

**PHYSIQUE**  
**NIVEAU MOYEN**  
**ÉPREUVE 3**

Numéro du candidat

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

Mardi 20 mai 2003 (matin)

1 heure

---

**INSTRUCTIONS DESTINÉES AUX CANDIDATS**

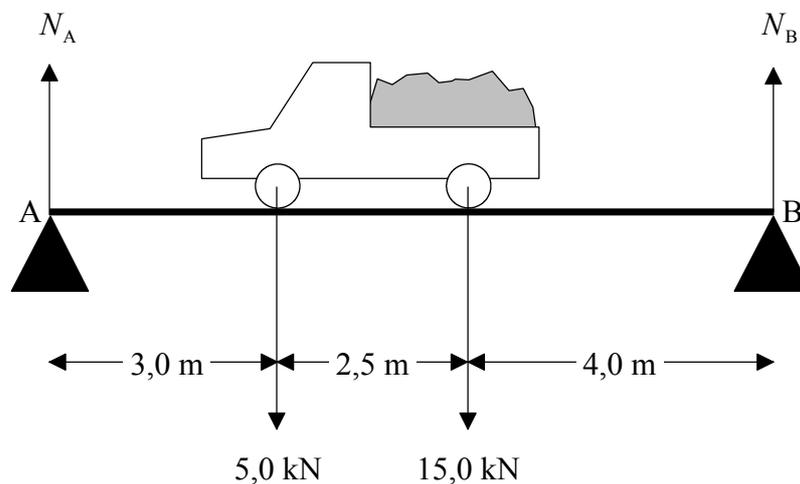
- Écrivez votre numéro de candidat dans les cases ci-dessus.
- N'ouvrez pas cette épreuve avant d'y être autorisé.
- Répondez à toutes les questions de deux des options dans les espaces prévus à cet effet. Vous pouvez rédiger vos réponses dans un livret de réponses supplémentaire. Inscrivez votre numéro de candidat sur chaque livret de réponse que vous avez utilisé et joignez-les à cette épreuve écrite et à votre page de couverture en utilisant l'attache fournie.
- À la fin de l'examen, veuillez indiquer les lettres des options auxquelles vous avez répondu ainsi que le nombre de livrets utilisés dans les cases prévues à cet effet sur la page de couverture.

Page vierge

**Option A – Complément de mécanique**

**A1.** Cette question porte sur les forces agissant sur un pont.

Dans le schéma ci-dessous, un camion chargé est en stationnement (immobile) sur un pont court qui est supporté aux points A et B.



La charge agissant par l'intermédiaire de l'essieu avant est de 5,0 kN et la charge agissant par l'intermédiaire de l'essieu arrière est de 15,0 kN.

$N_A$  et  $N_B$  sont les forces verticales exercées sur le pont par les deux supports A et B respectivement. Le poids du pont ne doit pas être pris en compte.

(a) Exprimez la valeur de  $(N_A + N_B)$ .

[1]

.....

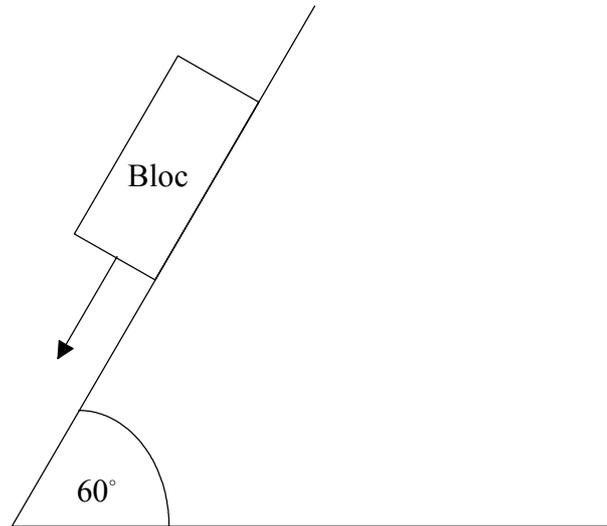
(b) Calculez la valeur de la force  $N_A$  et de la force  $N_B$  lorsque le camion est dans la position spécifiée par le schéma ci-dessus. Les distances utiles sont indiquées sur le schéma et vous pouvez supposer que le pont reste rigide.

[3]

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

A2. Cette question concerne un bloc en bois qui glisse vers le bas le long d'un plan incliné (pente) rugueux.

Le schéma ci-dessous représente un bloc en bois qui glisse vers le bas le long d'un plan rugueux. Dans la position illustrée, ce bloc est en train d'accélérer.



(a) Tracez un diagramme des forces représentant les forces agissant sur ce bloc.

[4]

*(Suite de la question à la page suivante)*

(Suite de la question A2)

Ce plan incliné forme un angle de  $60^\circ$  avec l'horizontale, la masse du bloc est de 5,0 N et le coefficient de frottement cinétique (dynamique) entre le bloc et le plan est de 0,30.

(b) (i) Déterminez l'intensité de la force de frottement agissant sur le bloc. [2]

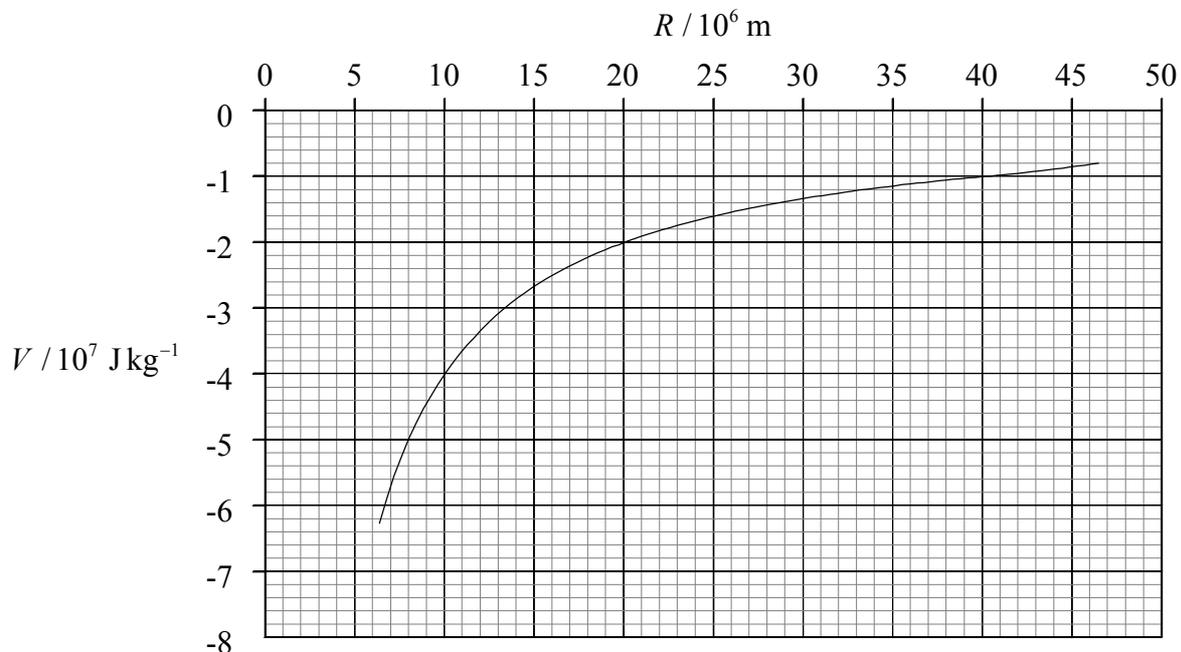
.....  
.....  
.....

(ii) Déterminez l'accélération du bloc le long du plan. [2]

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

A3. Cette question porte sur l'énergie potentielle gravitationnelle.

Le graphique ci-dessous montre la variation du potentiel gravitationnel  $V$  dû à la Terre en fonction de la distance  $R$  du centre de la Terre. Le rayon de la Terre est de  $6,4 \times 10^6$  m. Le graphique ne montre pas la variation du potentiel  $V$  à l'intérieur de la Terre.



(a) Utilisez le graphique ci-dessus pour déterminer le potentiel gravitationnel

(i) à la surface de la Terre.

[1]

.....  
 .....

(ii) à une altitude de  $3,6 \times 10^7$  m au-dessus de la surface de la Terre.

[2]

.....  
 .....

(b) Utilisez les valeurs que vous avez trouvées dans la partie (a) de cette question afin de déterminer l'énergie minimum requise pour mettre sur orbite un satellite d'une masse de  $1,0 \times 10^4$  kg à une altitude de  $3,6 \times 10^7$  m au-dessus de la surface de la Terre.

[3]

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

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question A3)

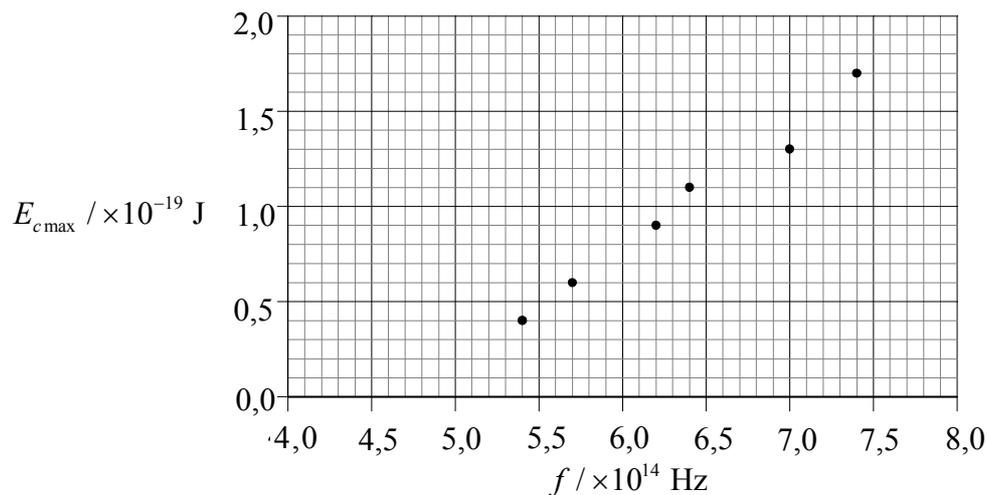
(c) Donnez **deux** raisons pour lesquelles l'énergie requise pour mettre ce satellite sur orbite est supérieure à celle calculée dans la question (b) ci-dessus. [2]

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

**Option B – Physique quantique et physique nucléaire****B1.** Cette question porte sur l'effet photoélectrique.

Une lumière est incidente sur une surface métallique propre placée dans le vide. L'énergie cinétique maximum  $E_{c\max}$  des électrons éjectés de la surface est mesurée pour différentes valeurs de la fréquence  $f$  de la lumière incidente.

Les mesures obtenues sont reportées sur le graphique ci-dessous.



(a) Tracez une droite de régression pour les points expérimentaux reportés sur le graphique. [1]

(b) Utilisez le graphique ci-dessus pour déterminer

(i) la constante de Planck. [2]

.....

.....

.....

(ii) l'énergie minimum requise pour éjecter un électron de la surface du métal (*le travail d'extraction*). [3]

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B1)

- (c) Expliquez brièvement comment la théorie photoélectrique d'Einstein explique le fait qu'aucun électron n'est émis de la surface de ce métal si la fréquence de la lumière incidente est inférieure à une certaine valeur. [3]

.....

.....

.....

.....

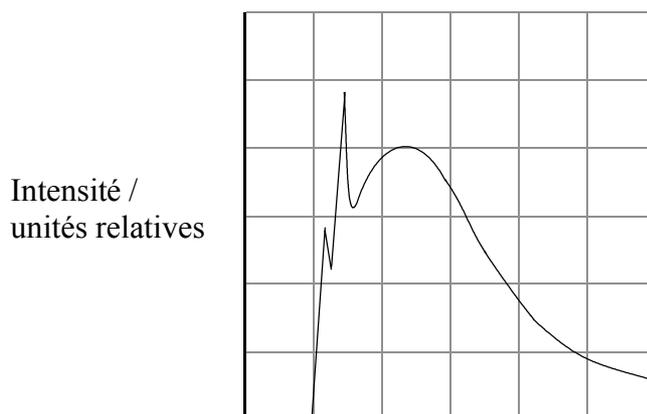
.....

.....

**B2.** Cette question porte sur les rayons X.

Des électrons, accélérés sous une différence de potentiel de 25 kV, frappent une cible en molybdène.

Le schéma ci-dessous montre une ébauche de graphique partiellement annoté du spectre de rayons X en résultant.



(a) Sur le graphique ci-dessus, légendez

- (i) l'axe horizontal. [1]
- (ii) un point P correspondant au "rayonnement de freinage". [1]
- (iii) le spectre caractéristique de la cible. [1]

(b) Calculez la fréquence maximum du rayonnement produit. [2]

.....

.....

.....

.....

**B3.** Cette question porte sur la désintégration radioactive et les forces fondamentales.

- (a) Le noyau du manganèse 54 ( ${}^{54}_{25}\text{Mn}$ ) subit une désintégration bêta **positive** pour former un noyau du chrome (Cr). Complétez l'équation ci-dessous de ce processus de désintégration. [3]



- (b) La désintégration bêta positive d'un noyau implique l'interaction (la force) nucléaire faible. Indiquez le nom de la particule d'**échange** impliquée dans cette interaction nucléaire faible. [1]

.....

- (c) Indiquez le nom

- (i) de l'**interaction** impliquée lorsqu'un noyau subit une désintégration **alpha**. [1]

.....

- (ii) d'une particule d'**échange** impliquée avec la désintégration **alpha**. [1]

.....

Page vierge

**Option C – Complément sur l'énergie**

**C1.** Cette question porte sur la production d'énergie nucléaire et sa conversion en énergie électrique.

- (a) Lorsqu'un neutron "entre en collision" avec un noyau d'uranium 235 ( ${}^{235}_{92}\text{U}$ ), la réaction suivante peut se produire.



- (i) Indiquez le nom donné à ce type de réaction nucléaire. [1]

.....

- (ii) De l'énergie est libérée au cours de cette réaction. Sous quelle forme cette énergie apparaît-elle ? [1]

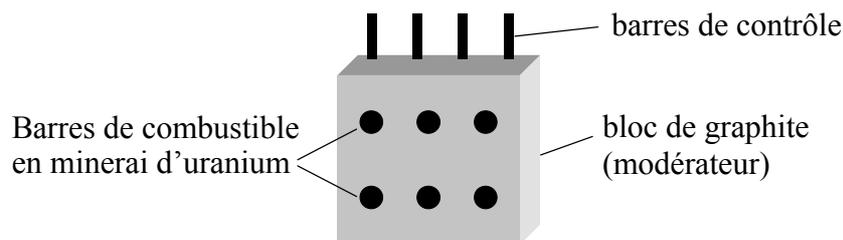
.....

- (b) Décrivez comment les neutrons produits au cours de cette réaction peuvent déclencher une réaction en chaîne. [1]

.....

.....

La fonction d'une centrale nucléaire est de produire de l'énergie électrique à partir d'énergie nucléaire. Le schéma ci-dessous est une représentation schématique des principaux éléments d'une "pile" de réacteur nucléaire utilisée dans un certain type de centrale nucléaire.



La fonction du modérateur est de ralentir les neutrons produits dans une réaction comme celle décrite dans la question (a) ci-dessus.

- (c) (i) Expliquez pourquoi il est nécessaire de ralentir les neutrons. [3]

.....

.....

.....

.....

*(Suite de la question à la page suivante)*

*(Suite de la question C1)*

(ii) Expliquez la fonction des barres de contrôle.

[2]

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

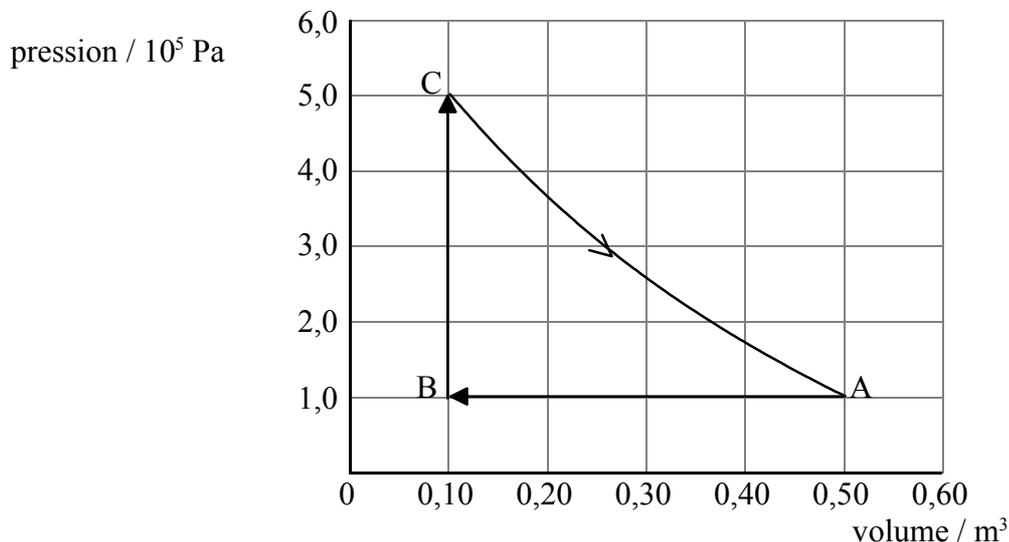
(d) Décrivez brièvement la manière dont l'énergie produite par les réactions nucléaires est extraite de la pile du réacteur puis convertie en énergie électrique.

[4]

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

C2. Cette question concerne un moteur thermique.

Un certain moteur thermique utilise une masse fixe d'un gaz parfait comme fluide de travail. Le graphique ci-dessous montre les variations de pression et de volume du gaz pendant un cycle ABCA de fonctionnement du moteur.



(a) Pour la partie  $A \rightarrow B$  de ce cycle, expliquez si

(i) le travail est effectué **par** le gaz ou si le travail est effectué **sur** le gaz. [1]

.....  
 .....

(ii) l'énergie thermique (la chaleur) est absorbée **par** le gaz ou si elle est éjectée **du** gaz dans l'environnement. [1]

.....  
 .....

(b) Calculez le travail effectué pendant la transformation  $A \rightarrow B$ . [2]

.....  
 .....

(c) Utilisez le graphique ci-dessus pour estimer le travail total effectué pendant un cycle. [2]

.....  
 .....

(Suite de la question à la page suivante)

*(Suite de la question C2)*

- (d) L'énergie thermique totale fournie au gaz pendant un cycle est 120 kJ. Estimez le rendement de ce moteur thermique. [2]

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

**Option D – Physique biomédicale**

**D1.** Cette question porte sur les rapports d'échelle et examine pourquoi il est dangereux pour les insectes de tomber dans l'eau.

- (a) On plonge complètement dans de l'eau une sphère de rayon  $r$  et de masse  $M$ , puis on l'en retire. Une mince pellicule d'eau d'épaisseur constante adhère à cette sphère. En supposant que la masse  $m$  de cette pellicule est proportionnelle à l'aire de la surface de la sphère, déduisez que  $\frac{m}{M}$  est proportionnel à  $\frac{1}{r}$ . [3]

.....

.....

.....

.....

.....

Pour une sphère de rayon 0,80 m, le rapport  $\frac{m}{M}$  ci-dessus est égal à 2 %.

Un insecte volant se pose sur la surface de l'eau contenue dans un verre. Il se retrouve immergé dans l'eau mais finit par s'en extraire et à grimper sur le bord du verre.

- (b) (i) En supposant qu'on puisse assimiler le corps de cet insecte à une sphère de rayon 4,0 mm, estimez le rapport entre la masse d'eau portée par cet insecte sortant de l'eau et sa propre masse. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Exprimez **une** hypothèse que vous avez faite dans votre estimation. [1]

.....

- (iii) Faites des commentaires sur votre réponse à la question b(i) ci-dessus. [1]

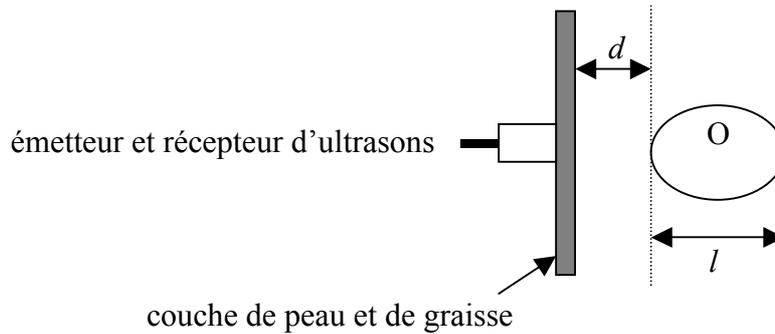
.....

**D2.** Cette question porte sur l'exploration par ultrasons.

- (a) Donnez une valeur typique de la fréquence des ultrasons utilisés dans l'imagerie médicale. [1]

.....

Le schéma ci-dessous montre un émetteur et un récepteur d'ultrasons placés en contact avec la peau.

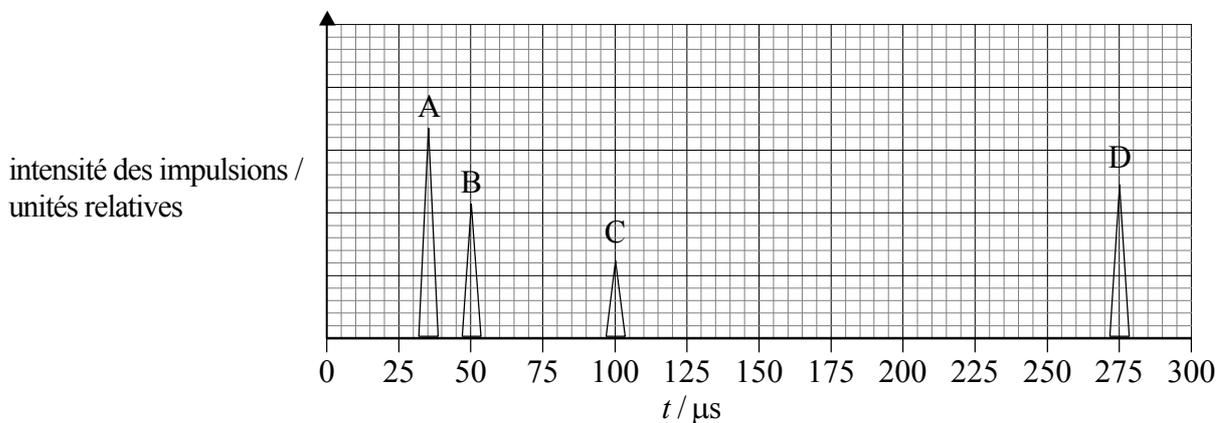


L'objectif de cet échogramme particulier est de déterminer la profondeur  $d$  de l'organe désigné O en dessous de la peau et aussi de déterminer sa longueur  $l$ .

- (b) (i) Suggérez la raison pour laquelle on applique une couche de gel entre l'émetteur / le récepteur d'ultrasons et la peau. [2]

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

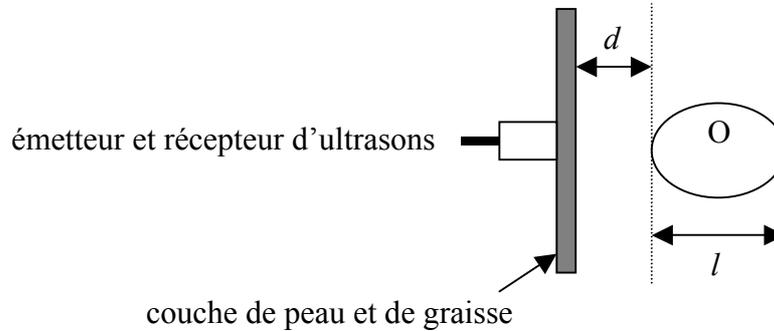
Sur le graphique ci-dessous, l'intensité des impulsions réfléchies est représentée en fonction du temps  $t$ ,  $t$  étant le temps qui s'est écoulé entre l'émission et la réception de l'impulsion.



(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question D2(b))

- (ii) Indiquez sur le schéma ci-dessous l'origine des impulsions réfléchies A, B, C et D. [2]



- (iii) Dans les tissus et les muscles, la vitesse moyenne des ultrasons utilisés dans cet échogramme est de  $1,5 \times 10^3 \text{ ms}^{-1}$ . En utilisant les données fournies par le graphique reproduit plus haut, estimez la profondeur  $d$  de l'organe en dessous de la peau et la longueur  $l$  de l'organe O. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) L'échogramme susmentionné est appelé échogramme unidimensionnel. Indiquez **une** façon dont un échogramme bidimensionnel diffère d'un échogramme unidimensionnel. [1]

.....

.....

- (d) Indiquez **un** avantage et **un** désavantage de l'utilisation d'ultrasons plutôt que de rayons X dans le diagnostic médical. [2]

Avantage : .....

.....

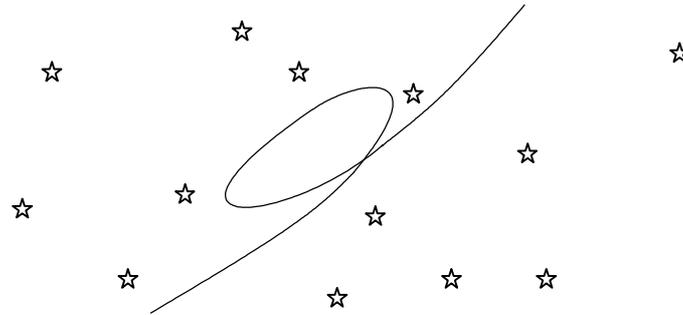
Désavantage : .....

.....

**Option E – Histoire et développement de la physique**

**E1.** Cette question porte sur le mouvement de Mars tel qu'il est observé depuis la Terre.

Le schéma ci-dessous montre l'allure de la trajectoire de Mars telle qu'elle est observée depuis la Terre, par rapport aux étoiles fixes et sur une période de six mois.



(a) Indiquez le nom donné à ce type de trajectoire. [1]

.....

(b) Décrivez brièvement comment cette trajectoire de Mars a été expliquée par

(i) Ptolémée. [2]

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

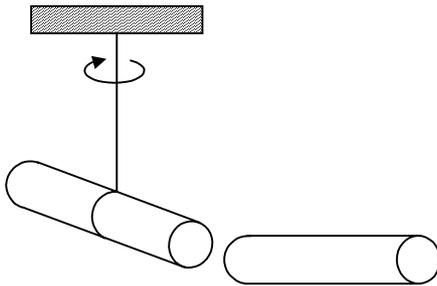
(ii) Copernic. [2]

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

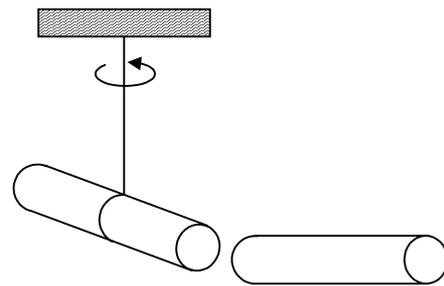
**E2.** Cette question porte sur l'électrisation par contact.

Au dix-huitième siècle, Benjamin Franklin démontra qu'il y avait deux types d'électricité produits par frottement. Il le fit en utilisant des tiges d'ébonite frottées avec de la fourrure et des tiges de verre frottées avec de la soie. Le schéma ci-dessous illustre deux situations dans lesquelles une des tiges est suspendue verticalement par un fil, tandis qu'une autre tige est approchée d'une extrémité de la tige suspendue. Cela fait tourner la tige suspendue. Le sens de rotation de la tige suspendue dans chaque situation est indiqué.

Situation 1



Situation 2



- (a) Pour chaque situation, identifiez les types possibles de tiges (ébonite **ou** verre) en les désignant par la lettre E pour les tiges en ébonite et par la lettre V pour les tiges en verre. [2]
- (b) Franklin appela ces deux types d'électricité *positive* et *negative*. Suggérez pourquoi il leur a donné ces noms. [2]

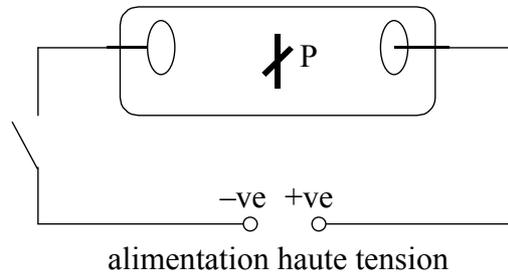
.....  
 .....  
 .....

(Suite de la question à la page suivante)



**E3.** Cette question porte sur les rayons cathodiques.

Le schéma ci-dessous montre un tube à décharge qui contient de l'air à basse pression. Un objet en forme de croix P est placé entre les électrodes.



Lorsqu'on branche l'alimentation, le tube émet une lueur verdâtre. L'objet P projette également une ombre distincte.

(a) Précisez sur le schéma ci-dessus la région où cette ombre apparaît. [1]

(b) En 1876, Eugen Goldstein suggéra que ces ombres étaient causées par les *rayons cathodiques*.

(i) Expliquez pourquoi Goldstein utilisa ce terme. [1]

.....  
 .....

(ii) En 1895, Jean-Baptiste Perrin démontra que la charge électrique portée par ces rayons était négative. En utilisant le schéma ci-dessus, décrivez comment il parvint à l'établir. [2]

.....  
 .....

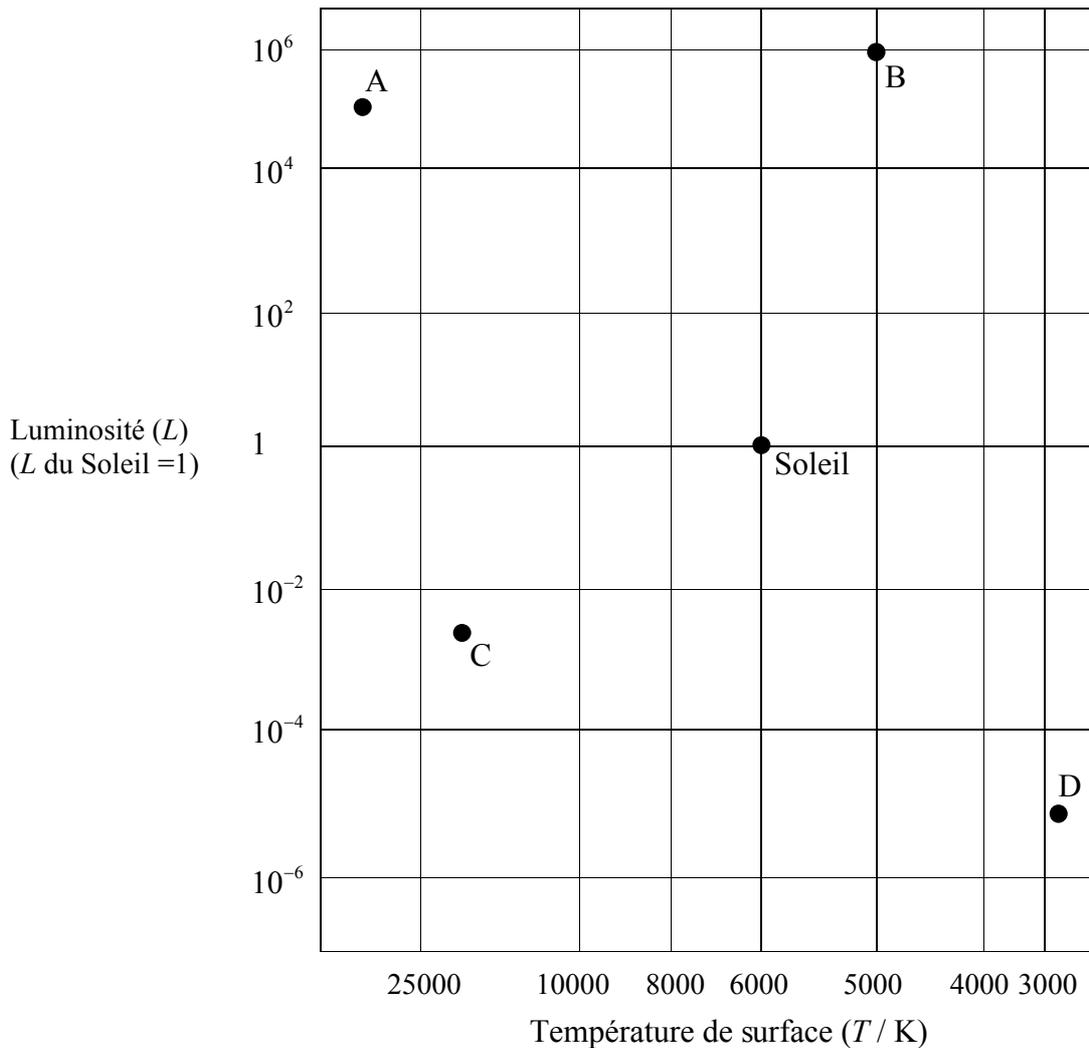
(iii) Indiquez la nature réelle des rayons cathodiques. [1]

.....

**Option F – Astrophysique**

**F1.** Cette question porte sur la nature de certaines étoiles sur le diagramme de Hertzsprung-Russel et sur la détermination de la distance stellaire.

Le diagramme ci-dessous montre la grille d'un diagramme de Hertzsprung-Russel (H-R) sur laquelle sont indiquées les positions du Soleil et de quatre autres étoiles A, B, C et D.



(a) Exprimez une autre façon de désigner les axes.

(i) Axe des abscisses ..... [1]

(ii) Axe des ordonnées ..... [1]

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question F1)

(b) Complétez le tableau ci-dessous.

[4]

Étoile	Type d'étoile
A	
B	
C	
D	

(c) En utilisant les informations fournies par le diagramme H-R et sans faire aucun calcul, expliquez comment les astronomes peuvent déduire que l'étoile **B** est plus grande que l'étoile **A**.

[3]

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

(d) En utilisant les données ci-après et les informations fournies par le diagramme H-R, démontrez que l'étoile **B** est située à une distance d'environ 700 pc de la Terre.

[4]

Éclat visuel apparent du Soleil	$= 1,4 \times 10^3 \text{ W m}^{-2}$
Éclat visuel apparent de l'étoile B	$= 7,0 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2}$
Distance moyenne entre le Soleil et la Terre	$= 1,0 \text{ AU}$
1 parsec	$= 2,1 \times 10^5 \text{ AU}$

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

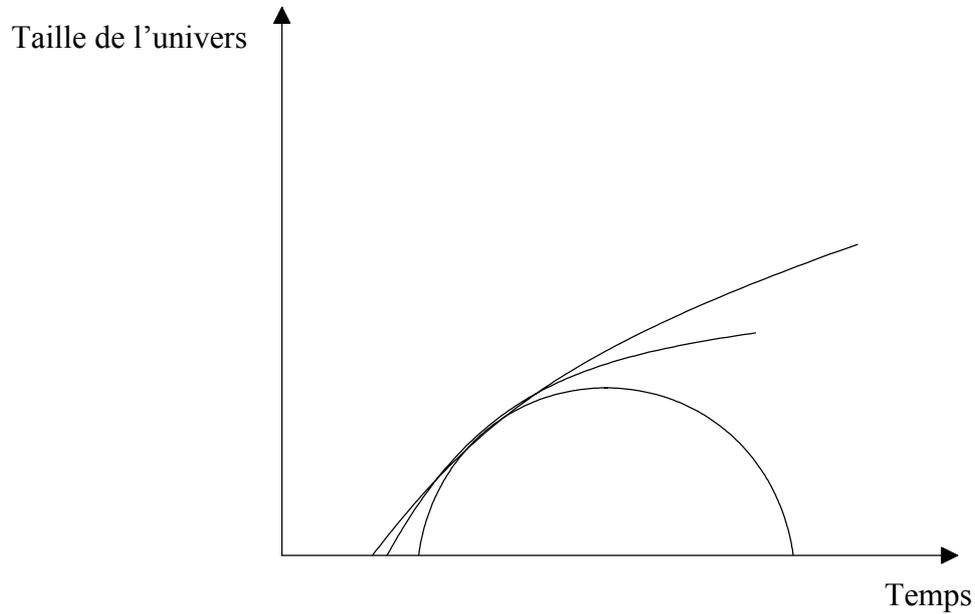
(e) Expliquez pourquoi on ne peut pas déterminer la distance de l'étoile **B** par rapport à la Terre en utilisant la méthode de la parallaxe stellaire.

[1]

.....  
 .....

**F2.** Cette question porte sur l'évolution possible de l'univers.

Le schéma ci-dessous est une ébauche de graphique qui montre trois façons possibles dont la taille de l'univers pourrait évoluer avec le temps.



Selon la façon dont la taille de l'univers varie avec le temps, on qualifie l'univers de *ouvert*, *plat* ou *fermé*.

- (a) Sur le schéma ci-dessus, identifiez chaque type d'univers. [3]
- (b) Complétez le tableau ci-dessous pour indiquer la relation entre la densité moyenne  $\rho$  de chaque type d'univers et la densité critique  $\rho_0$ . [3]

Type d'univers	Relation entre $\rho$ et $\rho_0$
Ouvert	
Plat	
Fermé	

**Option G – Relativité**

**G1.** Cette question porte sur une expérience de pensée proposée pour la première fois par Einstein.

- (a) Définissez les termes *temps propre* et *longueur propre*. [2]

Temps propre : .....

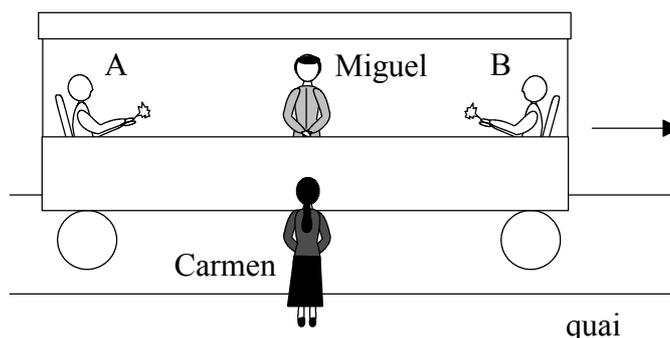
.....

Longueur propre : .....

.....

Dans le schéma ci-dessous, Miguel se trouve dans une voiture de chemin de fer qui se déplace en ligne droite avec une vitesse uniforme relativement à Carmen qui se tient debout sur le quai.

Miguel se trouve à mi-distance entre deux personnes assises aux extrémités opposées A et B de cette voiture.



Au moment où Miguel et Carmen sont juste en face l'un de l'autre, la personne à l'extrémité A de la voiture allume une allumette, de même que la personne à l'extrémité B de la voiture.

Selon Miguel, ces deux événements se produisent simultanément.

- (b) (i) Discutez si oui ou non ces deux événements sembleront simultanés à Carmen. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question G1(b))

- (ii) Miguel mesure la distance entre A et B comme étant de 20,0 m. Cependant, Carmen mesure cette distance comme étant de 10,0 m. Déterminez la vitesse de la voiture par rapport à Carmen. [2]

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

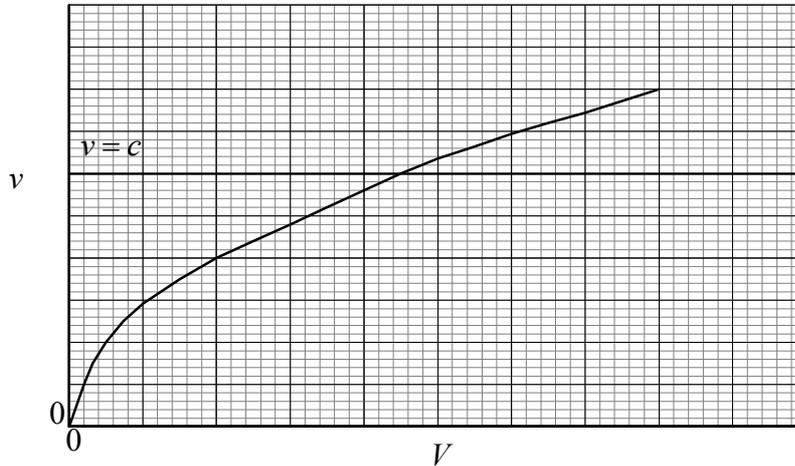
- (iii) À supposer qu'ils aient effectué des mesures correctes, lequel des deux observateurs obtient la bonne distance entre A et B ? Justifiez votre réponse. [2]

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

**G2.** Cette question porte sur des électrons qui se déplacent à des vitesses relativistes.

Un faisceau d'électrons est accéléré dans le vide sous une différence de potentiel  $V$ .

Le graphique ébauché ci-dessous montre comment la vitesse  $v$  des électrons, déterminée par la mécanique non relativiste, varie avec le potentiel  $V$ , (relativement au laboratoire). La vitesse de la lumière  $c$  est indiquée comme référence.



(a) Sur la grille ci-dessus, tracez un graphique pour montrer comment la vitesse des électrons, déterminée par la mécanique relativiste, varie sur la même plage de  $V$ . [2]  
 (Notez qu'on vous demande simplement d'esquisser un graphique ; vous n'avez pas besoin d'ajouter de valeurs.)

(b) Expliquez brièvement l'allure générale du graphique que vous avez tracé. [3]  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

(c) Lorsque des électrons sont accélérés par une différence de potentiel de  $1,50 \times 10^6$  V, ils atteignent une vitesse de  $0,97c$  relativement au laboratoire.

Déterminez, pour un électron accéléré,

(i) sa masse. [3]  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

(ii) son énergie totale. [2]  
 .....  
 .....

**Option H – Optique****H1.** Cette question porte sur la réfraction.

- (a) À l'aide d'un schéma approprié, définissez le terme *indice de réfraction* tel qu'il est appliqué à un matériau optique. [2]

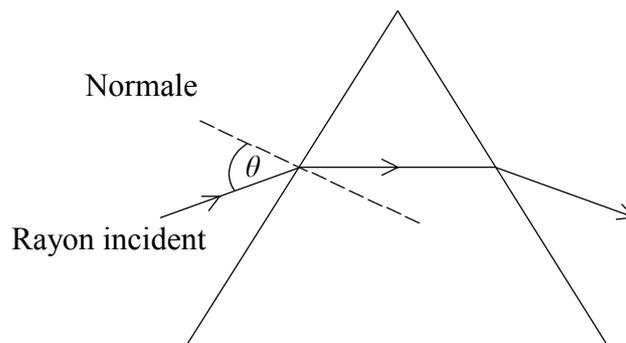
.....

.....

.....

Le schéma ci-dessous illustre le trajet d'un rayon de lumière rouge incident sur une face d'un prisme en verre et formant un angle  $\theta$  avec la normale.

- (b) (i) On remplace alors cette lumière rouge par une lumière bleue. Sur le schéma ci-dessus, tracez le parcours correspondant suivi par un rayon de lumière bleue incident sous le même angle  $\theta$ . [3]



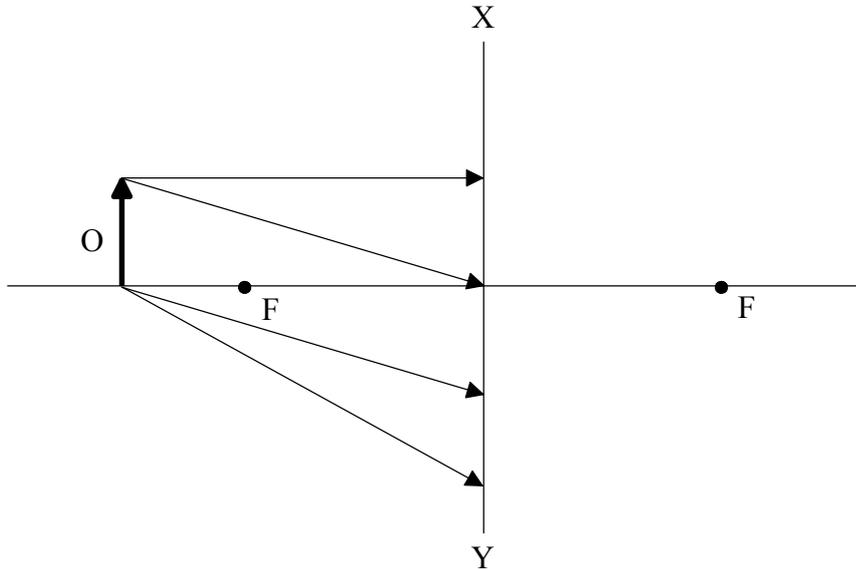
- (i) Indiquez et expliquez si l'indice de réfraction pour la lumière rouge dans le verre est plus grand, plus petit ou égal à l'indice de réfraction pour la lumière bleue. [1]

.....

.....

**H2.** Cette question porte sur une lentille concave (divergente).

Le diagramme ci-dessous montre quatre rayons de lumière issus d'un objet O, incidents sur une lentille mince **concave (divergente)**. Les *foyers* de cette lentille sont désignés par F sur le schéma. La lentille est représentée par la droite XY.



(a) Définissez le terme *foyer*. [2]

.....  
 .....

(b) Sur le diagramme ci-dessus,

(i) complétez les trajets des quatre rayons afin de positionner l'image formée par la lentille. [4]

(ii) montrez où l'œil doit être placé afin de voir l'image. [1]

(c) Indiquez et expliquez si l'image est réelle **ou** virtuelle. [2]

.....  
 .....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question H2)

- (d) La distance focale de cette lentille est de 50,0 cm. Déterminez le grossissement linéaire d'un objet placé à 75,0 cm de la lentille.

[3]

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

- (e) On couvre alors la moitié de la lentille de façon à ce que seuls les rayons situés d'un même côté de l'axe principal soient incidents sur la lentille. Décrivez les effets éventuels que cela aura sur le grossissement linéaire et l'aspect de l'image.

[2]

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