



22076520

PHYSIQUE
NIVEAU SUPÉRIEUR
ÉPREUVE 2

Mercredi 2 mai 2007 (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.



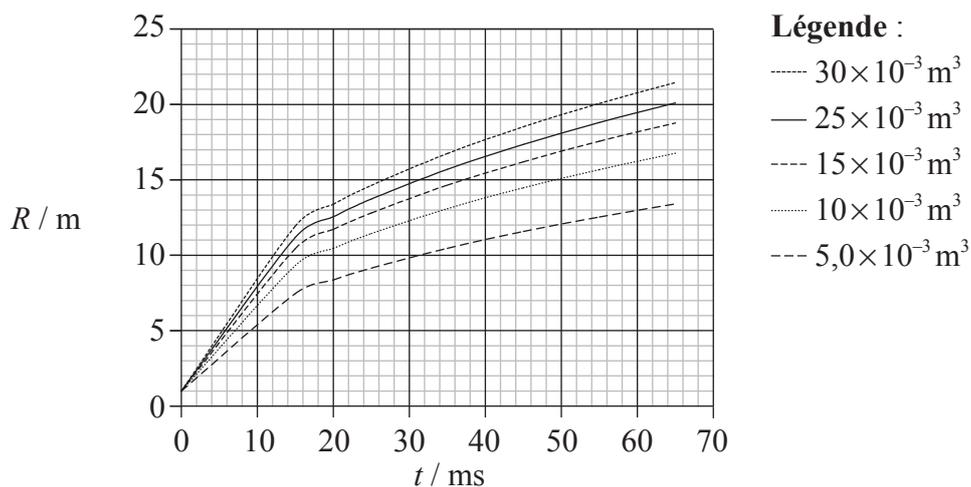
SECTION A

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

A1. Cette question porte sur une recherche relative à une boule de feu produite lors d'une explosion.

Lorsqu'un feu brûle dans un espace confiné, ce feu peut quelquefois se propager très rapidement sous la forme d'une boule de feu circulaire. Il est très important pour les sapeurs-pompiers de connaître la vitesse à laquelle ces boules de feu peuvent se propager. Afin de pouvoir prédire cette vitesse, une série d'expériences contrôlées a été réalisée au cours desquelles on a enflammé une quantité connue de pétrole (essence) contenue dans un bidon.

Le rayon R de la boule de feu résultante produite par l'explosion d'une certaine quantité d'essence dans un bidon fut mesuré en fonction du temps t . Les résultats de cette expérience pour cinq volumes différents d'essence sont tracés sur le graphique ci-dessous. (Les incertitudes sur les données ne sont pas indiquées.)



(a) L'hypothèse initiale était que, pour un volume donné d'essence, le rayon R de la boule de feu serait directement proportionnel au temps t après l'explosion. Exprimez **deux** raisons pour lesquelles les données tracées ne soutiennent pas cette hypothèse. [2]

1.
.....
2.
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A1)

- (b) L'incertitude sur le rayon est $\pm 0,5$ m. L'adjonction de barres d'erreur aux points de données montrerait qu'il y a en fait une erreur systématique sur les données tracées. Suggérez **une** raison pour cette erreur systématique. [2]

.....

.....

.....

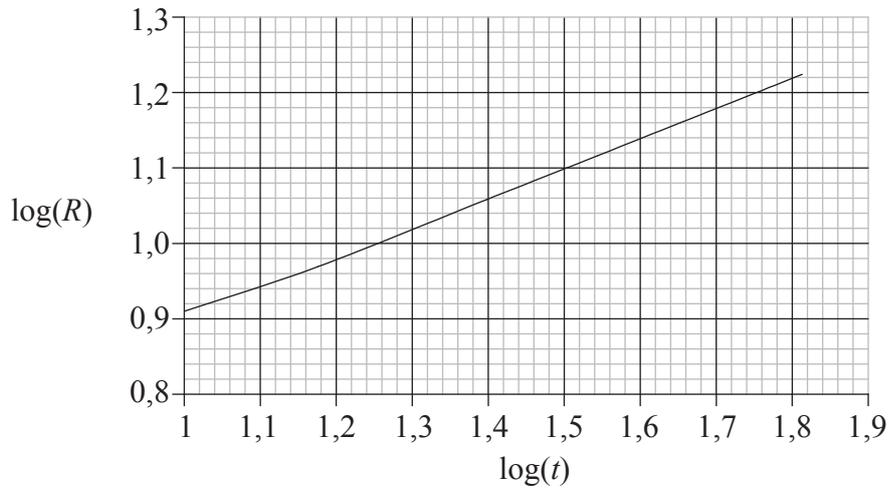
.....

- (c) Puisque les données ne soutiennent pas la proportionnalité directe entre le rayon R de la boule de feu et le temps t , une relation de la forme

$$R = kt^n$$

est proposée, k et n étant des constantes.

Afin de trouver la valeur de k et de n , $\log(R)$ est tracé en fonction de $\log(t)$. Le graphique qui en résulte, pour un volume particulier d'essence, est montré ci-dessous. (Les incertitudes sur les données ne sont pas indiquées.)



Utilisez ce graphique pour déduire que le rayon R est proportionnel à $t^{0,4}$. Expliquez votre raisonnement. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

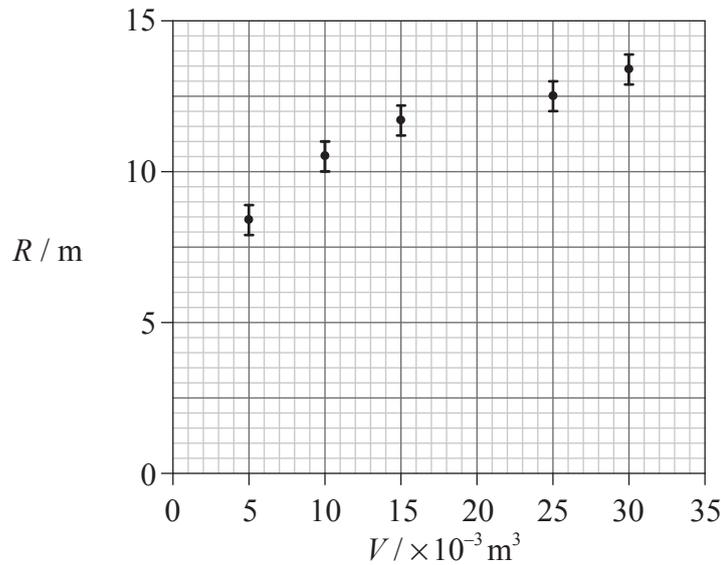
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A1)

- (d) Il est connu que l'énergie libérée lors de l'explosion est proportionnelle au volume initial d'essence. Une hypothèse faite par les expérimentateurs est que, à un temps donné, le rayon de la boule de feu est proportionnel à l'énergie E libérée par l'explosion. Afin de tester cette hypothèse, le rayon R de la boule de feu 20 ms après l'explosion fut tracé sur le graphique en fonction du volume initial V d'essence ayant causé la boule de feu. Le graphique obtenu est montré ci-dessous.



Les incertitudes sur R ont été incluses. L'incertitude sur le volume d'essence est négligeable.

- (i) Décrivez comment les données pour le graphique ci-dessus sont obtenues à partir du graphique dans (a). [1]

.....

.....

- (ii) Dessinez la droite d'ajustement pour les points de données. [2]

- (iii) Expliquez si les données tracées avec les barres d'erreur soutiennent l'hypothèse que R est proportionnel à V . [2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A1)

- (e) L'analyse montre que la relation entre le rayon R , l'énergie E libérée et le temps t est en fait donnée par

$$R^5 = Et^2.$$

Utilisez les données du graphique fourni en (d) pour déduire que l'énergie libérée par la combustion de $1,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ d'essence est environ 30 MJ. [4]

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



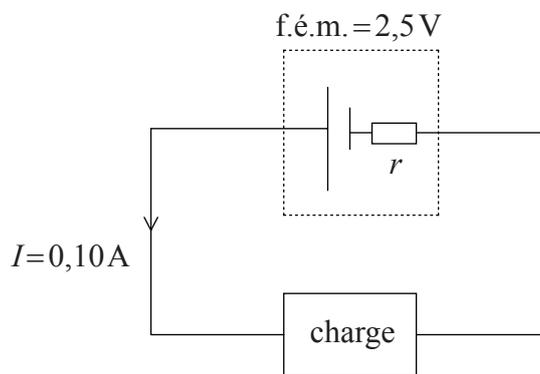
A2. Cette question porte sur les circuits électriques.

(a) Définissez f.é.m. et exprimez la loi d'Ohm. [2]

f.é.m. :

Loi d'Ohm :

(b) Dans le circuit ci-dessous, un dispositif électrique (une charge) est connecté en série avec une pile de f.é.m. de 2,5V et de résistance interne r . Le courant I dans le circuit est de 0,10A.



La puissance dissipée dans la charge est 0,23 W.

Calculez

(i) la puissance totale de la pile. [1]

.....

(ii) la résistance de la charge. [2]

.....

(iii) la résistance interne r de la pile. [2]

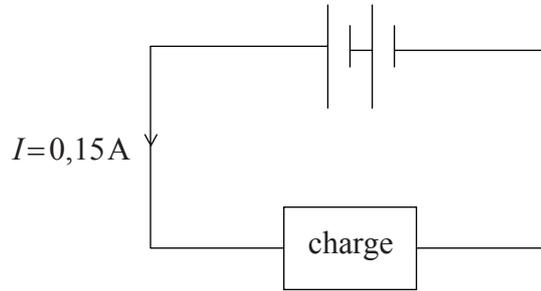
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A2)

- (c) Une deuxième pile identique est connectée dans le circuit fourni en (b), comme montré ci-dessous.



Le courant dans ce circuit est de 0,15 A. Déduisez que la charge est un dispositif non ohmique.

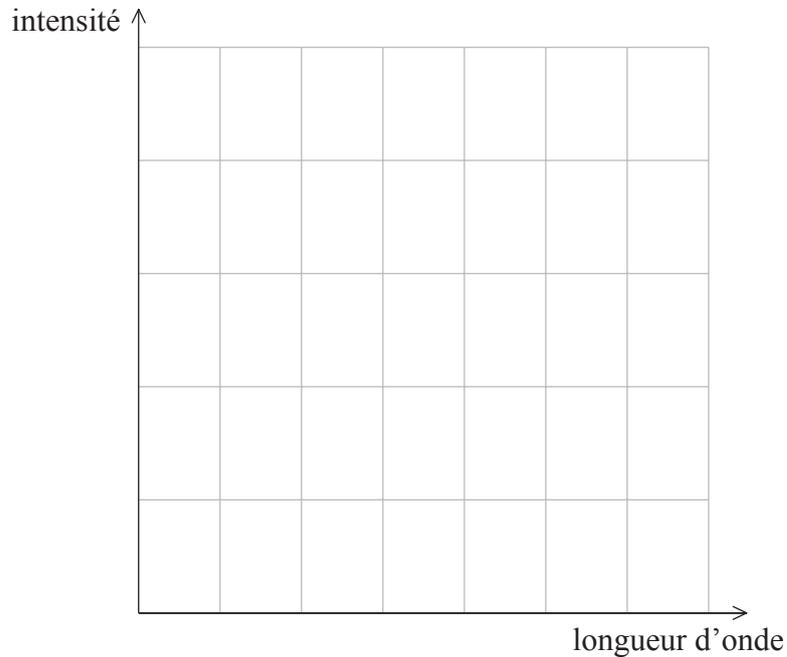
[4]

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



A3. Cette question porte sur les rayons X.

- (a) En utilisant les axes ci-dessous, tracez un graphique esquissé d'un spectre de rayons X typique qui comprend un spectre caractéristique. Désignez le spectre caractéristique avec la lettre C. [3]



- (b) Le spectre des rayons X du molybdène a une raie spectrale caractéristique particulière d'une longueur d'onde de $6,6 \times 10^{-11}$ m. L'énergie d'ionisation du molybdène est 20keV.

- (i) Déduisez que l'énergie d'un photon de rayons X d'une longueur d'onde de $6,6 \times 10^{-11}$ m est 19 keV. [2]

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

- (ii) La raie spectrale caractéristique d'une longueur d'onde de $6,6 \times 10^{-11}$ m est produite par des électrons faisant des transitions entre un niveau d'énergie excité et le niveau d'énergie fondamental de l'atome de molybdène. Calculez, en électrons-volts, le niveau d'énergie excité. [2]

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



Page vierge



SECTION B

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

B1. Cette question porte sur les lois du mouvement de Newton, sur la dynamique d'un modèle réduit d'hélicoptère et sur le moteur qui lui fournit son énergie.

(a) Expliquez comment la troisième loi de Newton mène au concept de la conservation de la quantité de mouvement dans la collision entre deux objets dans un système isolé. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

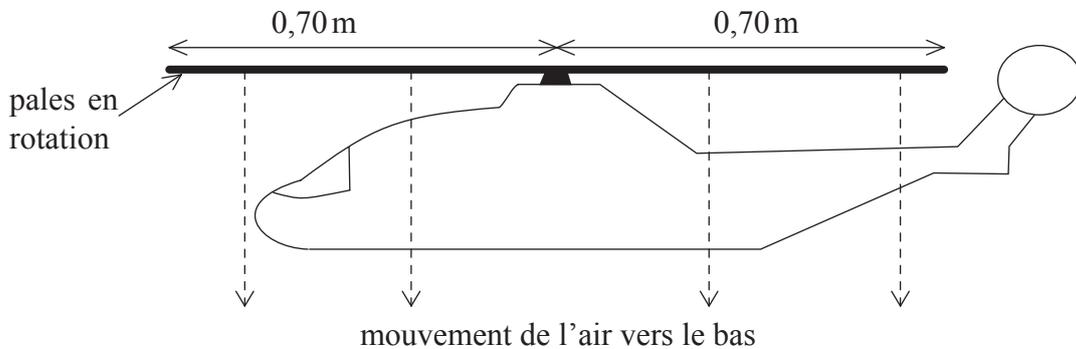
.....

.....

.....

.....

(b) Le schéma ci-dessous illustre un modèle réduit d'hélicoptère qui est en vol stationnaire dans une position fixe.



Les pales en rotation de l'hélicoptère chassent une colonne d'air vers le bas. Expliquez comment cela peut permettre à l'hélicoptère de rester stationnaire. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1)

- (c) La longueur de chaque pale de l'hélicoptère est de 0,70 m. Déduisez que la surface que les pales balayent lorsqu'elles tournent est de $1,5 \text{ m}^2$. (Surface d'un cercle = πr^2) [1]

.....

- (d) Pour l'hélicoptère en vol stationnaire en (b), on suppose que tout l'air en dessous des pales est chassé verticalement vers le bas avec la même vitesse de $4,0 \text{ m s}^{-1}$. Aucun autre air n'est perturbé.

La densité de l'air est de $1,2 \text{ kg m}^{-3}$.

Calculez, pour l'air chassé vers le bas par les pales en rotation,

- (i) la masse par seconde. [2]

.....

- (ii) la vitesse de variation de la quantité de mouvement. [1]

.....

- (e) Exprimez la grandeur de la force que l'air situé sous les pales exerce sur les pales. [1]

.....

- (f) Calculez la masse de l'hélicoptère et sa charge. [2]

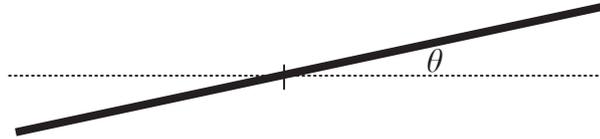
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1)

- (g) Pour que l'hélicoptère puisse se déplacer vers l'avant, on fait s'incliner les pales de l'hélicoptère d'un angle θ par rapport à l'horizontale, comme montré schématiquement ci-dessous.



Lorsqu'il se déplace vers l'avant, l'hélicoptère ne se déplace pas verticalement vers le haut ou vers le bas. Dans l'espace prévu ci-dessous, tracez un diagramme des forces qui montre les forces agissant sur les pales de l'hélicoptère au moment où l'hélicoptère commence à se déplacer vers l'avant. Sur votre diagramme, indiquez l'angle θ .

[4]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1)

- (h) Utilisez votre diagramme de la partie (g) ci-contre pour expliquer pourquoi une force F vers l'avant agit maintenant sur l'hélicoptère et déduisez que l'accélération initiale a de l'hélicoptère est donnée par

$$a = g \tan \theta$$

g étant l'accélération de chute libre.

[5]

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

- (i) L'hélicoptère est entraîné par un moteur qui a une puissance de sortie utile de $9,0 \times 10^2$ W. Ce moteur fait 300 tours par seconde. Déduisez que le travail effectué dans un cycle est 3,0J.

[1]

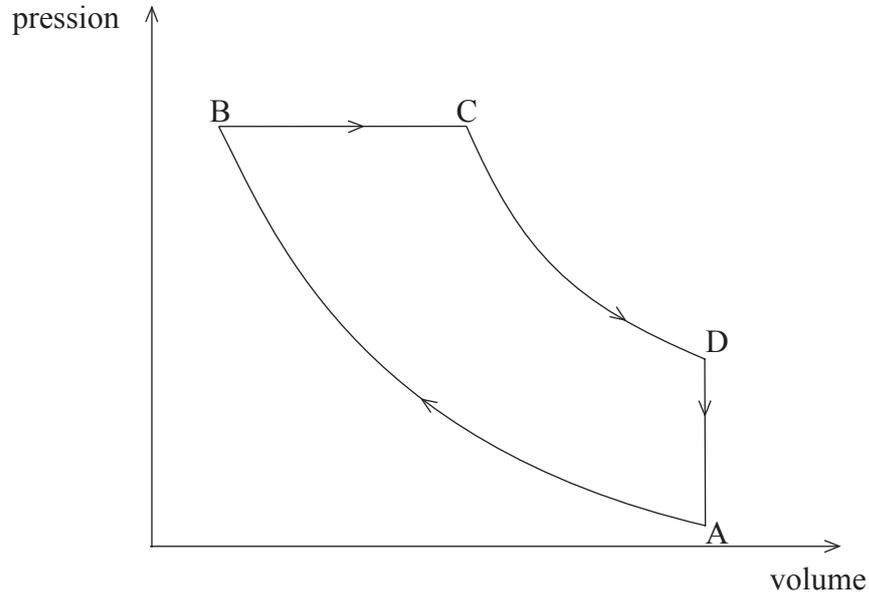
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1)

- (j) Le diagramme ci-dessous montre le rapport entre la pression et le volume de l'air dans le moteur pour un cycle de fonctionnement du moteur.



- (i) Exprimez le nom donné au type de transformation représenté par D→A. [1]

.....

- (ii) Pendant un cycle du moteur, le gaz absorbe Q_1 unités d'énergie thermique et Q_2 unités d'énergie thermique sont transférées du gaz. Sur le diagramme ci-dessus, tracez des flèches désignées pour montrer ces transferts d'énergie. [2]

- (iii) Le rendement du moteur est de 60%. En utilisant la réponse donnée dans la question B1(i), calculez les valeurs de Q_1 et Q_2 . [3]

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



B2. Cette question comporte **deux** parties. La **Partie 1** porte sur quelques propriétés des ondes, en rapport avec le principe de superposition. La **Partie 2** porte sur le champ gravitationnel associé à une étoile à neutrons.

Partie 1 Ondes

Ondes stationnaires et résonance

(a) Exprimez **deux** façons dont une onde stationnaire diffère d'une onde continue. [2]

- 1.
.....
- 2.
.....

(b) Exprimez le principe de superposition appliqué aux ondes. [2]

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

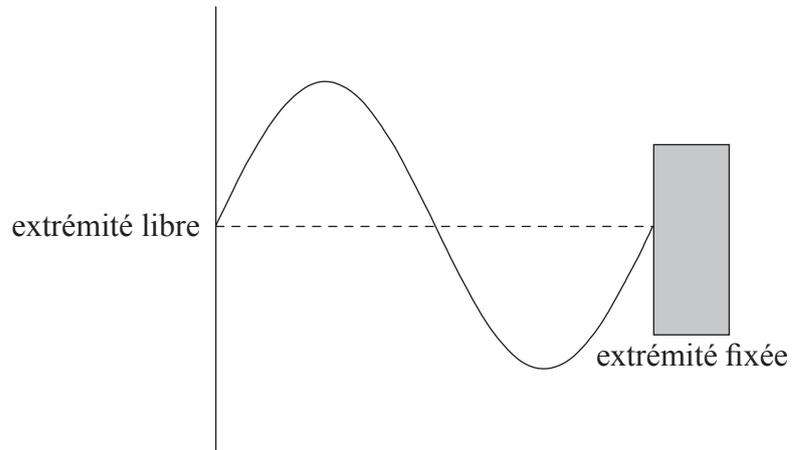
(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2, partie 1)

- (c) Une corde tendue est fixée à une extrémité. L'autre extrémité est soumise à des vibrations continues de façon à produire une onde le long de la corde. Cette onde est réfléchiée à l'extrémité fixée et il en résulte qu'une onde stationnaire est établie dans la corde.

Le schéma ci-dessous montre le déplacement de la corde au temps $t=0$. La ligne en tirets montre la position d'équilibre de la corde.



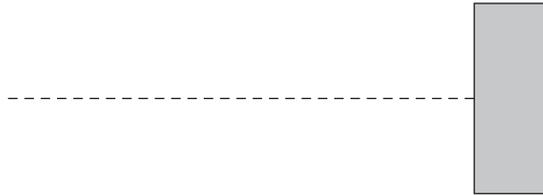
(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2, partie 1)

- (i) La période d'oscillation de la corde est T . Sur les schémas ci-dessous, dessinez des esquisses du déplacement de la corde au temps $t = \frac{T}{4}$ et au temps $t = \frac{T}{2}$. [2]

$$t = \frac{T}{4}$$



$$t = \frac{T}{2}$$



- (ii) Utilisez vos esquisses de la partie (i) de la question pour expliquer pourquoi l'onde dans la corde semble être stationnaire. [2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2, partie 1)

(d) Les ondes stationnaires sont souvent associées au phénomène de résonance.

(i) Décrivez ce qu'on entend par *résonance*. [2]

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

(ii) Le 19 septembre 1985, un tremblement de terre se produisit à Mexico City. De nombreux immeubles d'environ 80 m de haut s'effondrèrent alors que des immeubles qui étaient plus hauts ou plus petits ne furent pas endommagés. Utilisez les données indiquées ci-dessous pour suggérer une raison pour cela. [3]

période d'oscillation d'un immeuble de 80 m de haut = 2,0 s
vitesse des ondes du tremblement de terre = $6,0 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$
longueur d'onde moyenne des ondes = $1,2 \times 10^4 \text{ m}$

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

(Suite de la question à la page 20)



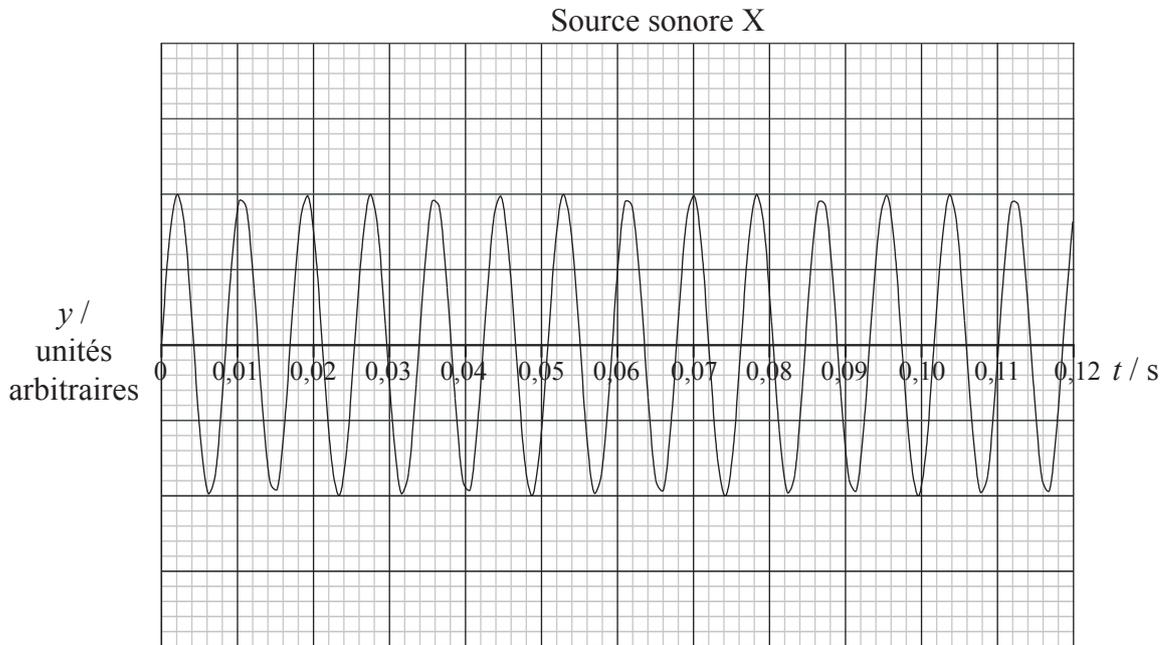
Page vierge



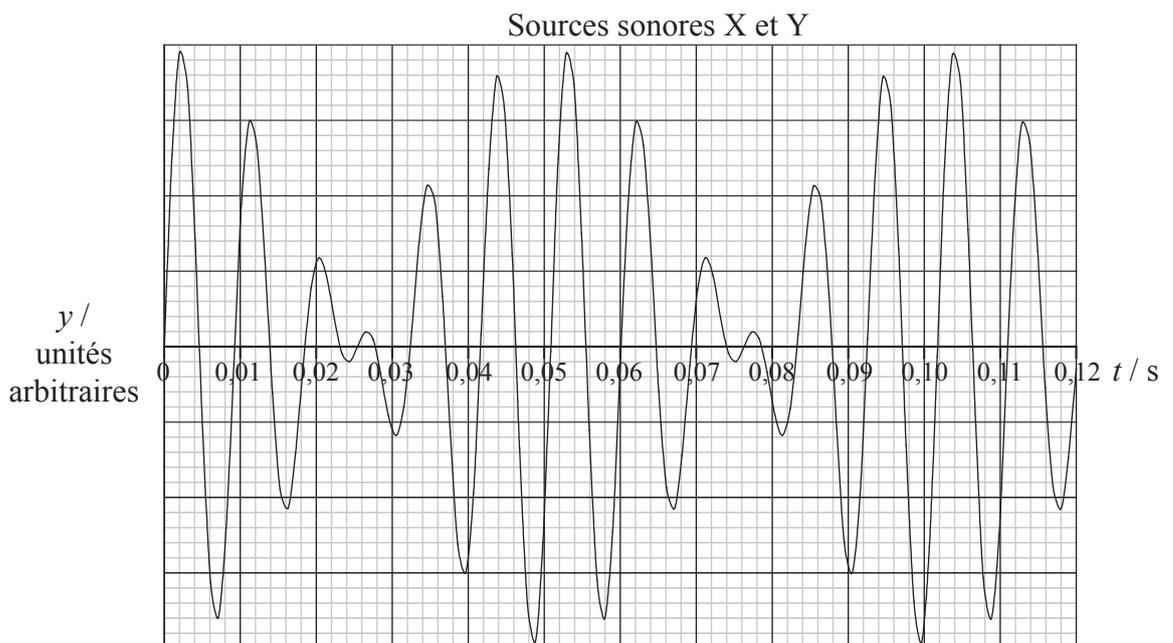
(Suite de la question B2, partie 1, page 18)

Battements

- (e) Deux sources sonores X et Y ont la même intensité mais des fréquences différentes. Le graphique ci-dessous montre la variation du déplacement y de l'air en fonction du temps t en un point P lorsqu'on fait retentir la source X toute seule.



Le graphique ci-dessous montre la variation du déplacement y de l'air en fonction du temps t en un point P lorsqu'on fait retentir ensemble la source X et la source Y.



(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2, partie 1)

Utilisez les données graphiques

(i) pour expliquer ce qui entend un observateur placé au point P. [2]

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

(ii) pour calculer la fréquence de battement et la fréquence de la source sonore X. [4]

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

(f) Exprimez **une** des valeurs possibles pour la fréquence de la source sonore Y. [1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2)

Partie 2 Étoile à neutrons

- (a) Définissez *intensité du champ gravitationnel*. [2]

.....

.....

.....

- (b) Les étoiles à neutrons sont des étoiles très denses et de faible rayon. Elles sont formées dans le cadre du processus évolutif d'étoiles qui sont beaucoup plus massives que le Soleil.

Une étoile à neutrons particulière a un rayon R de $1,6 \times 10^4$ m. L'intensité du champ gravitationnel à sa surface est g_0 . La vitesse de libération v_e de la surface de cette étoile est $3,6 \times 10^7$ ms⁻¹.

- (i) Le potentiel gravitationnel V à la surface de cette étoile est égal à $-g_0R$. Déduisez, en expliquant votre raisonnement, que la vitesse de libération de la surface de l'étoile est donnée par l'expression

$$v_e = \sqrt{2g_0R}. \tag{3}$$

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Calculez l'intensité du champ gravitationnel à la surface de l'étoile à neutrons. [2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2, partie 2)

- (c) La période T de rotation de l'étoile à neutrons est 0,02 s. Utilisez votre réponse à la partie (b)(ii) de la question pour déduire qu'aucune matière n'est perdue de la surface de l'étoile par suite de sa vitesse élevée de rotation. [3]

.....

.....

.....

.....

.....



Page vierge



B3. Cette question comporte **deux** parties. La **Partie 1** porte sur les gaz et les liquides. La **Partie 2** porte sur la conduction électrique et sur les courants induits.

Partie 1 Gaz et liquides

(a) Décrivez **deux** différences, en termes de structure moléculaire, entre un gaz et un liquide. [2]

- 1.
.....
- 2.
.....

(b) La température d'un gaz parfait est une mesure de l'énergie cinétique moyenne des molécules de ce gaz. Expliquez pourquoi l'énergie cinétique **moyenne** est spécifiée. [2]

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

(c) Définissez *capacité calorifique (thermique)*. [1]

.....
.....

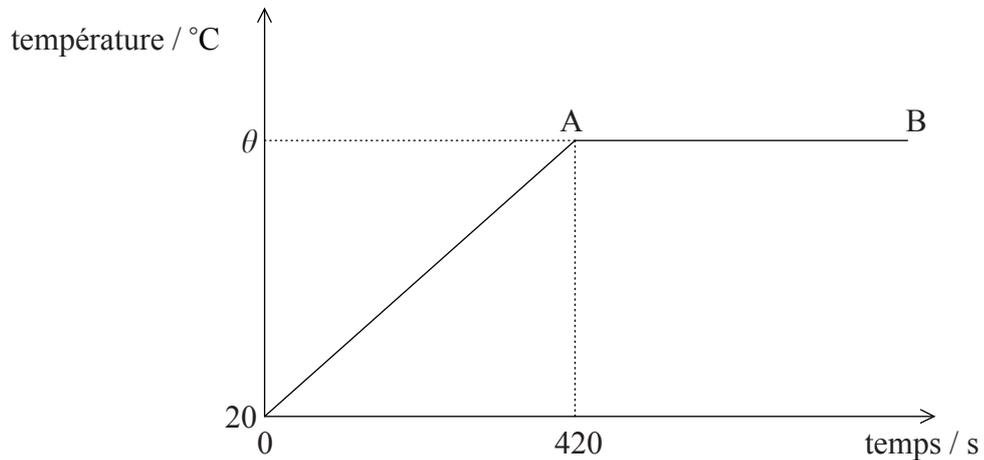
(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3, partie 1)

- (d) De l'eau est chauffée à un régime constant dans un récipient dont la capacité calorifique est négligeable. Ce récipient est isolé thermiquement de l'environnement.

Le graphique esquissé ci-dessous montre la variation de la température de l'eau en fonction du temps.



Les données suivantes sont disponibles :

- masse initiale de l'eau = 0,40 kg
- température initiale de l'eau = 20 °C
- régime auquel l'eau est chauffée = 300 W
- chaleur massique de l'eau = $4,2 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

- (i) Exprimez la raison pour laquelle la température est constante dans la région A→B. [1]

.....
.....

- (ii) Calculez la température θ à laquelle l'eau commence à bouillir. [5]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3, partie 1)

- (e) Toute l'eau est vaporisée $3,0 \times 10^3$ s après qu'elle ait commencé à bouillir. Déterminez une valeur pour la chaleur latente L de vaporisation de l'eau. [2]

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

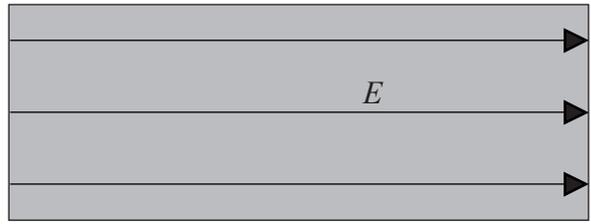
(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3)

Partie 2 Conduction électrique et courants induits

- (a) Le schéma ci-dessous montre une tige rectangulaire en cuivre à l'intérieur de laquelle un champ électrique d'une intensité E est maintenu en connectant cette tige en cuivre en série avec une pile. (Les connexions à cette pile ne sont pas montrées.)



tige en cuivre

Décrivez comment le champ électrique permet aux électrons de conduction d'avoir une vitesse de dérive dans un sens le long de la tige en cuivre.

[3]

.....

.....

.....

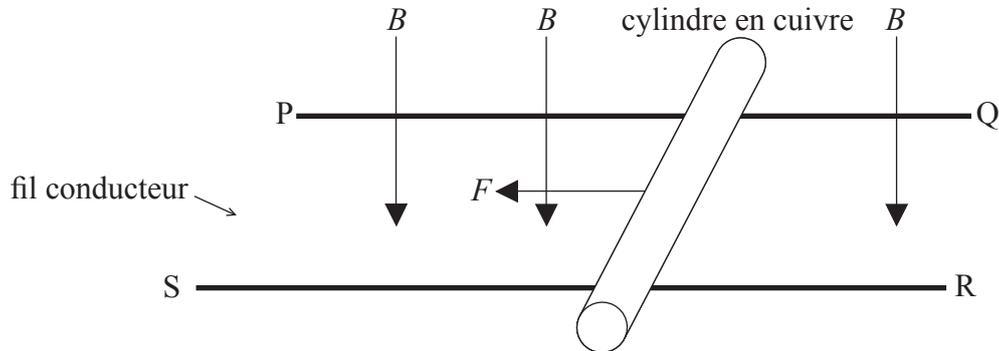
.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B3, partie 2)

- (b) Un cylindre en cuivre est placé sur deux rails conducteurs parallèles horizontaux PQ et SR comme illustré ci-dessous.



Les rails et le cylindre en cuivre sont dans une région de champ magnétique uniforme d'intensité B . Le champ magnétique est perpendiculaire au plan des rails conducteurs comme indiqué sur le schéma ci-dessus.

Un fil conducteur est connecté entre les extrémités P et S des rails. Une force constante, parallèle aux rails, d'une grandeur F est appliquée sur le cylindre en cuivre dans le sens indiqué. Le cylindre en cuivre se déplace le long des rails avec une accélération décroissante.

- (i) Sur le schéma, tracez une flèche pour montrer le sens du courant induit dans le cylindre en cuivre. Désignez cette flèche par la lettre I. [1]

- (ii) Expliquez, en faisant référence à la loi de Lenz, pourquoi le courant induit est dans le sens que vous avez indiqué en (i). [2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) En considérant les forces sur les électrons de conduction dans le cylindre en cuivre, expliquez pourquoi l'accélération du cylindre en cuivre diminue tandis qu'il se déplace le long des rails. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3, partie 2)

- (c) Le cylindre en cuivre de la partie (b) finit par se déplacer avec une vitesse constante v . La f.é.m. \mathcal{E} dans le cylindre en cuivre est donnée par l'expression

$$\mathcal{E} = Bvl$$

l étant la longueur du cylindre en cuivre dans la région de champ magnétique uniforme.

- (i) Exprimez la loi de l'induction électromagnétique de Faraday. [1]

.....

- (ii) Déduisez que cette expression est compatible avec la loi de Faraday. [3]

.....

- (iii) Les données suivantes sont fournies :

$$F = 0,32 \text{ N}$$

$$l = 0,40 \text{ m}$$

$$B = 0,26 \text{ T}$$

$$\text{résistance du cylindre en cuivre} = 0,15 \Omega$$

- Déterminez le courant induit et la vitesse v du cylindre en cuivre. [4]

Courant induit :

.....

Vitesse v :

.....



B4. Cette question comporte **deux** parties. La **Partie 1** porte sur la désintégration radioactive. La **Partie 2** porte sur le frottement.

Partie 1 Désintégration radioactive

(a) Le nombre de nucléons (nombre de masse) d'un isotope stable d'argon est 36 et celui d'un isotope radioactif d'argon est 39.

(i) Exprimez ce qu'on entend par un *nucléon*. [1]

.....
.....

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

.....
.....

(iii) Expliquez, en termes du nombre de nucléons et des forces qui s'exercent entre eux, pourquoi l'argon-36 est stable et l'argon-39 est radioactif. [4]

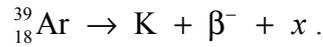
.....
.....
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B4, partie 1)

- (b) L'argon-39 subit une désintégration β^- qui aboutit à un isotope de potassium (K). L'équation de la réaction nucléaire de cette désintégration est



- (i) Exprimez le nombre de protons (nombre atomique) et le nombre de nucléons (nombre de masse) du noyau de potassium et identifiez la particule x . [3]

Nombre de protons :

Nombre de nucléons :

Particule x :

- (ii) L'existence de la particule x fut postulée quelques années avant qu'elle ne soit effectivement détectée. Expliquez la raison, basée sur la nature des spectres d'énergie β^- , pour postuler son existence. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (iii) Utilisez les données ci-dessous pour déterminer l'énergie maximum, en J, de la particule β^- dans la désintégration d'un échantillon d'argon-39. [3]

Masse du noyau d'argon-39 = 38,96431 u
 Masse du noyau K = 38,96370 u

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B4, partie 1)

(c) La demi-vie de l'argon-39 est 270 ans.

(i) Exprimez quelles grandeurs vous mesureriez pour déterminer la demi-vie de l'argon-39. [2]

.....
.....

(ii) Expliquez comment vous calculeriez cette demi-vie en utilisant les grandeurs que vous avez exprimées en (i). [3]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B4)

Partie 2 Frottement

(a) Exprimez **deux** facteurs qui affectent la force de frottement entre des surfaces en contact. [2]

- 1.
- 2.

(b) Distinguez entre *frottement statique* et *frottement dynamique (de glissement)*. [3]

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

(c) Un bloc en bois d'un poids de 12N est au repos sur une surface plane horizontale. La force horizontale minimum requise pour déplacer ce bloc est de 7,2N. Calculez le coefficient de frottement statique entre ce bloc et cette surface. [1]

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

(d) La force de 7,2N est appliquée de manière continue sur le bloc. Expliquez si le bloc va accélérer **ou** s'il va se déplacer à une vitesse constante. [3]

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

