



22076524

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

Jeudi 3 mai 2007 (matin)

1 heure

Numéro de session du candidat

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

---

**INSTRUCTIONS DESTINÉES AUX CANDIDATS**

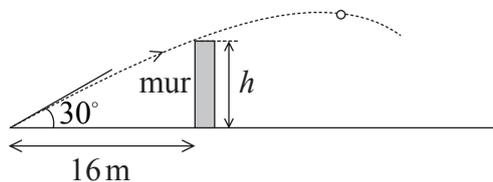
- Écrivez votre numéro de session dans les cases ci-dessus.
- N'ouvrez pas cette épreuve avant d'y être autorisé(e).
- Répondez à toutes les questions de deux des options dans les espaces prévus à cet effet.
- À la fin de l'examen, veuillez indiquer les lettres des options auxquelles vous avez répondu dans la case prévue à cet effet sur la page de couverture.



**Option A — Complément de Mécanique**

**A1.** Cette question porte sur le mouvement d'un projectile.

Une balle est lancée du niveau du sol avec une vitesse de  $28 \text{ ms}^{-1}$  sous un angle de  $30^\circ$  par rapport à l'horizontale comme illustré ci-dessous.



Il y a un mur d'une hauteur  $h$  à une distance de  $16 \text{ m}$  de l'endroit de lancement de la balle. La résistance de l'air est négligeable.

(a) Calculez les valeurs initiales de

(i) la vitesse horizontale de la balle.

[1]

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) la vitesse verticale de la balle.

[1]

.....

.....

.....

.....

.....

(b) La balle passe juste au-dessus du mur. Déterminez la hauteur maximum du mur.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

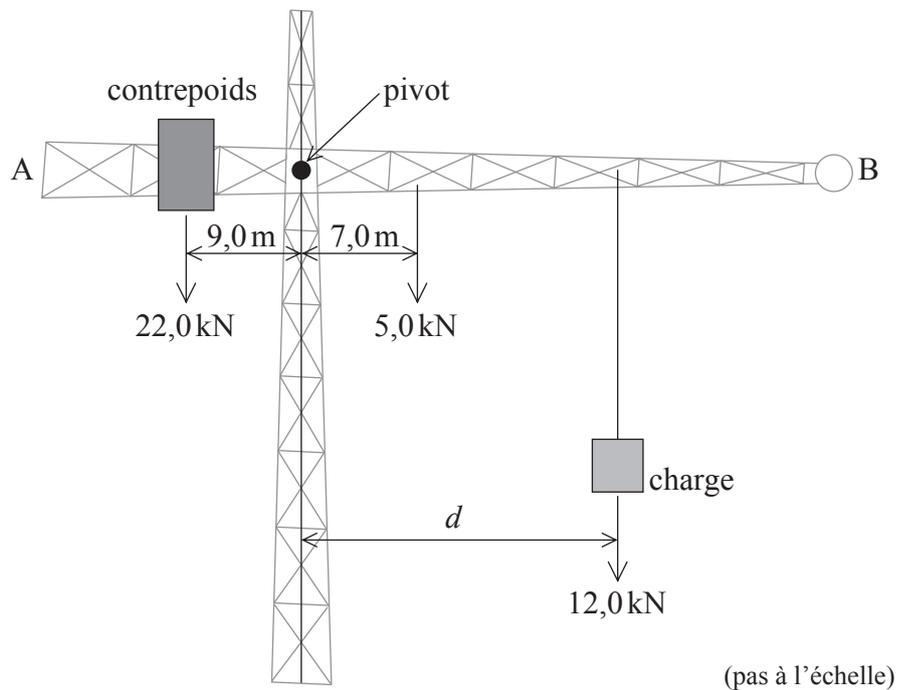


A2. Cette question porte sur l'équilibre.

(a) Exprimez les **deux** conditions nécessaires pour qu'un corps soit en équilibre. [2]

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

(b) Une grue est utilisée pour soulever une charge d'un poids de 12,0kN comme illustré ci-dessous.



La flèche (partie horizontale AB) de cette grue a un poids de 5,0kN et son centre de gravité est à 7,0m du pivot. Le poids du contrepoids est de 22,0kN et il agit à 9,0m du pivot. Ce contrepoids maintient la charge et le poids de la flèche de la grue en équilibre.

Déterminez la distance *d* de la charge au pivot. [3]

- .....
- .....
- .....
- .....
- .....



A3. Cette question porte sur le potentiel gravitationnel.

(a) Définissez le terme *potentiel gravitationnel en un point*. [2]

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

(b) Un météorite se déplace vers la Lune depuis une longue distance.

(i) Sur les axes ci-dessous, esquissez un graphique pour montrer la variation du potentiel gravitationnel du météorite en fonction de la distance du centre de la Lune à mesure qu'il approche de la Lune. Le rayon de la Lune est  $r$ . [2]



(ii) Le rayon  $r$  de la Lune est  $1,7 \times 10^6$  m et sa masse est  $7,3 \times 10^{22}$  kg. Estimez la vitesse d'impact du météorite sur la surface de la Lune. [3]

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

(iii) Suggérez **un** facteur qui rendra cette vitesse d'impact plus grande que votre estimation. [1]

.....  
.....

(Suite de la question à la page suivante)



*(Suite de la question A3)*

(c) Un météorite similaire se déplace vers la Terre depuis une longue distance.

Suggérez comment l'énergie **totale** de ce météorite varie en fonction de la distance quand ce météorite est

(i) à l'extérieur de l'atmosphère de la Terre. [1]

.....  
.....

(ii) à l'intérieur de l'atmosphère de la Terre. [1]

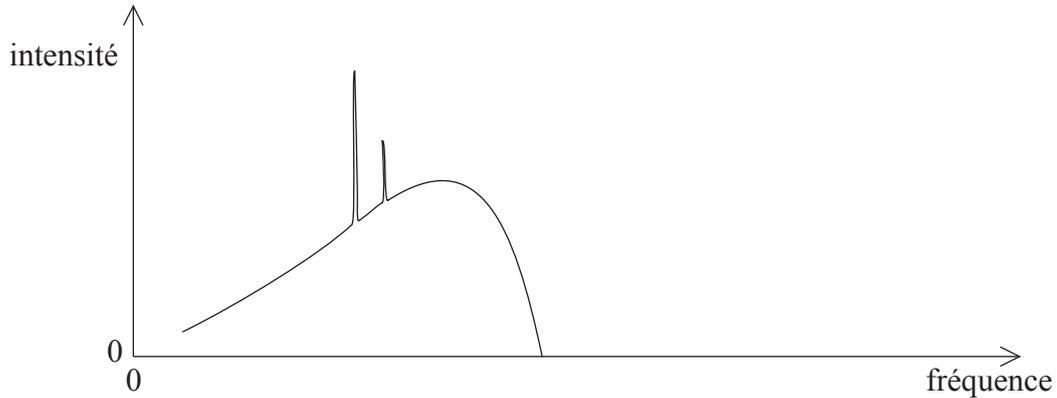
.....  
.....



**Option B — Physique Quantique et Physique Nucléaire**

**B1.** Cette question porte sur les spectres de rayons X.

Le diagramme ci-dessous montre le spectre de rayons X produit lorsque des électrons sont accélérés depuis l'état de repos au moyen d'une différence de potentiel de 25 kV et lorsqu'ils sont ensuite incidents sur une cible métallique.



(a) Calculez la longueur d'onde minimum des rayons X. [3]

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

(b) Les électrons sont alors accélérés au moyen d'une différence de potentiel de 50 kV. Sur le diagramme ci-dessus, dessinez le nouveau spectre de rayons X. [2]



**B2.** Cette question porte sur les spectres de raies atomiques.

- (a) Expliquez comment les longueurs d'onde d'un spectre de raies atomiques se rapportent aux niveaux d'énergie atomique. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Les longueurs d'onde des raies du spectre de l'hydrogène atomique sont 656 nm et 486 nm.

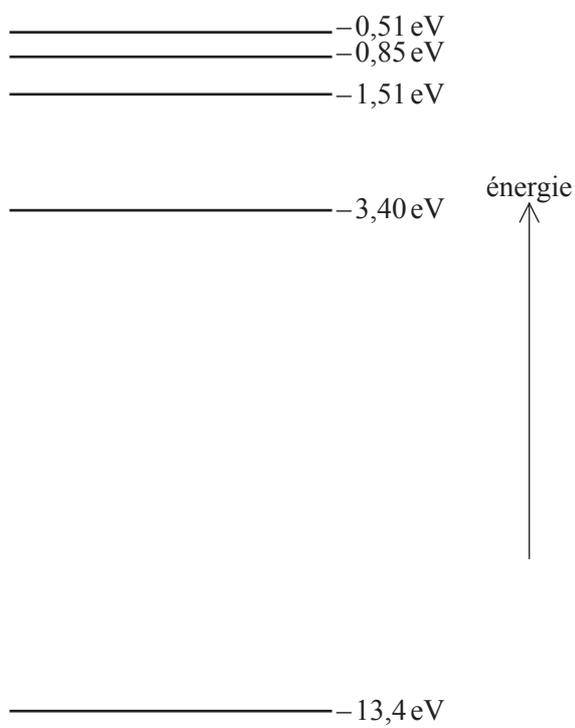
- (i) Un photon d'une longueur d'onde de 656 nm a une énergie de 1,88 eV.  
Déduisez qu'un photon d'une longueur d'onde de 486 nm a une énergie de 2,54 eV. [1]

.....

.....

.....

- (ii) Le diagramme ci-dessous montre quelques-uns des niveaux d'énergie de l'hydrogène atomique.



Sur le diagramme ci-dessus, dessinez des flèches pour représenter les transitions électroniques qui produisent ces deux longueurs d'onde. [2]



**B3.** Cette question porte sur la radioactivité.

- (a) L'équation de désintégration nucléaire de l'isotope radioactif carbone-14 est indiquée ci-dessous.



Donnez le nom de

- (i) la particule X. [1]

.....

- (ii) la classe de particules fondamentales à laquelle appartient  ${}^0_{-1}\text{e}$ . [1]

.....

- (b) Le bois dans un arbre vivant contient l'isotope carbone-14. Lorsque cet arbre meurt, la quantité de carbone-14 dans le bois de l'arbre diminue.

- (i) La demi-vie du carbone-14 est de 5700 ans. Déduisez que la constante de désintégration du carbone-14 est  $1,2 \times 10^{-4} \text{ ans}^{-1}$ . [1]

.....

.....

- (ii) L'activité du carbone-14 dans 1,0 g de bois vivant est 0,24 Bq. L'activité d'un ancien bol fait du même type de bois est 0,075 Bq par gramme.

Déterminez l'âge de ce bol. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

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



*(Suite de la question B3)*

- (c) Résumez la manière dont la demi-vie du carbone-14 peut être déterminée expérimentalement. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



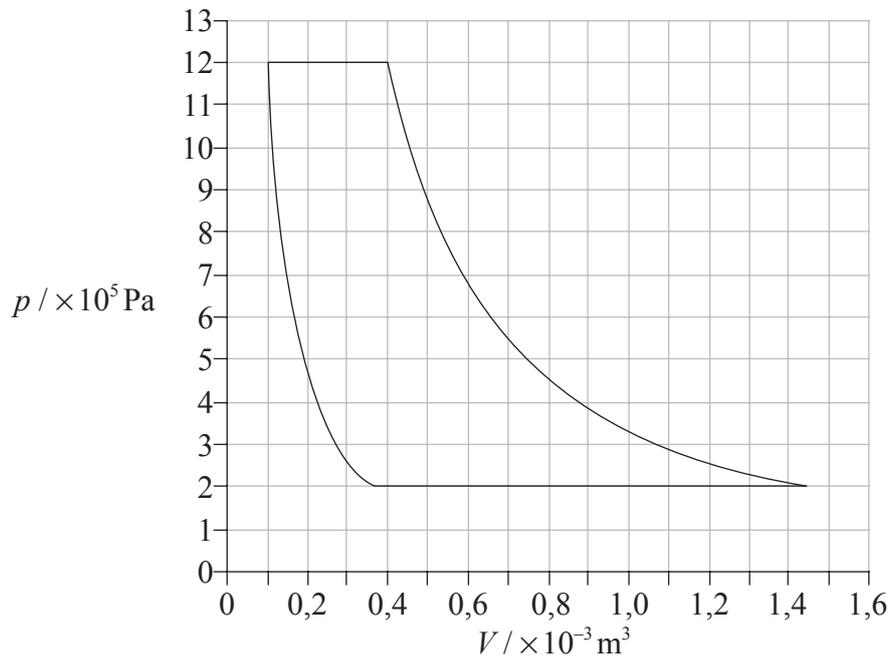
**Option C — Complément sur l'énergie**

**C1.** Cette question porte sur les transformations thermodynamiques.

(a) Exprimez ce qu'on entend par *transformation adiabatique*. [1]

.....  
.....

(b) Le diagramme ci-dessous montre les transformations pression-volume ( $p$ - $V$ ) pour un cycle du fluide actif d'un réfrigérateur.



Sur le diagramme ci-dessus,

(i) dessinez des flèches pour montrer le sens des transformations. [1]

(ii) désignez par la lettre A une transformation isobare. [1]

(iii) désignez par la lettre B la transformation au cours de laquelle une énergie thermique est transférée au fluide actif. [1]

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



(Suite de la question C1)

- (c) Utilisez les données du diagramme de la partie (b) pour estimer le travail effectué pendant un cycle du fluide actif. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (d) (i) En référence à la variation d'entropie, énoncez le deuxième principe de la thermodynamique. [1]

.....

.....

.....

- (ii) Le cycle du fluide actif décrit dans la partie (b) abaisse la température à l'intérieur du réfrigérateur. Expliquez comment votre réponse à la partie (d)(i) est compatible avec le fonctionnement d'un réfrigérateur. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



**C2.** Cette question porte sur la fission nucléaire.

(a) Décrivez brièvement si la fission nucléaire constitue une source d'énergie renouvelable **ou** non renouvelable. [1]

.....  
.....

(b) Exprimez **deux** avantages de la fission nucléaire par rapport à la combustion de combustibles fossiles pour la production d'énergie électrique. [2]

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

(c) Expliquez comment une réaction en chaîne maintient la production d'énergie dans une fission nucléaire. [2]

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

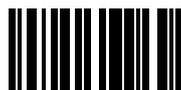
(d) Lorsqu'il y a fission d'un noyau d'uranium, environ 180 MeV d'énergie sont libérés. Le rendement global d'un réacteur nucléaire est de 23 % et sa puissance de sortie est de 450 MW.

Calculez le nombre de fissions requises par seconde. [4]

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



Page vierge



**Option D — Physique Biomédicale**

**D1.** Un chien A a une masse de 20 kg et un chien B a une masse de 35 kg.

Déterminez le rapport

$$\frac{\text{taux de perte d'énergie par unité de masse pour le chien A}}{\text{taux de perte d'énergie par unité de masse pour le chien B}}$$

[4]

.....

.....

**D2.** Cette question porte sur l'audition.

(a) Exprimez la gamme de fréquences audibles pour une oreille humaine adulte normale.

[1]

.....

(b) Résumez le rôle de l'oreille moyenne dans la détection des sons.

[1]

.....

.....

(c) Les structures à l'intérieur de la cochlée ont des longueurs et une rigidité différentes. Résumez comment ces structures permettent à différentes fréquences présentes dans une onde sonore d'être distinguées.

[2]

.....

.....

.....

.....

(d) Expliquez comment la discrimination des mots peut être affectée par des modifications du fonctionnement de la cochlée.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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



(Suite de la question D2)

- (e) Une personne ayant une audition défectueuse peut entendre des sons d'une intensité minimum de  $6,0 \times 10^{-9} \text{ W m}^{-2}$  à 3,0 kHz.

Déterminez la perte d'audition en dB de cette personne à cette fréquence. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**D3.** Cette question porte sur l'absorption des rayons X dans les tissus humains.

- (a) Exprimez **deux** mécanismes responsables de l'atténuation des rayons X dans le tissu humain. [2]

1. ....

2. ....

- (b) (i) Résumez le principe de l'imagerie tomographique assistée par ordinateur (CT). [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Décrivez en quoi une image photographique radiologique standard diffère d'une image tomographique assistée par ordinateur. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

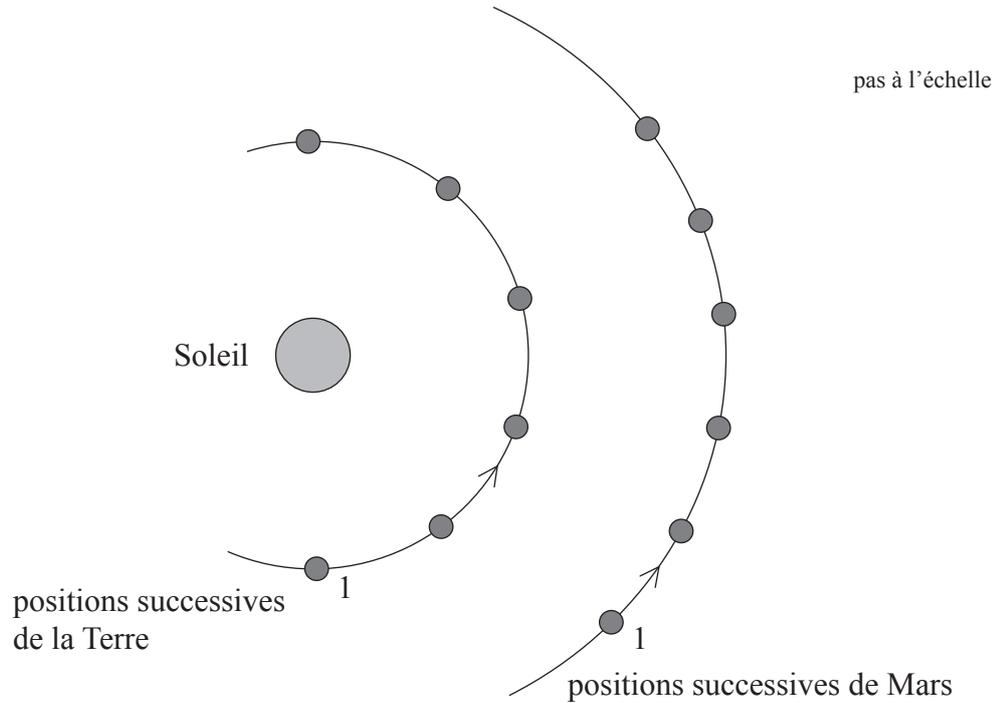
.....



**Option E — Histoire et Développement de la Physique**

**E1.** Cette question porte sur le mouvement planétaire.

- (a) Le schéma ci-dessous montre les positions successives de la Terre et de Mars sur leurs orbites autour du Soleil. Ces positions sont représentées à des intervalles de temps égaux, en commençant au moment où la Terre et Mars sont dans la position 1.



- (i) Exprimez ce qu'on entend par *mouvement rétrograde*. [1]

.....

.....

- (ii) Utilisez le schéma pour expliquer le mouvement rétrograde. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

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



(Suite de la question E1)

(b) Suggérez pourquoi, à partir de la Terre,

(i) seulement un côté de la Lune est visible. [3]

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

(ii) la Lune se lève chaque jour dans une position différente pendant un mois lunaire. [2]

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

E2. Cette question porte sur la loi de la gravitation de Newton.

On dit que Newton a développé sa loi de la gravitation après avoir observé une pomme tomber d'un arbre.

(a) Expliquez pourquoi on dit que cette loi est *universelle*. [1]

.....  
.....

(b) Décrivez comment la loi de la gravitation de Newton a contribué à l'acceptation des lois de Kepler sur le mouvement planétaire. [2]

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



**E3.** Cette question porte sur l'expérience de Thomson pour mesurer le rapport entre la charge et la masse d'un électron.

Dans son expérience pour mesurer le rapport charge-masse de l'électron, Thomson avait besoin de connaître la vitesse des électrons tandis qu'ils traversaient un champ électrique.

Résumez comment cette vitesse fut mesurée.

[4]

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



**E4.** Cette question porte sur les modèles de l'atome nucléaire.

Thomson et Rutherford suggérèrent tous les deux des modèles de l'atome.

(a) Comparez les modèles atomiques de Thomson et de Rutherford. [3]

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

(b) L'existence du neutron fut suggérée dans la première partie du vingtième siècle. Suggérez pourquoi le neutron ne fut pas détecté avant 1932. [2]

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



**Option F — Astrophysique**

**F1.** Cette question porte sur l'éclat des étoiles.

(a) (i) Définissez le terme *luminosité d'une étoile*. [1]

.....  
.....

(ii) Exprimez **un** facteur qui détermine la luminosité d'une étoile. [1]

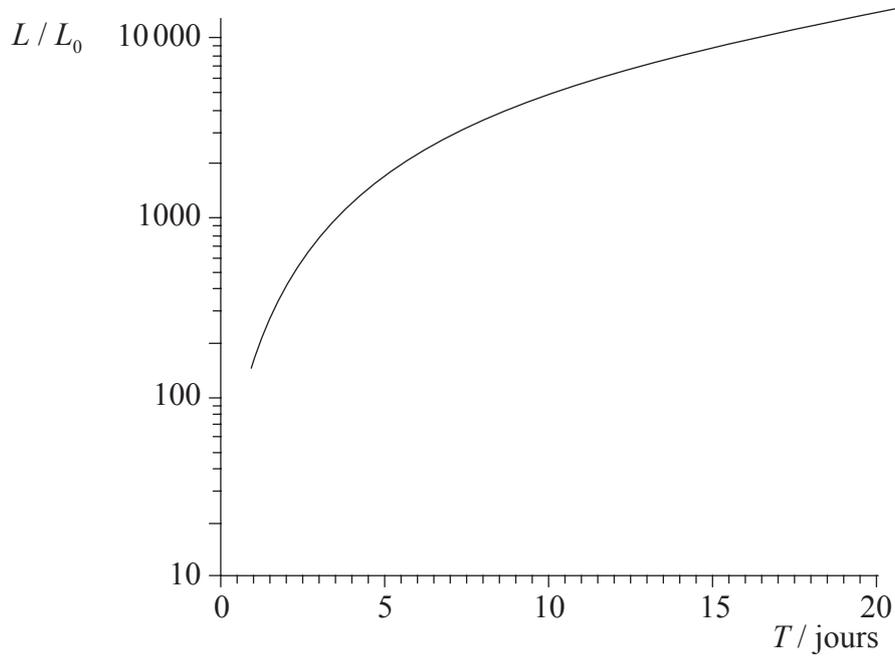
.....  
.....  
.....  
.....

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



(Suite de la question F1)

- (b) Le graphique ci-dessous montre la variation de la luminosité  $L$  des étoiles variables céphéides en fonction de la période  $T$ , en considérant que la luminosité du Soleil est  $L_0$ .



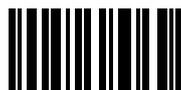
- (i) Résumez pourquoi la luminosité d'une étoile céphéide varie périodiquement. [2]

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

- (ii) L'étoile variable céphéide A a une période de 3,5 j ; l'étoile variable céphéide B a une période de 16,5 j. L'étoile A est à une distance  $1,6 \times 10^{21}$  m de la Terre et, vue de la Terre, elle a un éclat apparent de  $1,2 \times 10^{-14} \text{ W m}^{-2}$ . L'éclat apparent de l'étoile B, vue de la Terre, est  $5,3 \times 10^{-16} \text{ W m}^{-2}$ .

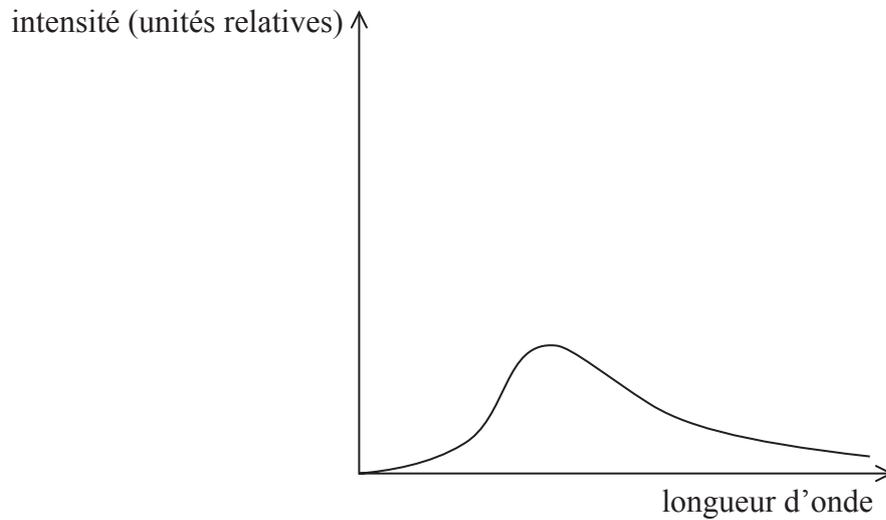
Déterminez la distance entre l'étoile B et la Terre. [4]

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



**F2.** Cette question porte sur la cosmologie.

(a) Le diagramme ci-dessous montre le spectre du rayonnement émis par un corps noir.



(i) Sur le diagramme ci-dessus, esquissez le spectre du rayonnement émis par ce corps noir à une température plus élevée. [2]

(ii) Exprimez ce qu'on entend par *rayonnement cosmologique fossile*. [2]

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

(iii) Expliquez comment la connaissance du spectre d'un corps noir et l'existence du rayonnement cosmologique fossile sont compatibles avec le modèle du "Big Bang" de l'univers. [3]

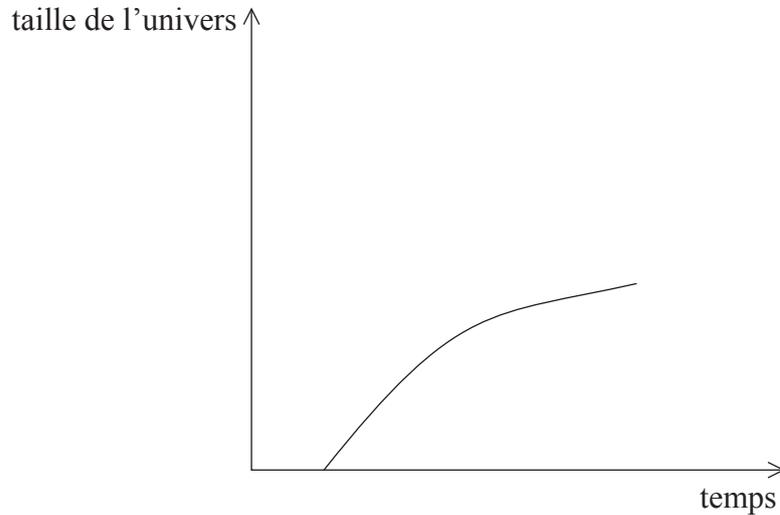
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question F2)

- (b) Le diagramme ci-dessous montre une suggestion pour la variation de la taille de l'univers en fonction du temps. Cette suggestion est appelée l'univers "plat".



- (i) Sur le diagramme ci-dessus, dessinez une ligne pour représenter un univers "ouvert" (désignez cette ligne par O) et une ligne pour représenter un univers "fermé" (désignez cette par ligne F). [3]

- (ii) Exprimez et expliquez la condition, en termes de densité critique de la matière dans l'univers, pour que l'univers soit fermé. [2]

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



**Option G — Relativité**

**G1.** Cette question porte sur la dilatation du temps.

(a) Définissez les termes suivants.

(i) *Longueur propre* [1]

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

(ii) *Temps propre* [1]

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

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



(Suite de la question G1)

- (b) Un muon est créé dans l’atmosphère de la Terre par un rayon cosmique heurtant un atome d’oxygène. La vitesse de ce muon telle qu’elle est mesurée par un observateur sur la Terre est de  $0,99c$ ,  $c$  étant la vitesse de la lumière. Ce muon se désintègre après un temps de  $3,1 \times 10^{-6}$  s tel que mesuré dans son système de référence.

Calculez,

- (i) la distance parcourue par le muon telle que mesurée dans son système de référence. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) pour un observateur sur la Terre, la durée de vie du muon et la distance qu’il parcourt avant de se désintégrer. [3]

Durée de vie : .....

.....

.....

.....

Distance : .....

.....

.....

.....

- (c) Utilisez vos réponses à la partie (b) pour expliquer la dilatation du temps. [2]

.....

.....

.....

.....

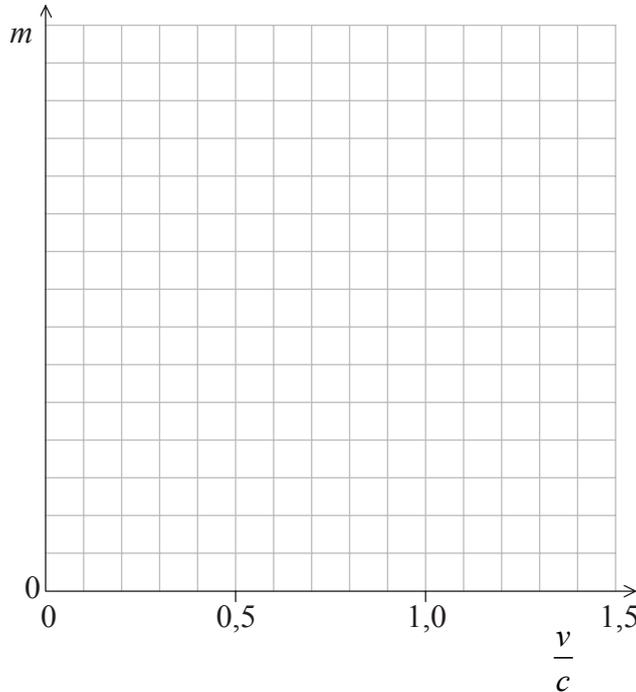
.....

.....



**G2.** Cette question porte sur l'augmentation de masse relativiste.

- (a) Des électrons sont accélérés depuis l'état de repos au moyen d'une différence de potentiel. Sur les axes ci-dessous, dessinez un graphique esquissé pour montrer comment la masse  $m$  d'un électron varie en fonction de sa vitesse,  $\frac{v}{c}$ . (Remarque : aucune valeur numérique n'est demandée.) [3]



- (b) Un électron est accéléré au moyen d'une différence de potentiel de 2,0 MV. La masse au repos de cet électron est de  $0,50 \text{ MeV } c^{-2}$ .

Déterminez, pour l'électron accéléré,

- (i) la masse finale en  $\text{MeV } c^{-2}$ . [1]

.....

.....

.....

- (ii) la vitesse finale en termes de  $c$  après l'accélération. [3]

.....

.....

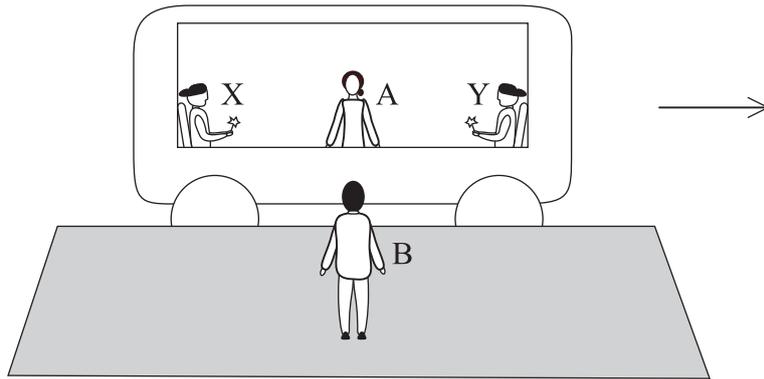
.....



**G3.** Cette question porte sur la simultanéité.

Deux personnes, X et Y, se trouvent en face l'une de l'autre aux extrémités opposées d'une voiture de chemin de fer. La personne A se trouve aussi dans la voiture, à mi-chemin entre X et Y. La voiture se déplace en ligne droite avec une vitesse uniforme par rapport à la personne B qui est debout à côté de la voie de chemin de fer.

Lorsque la personne A est en face de la personne B, les deux personnes X et Y allument chacune une lumière. La personne A voit ces lumières en même temps, c'est-à-dire simultanément.



Discutez si la personne B décrira l'allumage des lumières comme se produisant simultanément.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

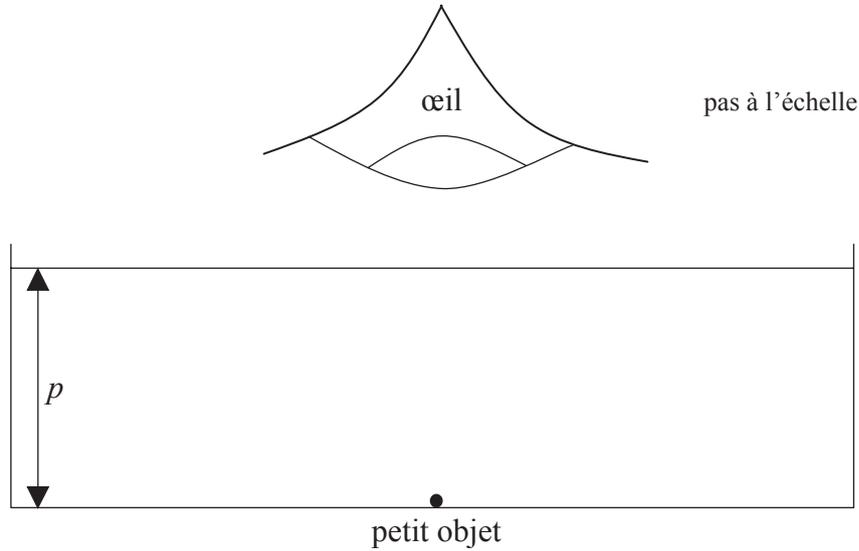
.....



**Option H — Optique**

**H1.** Cette question porte sur l'indice de réfraction.

- (a) Un petit objet repose au fond d'une piscine d'une profondeur  $p$ . Vu depuis une position située juste au-dessus de lui, cet objet semble être à 5,0 m en dessous du niveau de la surface de l'eau.



- (i) Sur le schéma ci-dessus, dessinez des rayons pour positionner l'image de l'objet tel qu'il est vu du dessus. [2]

- (ii) L'indice de réfraction de l'eau = 1,3.

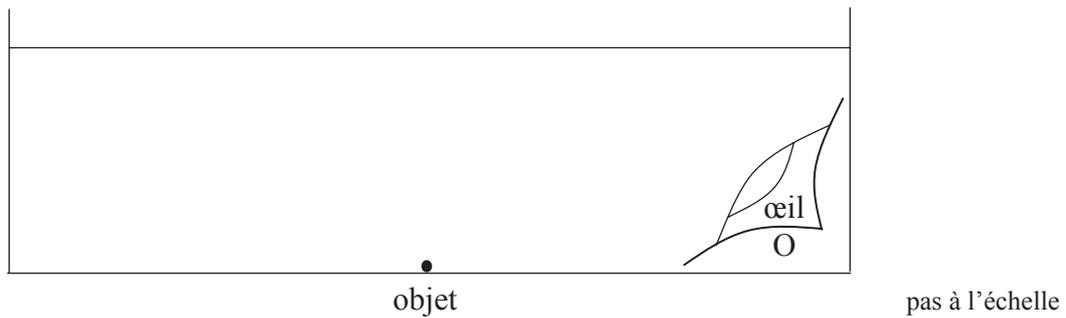
Déterminez la profondeur  $p$  de la piscine. [2]

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

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

(Suite de la question H1)

- (b) Un plongeur voit la surface de l'eau depuis le point O comme indiqué sur le schéma ci-dessous.



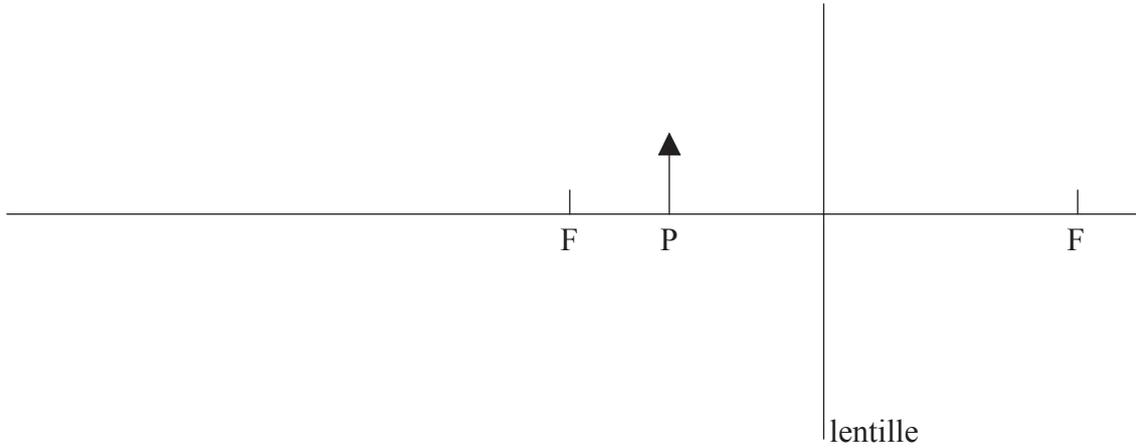
- (i) Sur le schéma ci-dessus, dessinez **deux** rayons pour positionner l'image de l'objet tel qu'il est vu par le plongeur en O. [3]
- (ii) Expliquez pourquoi la surface de l'eau a besoin de ne pas être perturbée pour que l'image soit vue. [1]

.....

.....

**H2.** Cette question porte sur la formation d’image par une lentille convergente.

Un objet P est placé à proximité d’une lentille convergente, comme illustré sur le schéma ci-dessous. Les foyers principaux F de cette lentille sont indiqués.



(a) Sur le schéma ci-dessus, dessinez des rayons pour positionner l’image formée par la lentille. Désignez cette image par la lettre I. [3]

(b) Le punctum proximum de l’œil d’un observateur est à 25,0 cm de l’œil. La lentille représentée sur le schéma est positionnée à 4,0 cm de la lentille de l’œil de l’observateur, de façon à former une image de l’objet P au punctum proximum. La distance focale de la lentille est de 8,0 cm.

(i) Définissez le terme *punctum proximum*. [1]

.....  
.....

(ii) Déterminez la distance entre l’objet et la lentille. [3]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question H2)

- (c) (i) Les lentilles sont sujettes à une aberration chromatique et à une aberration sphérique.

Décrivez et expliquez *aberration chromatique* et *aberration sphérique*. [4]

Aberration chromatique : .....  
.....  
.....

Aberration sphérique : .....  
.....  
.....

- (ii) Suggérez comment les effets de l'aberration sphérique peuvent être réduits. [1]

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

