

Physique
Niveau moyen
Épreuve 3

Mardi 16 mai 2017 (matin)

Numéro de session du candidat

1 heure

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

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).
- Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.
- Une calculatrice est nécessaire pour cette épreuve.
- Un exemplaire non annoté du **recueil de données de physique** est nécessaire pour cette épreuve.
- Le nombre maximum de points pour cette épreuve d'examen est de **[35 points]**.

Section A	Questions
Répondez à toutes les questions.	1 – 2

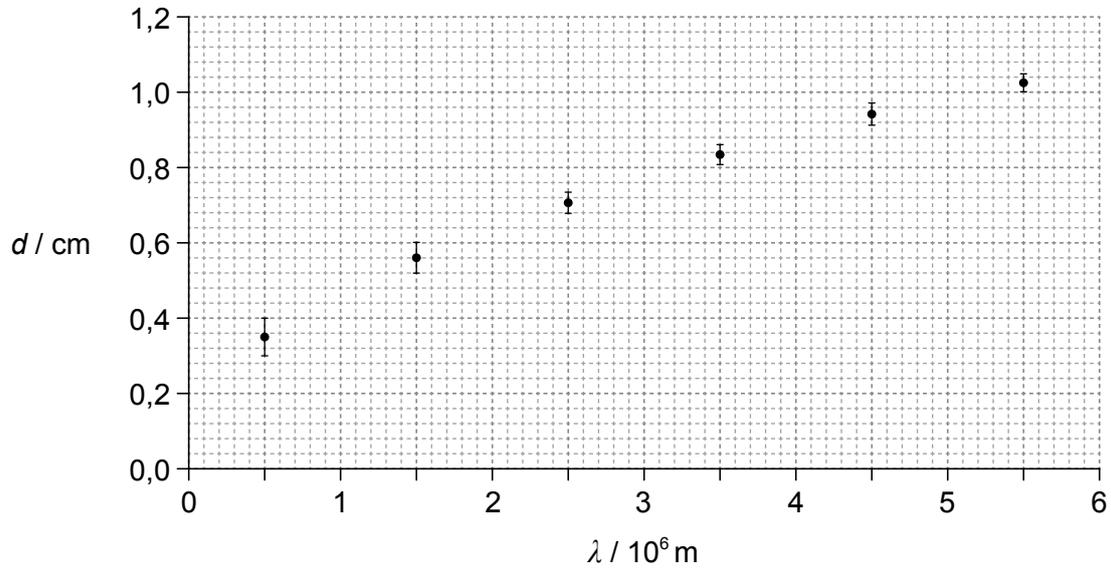
Section B	Questions
Répondez à toutes les questions d'une des options.	
Option A — Relativité	3 – 5
Option B — Physique de l'ingénieur	6 – 7
Option C — Imagerie	8 – 10
Option D — Astrophysique	11 – 12



Section A

Répondez à **toutes** les questions. Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.

1. Une onde radioélectrique d'une longueur d'onde λ est incidente sur un conducteur. Le graphique ci-dessous montre la variation, en fonction de la longueur d'onde λ , de la distance maximum d parcourue à l'intérieur de ce conducteur.



- (a) Suggérez pourquoi il est peu probable que le rapport entre d et λ soit linéaire.

[1]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 1)

(b) Pour $\lambda = 5,0 \times 10^5$ m, calculez

(i) l'incertitude fractionnaire sur d .

[2]

.....

.....

.....

.....

(ii) le pourcentage d'incertitude sur d^2 .

[1]

.....

.....

.....

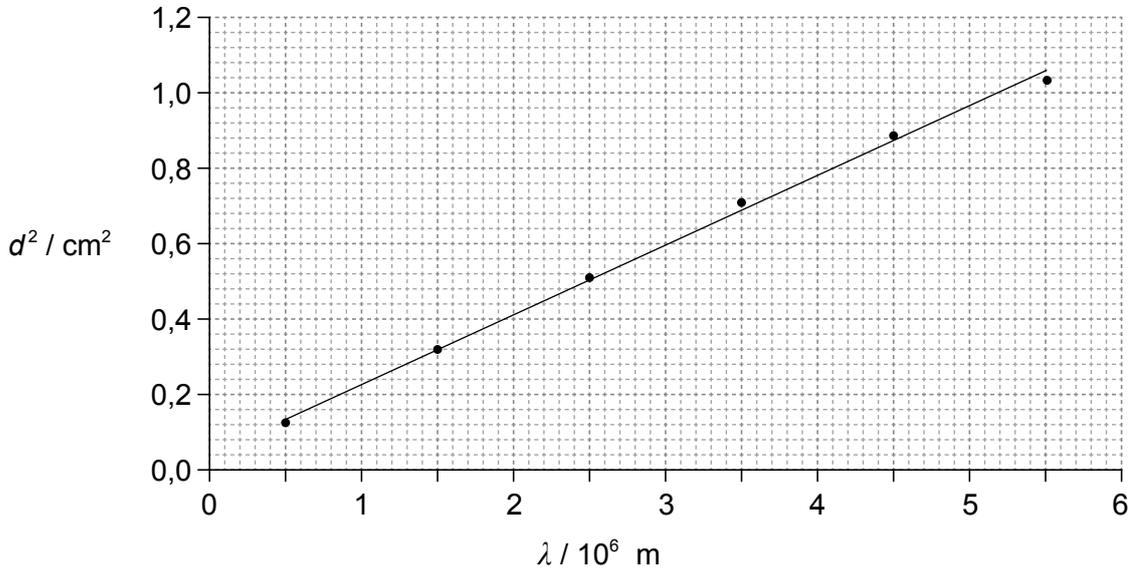
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 1)

- (c) Le graphique ci-dessous montre la variation de d^2 en fonction de la longueur d'onde λ . Les barres d'erreur ne sont pas montrées et la droite de meilleur ajustement a été tracée.



Un élève exprime que l'équation de la droite de meilleur ajustement est $d^2 = a + b\lambda$. Lorsque d^2 et λ sont exprimés en termes d'unités fondamentales du SI, l'élève trouve que $a = 0,040 \times 10^{-4}$ et $b = 1,8 \times 10^{-11}$.

- (i) Exprimez l'unité fondamentale du SI de la constante a et de la constante b . [2]

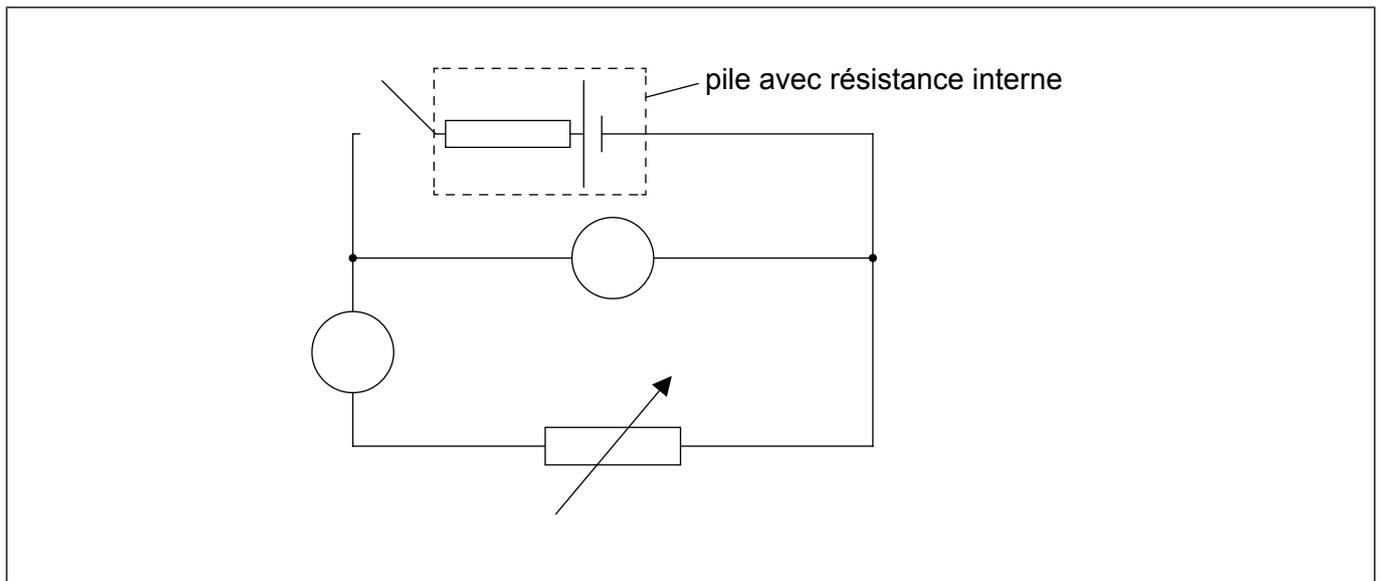
a :
b :

- (ii) Déterminez la distance parcourue à l'intérieur du conducteur par des ondes électromagnétiques à très haute fréquence. [2]

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



2. On peut utiliser le circuit montré ci-dessous pour mesurer la résistance interne d'une pile.



(a) Un ampèremètre et un voltmètre sont connectés dans le circuit. Légendez l'ampèremètre avec la lettre A et le voltmètre avec la lettre V.

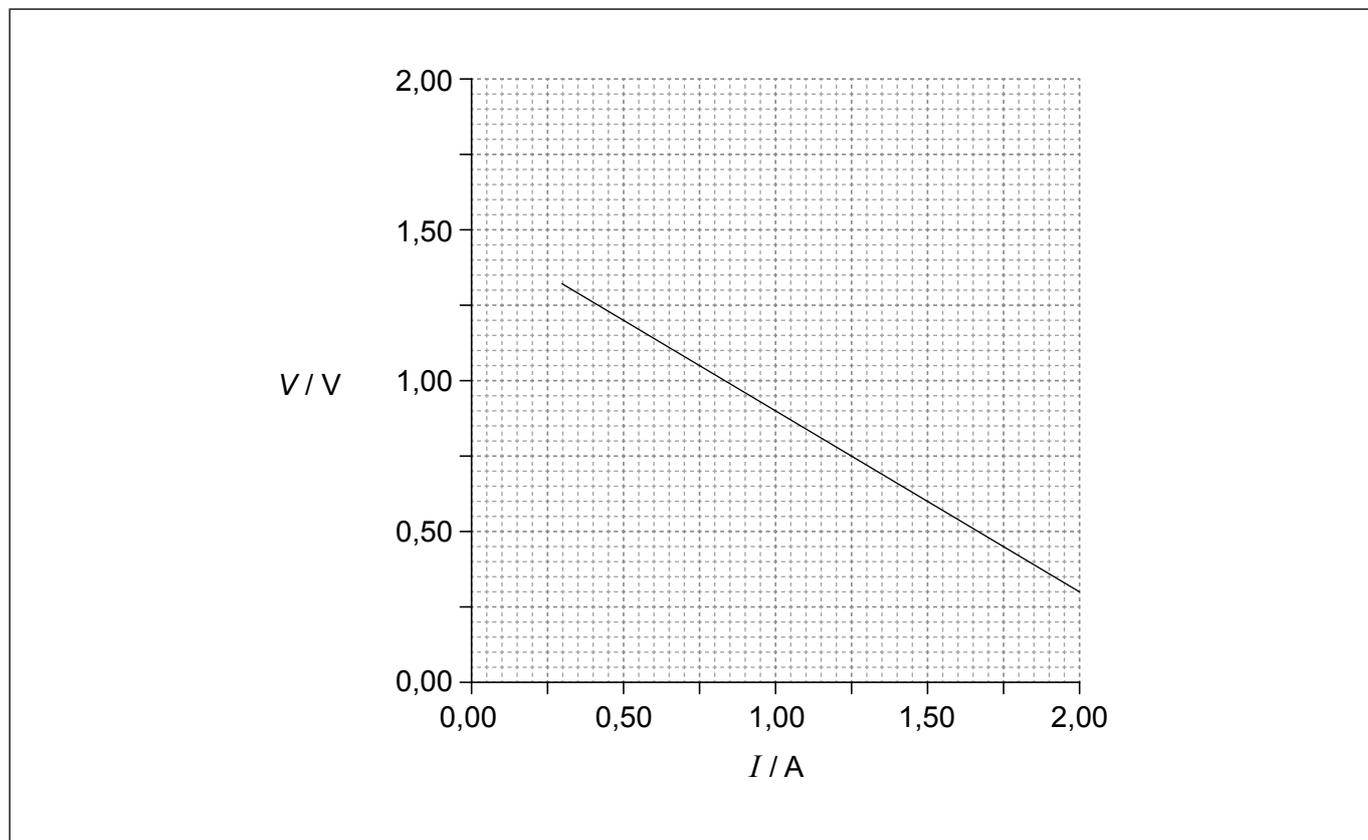
[1]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 2)

- (b) Dans une expérience, un élève obtient le graphique ci-dessous montrant la variation, en fonction du courant I , de la différence de potentiel V aux bornes de la pile.



En utilisant le graphique ci-dessus, déterminez la meilleure estimation de la résistance interne de la pile.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 2)

(c) L'ampèremètre utilisé dans l'expérience en (b) est un appareil de mesure analogique. L'élève prend des mesures sans vérifier s'il y a une « erreur de zéro » sur l'ampèremètre.

(i) Exprimez ce qu'on entend par une erreur de zéro. [1]

.....
.....

(ii) Après avoir pris des mesures, l'élève observe que l'ampèremètre a une erreur de zéro positive. Expliquez quel effet éventuel cette erreur de zéro aura sur la valeur calculée de la résistance interne en (b). [2]

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



Section B

Répondez à **toutes** les questions d'**une** des options. Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.

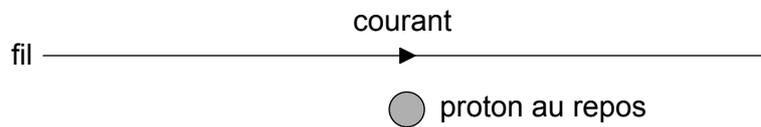
Option A — Relativité

3. (a) Exprimez **une** prédiction de la théorie de l'électromagnétisme de Maxwell qui est compatible avec la relativité restreinte. [1]

.....

.....

- (b) Un courant est établi dans un long fil droit qui est au repos dans un laboratoire.



Un proton est au repos par rapport au laboratoire et au fil.

L'observateur X est au repos dans le laboratoire. L'observateur Y se déplace vers la droite avec une vitesse constante par rapport au laboratoire. Comparez et opposez comment l'observateur X et l'observateur Y expliquent les forces non gravitationnelles éventuelles sur le proton.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(L'option A continue sur la page suivante)



(Suite de l'option A)

4. Les muons sont des particules instables avec une durée de vie propre de $2,2 \mu\text{s}$. Des muons sont produits $2,0 \text{ km}$ au-dessus du sol et se déplacent vers le bas à une vitesse de $0,98c$ par rapport au sol. Pour cette vitesse, $\gamma = 5,0$. Discutez, avec des calculs appropriés, comment cette expérience fournit des preuves de la dilatation du temps. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

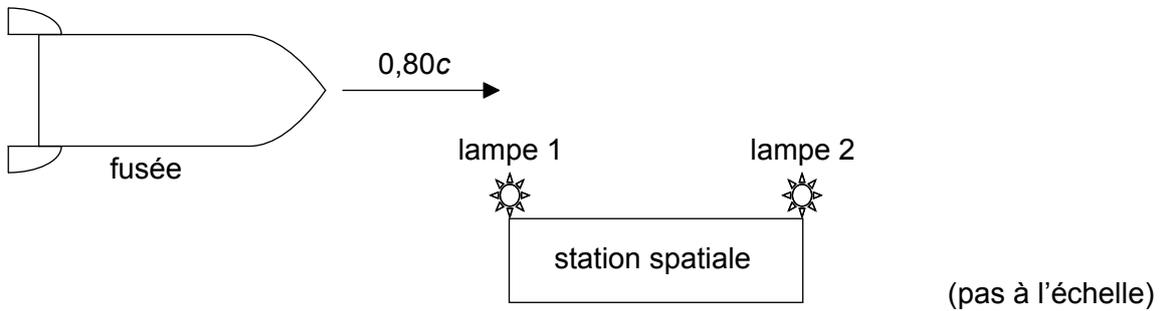
.....

(L'option A continue sur la page suivante)



(Suite de l'option A)

5. Une fusée d'une longueur propre de 450 m s'approche d'une station spatiale dont la longueur propre est 9,0 km. La vitesse de la fusée par rapport à la station spatiale est $0,80c$.



X est un observateur au repos dans la station spatiale.

- (a) (i) Calculez la longueur de la fusée selon X. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Une navette spatiale est relâchée depuis la fusée. Cette navette spatiale se déplace avec une vitesse de $0,20c$ **vers la droite** selon X. Calculez le **vecteur vitesse** de la navette spatiale par rapport à la fusée. [2]

.....

.....

.....

.....

(L'option A continue sur la page suivante)



(Option A, suite de la question 5)

(b) Deux lampes à des extrémités opposées de la station spatiale s'allument en même temps selon X. En utilisant une transformation de Lorentz, déterminez, selon un observateur au repos dans la fusée,

(i) l'intervalle de temps entre l'allumage des lampes. [2]

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

(ii) quelle lampe s'allume en premier. [1]

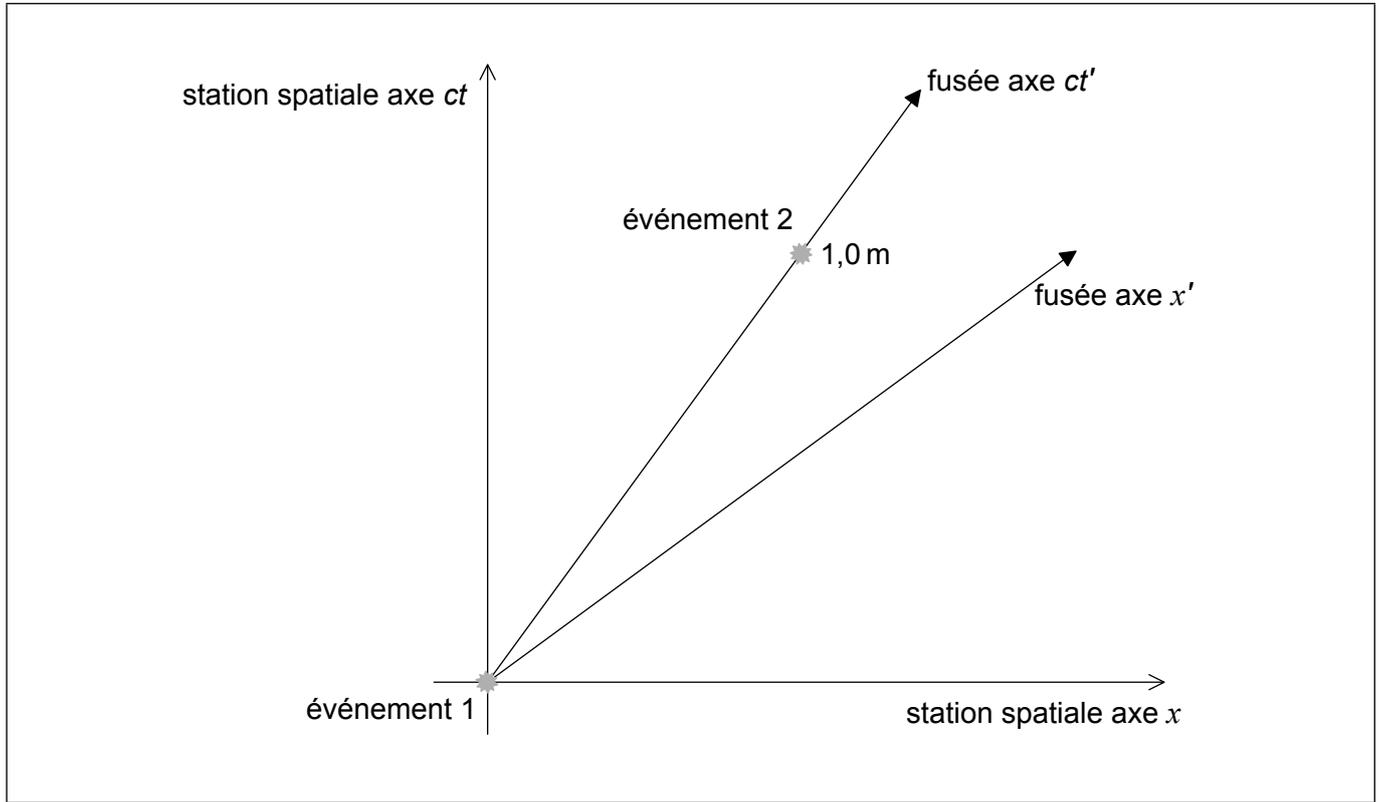
.....
.....

(L'option A continue sur la page suivante)



(Option A, suite de la question 5)

- (c) La fusée porte une lampe différente. L'événement 1 est l'éclat de la lampe de la fusée se produisant à l'origine des **deux** systèmes de référence. L'événement 2 est l'éclat de la lampe de la fusée au moment où $ct' = 1,0$ m selon la fusée. Les coordonnées pour l'événement 2 pour les observateurs dans la station spatiale sont x et ct .



- (i) Sur le schéma ci-dessus, légendez les coordonnées x et ct . [2]
- (ii) Exprimez et expliquez si la coordonnée ct dans la question (c)(i) est plus petite **ou** plus grande que 1,0 m **ou** égale à 1,0 m. [2]

.....

.....

.....

.....

(L'option A continue sur la page suivante)



(Option A, suite de la question 5)

(iii) Calculez la valeur de $c^2t^2 - x^2$.

[2]

.....

.....

.....

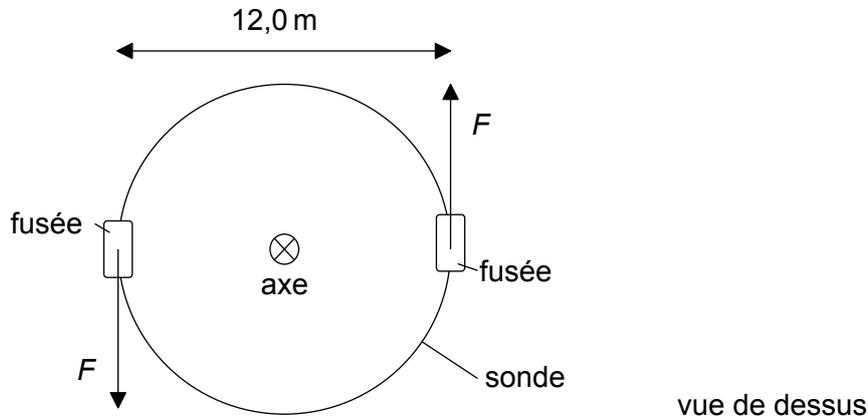
.....

Fin de l'option A



Option B — Physique de l'ingénieur

- 6. Une sonde spatiale cylindrique d'une masse de $8,00 \times 10^2$ kg et d'un diamètre de 12,0 m est au repos dans l'espace extra-atmosphérique.



Des fusées à des endroits opposés de cette sonde sont lancées de façon à ce que la sonde tourne autour de son axe. Chaque fusée produit une force $F = 9,60 \times 10^3$ N. Le moment d'inertie de la sonde autour de son axe est $1,44 \times 10^4$ kg m².

- (a) (i) Déduisez l'accélération linéaire du centre de masse de la sonde. [1]

.....

.....

- (ii) Calculez le couple en résultant autour de l'axe de la sonde. [2]

.....

.....

.....

- (b) Les forces agissent pendant 2,00 s. Montrez que la vitesse angulaire finale de la sonde est environ 16 rad s⁻¹. [2]

.....

.....

.....

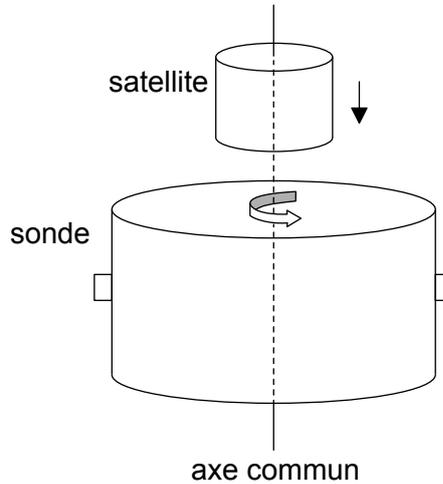
.....

(L'option B continue sur la page suivante)



(Option B, suite de la question 6)

- (c) Le schéma ci-dessous montre un satellite s'approchant de la sonde en rotation avec une petite vitesse négligeable. Initialement, le satellite ne tourne pas, mais, après s'être relié à la sonde, ils tournent tous les deux ensemble.



Le moment d'inertie du satellite autour de son axe est $4,80 \times 10^3 \text{ kg m}^2$. Les axes de la sonde et du satellite sont les mêmes.

- (i) Déterminez la vitesse angulaire finale du système sonde-satellite. [2]

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

- (ii) Calculez la perte d'énergie cinétique de rotation due à la liaison de la sonde avec le satellite. [3]

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

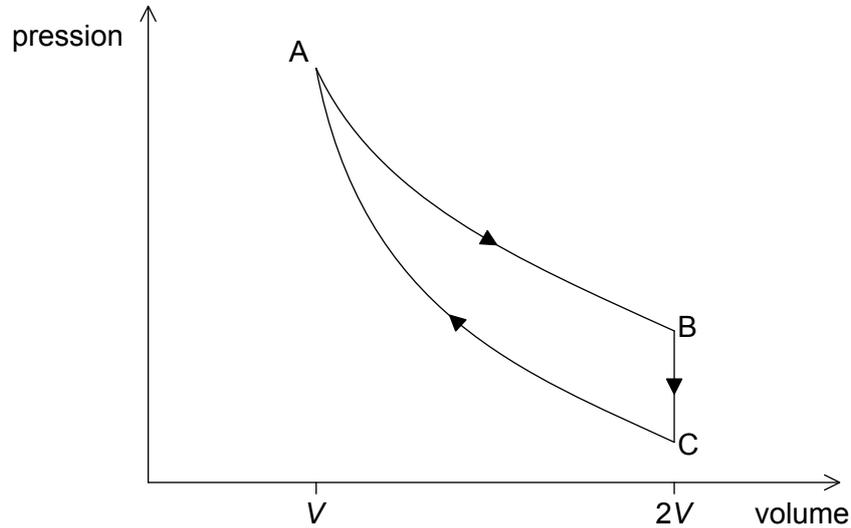
(L'option B continue sur la page suivante)



Tournez la page

(Suite de l'option B)

7. Un moteur thermique fonctionne selon le cycle montré dans le diagramme pression–volume ci-dessous. Ce cycle consiste en une détente isotherme AB, en une transformation isovolumétrique BC et en une compression adiabatique CA. Le volume en B est le double du volume en A. Le gaz est un gaz monoatomique parfait.



En A, la pression du gaz est $4,00 \times 10^6$ Pa, la température est 612 K et le volume est $1,50 \times 10^{-4}$ m³. Le travail effectué par le gaz pendant la détente isotherme est 416 J.

- (a) (i) Justifiez pourquoi l'énergie thermique fournie pendant la détente AB est 416 J. [1]

.....
.....

- (ii) Montrez que la température du gaz en C est 386 K. [2]

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

(L'option B continue sur la page suivante)



(Option B, suite de la question 7)

(iii) Montrez que l'énergie thermique enlevée du gaz pour la transformation BC est environ 330 J. [2]

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

(iv) Déterminez le rendement de ce moteur thermique. [2]

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

(b) Exprimez et expliquez à quel moment dans le cycle ABCA l'entropie du gaz est la plus grande. [3]

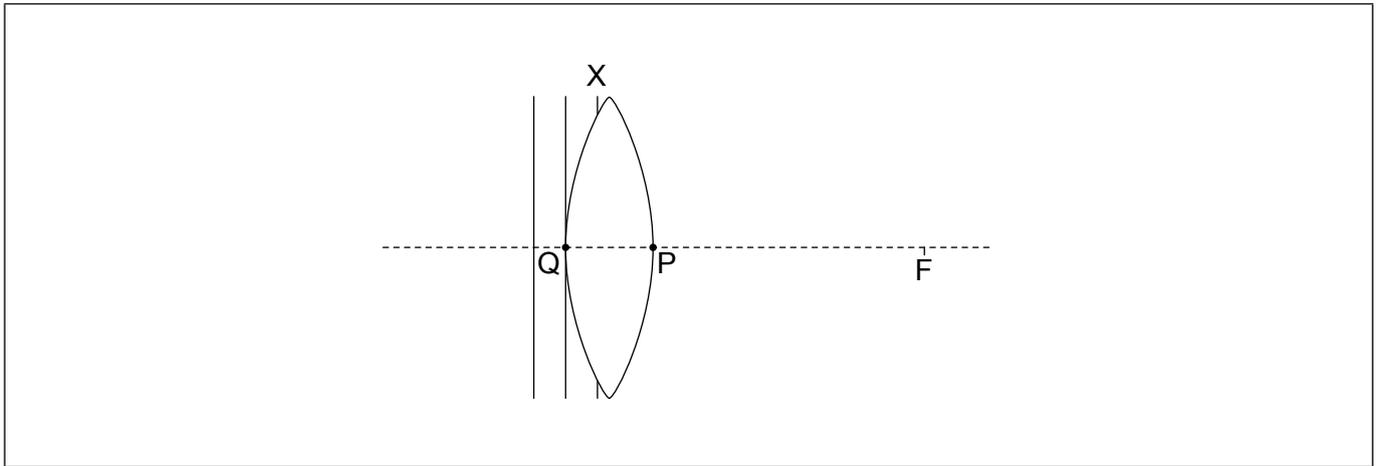
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Fin de l'option B



Option C — Imagerie

8. Le schéma ci-dessous montre des fronts d'onde plans incidents sur une lentille convergente. Le foyer de cette lentille est marqué avec la lettre F.



Le front d'onde X est incomplet. Le point Q et le point P se trouvent sur la surface de la lentille et sur l'axe principal.

- (a) Sur le schéma ci-dessus, représentez
- (i) la partie du front d'onde X qui est à l'intérieur de la lentille. [1]
 - (ii) le front d'onde dans l'air qui passe à travers le point P. Légendez ce front d'onde Y. [1]
- (b) Expliquez votre esquisse en réponse à la question (a)(i). [2]

.....

.....

.....

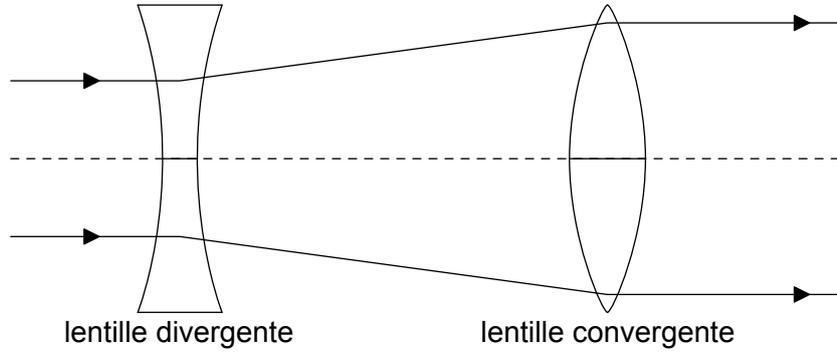
.....

(L'option C continue sur la page suivante)



(Option C, suite de la question 8)

- (c) Deux rayons parallèles sont incidents sur un système consistant en une lentille divergente d'une distance focale de 4,0 cm et en une lentille convergente d'une distance focale de 12 cm.



Les rayons sortent parallèles de la lentille convergente. Déterminez la distance entre ces deux lentilles.

[2]

.....

.....

.....

.....

(L'option C continue sur la page suivante)



(Suite de l'option C)

9. Deux lentilles convergentes placées à une distance de 90 cm l'une de l'autre sont utilisées comme un télescope réfracteur astronomique simple à un réglage normal. Le grossissement angulaire de ce montage est 17.

(a) Déterminez la distance focale de chaque lentille. [2]

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

(b) On utilise ce télescope pour former une image de la Lune. L'angle sous-tendu par l'image de la Lune à l'oculaire est 0,16 rad. La distance de la Lune est $3,8 \times 10^8$ m. Estimez le diamètre de la Lune. [3]

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

(c) Exprimez **deux** avantages de l'utilisation de télescopes à bord de satellites par rapport à des télescopes terrestres. [2]

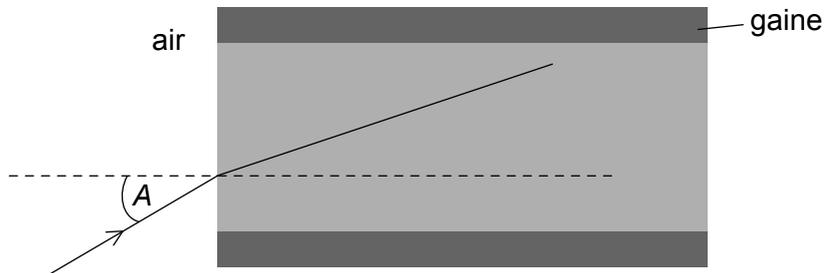
1.
.....
2.
.....

(L'option C continue sur la page suivante)



(Suite de l'option C)

10. (a) Le schéma ci-dessous montre un rayon de lumière dans l'air qui pénètre dans le cœur d'une fibre optique.



Ce rayon fait un angle A avec la normale à l'interface air-cœur. L'indice de réfraction du cœur est 1,52 et celui de la gaine est 1,48.

Déterminez le plus grand angle A pour lequel ce rayon de lumière restera à l'intérieur du cœur de la fibre.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(L'option C continue sur la page suivante)



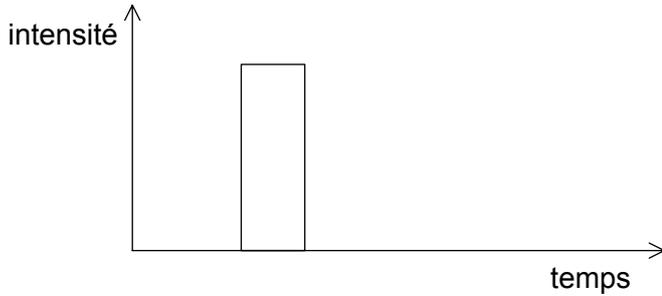
28EP21

Tournez la page

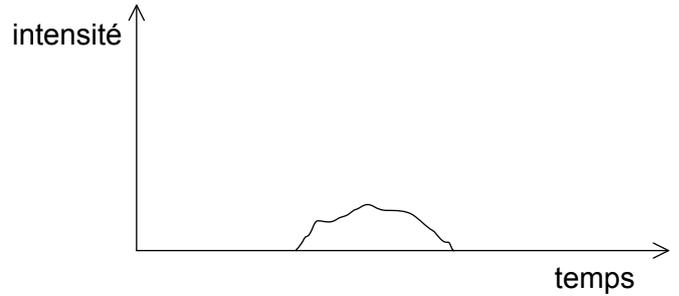
(Option C, suite de la question 10)

- (b) Les graphiques ci-dessous montrent la variation, en fonction du temps, de l'intensité d'un signal qui est transmis par l'intermédiaire d'une fibre optique. Le graphique 1 montre le signal d'entrée dans la fibre et le graphique 2 montre le signal de sortie de la fibre. Les échelles des deux graphiques sont identiques.

Graphique 1 — Signal d'entrée



Graphique 2 – Signal de sortie



- (i) Identifiez les caractéristiques du signal de sortie qui indiquent la présence d'atténuation et de dispersion.

[2]

atténuation :
.....
dispersion :
.....

- (ii) La longueur de la fibre optique est 5,1 km. La puissance d'entrée du signal est 320 mW. La puissance de sortie est 77 mW. Calculez l'atténuation par unité de longueur de la fibre en dB km^{-1} .

[2]

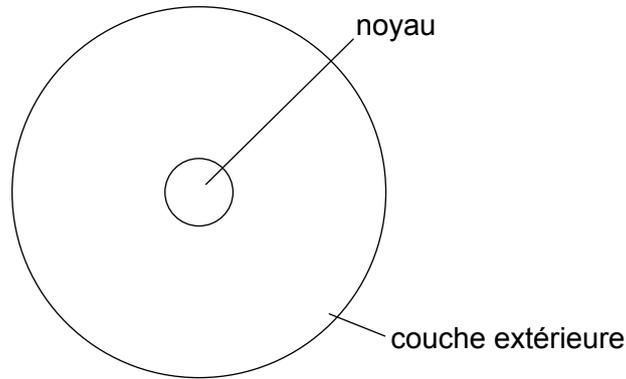
.....
.....
.....
.....

Fin de l'option C



Option D — Astrophysique

11. Le schéma ci-dessous montre la structure d'une étoile typique de la séquence principale.



(a) Exprimez l'élément le plus abondant dans le noyau et l'élément le plus abondant dans la couche extérieure.

[2]

noyau :

couche extérieure :

(L'option D continue sur la page suivante)

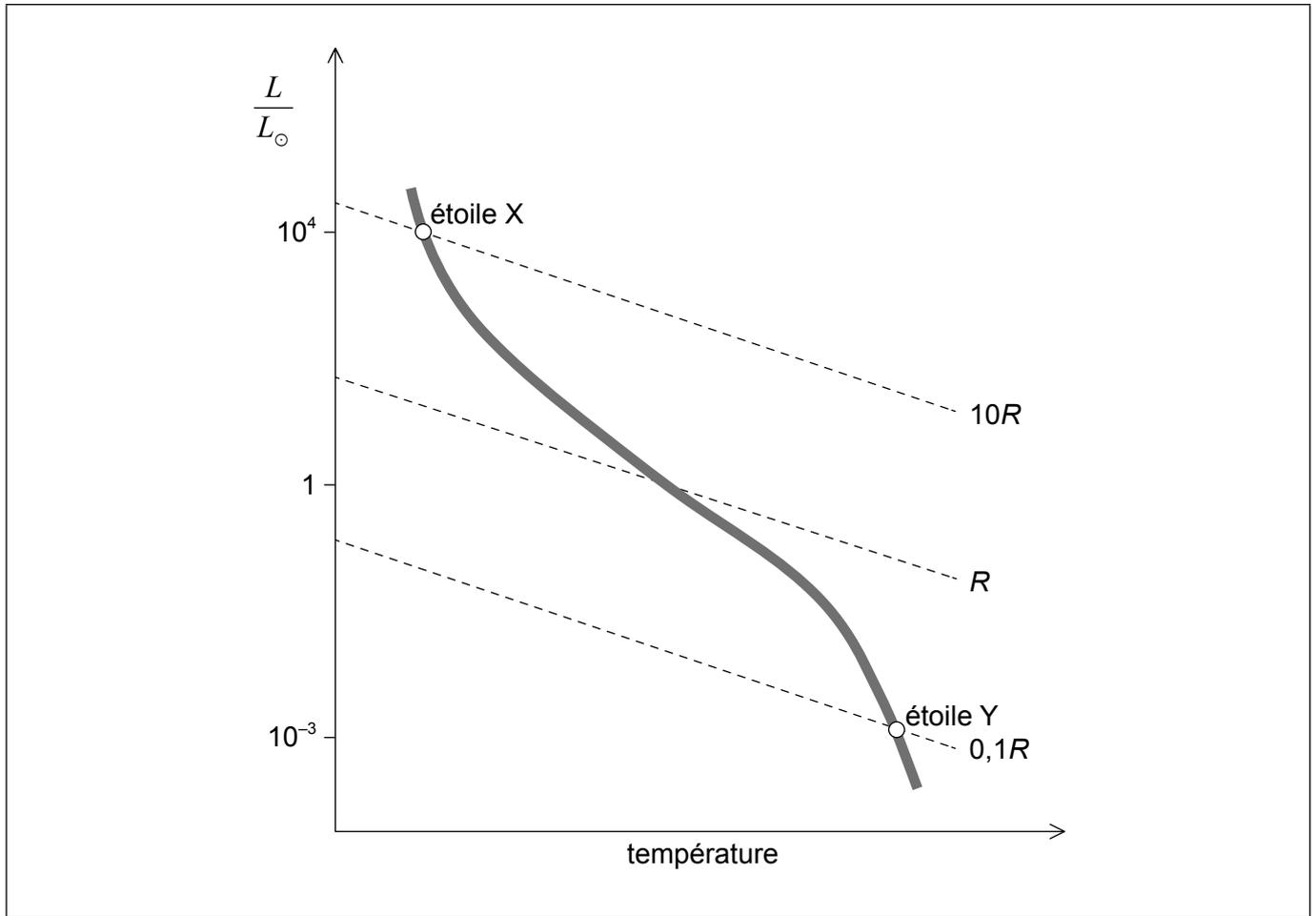


28EP23

Tournez la page

(Option D, suite de la question 11)

- (b) Le diagramme de Hertzsprung–Russell (HR) montre deux étoiles de la séquence principale X et Y et comprend des lignes de rayon constant. R est le rayon du Soleil.



En utilisant le rapport masse–luminosité et les informations sur le graphique, déterminez le rapport $\frac{\text{densité de l'étoile X}}{\text{densité de l'étoile Y}}$.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(L'option D continue sur la page suivante)



(Option D, suite de la question 11)

(c) L'étoile X évoluera probablement en une étoile à neutrons.

(i) Sur le diagramme HR de la question (b), dessinez une ligne pour indiquer le parcours évolutif de l'étoile X. [1]

(ii) Résumez pourquoi l'étoile à neutrons qui reste après l'étape de supernova ne s'effondre pas sous l'effet de la gravitation. [1]

.....
.....

(iii) Le rayon d'une étoile à neutrons typique est 20 km et sa température en surface est 10^6 K. Déterminez la luminosité de cette étoile à neutrons. [2]

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

(iv) Déterminez la région du spectre électromagnétique dans lequel l'étoile à neutrons dans la question (c)(iii) émet la plupart de son énergie. [2]

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

12. (a) Décrivez ce qu'on entend par le modèle du big-bang de l'univers. [2]

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

(L'option D continue sur la page suivante)



(Option D, suite de la question 12)

- (b) Exprimez **deux** caractéristiques du rayonnement cosmique fossile qui sont compatibles avec le modèle du big-bang. [2]

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

- (c) Une raie d'émission particulière dans une galaxie éloignée présente un décalage vers le rouge $z=0,084$.

La constante de Hubble est $H_0 = 68 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$.

- (i) Déterminez la distance de cette galaxie en Mpc. [2]

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

- (ii) Décrivez comment on pourrait utiliser des supernovae de type Ia pour mesurer la distance de cette galaxie. [3]

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

Fin de l'option D



Veillez ne **pas** écrire sur cette page.

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



28EP27

Veillez ne **pas** écrire sur cette page.

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



28EP28