. Toujours à l'aide du diagramme, déterminer le type d'interaction que ce type de photon présente avec le plomb ( $Z = 82$ )

1.3. Donner une description sommaire des trois types d'interactions évoquées sur ce diagramme.



2. On donne ci-contre un diagramme simplifié des niveaux d'énergie du plomb.

L'interaction d'un photon et de l'atome de plomb peut ioniser celui-ci.

2.1. Donner le nom de ce type d'interaction.

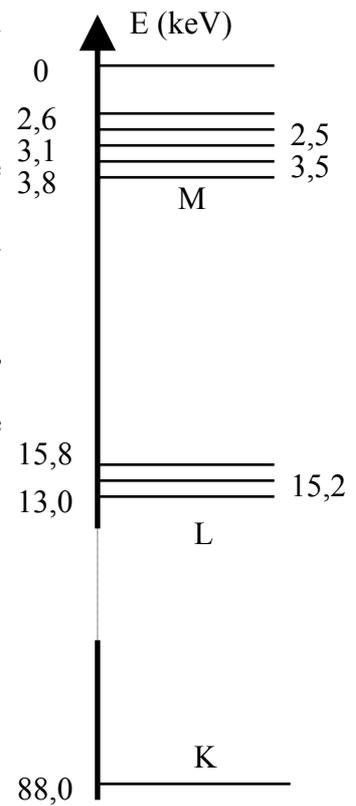
2.2. Quels électrons du nuage atomique vont être concernés par ce type d'interaction ? Justifier.

2.3. L'atome de plomb, une fois ionisé, peut capturer un électron du milieu pour revenir dans son état fondamental.

Déterminer la longueur d'onde des photons émis.

2.4. On observe l'émission de photons d'énergie d'environ 73 keV, expliquer leur apparition.

2.5. On observe également l'émission de photons dont l'énergie vaut entre 3,8 et 2,6 keV ; donner une interprétation de ce phénomène.



#### D. Pénétration du rayonnement dans la matière.

1. Le coefficient massique d'atténuation dans l'eau, pour ces photons, vaut  $0,17 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ .

1.1. Calculer le coefficient d'atténuation linéique correspondant.

1.2. Calculer l'épaisseur de la couche de demi atténuation dans l'eau

2. Le graphe ci-après, en **coordonnées logarithmiques**, donne l'évolution du coefficient massique d'atténuation pour le plomb, (en  $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ )

2.1. En exploitant le graphe, déterminer la valeur du coefficient massique d'atténuation du plomb pour des photons de 90 keV ; faire apparaître sur le graphe une trace de la mesure effectuée.

2.2. En déduire le coefficient d'atténuation linéique correspondant.

2.3. Calculer l'épaisseur de la couche de déci transmission (l'intensité du faisceau est divisé par 10) pour le plomb, pour ces photons.

2.4. En déduire l'épaisseur de plomb nécessaire à la réduction de l'intensité du faisceau (pour ces photons) au millième de sa valeur.

2.5. Les tabliers de plomb utilisés en radiologie ont cependant des épaisseurs plus importantes ; en exploitant le graphique, justifier cette précaution.

