



PHYSIQUE
NIVEAU SUPÉRIEUR
ÉPREUVE 2

Mardi 9 mai 2006 (après-midi)

2 heures 15 minutes

Numéro de session du candidat

0	0							
---	---	--	--	--	--	--	--	--

INSTRUCTIONS DESTINÉES AUX CANDIDATS

- Écrivez votre numéro de session dans les cases ci-dessus.
- N'ouvrez pas cette épreuve avant d'y être autorisé(e).
- 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.

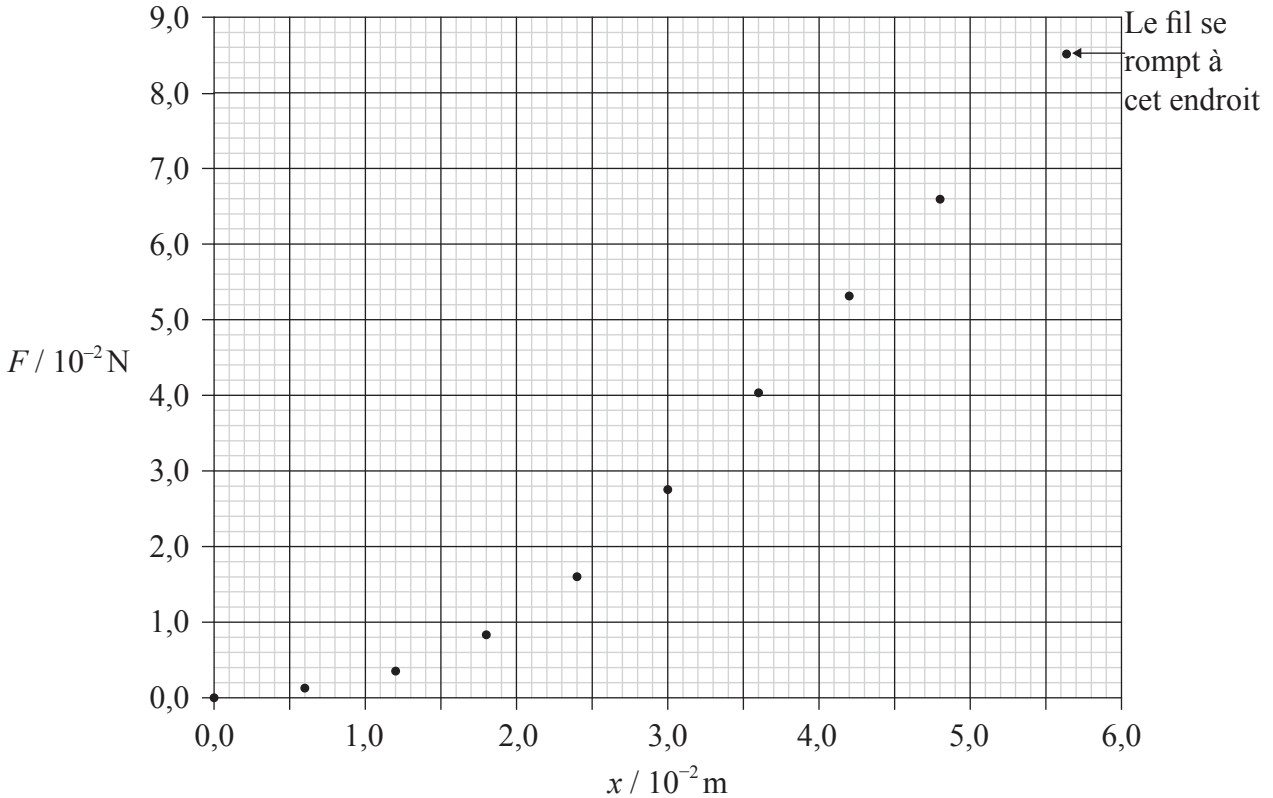


SECTION A

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

A1. Cette question porte sur une toile d'araignée.

Une expérience fut effectuée pour mesurer l'allongement x d'un fil d'une toile d'araignée lorsqu'une charge F est appliquée sur celui-ci. Les résultats de cette expérience sont reportés sur le graphique ci-dessous. Les incertitudes sur ces mesures ne sont pas indiquées.



(a) Tracez une courbe d'ajustement pour les points de données. [1]

(b) Le rapport entre F et x est de la forme $F = kx^n$.

Exprimez et expliquez le graphique que vous traceriez afin de déterminer la valeur n . [3]

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A1)

- (c) Lorsqu'une charge est appliquée sur un matériau, on dit qu'il est sous « contrainte ». La valeur P de cette contrainte est donnée par la relation

$$P = \frac{F}{A}$$

dans laquelle A est la surface de la section de l'échantillon du matériau.

Utilisez le graphique précédent et les données ci-dessous pour déduire que le fil utilisé dans cette expérience a une contrainte de rupture supérieure à celle de l'acier. [3]

Contrainte de rupture de l'acier = $1,0 \times 10^9 \text{ Nm}^{-2}$

Rayon du fil de toile d'araignée = $4,5 \times 10^{-6} \text{ m}$

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

- (d) L'incertitude sur la mesure du rayon du fil est $\pm 0,1 \times 10^{-6} \text{ m}$. Déterminez le pourcentage d'incertitude sur la valeur de la surface de la section du fil. [2]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A1)

(e) Dans une toile d'araignée particulière, un fil a la même longueur d'origine que le fil utilisé dans l'expérience. Lors de la fabrication de cette toile d'araignée, la longueur d'origine du fil est allongée de $2,4 \times 10^{-2}$ m.

(i) Utilisez le graphique pour déduire que la quantité de travail requise pour allonger encore plus le fil jusqu'à la longueur à laquelle il se rompt est environ $1,6 \times 10^{-3}$ J. Expliquez votre raisonnement. [3]

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

(ii) Pour que le fil ne se rompe pas sous l'effet de l'impact d'un insecte volant, il doit être capable d'absorber toute l'énergie cinétique de cet insecte lorsqu'il est immobilisé par l'impact. Déterminez la vitesse d'impact qu'un insecte de masse 0,15 g doit avoir pour rompre le fil. [3]

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



A2. Cette question porte sur le potentiel gravitationnel.

- (a) Définissez *potentiel gravitationnel* en un point dans un champ gravitationnel. [3]

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

- (b) Une planète a une masse M et un rayon R_0 . La valeur g_0 de l'intensité du champ gravitationnel à la surface d'une planète est donnée par la relation

$$g_0 = G \frac{M}{R_0^2}$$

dans laquelle G est la constante de gravitation.

Utilisez cette expression pour déduire que le potentiel gravitationnel V_0 à la surface de la planète est donné par

$$V_0 = - g_0 R_0. \quad [2]$$

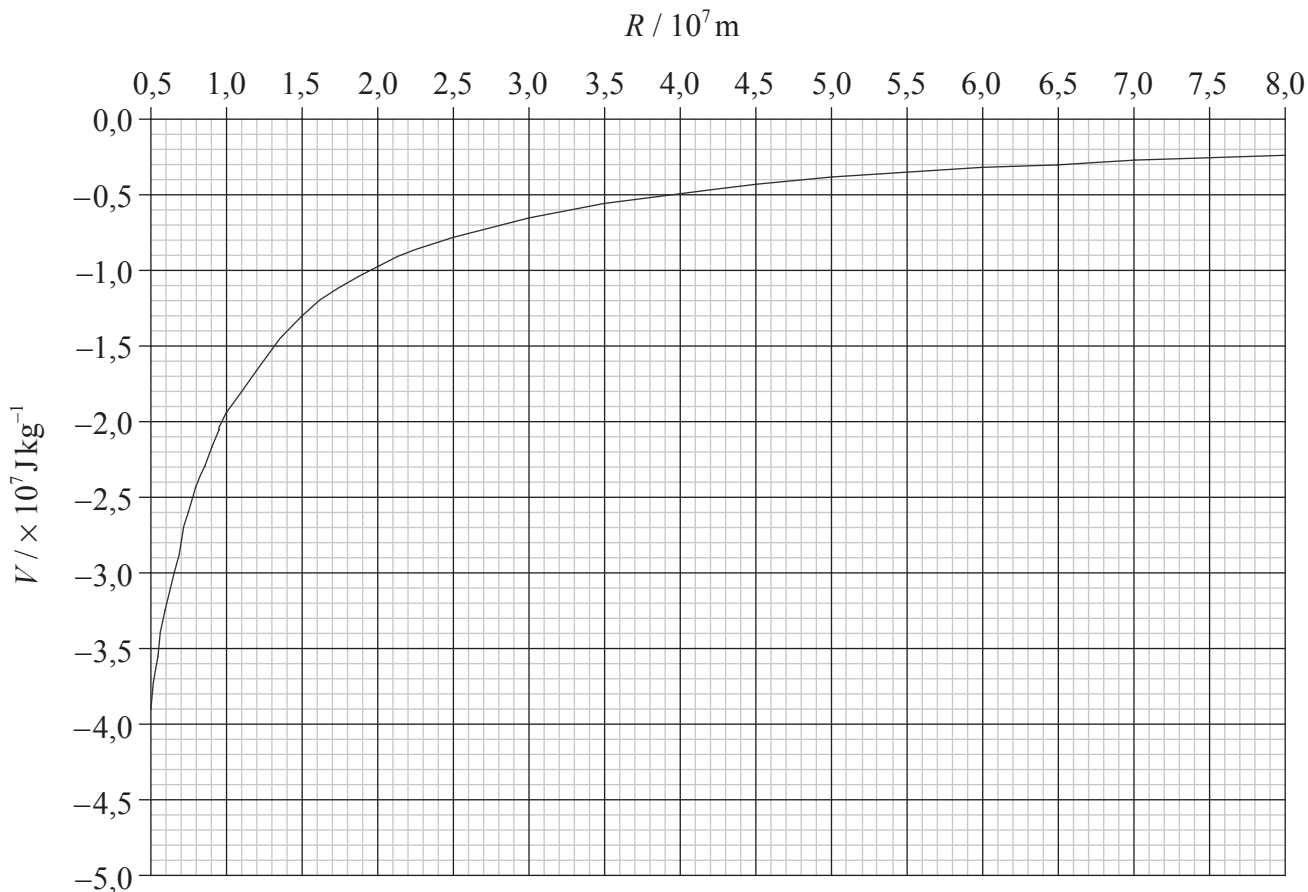
.....
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A2)

- (c) Le graphique ci-dessous montre les variations du potentiel gravitationnel V en fonction de la distance R du centre de la planète. Le rayon R_0 de la planète = $5,0 \times 10^6$ m. Les valeurs de V ne sont pas indiquées pour $R < R_0$.



Utilisez le graphique ci-dessus pour déterminer la valeur de l'intensité du champ gravitationnel à la surface de la planète.

[3]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A2)

- (d) Un satellite de masse $3,2 \times 10^3$ kg est lancé depuis la surface de la planète. Utilisez le graphique pour estimer la vitesse minimum de lancement que ce satellite doit avoir afin d'atteindre une hauteur de $2,0 \times 10^7$ m au-dessus de la surface de la planète. (Vous pouvez supposer qu'il atteint sa vitesse maximum juste après le lancement.)

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



A3. Cette question porte sur un gaz parfait.

- (a) La pression P d'une masse fixe d'un gaz parfait est directement proportionnelle à la température kelvin T de ce gaz. C'est-à-dire,

$$P \propto T.$$

Exprimez

- (i) la relation entre la pression P et le volume V pour une transformation effectuée à température constante. [1]

.....
.....

- (ii) la relation entre le volume V et la température kelvin T pour une transformation effectuée à pression constante. [1]

.....
.....

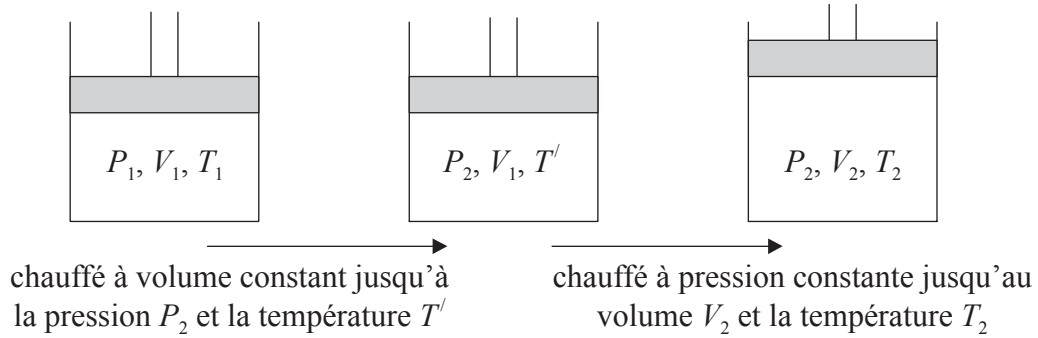
(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A3)

- (b) Ce gaz parfait est maintenu dans un cylindre par un piston mobile. La pression du gaz est P_1 , son volume est V_1 et sa température kelvin est T_1 .

La pression, le volume et la température sont modifiés et prennent les valeurs P_2 , V_2 et T_2 . Cette variation est opérée de la manière illustrée ci-dessous.



Exprimez la relation entre

- (i) P_1, P_2, T_1 et T' . [1]

.....

.....

- (ii) V_1, V_2, T' et T_2 . [1]

.....

.....

- (c) Utilisez vos réponses à la question (b) pour déduire que, pour un gaz parfait,

$$PV = KT$$

relation dans laquelle K est une constante. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Page vierge



SECTION B

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

B1. Cette question porte sur la puissance mécanique et les moteurs thermiques.

Puissance mécanique

(a) Définissez le terme *puissance*. [1]

.....
.....

(b) Une voiture se déplace avec une vitesse constante v le long d'une route droite horizontale. Une force résistante totale F agit sur cette voiture.

Déduisez que la puissance P nécessaire pour surmonter la force F est

$$P = Fv. \quad [2]$$

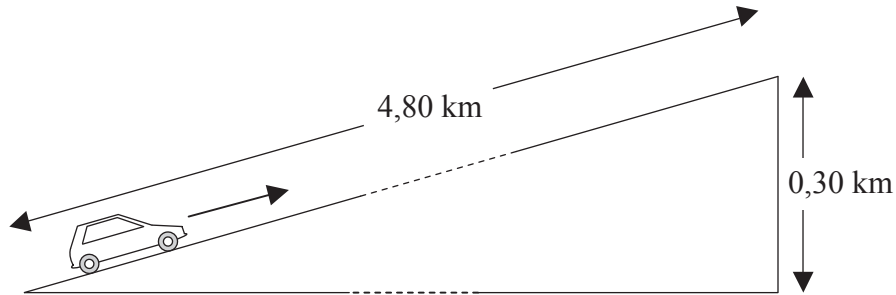
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1)

- (c) Une voiture grimpe une pente rectiligne de 4,80 km de long. La hauteur totale de cette pente est 0,30 km.



Cette voiture grimpe la pente à une vitesse constante de 16 m s^{-1} . Pendant la montée, la force résistante moyenne agissant sur la voiture est $5,0 \times 10^2 \text{ N}$. Le poids total de la voiture et du conducteur est $1,2 \times 10^4 \text{ N}$.

- (i) Déterminez le temps mis par la voiture pour se déplacer du bas de la pente jusqu'en haut de celle-ci. [2]

.....

.....

.....

- (ii) Déterminez le travail effectué contre la force de gravitation lors du déplacement du bas de la pente jusqu'en haut de celle-ci. [1]

.....

- (iii) En utilisant vos réponses aux questions (i) et (ii), calculez la valeur minimale que doit avoir la puissance du moteur pour déplacer la voiture du bas de la pente jusqu'en haut de celle-ci. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

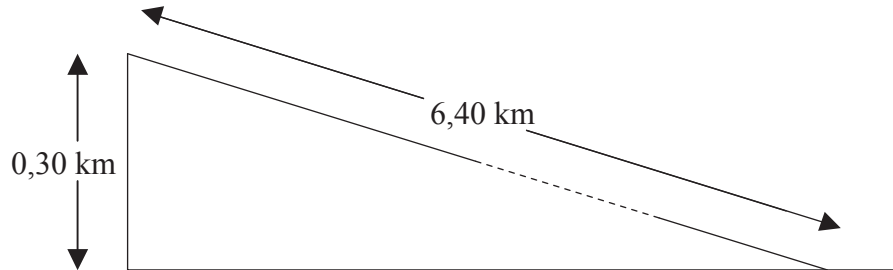
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1)

- (d) À partir du sommet de la pente, la route se prolonge par une descente en ligne droite. Au point où la pente commence à descendre, le conducteur de la voiture de la question (c) s'arrête pour admirer la vue. En continuant son trajet, le conducteur décide d'économiser du carburant. Il coupe le moteur et laisse la voiture descendre la pente en roue libre. La voiture descend une hauteur de 0,30 km sur une distance de 6,40 km avant que la route ne devienne horizontale.



La force résistante agissant sur la voiture est $5,0 \times 10^2$ N.

Estimez

- (i) l'accélération de la voiture lorsqu'elle descend la pente. [5]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) la vitesse de la voiture au bas de la pente. [2]

.....

.....

- (e) En fait, sur les dernières certaines de mètres de la descente, la voiture se déplace à vitesse constante. Exprimez la valeur de la force de frottement agissant sur la voiture tandis qu'elle se déplace à vitesse constante. [1]

.....

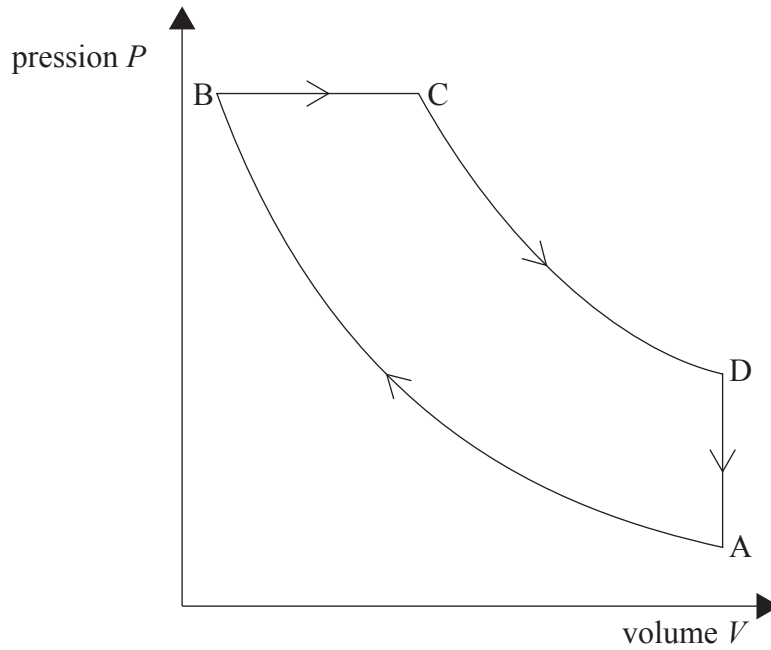
(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1)

Le moteur thermique

- (f) Le graphique ci-dessous représente le diagramme pression-volume ($P-V$) idéalisé pour un cycle des gaz d'un moteur similaire à celui d'une voiture.



Les transformations $A \rightarrow B$ et $C \rightarrow D$ sont des transformations adiabatiques.

- (i) Expliquez ce qu'on entend par *transformation adiabatique*. [2]

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

- (ii) Exprimez le nom donné à la transformation $B \rightarrow C$. [1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1)

(g) Pendant le cycle du gaz dans le moteur, Q_H unités d'énergie thermique sont transférées au gaz et Q_C unités sont transférées du gaz.

(i) Sur le graphique de la question (f), tracez des flèches annotées pour représenter ces transferts d'énergie. [2]

(ii) Exprimez la valeur de l'aire ABCD en termes de Q_H et de Q_C . [1]

.....

(iii) Expliquez si, pour un moteur de Carnot fonctionnant entre les mêmes températures que le moteur de la voiture, l'aire ABCD est plus grande, plus petite ou la même. [3]

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

(h) La puissance utile du moteur est 20 kW et le rendement global du moteur est 32%. Le moteur de la voiture exécute 50 cycles par seconde. Déduisez que $Q_H = 1,3$ kJ. [3]

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



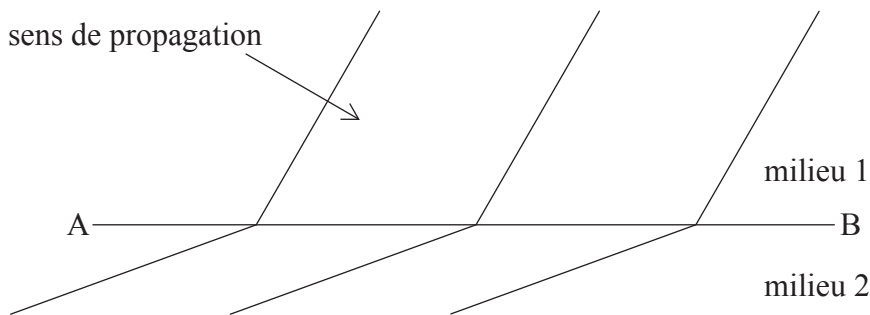
B2. Cette question porte sur les ondes et les propriétés des ondes.

Ondes progressives et ondes stationnaires

(a) Exprimez **deux** différences entre une onde progressive et une onde stationnaire. [2]

- 1.
-
- 2.
-

(b) Dans le schéma à l'échelle ci-dessous, des fronts d'ondes plans se propagent du milieu 1 au milieu 2 à travers la surface de séparation AB.



Exprimez et expliquez dans quel milieu ces fronts d'onde ont la plus grande vitesse. [3]

-
-
-
-

(c) En prenant des mesures sur le schéma, déterminez le rapport

$$\frac{\text{vitesse de l'onde dans le milieu 1}}{\text{vitesse de l'onde dans le milieu 2}} \quad [3]$$

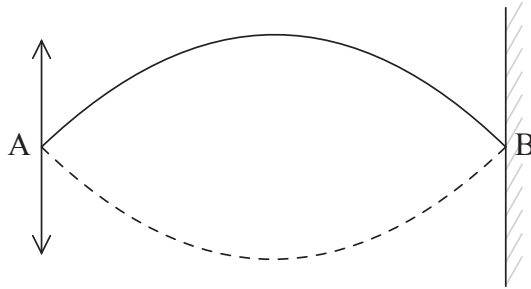
-
-
-
-

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2)

- (d) Pour démontrer la production d'une onde stationnaire, Sabine fixe à un support rigide l'extrémité B d'un tube en caoutchouc de longueur AB. Elle tient l'autre extrémité A, tire légèrement dessus, puis secoue l'extrémité A dans une direction perpendiculaire à AB. À une certaine fréquence de secousses, on voit le tube former l'onde stationnaire représentée ci-dessous.



Expliquez comment cette onde stationnaire est formée.

[5]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2)

- (e) La vitesse v à laquelle l'énergie est propagée dans le tube par une onde progressive dépend de la tension T dans le tube. La relation entre ces grandeurs est

$$v = k\sqrt{T}$$

où k est une constante.

Dans une expérience pour vérifier cette relation, la fréquence fondamentale f (première harmonique) fut mesurée pour différentes valeurs de la tension T .

- (i) Expliquez comment les résultats de cette expérience, représentés graphiquement, peuvent être utilisés pour vérifier le rapport $v = k\sqrt{T}$. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Dans cette expérience, la longueur du tube a été maintenue constante à 2,4 m. La fréquence fondamentale pour une tension de 9,0 N dans le tube était 1,8 Hz. Calculez la valeur numérique de la constante k . [3]

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2)

L'effet Doppler

- (f) Une source S émet des ondes sonores à une fréquence constante. Dans le schéma ci-dessous, S se déplace à une vitesse constante dans le sens indiqué, le long d'une ligne droite entre deux observateurs immobiles A et B.



- (i) Tracez, sur le schéma ci-dessus, **trois** fronts d'onde représentant les ondes émises par S. [2]
- (ii) Utilisez votre esquisse pour expliquer toute différence de fréquence du son entendu par l'observateur A et par l'observateur B. [2]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2)

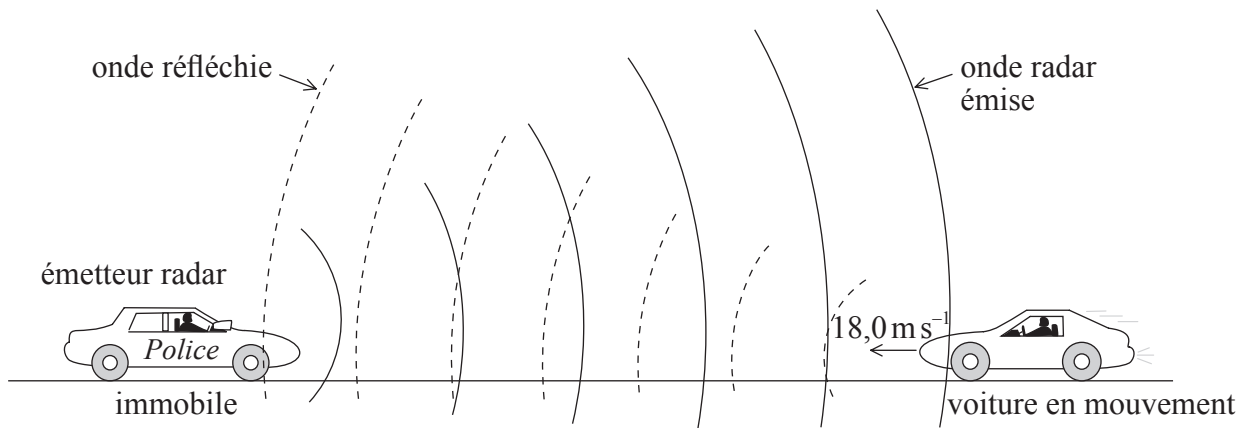
(g) Certains détecteurs de vitesse utilisent l'effet Doppler et la fréquence de battement entre une onde émise et une onde réfléchie.

(i) Expliquez, en référence aux ondes sonores, le terme *fréquence de battement*. [2]

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

(ii) Certains détecteurs de vitesse émettent des micro-ondes plutôt qu'un son. Dans cette situation, on peut supposer que les équations de Doppler qui s'appliquent au son s'appliquent également aux micro-ondes.

Dans le schéma ci-dessous, un détecteur de vitesse à bord d'une voiture de police immobile émet des micro-ondes d'une fréquence de 10,6 GHz. Ces ondes sont réfléchies sur la voiture qui s'approche.



La voiture se déplace en ligne droite vers la voiture de police, à la vitesse de $18,0 \text{ m s}^{-1}$. Les ondes réfléchies sont décalées par l'effet Doppler et entrent en interférence avec les ondes émises pour produire des battements. La vitesse des micro-ondes est $3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.

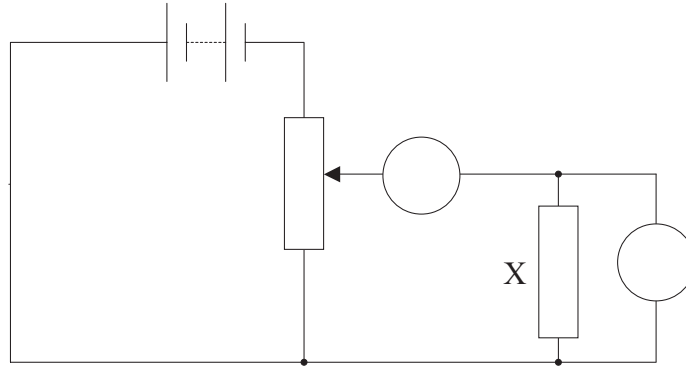
Calculez la fréquence de battement mesurée au détecteur de vitesse. [4]

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

B3. Cette question porte sur le courant électrique et les effets du courant électrique.

Courant électrique

- (a) Le schéma ci-dessous montre le circuit utilisé pour mesurer la caractéristique courant-tension ($I-V$) d'un composant électrique X.



Sur le schéma ci-dessus,

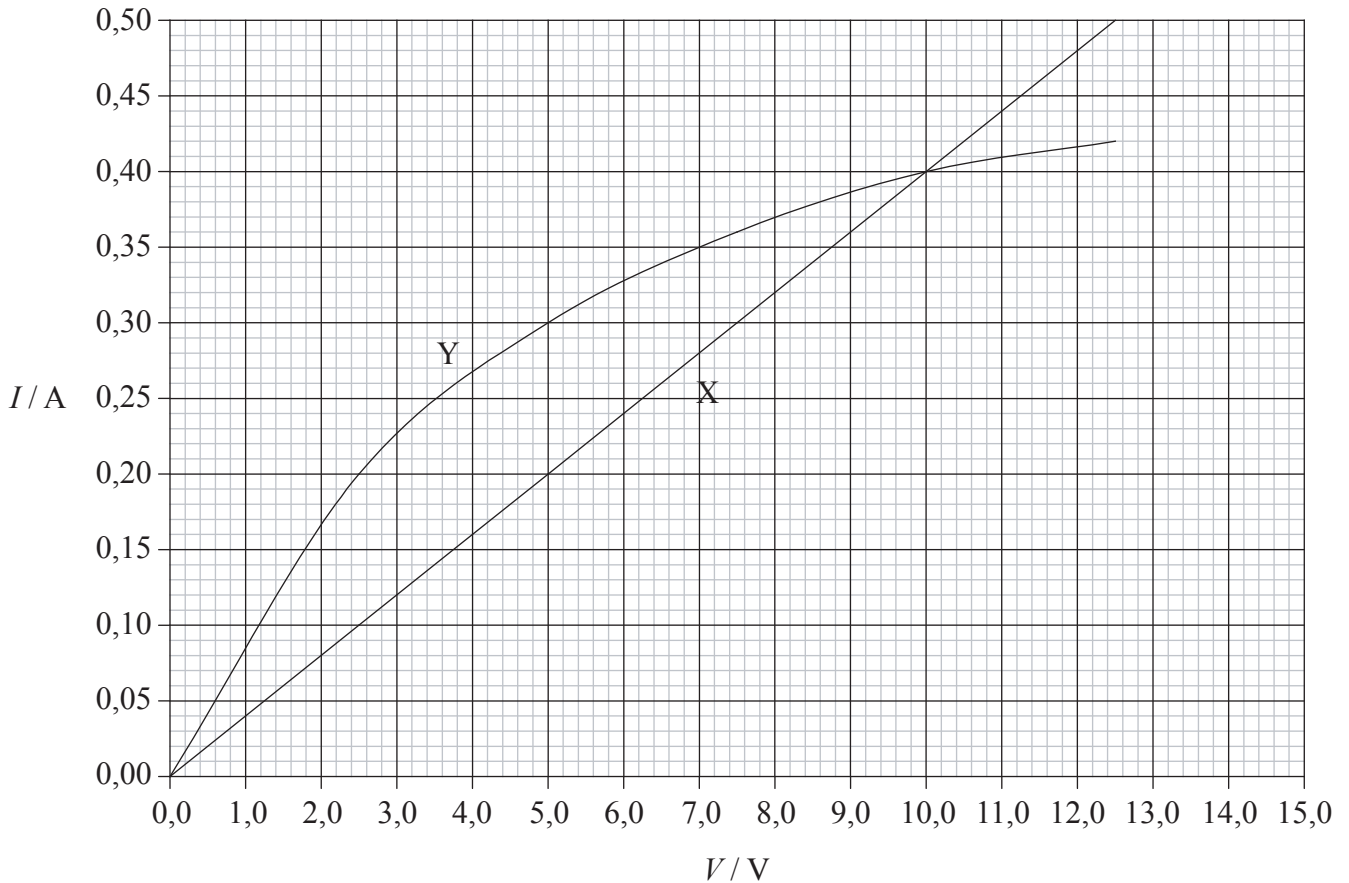
- (i) désignez l'ampèremètre A et le voltmètre V. [1]
- (ii) marquez la position du contact du potentiomètre qui produira une lecture de zéro sur le voltmètre. Désignez cette position P. [1]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3)

- (b) Le graphique ci-dessous représente les caractéristiques courant-tension ($I-V$) de deux conducteurs différents X et Y.



- (i) Exprimez la valeur du courant pour lequel la résistance de X est la même que la résistance de Y et déterminez la valeur de cette résistance. [2]

Courant :

Résistance :

.....

- (ii) Décrivez et suggérez une explication pour la caractéristique $I-V$ du conducteur Y. [3]

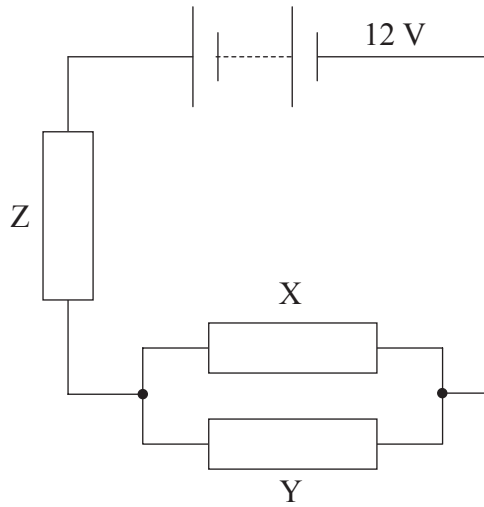
.....
.....
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3)

(c) Les deux conducteurs X et Y sont connectés dans un circuit comme illustré ci-dessous.



Le générateur a une force électromotrice de 12 V et une résistance interne négligeable. La valeur de la résistance Z est R et la différence de potentiel entre les conducteurs X et Y est 5,0V.

(i) Utilisez le graphique de la question (b) pour déterminer le courant total dans le circuit. [2]

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

(ii) Déterminez la valeur R de la résistance Z. [2]

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

(iii) Déterminez la résistance totale de l'association en parallèle de X et Y. [2]

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

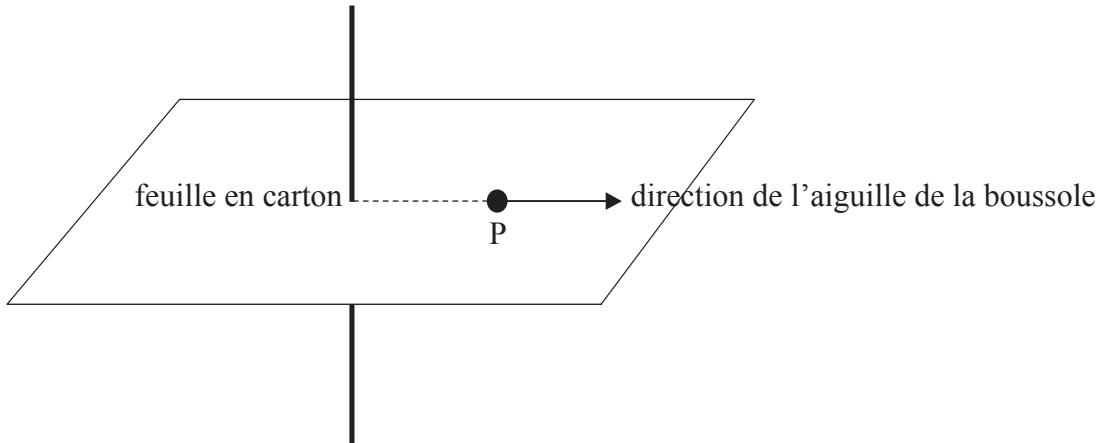
(Suite de la question à la page suivante)



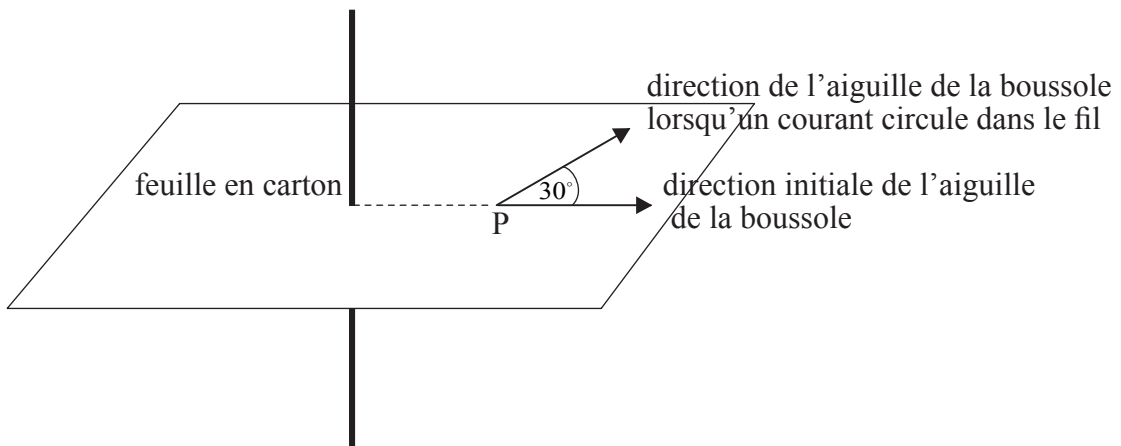
(Suite de la question B3)

Effets électromagnétiques associés aux courants électriques constants

- (d) Un long fil vertical traverse une feuille de carton qui est maintenue en position horizontale. Une petite boussole est placée au point P et l'aiguille est orientée dans la direction indiquée.



On fait circuler un courant à travers le fil et l'aiguille de la boussole est alors orientée dans une direction qui fait un angle de 30° par rapport à sa direction initiale, comme illustré ci-dessous.



- (i) Tracez une flèche sur le fil pour indiquer le sens de circulation du courant dans le fil. Expliquez pourquoi il est dans le sens que vous avez indiqué. [2]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3)

- (ii) L'intensité du champ magnétique au point P due au courant circulant dans le fil est B_w et l'intensité de la composante horizontale du champ magnétique de la Terre est B_E .

Déduisez, en traçant un diagramme vectoriel approprié, que

[2]

$$B_E = B_w \tan 60^\circ.$$

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

- (iii) Le point P est à 2,0 cm du fil et le courant circulant dans le fil est 4,0A. Calculez l'intensité de la composante horizontale du champ magnétique de la Terre au point P.

[2]

.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3)

Effet électromagnétique dû à la variation des courants dans le temps

(e) Exprimez

(i) la loi de Faraday sur l'induction électromagnétique. [2]

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

(ii) la loi de Lenz. [1]

.....
.....

(Suite de cette question page 28)

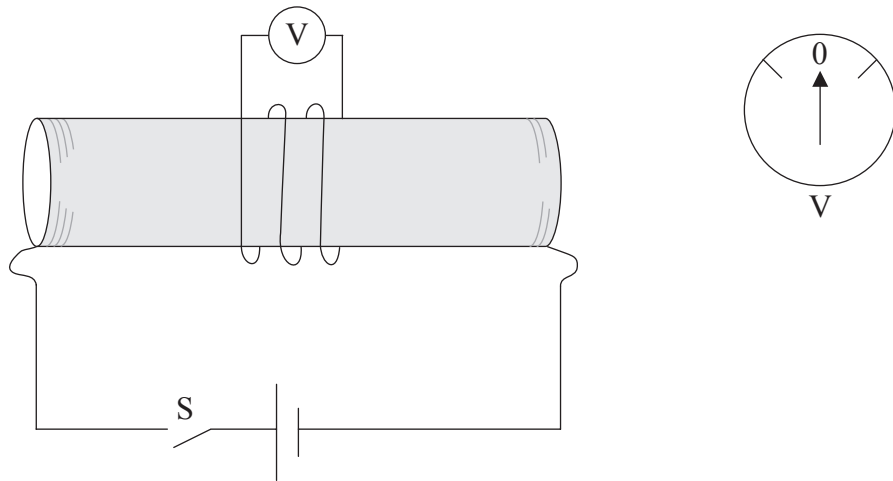


Page vierge



(Suite de la question B3)

- (f) Un long solénoïde est connecté en série avec une batterie et un commutateur S. Plusieurs spires de fil sont enroulées autour de ce solénoïde près de son point médian comme illustré ci-dessous.



Les extrémités de ce fil sont connectées à un voltmètre à haute résistance V qui a une échelle à zéro central (comme illustré sur le schéma en médaillon).

Décrivez, et expliquez, la déviation de l'aiguille du voltmètre quand

- (i) le commutateur S est fermé. [4]

Description :

.....

.....

.....

Explication :

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3)

- (ii) le commutateur S est rouvert un bref instant après avoir été fermé. [4]

Description :

.....

.....

.....

Explication :

.....

.....

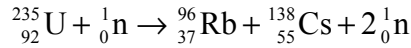
.....

.....



B4. Cette question porte sur l'énergie nucléaire et la désintégration radioactive.

(a) Un neutron entre en collision avec un noyau d'uranium-235 et la réaction suivante a lieu.



En utilisant les données ci-dessous, calculez l'énergie, en MeV, qui est libérée au cours de cette réaction.

[4]

masse de ${}_{92}^{235}\text{U} = 235,0439 u$

masse de ${}_{37}^{96}\text{Rb} = 95,9342 u$

masse de ${}_{55}^{138}\text{Cs} = 137,9112 u$

masse de ${}_0^1\text{n} = 1,0087 u$

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

(b) La réaction citée à la question (a) est plus susceptible d'avoir lieu si le neutron entrant en collision a une énergie d'environ 0,1 eV. Dans certains types de réacteurs nucléaires dans lesquels cette réaction pourrait avoir lieu, les neutrons produits ont leur énergie réduite par les collisions avec les noyaux de graphite (${}^{12}\text{C}$). On peut utiliser la loi de la conservation de la quantité de mouvement pour estimer le nombre de collisions requises pour réduire l'énergie des neutrons à 0,1 eV.

Exprimez la loi de la conservation de la quantité de mouvement.

[2]

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

(c) Un neutron a une énergie cinétique de 2,00 MeV. Déduisez que la vitesse de ce neutron est $1,95 \times 10^7 \text{ms}^{-1}$.

[2]

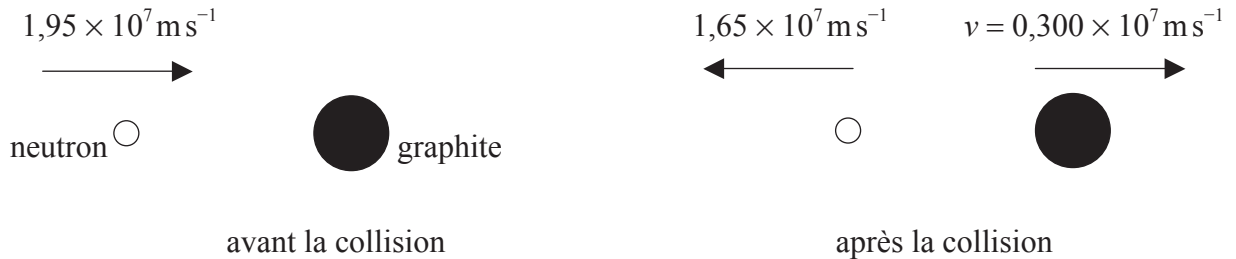
.....
.....
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B4)

- (d) Vous pouvez supposer que la masse d'un noyau de graphite vaut douze fois la masse d'un neutron. Dans une certaine collision entre un neutron et un noyau de graphite immobile, le neutron d'une énergie cinétique de 2,00 MeV rebondit sur le noyau de graphite dans la direction d'une ligne reliant les centres du noyau et du neutron.



La vitesse du neutron après la collision est $1,65 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$.

- (i) Déduisez que la vitesse v du noyau de graphite après la collision est $0,300 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$. [3]

.....

.....

.....

.....

- (ii) En utilisant votre réponse à la question (i), déduisez si cette collision est élastique ou non élastique. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (iii) Utilisez votre réponse à la question (ii) pour déduire que, chaque fois qu'un neutron entre en collision de cette manière avec un noyau de graphite, il perd environ 30% de son énergie cinétique. [2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B4)

- (iv) Expliquez brièvement pourquoi un assez grand nombre de collisions sont nécessaires pour réduire l'énergie du neutron à 0,1 eV. [2]

.....

.....

.....

.....

- (e) Déterminez la longueur d'onde de de Broglie associée à un neutron qui a une énergie cinétique de 2,00 MeV. [4]

.....

.....

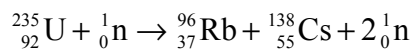
.....

.....

.....

.....

- (f) Le noyau de $^{138}_{55}\text{Cs}$ produit dans la réaction de fission



est radioactif. Il subit une désintégration β^- avec production d'un noyau de baryum (Ba).

- (i) Écrivez l'équation de la désintégration de $^{138}_{55}\text{Cs}$. [2]

.....

- (ii) Donnez le nom de la force et le nom de la particule d'échange impliquées dans la désintégration β^- . [2]

Force :

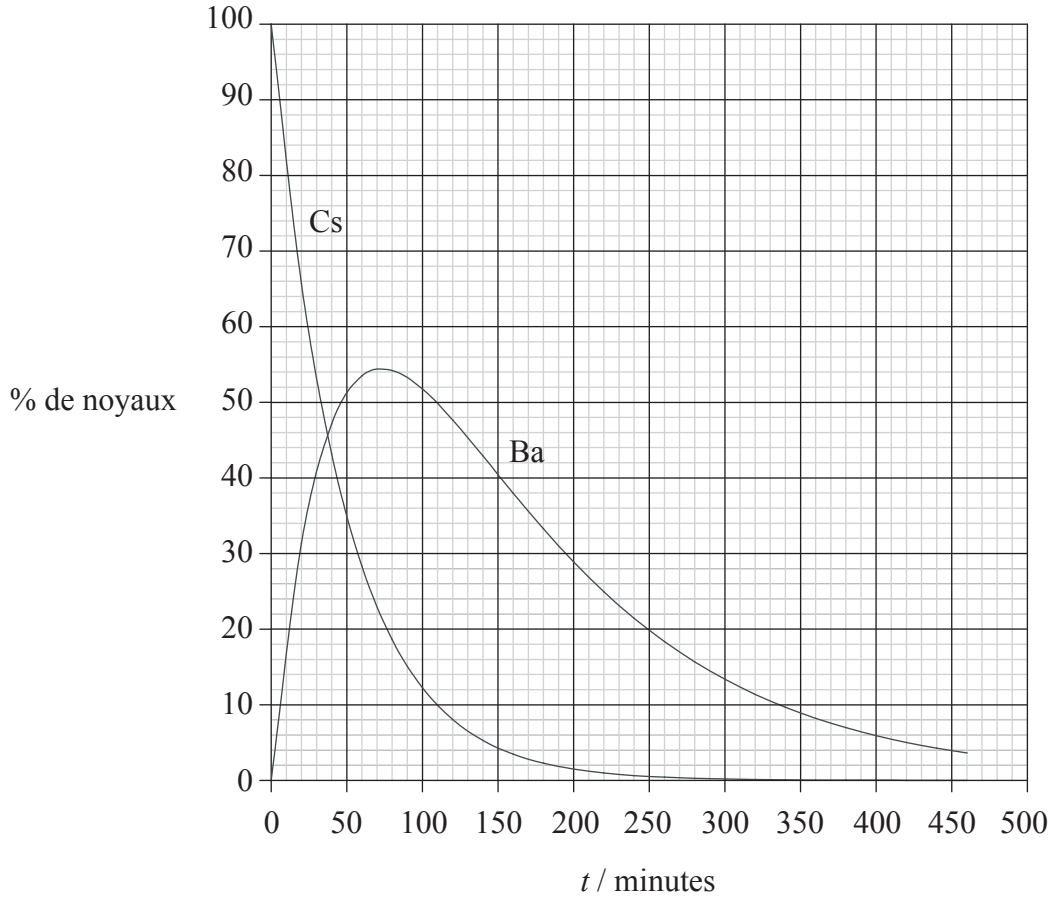
Particule d'échange :

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B4)

- (g) Le graphique ci-dessous montre la variation en fonction du temps t du pourcentage de noyaux de césium-138 et le pourcentage de noyaux de l'isotope de baryum formés à partir de la désintégration d'un échantillon pur de césium-138.



Utilisez le graphique ci-dessus, en expliquant votre raisonnement, pour estimer la demi-vie

- (i) du césium-138. [1]

.....
.....

- (ii) de l'isotope de baryum. [3]

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

