

Données :**constante de Planck :** $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ **charge élémentaire :** $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ **masse de la particule α :** $4,0039 \text{ u}$ **célérité de la lumière :** $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ **unité de masse atomique :** $1,660\,538 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931,49 \text{ MeV.c}^{-2}$.**Q1 : Questionnaire à choix multiples.**

Dans les séries suivantes, chaque proposition peut être vraie (V) ou fausse (F) ; compléter le tableau ci après...

1. Un tube de Coolidge à anode de tungstène émet un rayonnement X :

- a) Les rayons X sont majoritairement émis par désintégration radioactive d'une source de tungstène
- b) Les rayons X sont majoritairement émis lors du freinage des électrons par les noyaux au niveau de l'anode
- c) Les rayons X sont majoritairement émis lors de la collision des électrons avec d'autres électrons au niveau de la cathode.
- d) Le spectre d'émission des rayons X combine un spectre continu et un spectre de raies.
- e) Les caractéristiques du spectre d'émission des rayons X dépendent de la valeur de la haute tension accélératrice (kilovoltage)

2. A la cathode du tube de Coolidge :

- a) les électrons sont émis par effet photoélectrique
- b) les électrons sont émis par effet thermoélectronique
- c) les électrons sont émis par effet Auger
- d) les électrons sont émis par effet Compton
- e) le débit d'électrons augmente quand la température de la cathode augmente

3. L'effet photoélectrique :

- a) est une interaction entre un électron libre et un électron lié de l'atome cible
- b) est une interaction entre un photon incident et un électron lié de l'atome cible
- c) est une interaction entre un photon incident et le noyau de l'atome cible
- d) est majoritaire quand l'énergie des photons est supérieure à 1,022 MeV
- e) peut aussi concerner les électrons des couches externes de l'atome

4. Un photon incident X peut provoquer un effet photoélectrique :

- a) si son énergie est supérieure à l'énergie de liaison d'un électron K de l'atome cible
- b) si son énergie est inférieure à l'énergie de liaison d'un électron K de l'atome cible
- c) si son énergie est supérieure à l'énergie de liaison du noyau de l'atome cible
- d) uniquement si son énergie est égale à la différence entre deux niveaux énergétiques ($E_i - E_j$) de l'atome cible
- e) uniquement si son énergie est très supérieure (au moins dix fois) à l'énergie de liaison d'un électron K de l'atome cible

5. Dans une diffusion simple de Thomson-Rayleigh, le photon incident :

- a) est dévié avec une augmentation de longueur d'onde
- b) est dévié avec une diminution de longueur d'onde
- c) est dévié sans changement de longueur d'onde
- d) n'est pas dévié mais change de longueur d'onde
- e) est absorbé par l'atome et disparaît

6. Lors de l'effet Compton le photon incident :

- a) transfère toute son énergie à l'électron projeté si le choc est tangentiel
- b) transfère toute son énergie à l'électron projeté si le choc est frontal
- c) est absorbé par le noyau de l'atome
- d) ne peut pas transférer toute son énergie à l'électron quel que soit le type de choc
- e) donne naissance à deux photons, chacun d'énergie égale à la moitié de celle du photon incident

7. Au cours de l'effet de matérialisation :

- a) le photon incident se matérialise en donnant naissance à un photon et un électron
- b) le photon incident se matérialise en donnant naissance à un électron et un positon qui s'annihilent mutuellement en donnant naissance à deux photons de 0,511 MeV chacun
- c) le photon incident se matérialise en donnant naissance à un électron et un positon : le positon se combine en fin de parcours à un électron du milieu et la réaction d'annihilation produit deux photons diffusés de 511 keV chacun
- d) le photon incident se matérialise en donnant naissance à un électron et un proton : le proton se lie à l'électron pour former un atome d'hydrogène
- e) l'événement n'est possible que si l'énergie du photon incident est supérieure à deux fois l'énergie de masse d'un électron au repos

8. Le coefficient d'atténuation linéique d'un matériau dépend :

- a) de l'énergie du photon incident et de la nature du matériau
- b) uniquement de l'énergie du photon incident
- c) uniquement de la nature du matériau
- d) du nombre de photons incidents
- e) de la longueur d'onde des photons incidents

La C.D.A. du plomb pour des rayons X de 100 keV vaut 0,14 mm (pour les deux paragraphes suivants)

9. Le coefficient d'atténuation linéique vaut :

- a) $4,14 \text{ mm}^{-1}$
- b) $4,95 \text{ mm}^{-1}$
- c) $0,414 \text{ cm}^{-1}$
- d) $4,95 \times 10^3 \text{ m}^{-1}$
- e) $0,495 \text{ cm}^{-1}$

10. L'épaisseur de plomb réduisant le flux de ce rayonnement au $1/1000^{\text{ème}}$ de sa valeur vaut :

- a) $1,4 \times 10^{-3} \text{ m}$
- b) 4,6 mm
- c) 1,4 mm
- d) 1,4 dm
- e) 0,46 mm

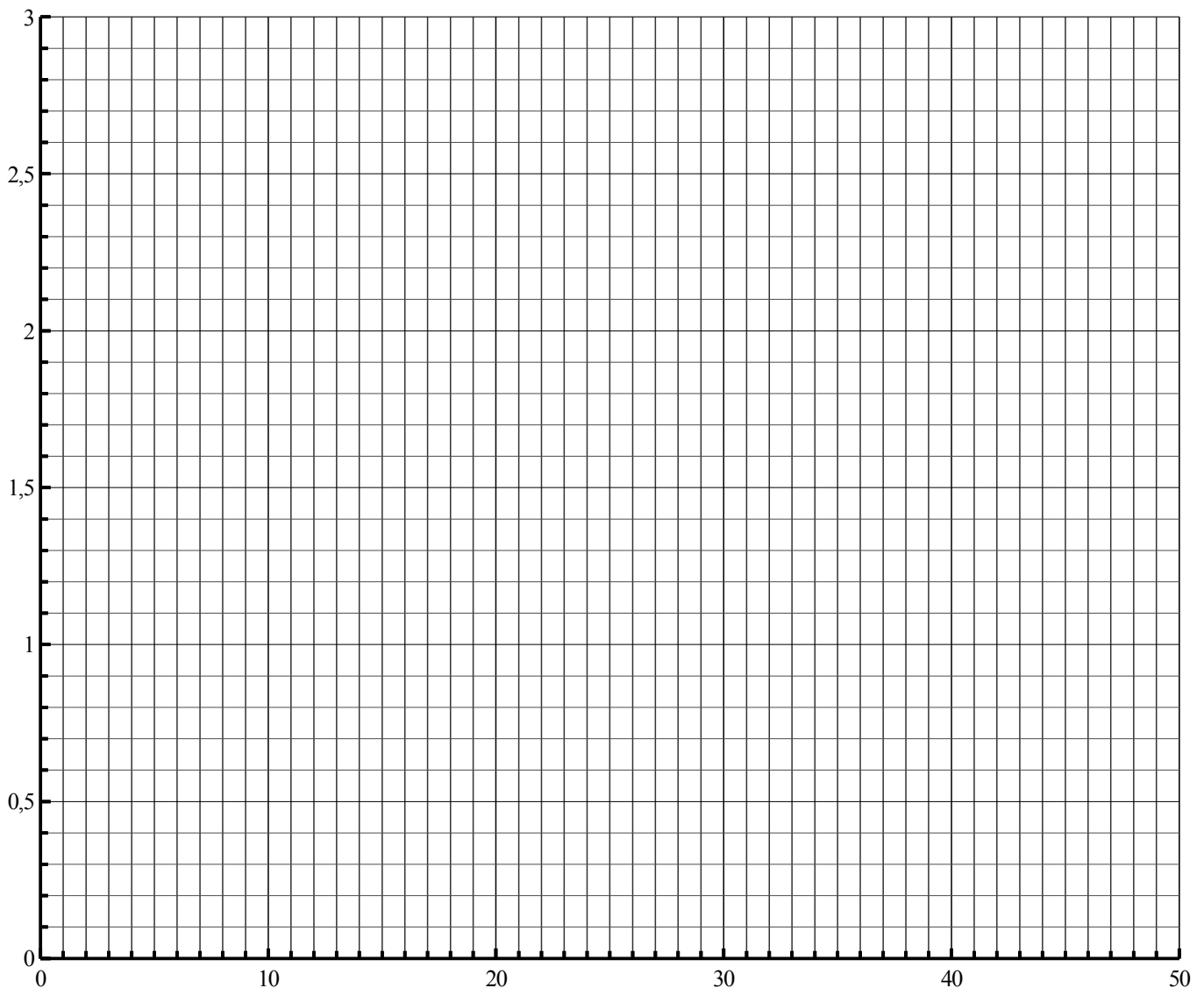
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a										
b										
c										
d										
e										

Q2 : Activité d'une source radioactive.

L'iode 131 ($Z = 53$) se désintègre en xénon Xe ($Z=54$) ; il est utilisé comme traceur γ dans le corps humain. Sa période radioactive est de 8,1 jours.

Le 1^{er} mars 2002 à 12 h ($t = 0$), un établissement reçoit un colis d'iode 131 d'activité $3,0 \times 10^9$ Bq.

1. Écrire l'équation de désintégration de l'iode 131.
2. Préciser l'origine du rayonnement γ .
3. Calculer la constante radioactive de l'iode 131. Donner l'expression mathématique de l'activité $A(t)$ de l'échantillon.
4. Tracer une représentation graphique de l'évolution de l'activité $A(t)$ en fonction du temps pour $0 < t < 50$ jours.
5. En utilisant le graphe, déterminer la date à laquelle on observe une activité de $7,2 \times 10^8$ Bq. Retrouver cette date par le calcul.
6. Déterminer la date à laquelle l'échantillon sera mille fois moins radioactif que le jour de sa réception ;



Problème : particules α

Donnée spécifiques au problème :

extraits de la classification périodique

132,9 Cs 55 Césium	137,3 Ba 56 Baryum	138,9 La 57 Lanthane	178,5 Hf 72 Hafnium	180,9 Ta 73 Tantale	183,9 W 74 Tungstène	186,2 Re 75 Rhenium	190,2 Os 76 Osmium	192,2 Ir 77 Iridium	195,1 Pt 78 Platine	197,0 Au 79 Or	200,6 Hg 80 Mercure	204,4 Tl 81 Thallium	207,2 Pb 82 Plomb	209,0 Bi 83 Bismuth	210 Po 84 Polonium	210 At 85 Astate	222 Rn 86 Radon
223 Fr 87 Francium	226 Ra 88 Radium	227 Ac 89 Actinium															

masse atomiques de quelques éléments.

élément	radium 226	radon 222	polonium 218	plomb 214	Hélium 4
masse atomique (u)	226,025410	222,017578	218,009873	213,999805	4,002603

1. Le radium 226 est un émetteur alpha ; le noyau fils est obtenu dans son état fondamental.
Sa demi vie vaut 1600 ans.

1.1. Donner l'équation de la désintégration du Radium 226 ; expliciter les lois utilisées lors de l'écriture de cette réaction : préciser le nom du noyau-fils.

1.2. Calculer l'énergie disponible de cette transformation nucléaire
Préciser sous quelle(s) forme(s) se retrouve cette énergie.

Dans le paragraphe suivant, on suppose que le noyau fils obtenu est stable.

2. On cherche à mesurer la vitesse $\vec{v}_0$ des particules α en étudiant leur déviation dans un champ électrique.

La source radioactive est enfermée dans un boîte en plomb muni d'un orifice par lequel les particules peuvent s'échapper.

Cet orifice est placée à l'entrée d'un dispositif formé de deux plaques parallèles P et P' de longueur l, séparée d'une distance d, aux bornes desquelles on peut appliquer une tension $U_{PP'}$ réglable, et au delà desquelles se trouve un écran fluorescent perpendiculaire aux deux plaques, l'ensemble étant placé dans un tube dans lequel règne le vide.

Les particules pénètrent entre les plaques au point O, avec une vitesse $\vec{v}_0$ en sortent en S avec une vitesse $\vec{v}_s$ et arrivent sur l'écran en I.

Le dispositif est représenté ci-après, sans souci d'échelle.

2.1. Préciser le signe que doit avoir la tension $U_{PP'}$ pour que les particules α soient déviées vers la plaque P' (voir schéma).

Donner les caractéristiques du champ électrique $\vec{E}$ entre les plaques.

Calculer la masse de la particule α .

Comparer la force électrique et le poids des particules α .

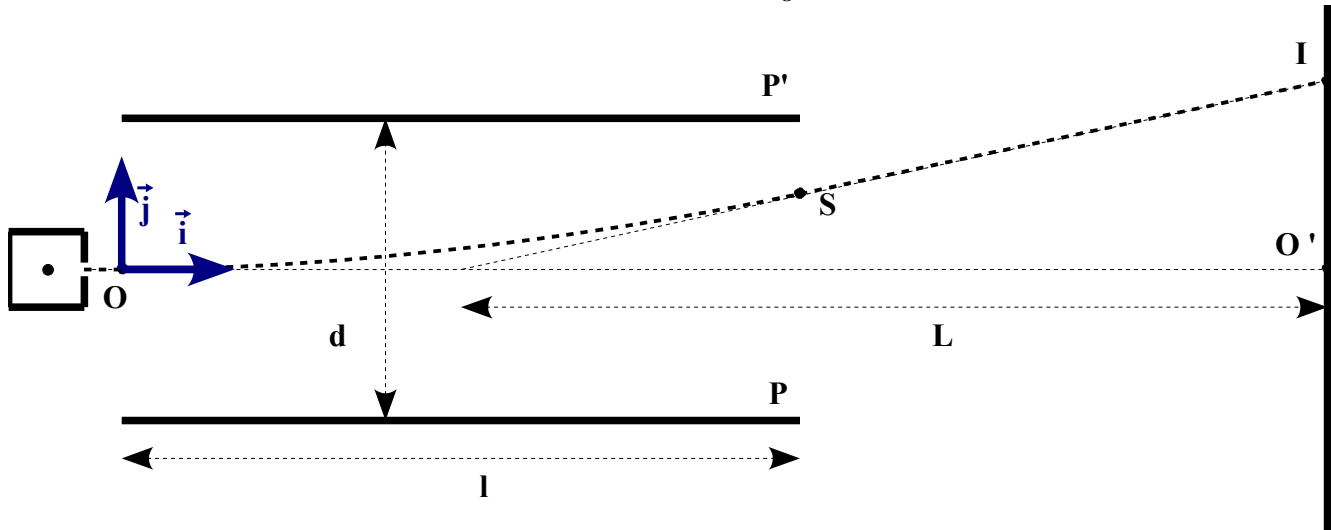
2.2.1. Dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ suggéré sur la figure (et tel que $\vec{v}_0$ et $\vec{i}$ ont même sens et même direction), établir les équations horaires, puis l'équation de la trajectoire des particules α entre les plaques.

2.2.2. Donner l'expression littérale des coordonnées du point S.

2.2.3. Donner l'expression littérale des coordonnées du vecteur vitesse $\vec{v}_S$ au point S.

2.2.4. En déduire que le déplacement du point d'impact I des particules α sur l'écran est donné par l'expression :

$$O'I = \frac{2 e U L l}{d m v_0^2}$$



données : $L = 50,0 \text{ cm}$ $l = 7,50 \text{ cm}$ $d = 2,50 \text{ cm}$ $U = 60,0 \text{ kV}$

On mesure sur l'écran $O'I = 18,8 \text{ mm}$

2.2.5. Calculer la vitesse v_0 puis l'énergie cinétique des particules α .

2.2.6. Comparer ce résultat à l'énergie disponible calculée dans le paragraphe précédent ; commenter.

3. Pour effectuer une étude plus réaliste, on prend en compte le fait que le noyau fils obtenu est lui aussi un émetteur α , ainsi que le noyau "petit-fils". Le dernier noyau obtenu est stable.

3.1. Donner les réactions nucléaires de ces deux transformations ; préciser les noms des noyaux obtenus.

Les demi-vies de ces deux désintégrations successives sont respectivement de 3,8 jours et de 3 min ; les énergies disponibles sont respectivement de 5,59 MeV et de 6,11 MeV.

3.2. Expliquer qualitativement comment la prise en compte de ces deux dernières désintégrations va modifier les observations et les mesures faites sur le dispositif décrit dans le paragraphe précédent ; que doit-on observer sur l'écran fluorescent ? (La réponse peut être quantitative).

4. Les particules α sont maintenant accélérées dans un cyclotron.

Celui-ci est formé de deux demi-cylindres conducteurs creux appelés "dees" et séparés par un intervalle étroit. Un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ de valeur $B = 1,5 \text{ T}$, règne à l'intérieur de chaque "dees".

Un champ électrique $\vec{E}$, variable dans le temps, peut être établi dans l'intervalle étroit qui sépare les "dees". Il permet d'accélérer les particules α chaque fois qu'elles pénètrent dans cet intervalle. On négligera la durée du passage entre les deux "dees".

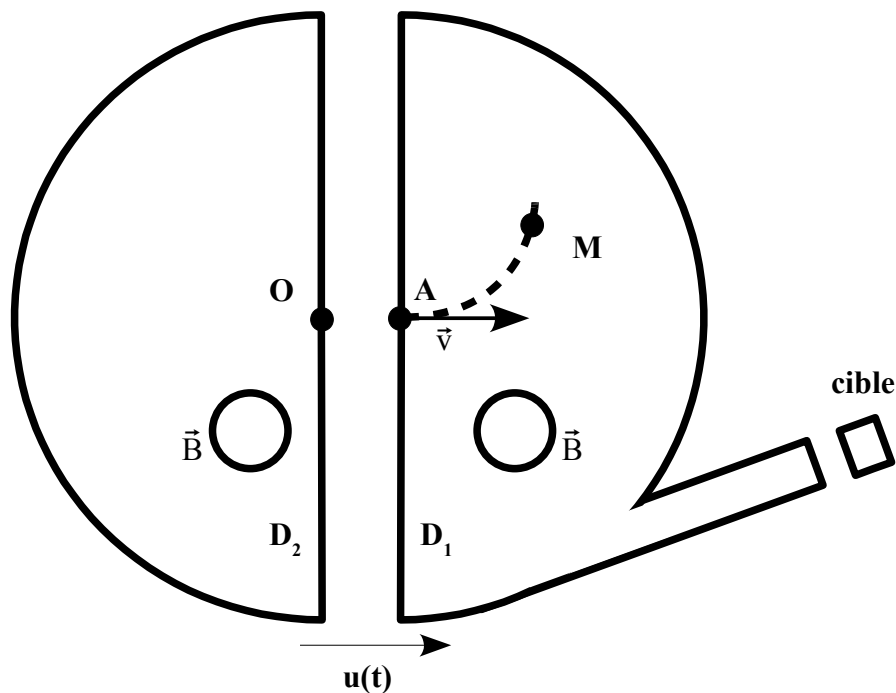
Le champ électrique variable est obtenu en appliquant une tension sinusoïdale d'amplitude $U = 50 \text{ kV}$ et de fréquence f entre les deux "dees".

Une particule α , d'énergie cinétique $E_{c0} = 5,0 \text{ MeV}$, est injectée au point O avec une vitesse initiale $\vec{v}_0$ dirigée de O vers A. Elle est alors accélérée par le champ électrique et pénètre dans le "dee" D_1 au point A avec une vitesse $\vec{v}$.

4.1.1. Donner le nom et l'expression de la force à laquelle est soumise la particule dans les "dees".

4.1.2. Sur le schéma ci après, la trajectoire de la particule est suggérée : compléter le schéma en y ajoutant, au point M, le vecteur-vitesse de la particule et la force magnétique.

4.1.3. Préciser sur le schéma le sens du champ magnétique $\vec{B}$ dans les deux "dees".



4.2.1. Donner et justifier la nature du mouvement des particules α dans les "dees".

4.2.2. Donner l'expression du rayon de la trajectoire des particules α en fonction de leur vitesse, de leur masse et de leur charge.

4.2.3. Établir l'expression et calculer la durée du trajet d'une particule α dans un "dee" ; commenter le résultat en déduire la fréquence de la tension alternative $u(t)$.

4.3.1. Donner la nature du mouvement des particules α dans l'intervalle entre les dees.

4.3.2. Établir l'expression et calculer la variation d'énergie cinétique d'une particule lors d'un passage entre les "dees".

Les particules α sortent du cyclotron avec une énergie cinétique finale $E_{CF} = 40 \text{ MeV}$.

4.4.1. Calculer le nombre de passages qu'elles ont effectués entre les "dees".

4.4.2. Déterminer la vitesse d'une particule α à la sortie du cyclotron ; en déduire l'ordre de grandeur de la taille de celui-ci.