



PHYSIQUE
NIVEAU SUPÉRIEUR
ÉPREUVE 2

Numéro du candidat

--	--	--	--	--	--	--	--

Mardi 4 mai 2004 (après-midi)

2 heures 15 minutes

INSTRUCTIONS DESTINÉES AUX CANDIDATS

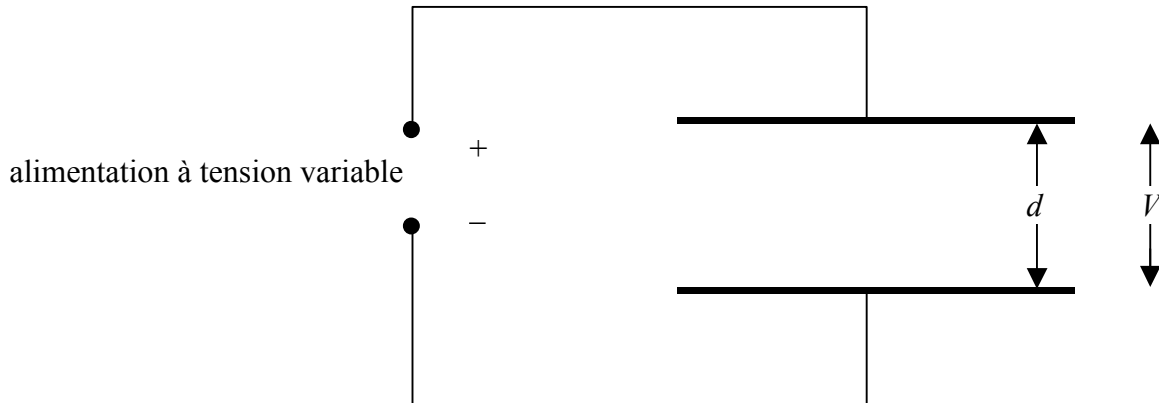
- Écrivez votre numéro de candidat dans les cases ci-dessus.
- N'ouvrez pas cette épreuve avant d'y être autorisé.
- Section A : répondez à toute la section A dans les espaces prévus à cet effet.
- Section B : répondez à deux questions de la section B dans les espaces prévus à cet effet.
- À la fin de l'examen, veuillez indiquer les numéros des questions auxquelles vous avez répondu dans la case prévue à cet effet sur la page de couverture.

SECTION A

Répondez à **toutes** les questions dans les espaces prévus à cet effet.

A1. Cette question porte sur la mesure de la permittivité ϵ_0 d'une région d'espace libre.

Le schéma ci-dessous montre deux plaques conductrices parallèles connectées à une alimentation à tension variable. Les plaques ont la même surface et sont séparées par une distance d .



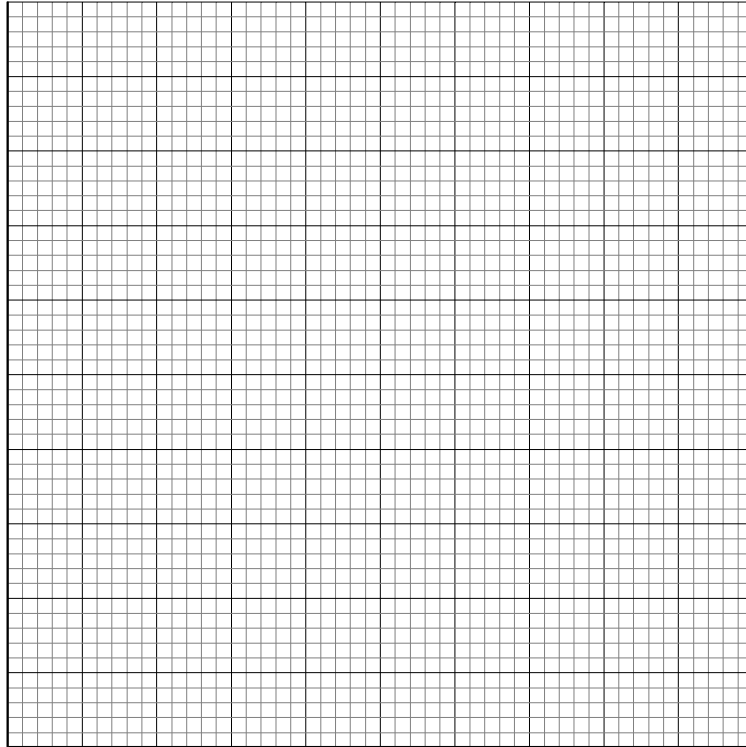
La charge Q de l'une des plaques est mesurée pour différentes valeurs de la différence de potentiel V appliquée entre les plaques. Les valeurs obtenues sont indiquées dans le tableau ci-dessous. L'incertitude sur la valeur V est négligeable mais l'incertitude sur Q est de $\pm 10\%$.

V / V	$Q / \text{nC} \pm 10\%$
10,0	30
20,0	80
30,0	100
40,0	160
50,0	180

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question A1)

- (a) Reportez les données ci-contre sur un graphique de V (axe des x) en fonction de Q (axe des y). [4]



- (b) En calculant l'incertitude appropriée sur Q , ajoutez les barres d'erreur aux points de données (10,0 ; 30) et (50,0 ; 180). [3]

- (c) Sur le graphique ci-dessus, représentez la courbe d'ajustement aux points de données qui présente la plus grande pente admissible. Déterminez la pente de la courbe que vous avez tracée. [3]

.....
.....
.....
.....

- (d) La pente du graphique correspond à une propriété des deux plaques que l'on appelle *capacité*. Déduisez les unités de la capacité. [1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question A1)

Dans le montage réalisé, la relation entre Q et V est donnée par l'expression

$$Q = \frac{\epsilon_0 A}{d} V$$

où A est la surface de l'une des plaques.

Dans cette expérience, $A = 0,20 \pm 0,05 \text{ m}^2$ et $d = 0,50 \pm 0,01 \text{ mm}$.

- (e) Utilisez votre réponse à la question (c) pour déterminer la valeur maximale de ϵ_0 fournie par cette expérience. [4]

.....
.....
.....
.....
.....

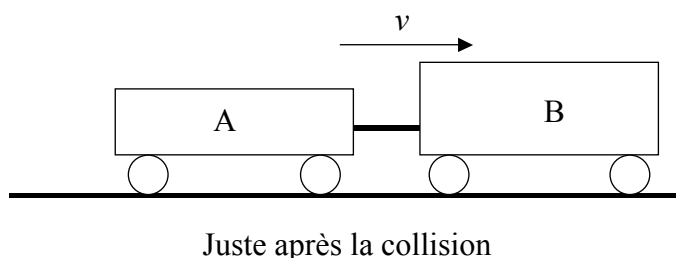
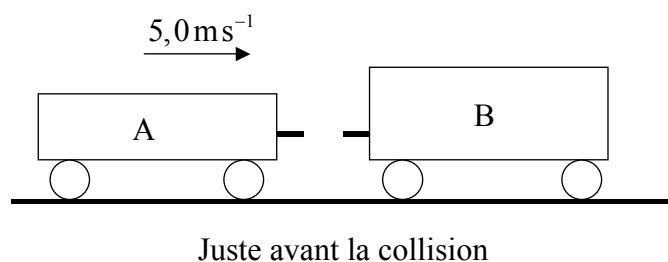
A2. Cette question porte sur la collision entre deux véhicules ferroviaires (wagons).

(a) Définissez *quantité de mouvement*.

[1]

.....

Dans le schéma ci-dessous, le wagon A se déplace le long d'un rail horizontal. Il entre en collision avec le wagon immobile B et lors de la collision, les deux wagons s'attachent. Juste avant la collision, le wagon A se déplaçait à la vitesse de $5,0\text{ms}^{-1}$. Juste après la collision, la vitesse des wagons est v .



La masse du wagon A est de 800 kg et celle du wagon B est de 1200 kg.

(b) (i) Calculez la vitesse v juste après la collision.

[3]

.....

(ii) Calculez l'énergie cinétique totale perdue lors de la collision.

[2]

.....

(c) Suggérez ce qu'il est advenu de cinétique perdue.

[2]

.....

A3. Cette question porte sur une lampe à incandescence.

- (a) Sur les axes ci-dessous, représentez un graphique pour montrer la variation du courant I en fonction de la différence de potentiel V dans une lampe à incandescence classique (les caractéristiques $I-V$). (**Remarque** : il s'agit d'une esquisse, on ne vous demande pas d'indiquer des valeurs sur les axes.) [1]



- (b) (i) Expliquez comment le graphique permet de déterminer la résistance du filament. [1]

.....

- (ii) Expliquez si le graphique que vous avez dessiné correspond à un comportement ohmique ou à un comportement non ohmique. [1]

.....

Une lampe à incandescence fonctionne avec une luminosité maximale quand elle est connectée à une alimentation de 6,0 V. Lorsque la luminosité est maximale, le courant dans le filament est de 120 mA.

- (c) (i) Calculez la résistance du filament quand il fonctionne avec une luminosité maximale. [1]

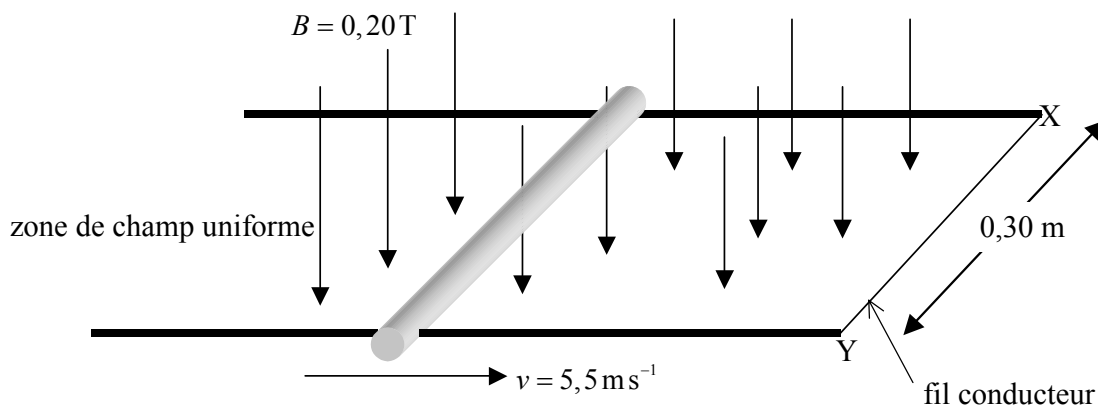
.....

- (ii) Vous disposez d'une alimentation de 24 V, d'un ensemble de résistances de puissances nominales adaptées et de valeurs différents. Calculez la valeur de la résistance qu'il faut connecter en série à l'alimentation pour que la tension de la lampe à incandescence soit égale à 6,0 V. [2]

.....

A4. Cette question porte sur les f.e.m. induites.

Dans le schéma ci-dessous, une fine tige conductrice se déplace à vitesse constante le long de rails conducteurs X et Y. Les rails se trouvent dans une zone de champ magnétique uniforme d'intensité B , perpendiculaire au plan des rails. Un fil conducteur est connecté entre les rails comme indiqué sur le schéma.



La distance séparant les rails X et Y est de 0,30 m, l'intensité du champ magnétique est de 0,20 T et la vitesse v de la tige est de $5,5 \text{ ms}^{-1}$.

- (a) Sur le diagramme ci-dessus, représentez par des flèches la direction de
 - (i) la force qui s'exerce sur les électrons dans la tige (nommez-la F_E). [1]
 - (ii) la force qui s'exerce sur la tige et qui est due au courant induit (nommez-la F_M). [1]

- (b) (i) Calculez la f.e.m. induite dans la tige. [1]

.....

- (ii) Calculez la force nécessaire pour déplacer la tige à vitesse constante lorsque le courant induit dans la tige est de 0,80 A. [1]

.....

- (c) Déduisez que la puissance mécanique nécessaire pour déplacer la tige à une vitesse constante de $5,5 \text{ ms}^{-1}$ a une valeur égale à celle de la puissance électrique dissipée dans la tige. [2]

.....

SECTION B

Cette section comprend quatre questions : B1, B2, B3 et B4. Répondez à **deux** questions.

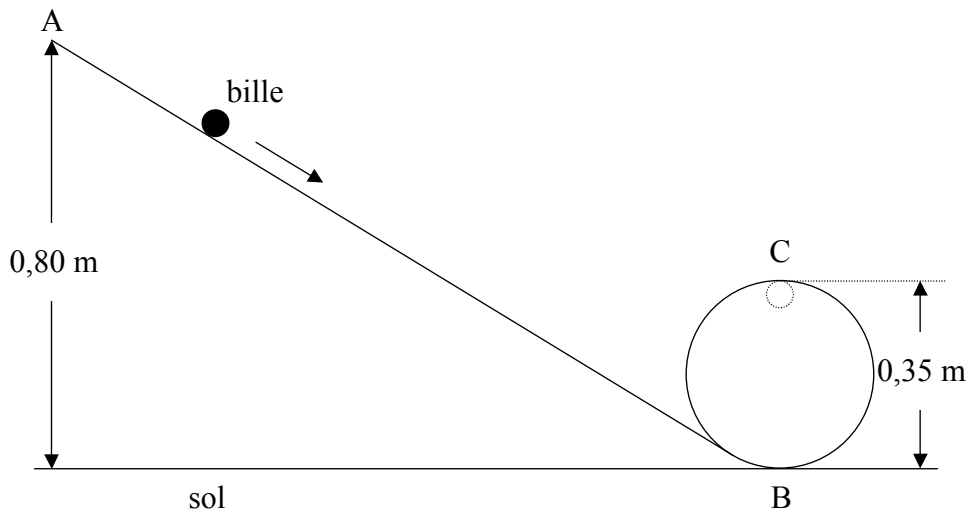
B1. Cette question comporte **deux** parties. La **partie 1** porte sur la cinématique et la dynamique d'un mouvement circulaire. La **partie 2** porte sur le champ électrique dû à une sphère chargée.

Partie 1 Mouvement circulaire

(a) Une voiture circulant sur une route prend un virage à vitesse constante. Expliquez pourquoi elle accélère, bien que sa vitesse soit constante. [2]

.....
.....
.....
.....
.....

Dans le schéma ci-dessous, une bille (petite sphère en verre) descend en roulant sur une rampe dont la partie inférieure se termine par une boucle. L'extrémité A de la rampe, d'où la bille est lâchée, se situe à une hauteur de 0,80 m au-dessus du sol. Le point B est le point le plus bas et le point C est le point le plus haut de la boucle. Le diamètre de la boucle est de 0,35 m.



La masse de la bille est de 0,050 kg. Les forces de frottement et tout gain en énergie cinétique provenant de la rotation de la bille sont négligeables. L'accélération due à la gravité est $g = 10 \text{ m s}^{-2}$.

Examinez la bille quand elle est au point C.

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B1, partie 1)

(b) (i) Sur le diagramme ci-contre, représentez une flèche pour indiquer le sens de la force résultante agissant sur la bille. [1]

(ii) Exprimez les noms de **deux** forces s'exerçant sur la bille. [2]

.....
.....

(iii) Déduisez que la vitesse de la bille est égale à $3,0\text{ms}^{-1}$. [3]

.....
.....
.....
.....

(iv) Déterminez la force résultante agissant sur la bille et, à partir de là, la force de réaction de la rampe sur la bille. [4]

.....
.....
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)

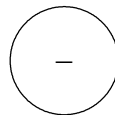
(Suite de la question B1)

Partie 2 La sphère chargée

- (a) Définissez *potentiel électrique* en un point d'un champ électrique. [3]

.....
.....
.....

Le schéma ci-dessous représente une sphère métallique isolée dans le vide, porteuse d'une charge électrique négative de 9,0 nC.



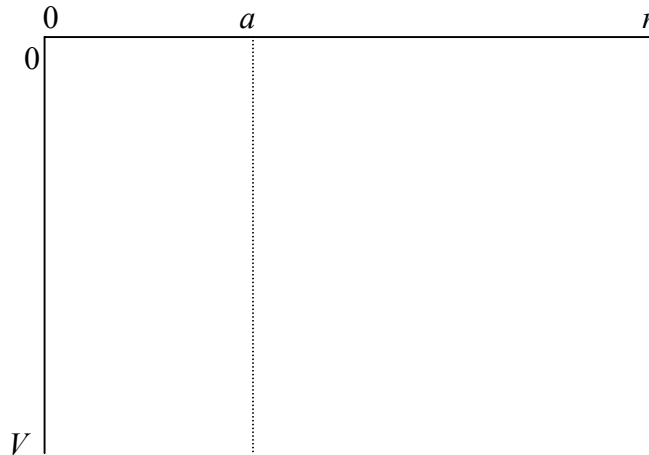
- (b) Sur le schéma ci-dessus, représentez
- (i) des flèches pour illustrer les lignes de force du champ électrique dans la zone extérieure à la sphère. [3]
 - (ii) des lignes correspondant à trois surfaces équipotentielles dans la zone extérieure à la sphère. Les valeurs des différences de potentiel entre les lignes doivent être égales. [2]
- (c) Expliquez comment les lignes représentant les surfaces équipotentielles que vous avez dessinées indiquent que l'intensité du champ électrique diminue avec la distance par rapport au centre de la sphère. [2]

.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B1, partie 2)

- (d) L'intensité du champ électrique est nulle pour tous les points situés à l'intérieur du conducteur. Sur les axes ci-dessous, représentez un graphique pour montrer la variation du potentiel V en fonction de la distance r par rapport au centre de la sphère. La ligne pointillée correspond à $r = a$, où a est le rayon de la sphère. (**Remarque** : il s'agit d'une esquisse, on ne vous demande pas d'indiquer des valeurs sur les axes.) [2]



- (e) Il est possible de déterminer l'intensité du champ électrique à la surface de la sphère et aux points situés à l'extérieur de la sphère en supposant que la sphère se comporte comme si une charge ponctuelle de valeur $9,0 \text{ nC}$ était située en son centre. Le rayon de la sphère est égal à $4,5 \times 10^{-2} \text{ m}$. Déduisez que le potentiel à la surface de la sphère est égal à -1800 V . [1]

.....

.....

Un électron est initialement au repos à la surface de la sphère.

- (f) (i) Décrivez la trajectoire suivie par l'électron quand il quitte la surface de la sphère. [1]

.....

.....

- (ii) Déterminez la vitesse de l'électron quand il atteint un point situé à une distance de $0,30 \text{ m}$ du centre de la sphère. [4]

.....

.....

.....

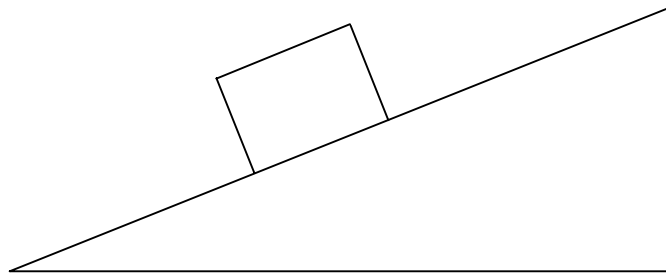
.....

.....

B2. Cette question comporte **deux** parties. La **partie 1** porte sur l'équilibre statique. La **partie 2** porte sur le principe de Huygens et sur la réfraction.

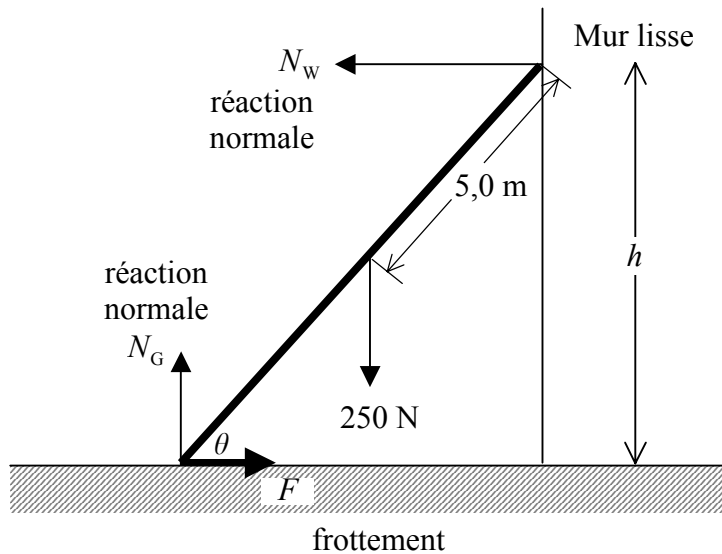
Partie 1 Équilibre statique

Le schéma ci-dessous montre un bloc de bois au repos sur un plan incliné.



- (a) Sur le schéma ci-dessus, représentez des flèches pour montrer les forces s'exerçant sur le bloc. Indiquez sur chaque flèche le nom de la force qu'elle représente. [3]

Une échelle uniforme d'un poids de 250 N et d'une longueur de 10 m est posée contre un mur lisse. Les forces s'exerçant sur l'échelle sont indiquées sur le schéma ci-dessous.



Dans la position illustrée, le pied de l'échelle forme un angle θ avec le sol et l'échelle est sur le point de glisser.

- (b) (i) Le coefficient du frottement statique entre l'échelle et le sol est de 0,40. Exprimez la relation entre la force de frottement F et la réaction normale N_G . [1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B2, partie 1)

- (ii) En considérant les moments des forces par rapport au point où l'échelle repose sur le sol, déduisez que

$$N_w = 125 \cot \theta. \quad [2]$$

.....
.....
.....

- (iii) À partir de là, déterminez la hauteur h du sommet de l'échelle par rapport au sol. [6]

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

- (iv) Expliquez s'il faut diminuer **ou** augmenter la hauteur h pour empêcher l'échelle de glisser. [4]

.....
.....
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B2)

Partie 2 Réfraction

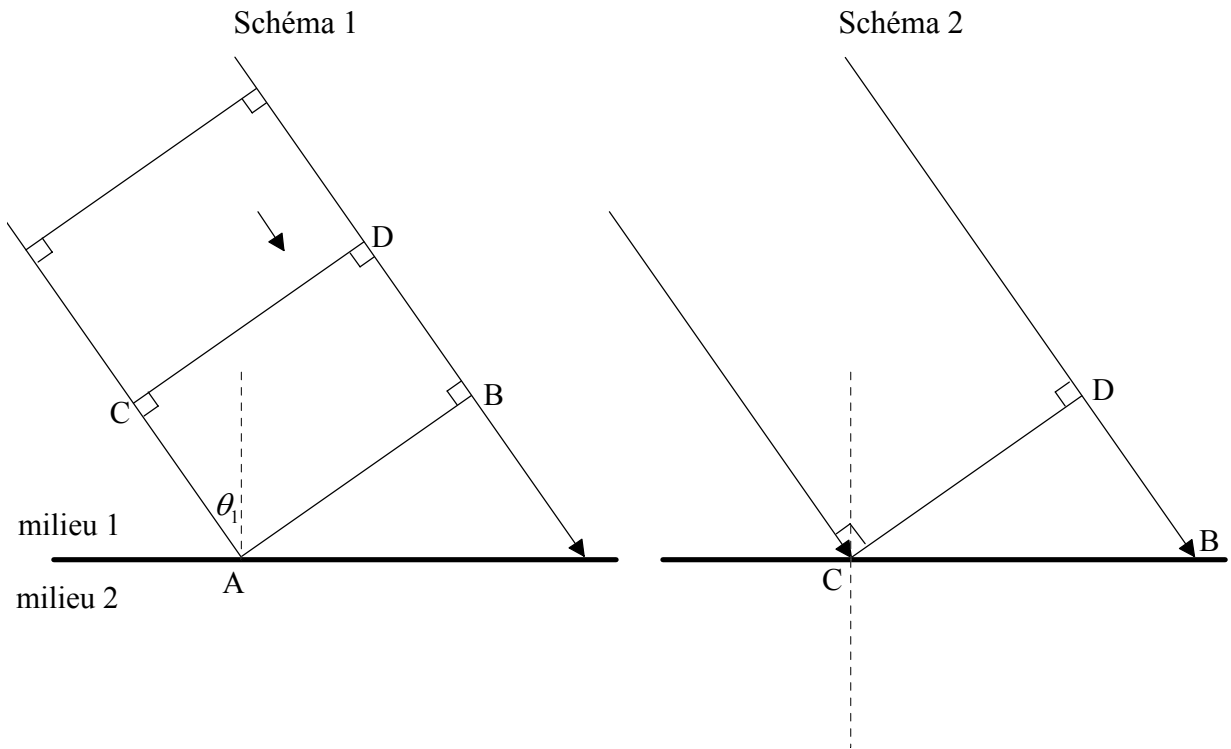
(a) Exprimez le principe de Huygens.

[1]

.....
.....

Le schéma 1 ci-dessous représente une onde qui s'approche de la limite entre le milieu 1 et le milieu 2. AB et CD sont deux fronts d'onde de cette onde.

Le schéma 2 montre la situation un certain temps après, quand le point C du front d'onde CD vient juste d'atteindre la limite. La vitesse de l'onde dans le milieu 1 est v_1 et la vitesse dans le milieu 2 est v_2 . v_1 est supérieur à v_2 .



(b) Sur le schéma 2 ci-dessus

(i) représentez le front d'onde AB.

[1]

(ii) représentez une ligne pour montrer la distance parcourue par le point A.

[1]

(iii) indiquez la distance parcourue par le point B avec la lettre « s ».

[1]

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B2, partie 2)

(c) Utilisez votre schéma 2 complété pour déduire la relation

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

où θ_1 est l'angle d'incidence et θ_2 l'angle de réfraction.

[6]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(d) Dans le milieu 1, l'onde a une longueur d'onde de 4,0 cm et se déplace à une vitesse de 8,0 cms⁻¹. Déterminez la fréquence de l'onde dans le **milieu 2**.

[2]

.....

.....

(e) L'angle d'incidence est de 60° et l'angle de réfraction est de 35°. Calculez la vitesse de l'onde dans le **milieu 2**.

[2]

.....

.....

.....

B3. Cette question comporte **deux** parties. La **partie 1** porte sur les nucléons et l'énergie de liaison nucléaire. La **partie 2** porte sur les interférences des ondes.

Partie 1 Énergie de liaison nucléaire

(a) Définissez *nucléon* et exprimez à quelle classe de particules observées appartient un nucléon. [2]

.....
.....
.....

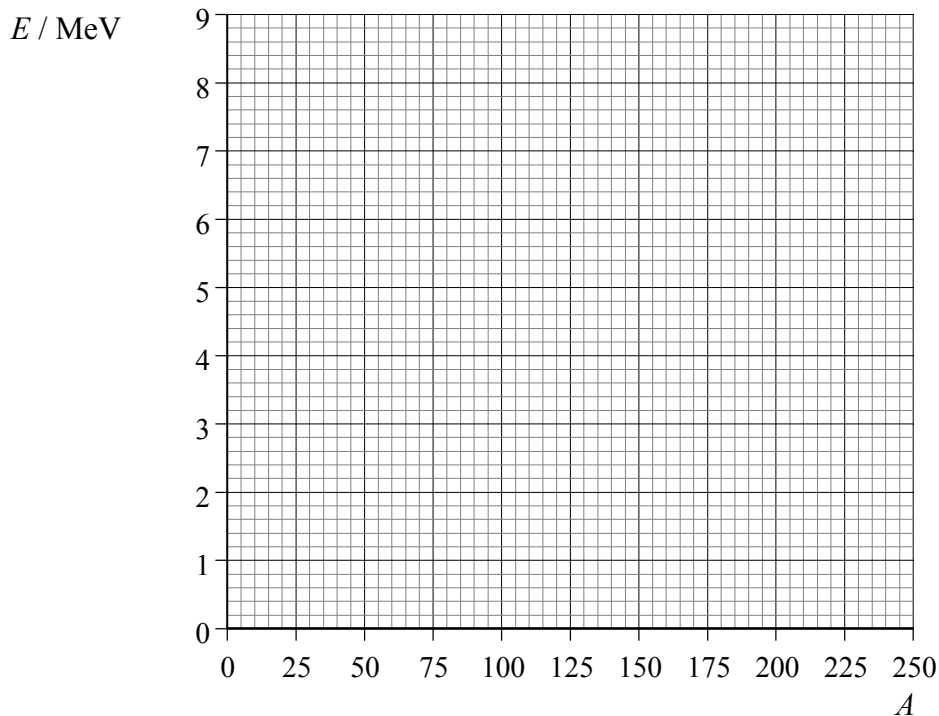
(b) Résumez la structure des nucléons en termes de quarks. [2]

.....
.....

(c) Définissez *énergie de liaison nucléaire*. [1]

.....
.....

Les axes ci-dessous indiquent les valeurs du nombre de nucléons A (axe horizontal) et de l'énergie de liaison moyenne par nucléon E (axe vertical). (On suppose que l'énergie de liaison est une quantité positive.)



(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B3, partie 1)

- (d) Sur l'axe E ci-contre, indiquez la position approximative de
 - (i) l'isotope $^{56}_{26}\text{Fe}$ (appelez ce point F). [1]
 - (ii) l'isotope ^2_1H (appelez ce point H). [1]
 - (iii) l'isotope $^{238}_{92}\text{U}$ (appelez ce point U). [1]
- (e) À l'aide de la grille ci-contre, représentez graphiquement la variation de l'énergie de liaison moyenne par nucléon E en fonction du nombre atomique A . [2]
- (f) Utilisez les données suivantes pour déduire que l'énergie de liaison par nucléon de l'isotope ^3_2He est 2,2 MeV. [3]

masse nucléaire de ^3_2He = 3,01603 u
 masse du proton = 1,00728 u
 masse du neutron = 1,00867 u

.....

.....

.....

.....

.....

La réaction nucléaire $^2_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^3_2\text{He} + ^1_0\text{n}$ produit de l'énergie.

- (g) (i) Exprimez le nom de ce type de réaction. [1]
-
- (ii) Utilisez le graphique de (e) pour expliquer pourquoi cette réaction libère de l'énergie. [2]

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B3)

Partie 2 Interférence des ondes

(a) Exprimez le principe de superposition.

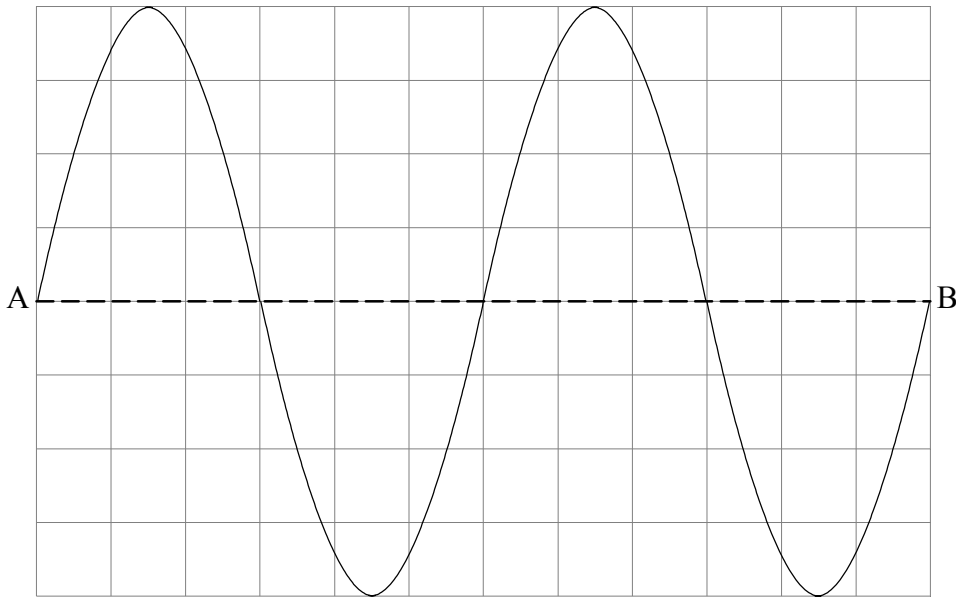
[2]

.....
.....
.....

Un fil est tendu entre deux points A et B.



On établit une onde stationnaire dans le fil. Cette onde peut être considérée comme la superposition de deux ondes, une onde X se déplaçant de A vers B et une onde Y se déplaçant de B vers A. Le schéma illustre le déplacement du fil à un moment particulier. Une grille de fond est donnée en référence et la position d'équilibre du fil est indiquée par une ligne pointillée.

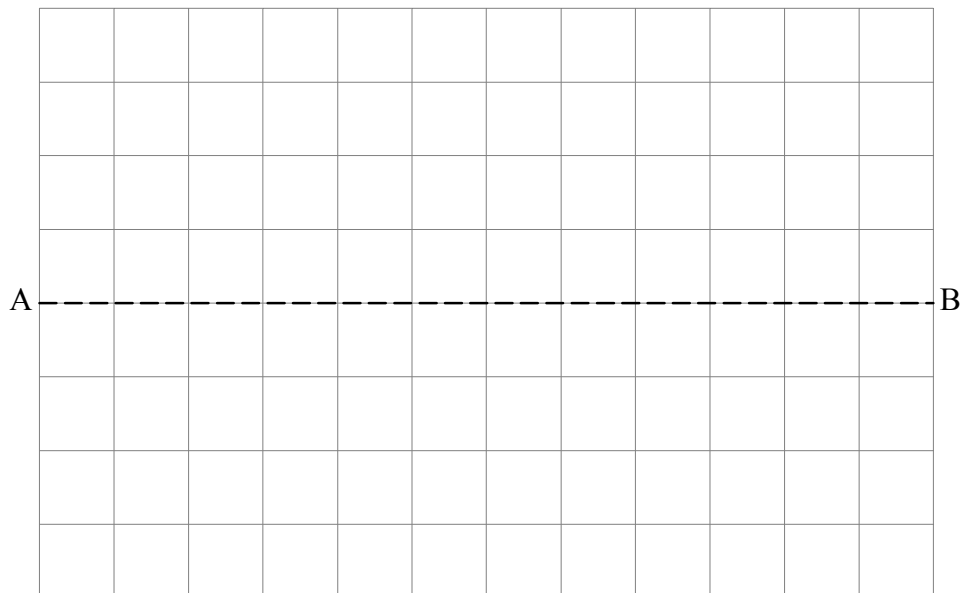


(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B3, partie 2)

- (b) Sur les grilles ci-dessous, représentez le déplacement du fil dû à l'onde X et à l'onde Y. [4]

Onde X



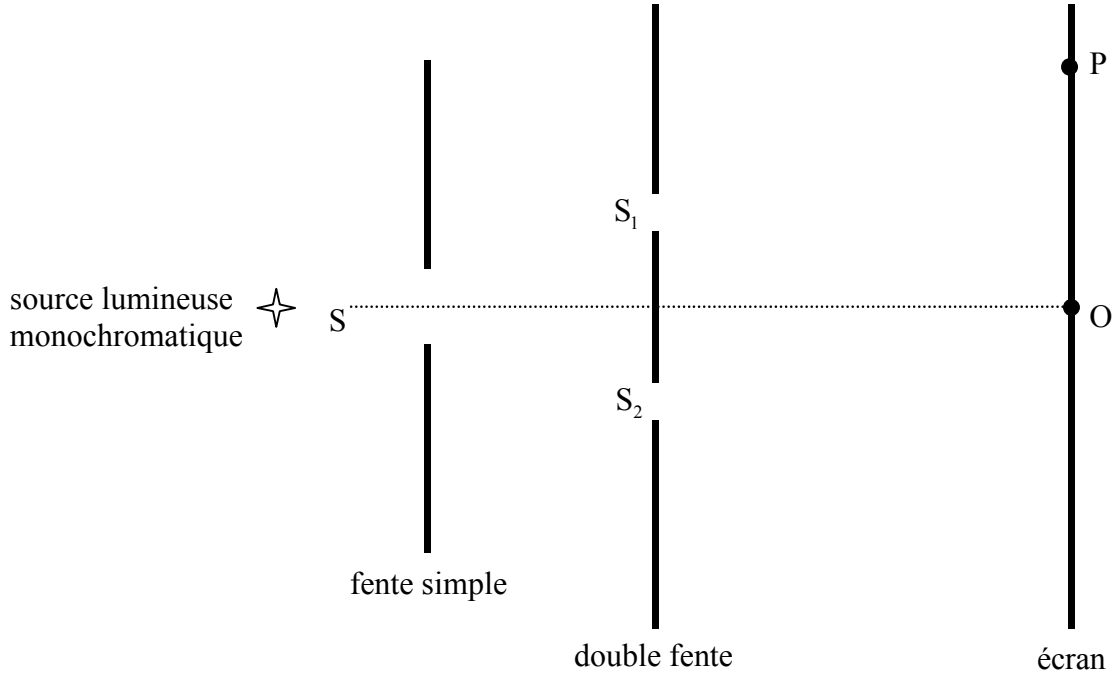
Onde Y



(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B3, partie 2)

Le schéma ci-dessous représente un montage (non à l'échelle) permettant d'observer le phénomène d'interférence produit par la superposition de deux ondes lumineuses.



S_1 et S_2 sont deux fentes très étroites. La fente simple S permet de s'assurer que la lumière quittant les fentes S_1 et S_2 est cohérente.

(c) (i) Définissez *cohérent*. [1]

.....
.....

(ii) Expliquez pourquoi les fentes S_1 et S_2 doivent être très étroites. [2]

.....
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)

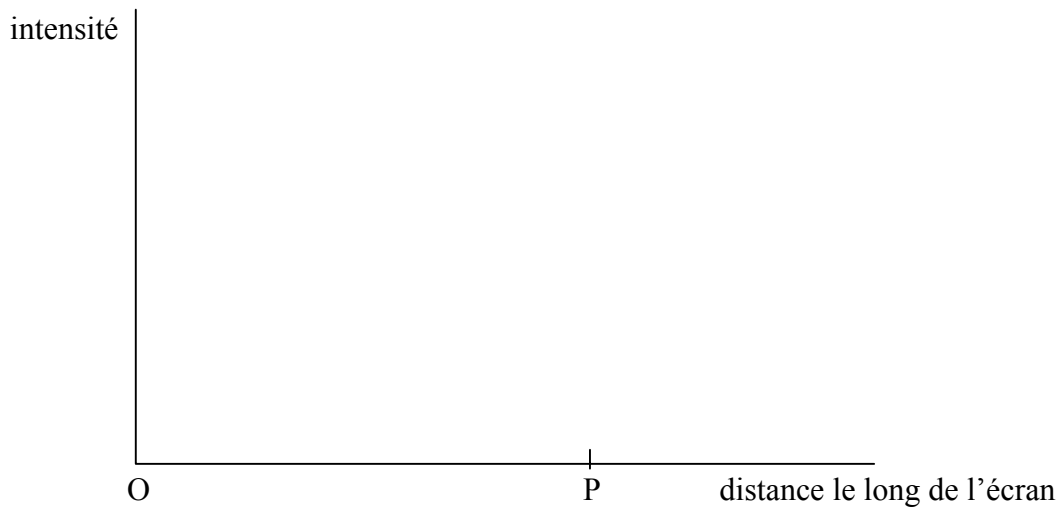
(Suite de la question B3, partie 2)

Le point O du schéma est équidistant de S_1 et S_2 et l'interférence constructive maximale se trouve au point P de l'écran. Il n'y a aucun autre point d'interférence maximale entre O et P.

- (d) (i) Exprimez la condition nécessaire pour qu'il y ait une interférence constructive maximale au point P. [1]

.....
.....

- (ii) Sur les axes ci-dessous, représentez un graphique pour montrer la variation de l'intensité de la lumière sur l'écran entre les points O et P. [2]



- (e) Dans ce montage particulier, la distance entre la fente double et l'écran est de 1,50 m et la séparation de S_1 et S_2 est de $3,00 \times 10^{-3}$ m.

La distance OP est de 0,25 mm. Déterminez la longueur d'onde de la lumière. [2]

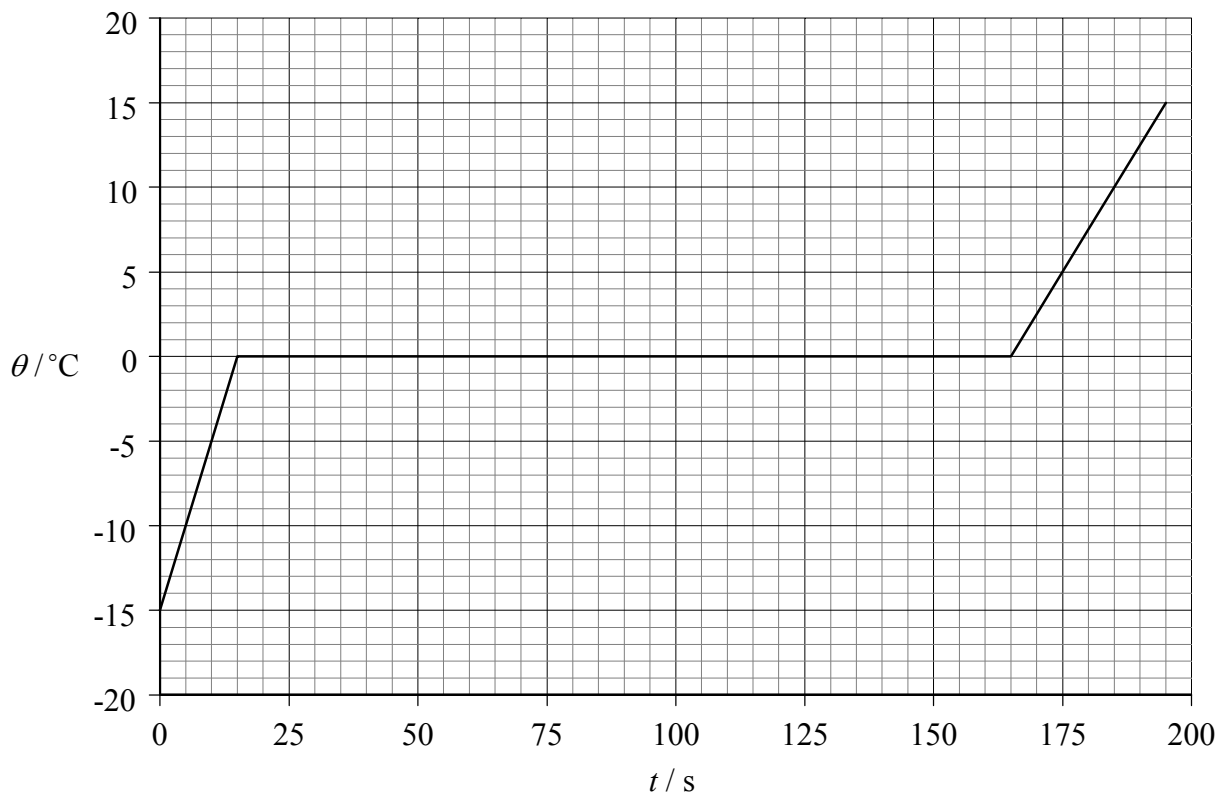
.....
.....
.....
.....

B4. Cette question comporte **deux** parties. La **partie 1** porte sur le changement de phase (état) de la glace. La **partie 2** porte sur la structure nucléaire de l'atome et sur les niveaux d'énergie atomique.

Partie 1 Fusion de la glace

Une quantité de glace pilée est prélevée d'un congélateur et placée dans un calorimètre. De l'énergie thermique est transférée à la glace à un taux constant. Pour s'assurer que toute la glace est à la même température, elle est brassée en permanence. La température du contenu du calorimètre est enregistrée toutes les 15 secondes.

Le graphique ci-dessous montre la variation de la température θ du contenu du calorimètre en fonction du temps t . (*Les incertitudes sur les quantités mesurées ne sont pas indiquées.*)



(a) Sur le graphique ci-dessus, marquez d'un X le point où toute la glace vient juste de fondre. [1]

(b) En faisant référence à l'énergie des molécules, expliquez la zone de température constante du graphique. [3]

.....
.....
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B4, partie 1)

La masse de la glace est de 0,25 kg et la chaleur massique de l'eau est de $4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

(c) Utilisez ces données et les données du graphique pour

(i) déduire que l'énergie est transférée à la glace à un taux d'environ 530 W. [3]

.....
.....
.....
.....
.....

(ii) déterminer la chaleur massique de la glace. [3]

.....
.....
.....
.....

(iii) déterminer la chaleur latente de fusion de la glace. [2]

.....
.....
.....
.....

(d) Exprimez quelle est la propriété des molécules de glace qui est mesurée par la variation de l'entropie. [1]

.....

(e) Exprimez le deuxième principe de la thermodynamique en termes de variation d'entropie [1]

.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B4, partie 1)

- (f) Exprimez ce qui arrive à l'entropie de l'eau quand elle gèle. Résumez comment ce changement d'entropie est conforme au deuxième principe de la thermodynamique [4]

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B4)

Partie 2 L'atome

Quand l'électron a été découvert, on pensait que l'atome consistait en une boule compacte de charge positive dans laquelle étaient englués les électrons.

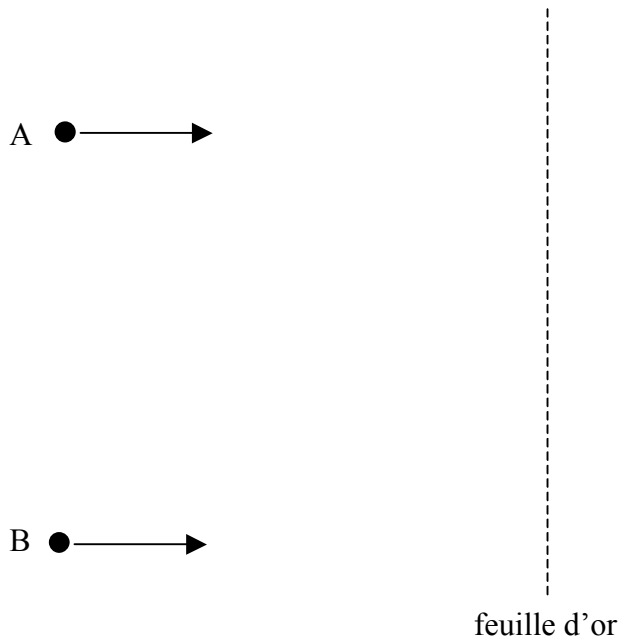
En 1912, Geiger et Marsden réalisèrent une expérience pour tester le bien-fondé de cette théorie. Les résultats de leur expérience suggérèrent en fait que l'atome était principalement constitué de vide avec un noyau électriquement chargé, de masse relativement importante et occupant un espace minime. (C'est ce qu'on appelle le *modèle nucléaire* de l'atome.) Leur expérience consistait à « bombarder » une mince feuille d'or par des particules alpha.

(a) Exprimez la nature d'une particule alpha.

[1]

.....

Le schéma ci-dessous montre une petite partie de la feuille d'or avec deux particules alpha, A et B, s'approchant de la feuille.



(b) (i) Certaines trajectoires de particule donnent à penser que l'atome contient essentiellement du vide. Sur le schéma, représentez une de ces trajectoires pour la particule alpha A. [1]

(ii) D'autres trajectoires de particules alpha donnent à penser que l'atome a un noyau électriquement chargé et de masse relativement importante. Sur le diagramme, représentez une de ces trajectoires pour la particule alpha B. [1]

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B4, partie 2)

- (iii) Décrivez brièvement comment ces trajectoires ont conduit à l'idée du modèle nucléaire de l'atome.

[4]

.....

.....

.....

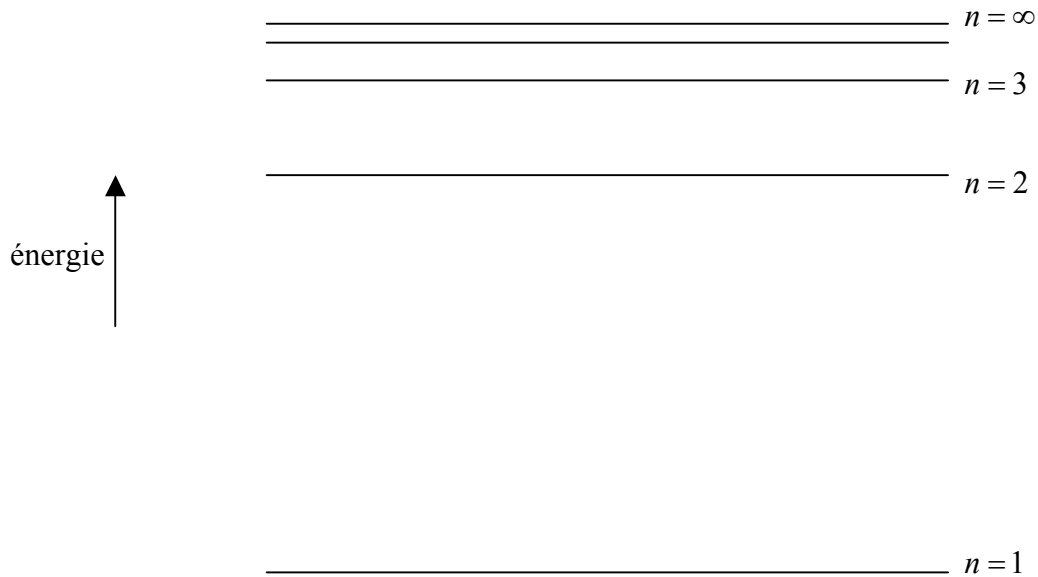
.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B4, partie 2)

En 1914, Niels Bohr suggéra que les électrons d'un atome d'hydrogène occupaient des niveaux d'énergie discrets. Le schéma ci-dessous montre quelques niveaux d'énergie principaux.



(c) (i) Annotez avec la lettre X le niveau d'énergie pour lequel un électron a une énergie potentielle nulle. [1]

(ii) Expliquez comment les spectres de raies de l'hydrogène atomique confirment l'idée de niveaux d'énergie discrets. Vous pouvez utiliser le diagramme ci-dessus pour étayer votre réponse. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....