



22116520

**PHYSIQUE
NIVEAU SUPÉRIEUR
ÉPREUVE 2**

Mercredi 11 mai 2011 (après-midi)

2 heures 15 minutes

Numéro de session du candidat

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

Code de l'examen

2	2	1	1	–	6	5	2	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 toutes les questions.
- Section B : répondez à deux questions.
- Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.



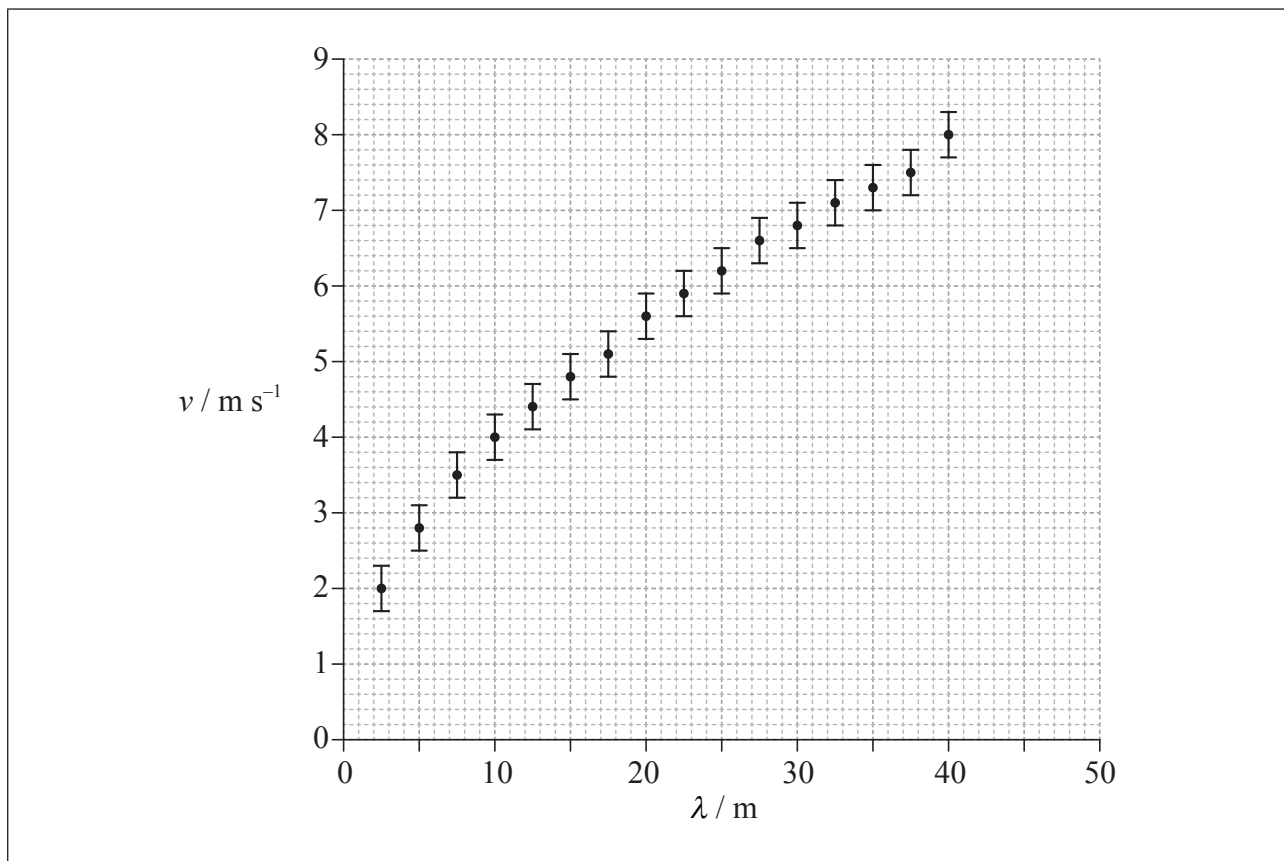
0136

SECTION A

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

A1. Question sur l'analyse des données.

La vitesse v des vagues sur la surface d'eau profonde dépend uniquement de la longueur d'onde λ de ces vagues. Les données recueillies dans une région particulière de l'Océan Atlantique sont placées sur le diagramme ci-dessous.



L'incertitude sur la vitesse v est $\pm 0,30 \text{ m s}^{-1}$ et l'incertitude dans λ est trop petite pour être montrée sur le diagramme.

(a) Dessinez une droite de meilleur ajustement pour les données.

[1]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A1)

(b) En référence à la courbe que vous avez tracée en (a), exprimez

(i) pourquoi v n'est pas directement proportionnelle à λ . [1]

.....

.....

.....

(ii) la valeur de v si $\lambda = 39$ m. [1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)

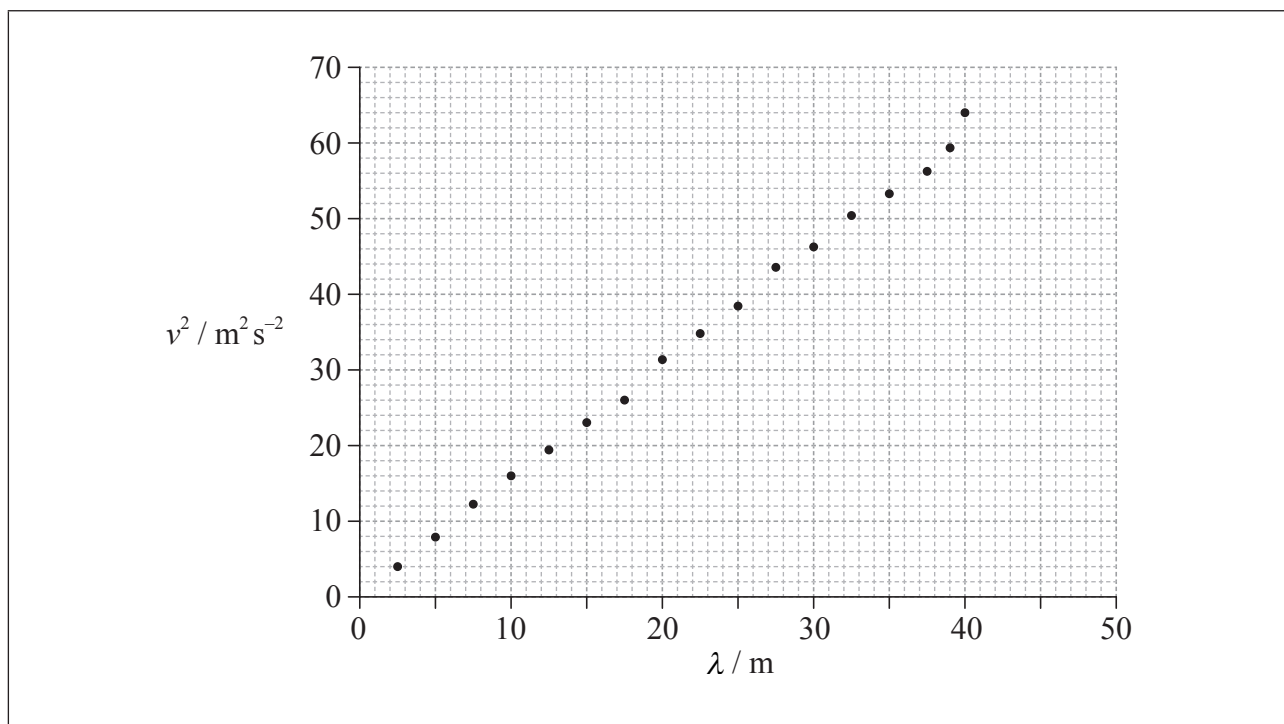


(Suite de la question A1)

- (c) Il est suggéré que le rapport entre v et λ est sous la forme

$$v = a\sqrt{\lambda}$$

où a est une constante. Pour tester la validité de cette hypothèse, des valeurs de v^2 en fonction de λ sont plac  es sur le graphique ci-dessous.



- (i) Utilisez votre réponse à la question (b)(ii) pour montrer que l'incertitude absolue sur v^2 pour une longueur d'onde de 39 m est $\pm 5 \text{ m}^2 \text{s}^{-2}$. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) L'incertitude absolue sur v^2 pour une longueur d'onde de 2,5 m est $\pm 1 \text{ m}^2 \text{s}^{-2}$. En utilisant cette valeur et la valeur en (c)(i), construisez des barres d'erreur pour v^2 aux points de données pour $\lambda=2,5 \text{ m}$ et 39 m. [1]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A1)

- (iii) Exprimez pourquoi les données placées en (c)(ii) suggèrent qu'il est probable que v soit proportionnel à $\sqrt{\lambda}$. [1]

.....

.....

.....

- (iv) Utilisez le graphique ci-contre pour déterminer la constante a . [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (v) La théorie montre que $a = \sqrt{\frac{k}{2\pi}}$. Déterminez une valeur pour k . [1]

.....

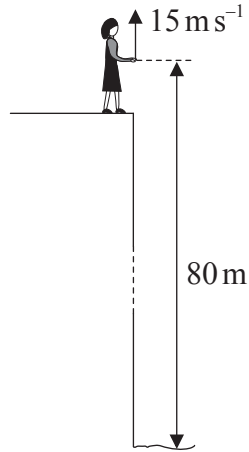
.....

.....



A2. Cette question porte sur la cinématique.

Lucy est debout sur le bord d'une falaise verticale et elle lance une pierre verticalement vers le haut.



La pierre quitte sa main avec une vitesse de 15 m s^{-1} à l'instant où sa main est à 80 m au-dessus de la surface de la mer. La résistance de l'air est négligeable et l'accélération de la chute libre est 10 m s^{-2} .

- (a) Calculez la hauteur maximum atteinte par la pierre telle qu'elle est mesurée depuis le point où elle est lancée. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Déterminez le temps pris par la pierre pour atteindre la surface de la mer après avoir quitté la main de Lucy. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



A3. Cette question porte sur l'énergie interne et l'énergie thermique (chaleur).

(a) Distinguez entre énergie interne et énergie thermique.

[3]

<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
--

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A3)

- (b) Un morceau de fer est placé dans un four jusqu'à ce qu'il atteigne la température θ de ce four. Le fer est alors transféré rapidement dans de l'eau contenue dans un récipient isolé thermiquement. Cette eau est mélangée jusqu'à ce qu'elle atteigne une température constante. Les données suivantes sont disponibles.

Capacité thermique du morceau de fer	$= 60 \text{ J K}^{-1}$
Capacité thermique de l'eau	$= 2,0 \times 10^3 \text{ J K}^{-1}$
Température initiale de l'eau	$= 16^\circ \text{C}$
Température finale de l'eau	$= 45^\circ \text{C}$

La capacité thermique du récipient et l'isolation sont négligeables.

- (i) Exprimez une expression, en termes de θ et des données ci-dessus, pour le transfert d'énergie du fer lors du refroidissement depuis la température du four jusqu'à la température finale de l'eau. [1]

.....

- (ii) Calculez l'augmentation en énergie interne de l'eau à mesure que le fer refroidit dans l'eau. [1]

.....

.....

- (iii) Utilisez vos réponses à (b)(i) et à (b)(ii) pour déterminer θ . [2]

.....

.....

.....



A4. Cette question porte sur l'unité de masse atomique unifiée et sur une réaction nucléaire.

(a) Définissez le terme *unité de masse atomique unifiée*.

[1]

.....
.....

(b) La masse d'un noyau de rutherfordium-254 est 254,1001 u. Calculez cette masse en $\text{GeV}c^{-2}$.

[1]

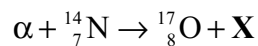
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A4)

- (c) En 1919, Rutherford produisit la première transmutation nucléaire artificielle en bombardant de l'azote avec des particules α . Cette réaction est représentée par l'équation ci-dessous.



- (i) Identifiez \mathbf{X} .

[1]

- (ii) Les données suivantes sont disponibles pour cette réaction.

$$\begin{aligned} \text{Masse au repos de } \alpha &= 3,7428 \text{ GeV c}^{-2} \\ \text{Masse au repos de } {}^{14}_7\text{N} &= 13,0942 \text{ GeV c}^{-2} \\ \text{Masse au repos de } {}^{17}_8\text{O} + \mathbf{X} &= 16,8383 \text{ GeV c}^{-2} \end{aligned}$$

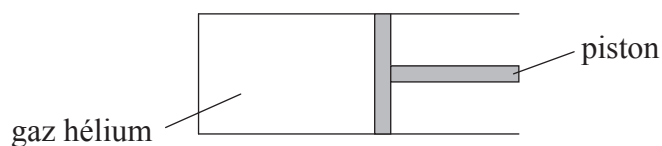
L'énergie cinétique initiale de la particule α est 7,68 MeV. Déterminez la somme des énergies cinétiques du noyau d'oxygène et de \mathbf{X} . (Supposez que le noyau d'azote est immobile.)

[3]



A5. Cette question porte sur les changements d'état d'un gaz.

(a) Un cylindre pourvu d'un piston contient 0,23 mol de gaz hélium.



Les données ci-dessous sont disponibles pour l'hélium avec le piston dans la position montrée.

Volume $= 5,2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
 Pression $= 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$
 Température $= 290 \text{ K}$

(i) Utilisez les données pour calculer une valeur pour la constante universelle des gaz. [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) Exprimez la supposition faite dans le calcul en réponse à la question (a)(i). [1]

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A5)

- (b) Ce gaz est alors comprimé isothermiquement par le piston de façon à ce que le volume du gaz soit réduit. Expliquez pourquoi la compression doit être effectuée lentement. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Après la compression, le gaz est alors autorisé à se dilater adiabatiquement jusqu'à son volume d'origine. Utilisez le premier principe de la thermodynamique pour expliquer si la température finale sera inférieure, égale ou supérieure à 290 K. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



A6. Cette question porte sur la f.é.m. induite dans une bobine.

(a) Définissez *flux magnétique*.

[2]

.....

.....

.....

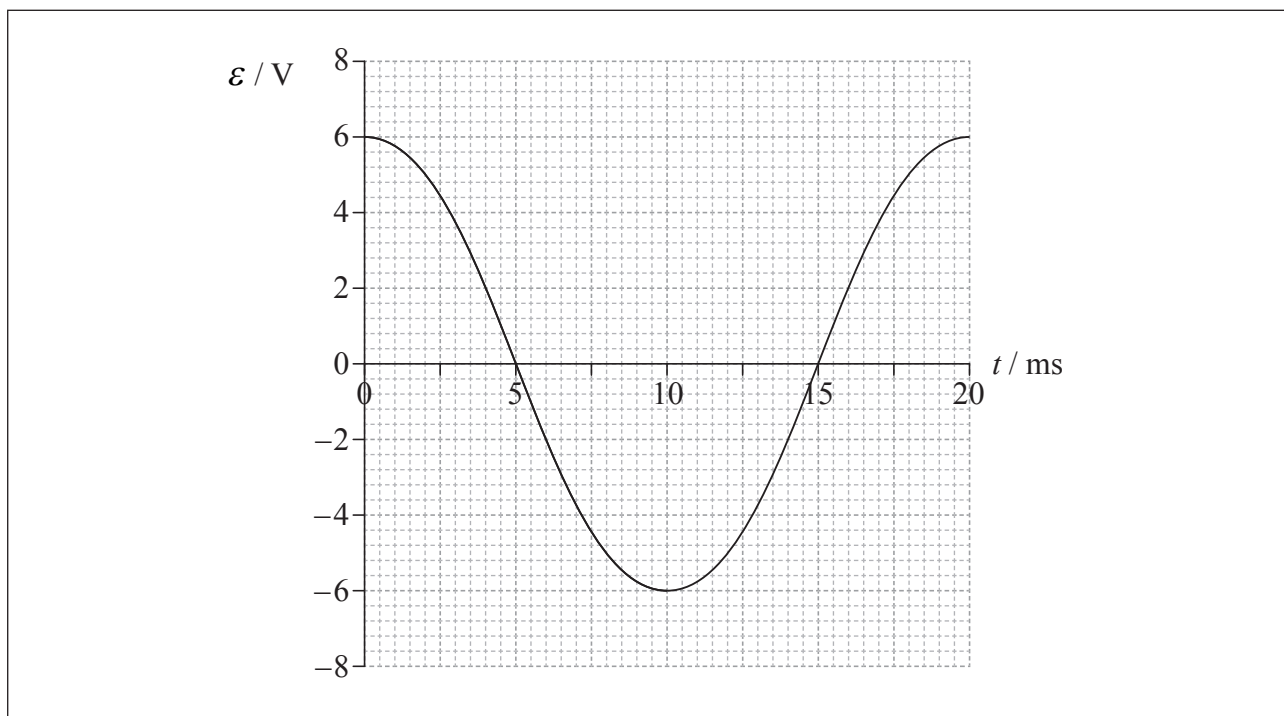
(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A6)

- (b) Une bobine est tournée à une vitesse constante dans une région de champ magnétique uniforme.

Le graphique ci-dessous montre la variation, en fonction du temps t , de la f.é.m. ε induite dans la bobine pendant un cycle de rotation.



- (i) Sur le graphique, légendez, avec la lettre T, un temps auquel le couplage inductif dans la bobine est un maximum. [1]
- (ii) Utilisez le graphique pour déterminer la vitesse de changement du flux lorsque $t=4,0$ ms. Expliquez votre réponse. [2]

.....

.....

.....

- (iii) Calculez la valeur efficace (moyenne quadratique) de la f.é.m. induite. [1]

.....

.....



SECTION B

Cette section comprend quatre questions : B1, B2, B3 et B4. Répondez à **deux** questions. Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.

- B1.** Cette question est en **deux** parties. La **Partie 1** porte sur la charge électrique et la résistance. La **Partie 2** porte sur le mouvement orbital.

Partie 1 Charge électrique et la résistance

- (a) Une tige en plastique XY est maintenue à l'extrémité X. On frotte l'extrémité Y avec un morceau d'étoffe et il en résulte que l'extrémité Y devient électriquement chargée.

On répète cette opération en utilisant une tige en cuivre et on découvre que la tige en cuivre reste électriquement neutre. Expliquez ces observations en termes des propriétés des conducteurs et des isolants.

[5]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

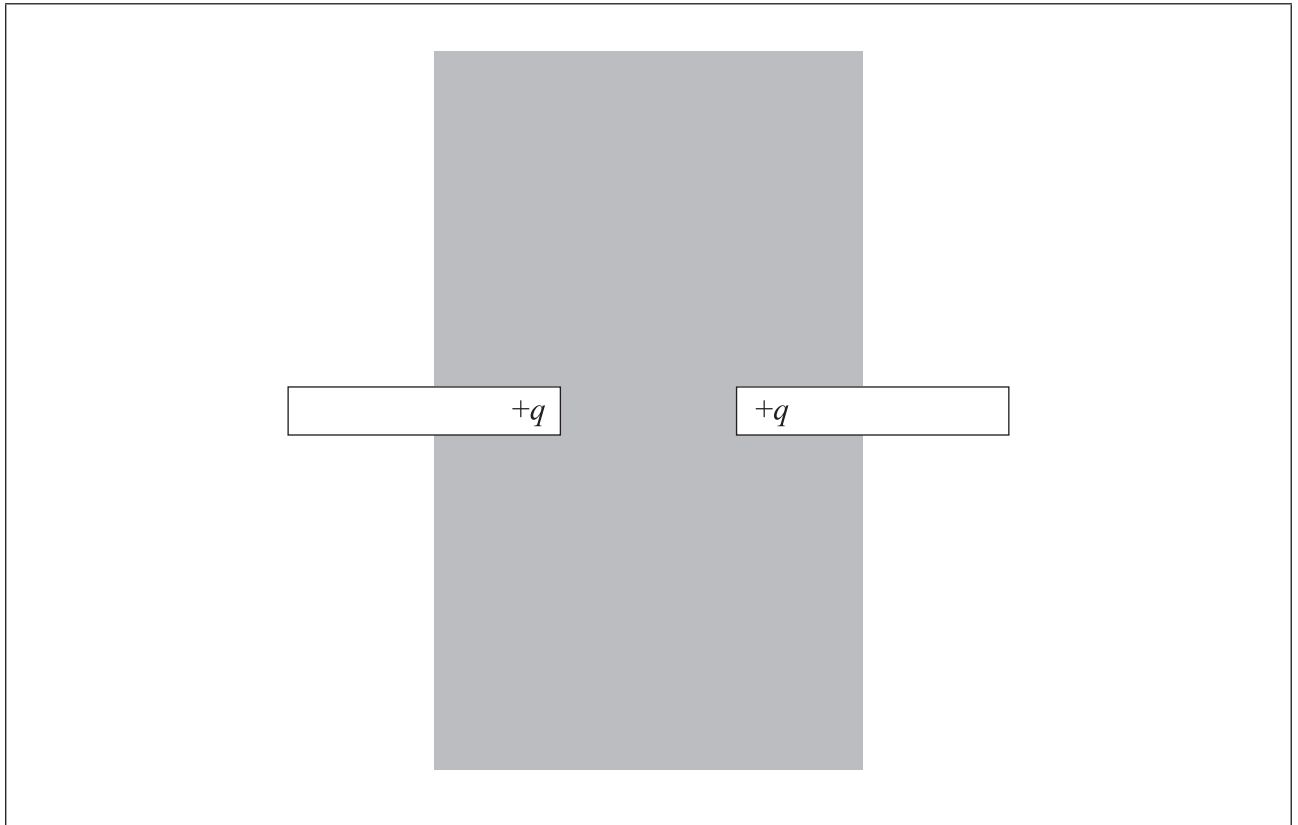
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1, partie 1)

- (b) Deux tiges en plastique ont une charge positive $+q$ située à une extrémité. Ces tiges sont disposées comme illustré.



Supposez que la charge à l'extrémité de chaque tige se comporte comme une charge ponctuelle. Dessinez, dans la région ombrée du schéma

- (i) les lignes de champ électrique dû à ces deux charges. [2]
- (ii) une ligne pour représenter une surface équipotentielle. Légendez cette ligne avec la lettre V. [1]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1, partie 1)

- (c) Une résistance d'une valeur de $1,5\,\Omega$ est fabriquée à partir d'un fil en cuivre d'un rayon de $0,18\,\text{mm}$. La résistivité du cuivre est $1,7 \times 10^{-8}\,\Omega\text{m}$. Déterminez la longueur du fil en cuivre utilisée pour fabriquer cette résistance. [2]

.....

.....

.....

.....

- (d) Le fabricant de la résistance en (c) garantit que sa résistance a une valeur de $1,5\,\Omega$ à 10 % près, à condition que la dissipation d'énergie dans la résistance ne dépasse pas $1,0\,\text{W}$.

- (i) Suggérez pourquoi la valeur de cette résistance pourrait être supérieure à $1,65\,\Omega$ si la dissipation d'énergie dans cette résistance était supérieure à $1,0\,\text{W}$. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Montrez que, pour une dissipation d'énergie de $1,0\,\text{W}$, le courant dans une résistance d'une valeur de $1,5\,\Omega$ est $0,82\,\text{A}$. [1]

.....

.....

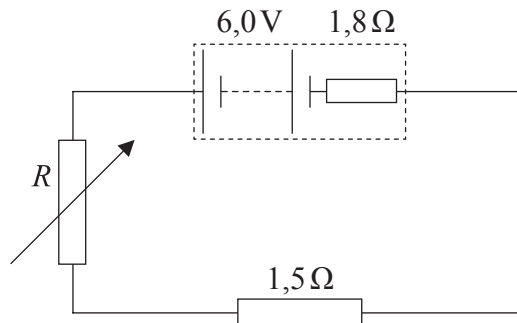
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1, partie 1)

- (iii) La résistance de $1,5\,\Omega$ est connectée en série avec une résistance variable et une batterie d'une f.é.m. de $6,0\,\text{V}$ et d'une résistance interne de $1,8\,\Omega$.



Estimez la valeur R de la résistance variable qui limitera le courant à $0,82\,\text{A}$.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1)

Partie 2 Mouvement orbital

- (a) Un satellite, d'une masse m , est en orbite autour de la Terre à une distance r du centre de la Terre. Déduisez que l'énergie cinétique E_k de ce satellite est égale à la moitié de la grandeur de l'énergie potentielle E_p de ce satellite.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

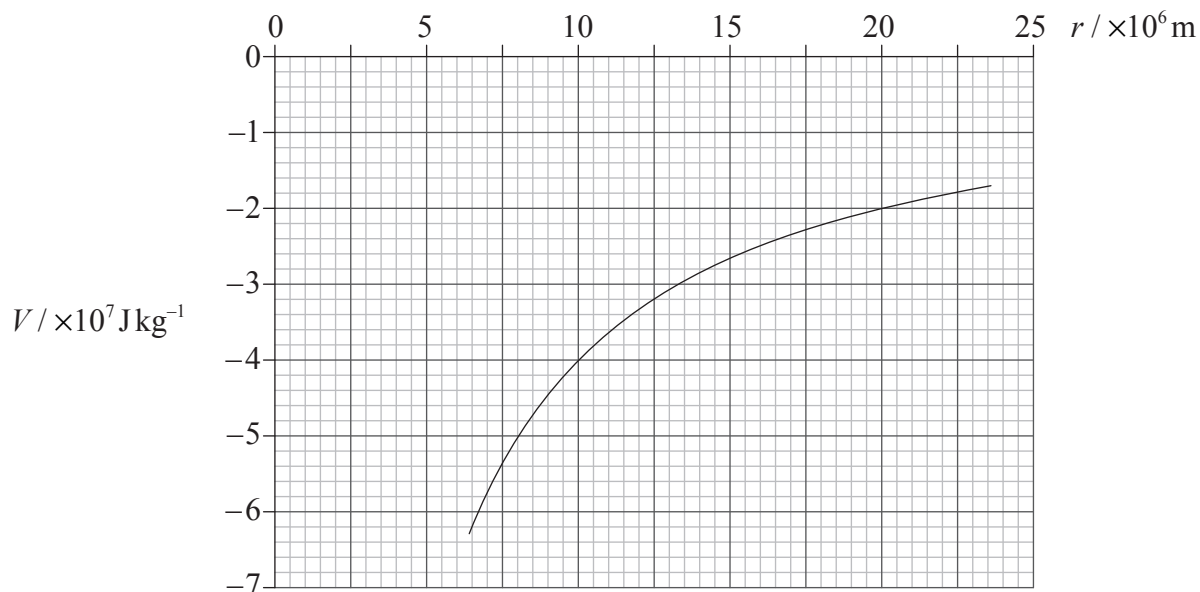
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1, partie 2)

- (b) Le graphique ci-dessous montre la variation, en fonction de la distance r , du potentiel gravitationnel V de la Terre. Les valeurs de V pour $r < R$, R étant le rayon de la Terre, ne sont pas montrées.



Le satellite en (a) a une masse de $8,2 \times 10^2 \text{ kg}$ et il est en orbite à une distance de $1,0 \times 10^7 \text{ m}$ du centre de la Terre. En utilisant des données sur le graphique et votre réponse à la question (a), calculez pour le satellite

- (i) son énergie totale.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1, partie 2)

(ii) sa vitesse orbitale.

[2]

.....

.....

.....

.....

(iii) l'énergie qu'il doit acquérir pour se déplacer sur une orbite à une distance de $2,0 \times 10^7$ m du centre de la Terre.

[2]

.....

.....

.....

.....



- B2.** Cette question est en **deux** parties. La **Partie 1** porte sur la production d'énergie et le réchauffement climatique. La **Partie 2** porte sur un dispositif de transfert de charge (CCD).

Partie 1 Production d'énergie et réchauffement climatique

- (a) Dans n'importe quelle transformation cyclique conçue pour convertir de l'énergie thermique en travail de façon continue, une certaine énergie est toujours dégradée. Expliquez ce qu'on entend par énergie dégradée. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Une centrale nucléaire utilise de l'uranium-235 (U-235) comme combustible. Résumez

- (i) les transformations et les changements d'énergie qui se produisent grâce auxquels une énergie thermique est produite. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2, partie 1)

- (ii) le rôle de l'échangeur de chaleur du réacteur et de la turbine dans la production d'énergie électrique. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) Identifiez **une** transformation dans la centrale électrique où l'énergie est dégradée. [1]

.....

- (d) La puissance de sortie maximum de la centrale thermique au charbon de Drax au Royaume-Uni est 4,0 GW. Déterminez la masse minimum U-235 pur qui serait requise par une centrale nucléaire pour fournir la même puissance de sortie annuelle maximum que la centrale thermique de Drax. [2]

$$\begin{aligned} \text{Densité énergétique U-235} &= 82 \text{ TJ kg}^{-1} \\ 1 \text{ an} &= 3,2 \times 10^7 \text{ s} \end{aligned}$$

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2, partie 1)

- (e) Il a été suggéré que la production de gaz à effet de serre par les centrales thermiques au charbon a augmenté le réchauffement climatique. Une preuve soutenant cette suggestion est l'augmentation du niveau de la mer dû à une augmentation de la température des océans. Au cours des 100 dernières années, il est suggéré que les niveaux des mers se sont élevés de $6,4 \times 10^{-2} \text{ m}$ à cause de l'expansion du volume.

En utilisant les données ci-dessous, déterminez l'augmentation moyenne de la température dans les niveaux supérieurs des océans au cours des 100 dernières années.

[3]

Profondeur moyenne des océans qui est affectée par le réchauffement climatique $= 4,0 \times 10^2 \text{ m}$

Coefficient d'expansion de volume de l'eau de mer $= 5,1 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2)

Partie 2 Dispositif de transfert de charge (CCD)

- (a) Exprimez **deux** avantages du stockage d'information sous une forme numérique plutôt que sous une forme analogique. [2]

1.

2.

- (b) Un CCD est en fait une puce de silicium qui est divisée en petites surfaces appelées pixels. Chaque pixel est pourvu d'électrodes. Résumez comment une lumière incidente sur un pixel produit un changement de la différence de potentiel de part et d'autre de ce pixel. [3]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2, partie 2)

- (c) Une lumière d'une fréquence de $7,2 \times 10^{14}$ Hz et d'une intensité de $1,6 \text{ mW m}^{-2}$ est incidente sur un pixel pendant un temps de 18 ms. La surface de ce pixel est $2,0 \times 10^{-10} \text{ m}^2$ et sa capacité est de 12 pF. Le changement dans la différence de potentiel de part et d'autre du pixel en résultant est $10 \mu\text{V}$.

- (i) Déduisez que le nombre de photons incidents sur ce pixel est $1,2 \times 10^4$. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Déterminez le rendement quantique de ce pixel. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

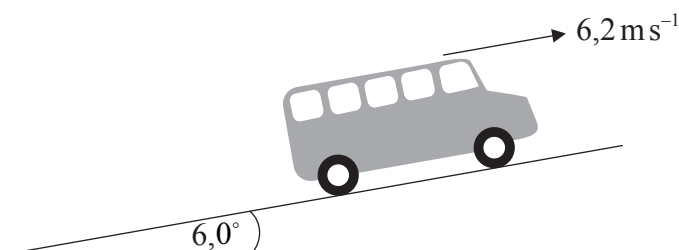
.....



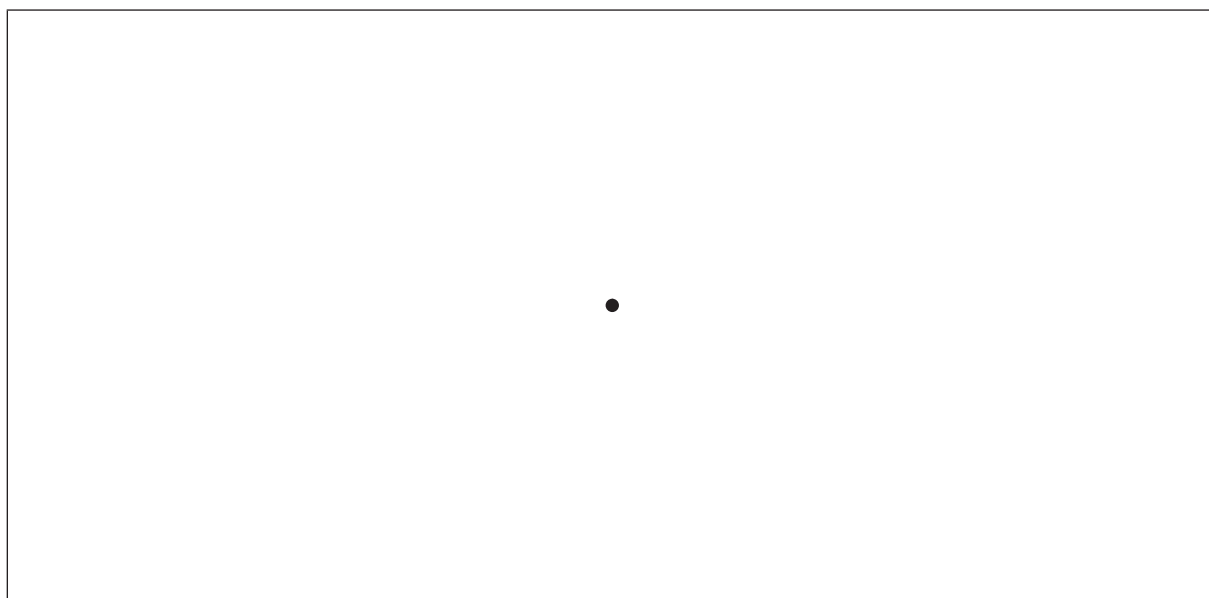
- B3.** Cette question est en **deux** parties. La **Partie 1** porte sur la puissance et le rendement. La **Partie 2** porte sur l'effet photoélectrique et la longueur d'onde de Louis de Broglie.

Partie 1 Puissance et rendement

Un autobus se déplace à une vitesse constante de $6,2 \text{ m s}^{-1}$ le long d'une section de route qui est inclinée à un angle de $6,0^\circ$ par rapport à l'horizontale.



- (a) (i) Cet autobus est représenté par le point noir reproduit ci-dessous. Dessinez une esquisse légendée pour représenter les forces agissant sur cet autobus. [4]



- (ii) Exprimez la valeur du taux de changement de la quantité de mouvement de cet autobus. [1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3, partie 1)

- (b) La puissance de sortie totale du moteur de cet autobus est 70 kW et le rendement du moteur est 35 %. Calculez la puissance d'entrée dans le moteur. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) La masse de cet autobus est $8,5 \times 10^3$ kg. Déterminez la vitesse d'augmentation de l'énergie potentielle gravitationnelle de cet autobus. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (d) En utilisant votre réponse à la question (c) et les données en (b), estimez la grandeur des forces résistives agissant sur cet autobus. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

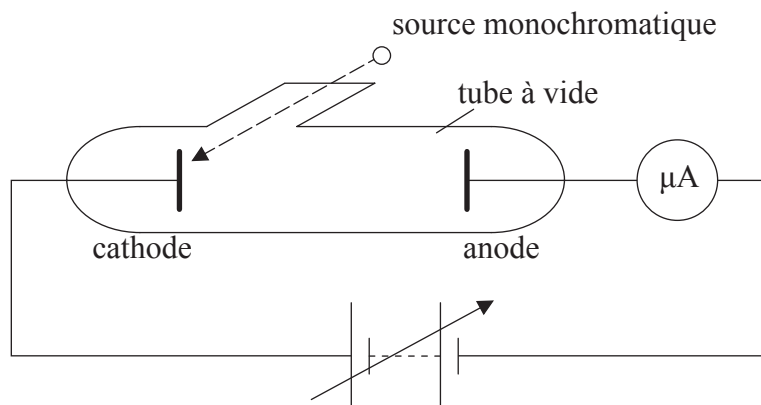
(Suite de la question à la page suivante)



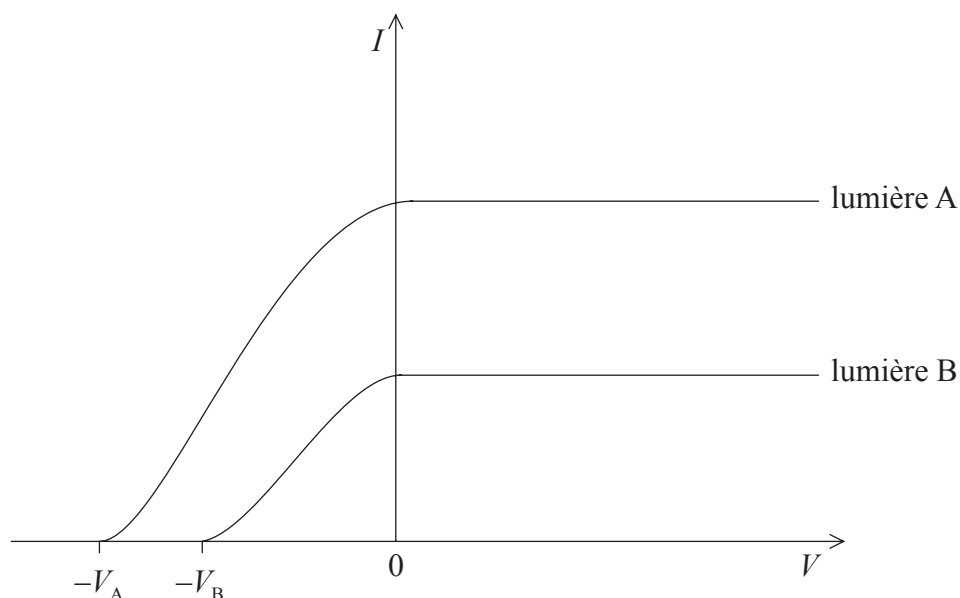
(Suite de la question B3)

Partie 2 Effet photoélectrique et longueur d'onde de Louis de Broglie

Le schéma ci-dessous est une représentation d'un appareil utilisé pour étudier l'effet photoélectrique.



La lumière émise par la source monochromatique est incidente sur une cathode placée dans un tube à vide. Une alimentation à tension variable est connectée entre l'anode et la cathode et le courant photoélectrique est enregistré par le microampèremètre. Le graphique esquissé montre comment le courant photoélectrique I varie en fonction de la différence de potentiel V entre l'anode et la cathode pour deux sources de lumière, A et B, de fréquences et d'intensités différentes.



(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3, partie 2)

- (a) Expliquez, en référence au modèle d'Einstein, quel graphique, A ou B, correspond à la lumière avec la plus grande fréquence. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) La fréquence de la lumière qui produit le graphique A est $8,8 \times 10^{14}$ Hz. La grandeur de V_A est 1,6 V.

- (i) Exprimez la valeur de l'énergie maximum, en eV, des électrons émis par la cathode. [1]

.....

- (ii) Déterminez le travail de sortie, en eV, de la surface de la cathode. [2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3, partie 2)

- (c) La fréquence de la lumière incidente est augmentée mais l'intensité reste constante. Expliquez pourquoi cette augmentation de la fréquence entraîne un changement du courant photoélectrique maximum (courant de saturation).

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (d) Les électrons émis par la photocathode ont une longueur d'onde de Louis de Broglie associée. Décrivez ce qu'on entend par longueur d'onde de Louis de Broglie.

[2]

.....

.....

.....

.....



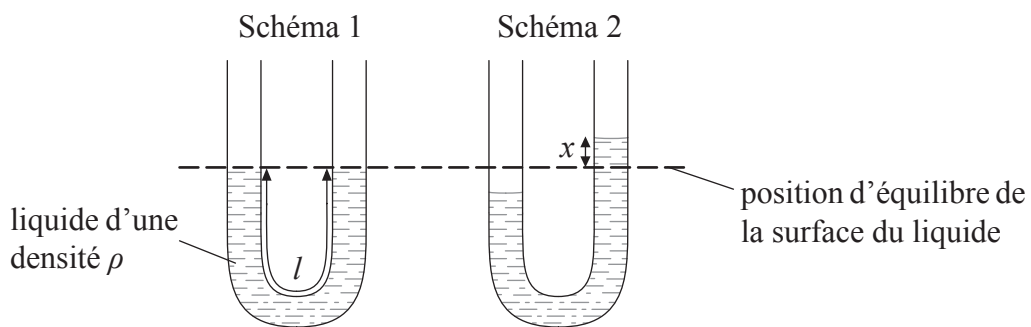
B4. Cette question porte sur le mouvement harmonique simple (MHS), sur le mouvement ondulatoire et sur la polarisation.

(a) En référence au mouvement harmonique simple, exprimez ce qu'on entend par amplitude. [1]

.....

.....

(b) Un liquide est contenu dans un tube en U.



La pression sur ce liquide est augmentée dans un côté du tube de façon à ce que le liquide soit déplacé comme montré sur le schéma 2. Lorsque cette pression est relâchée soudain, le liquide oscille. L'amortissement des oscillations est petit.

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

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B4)

- (ii) Le déplacement de la surface du liquide par rapport à sa position d'équilibre est x . L'accélération a du liquide dans le tube est donnée par l'expression

$$a = -\frac{2g}{l}x$$

où g est l'accélération de la chute libre et l la longueur totale de la colonne de liquide. Expliquez, en référence au mouvement du liquide, la signification du signe moins. [2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) La longueur totale de la colonne de liquide dans le tube est 0,32 m. Déterminez la période d'oscillation. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

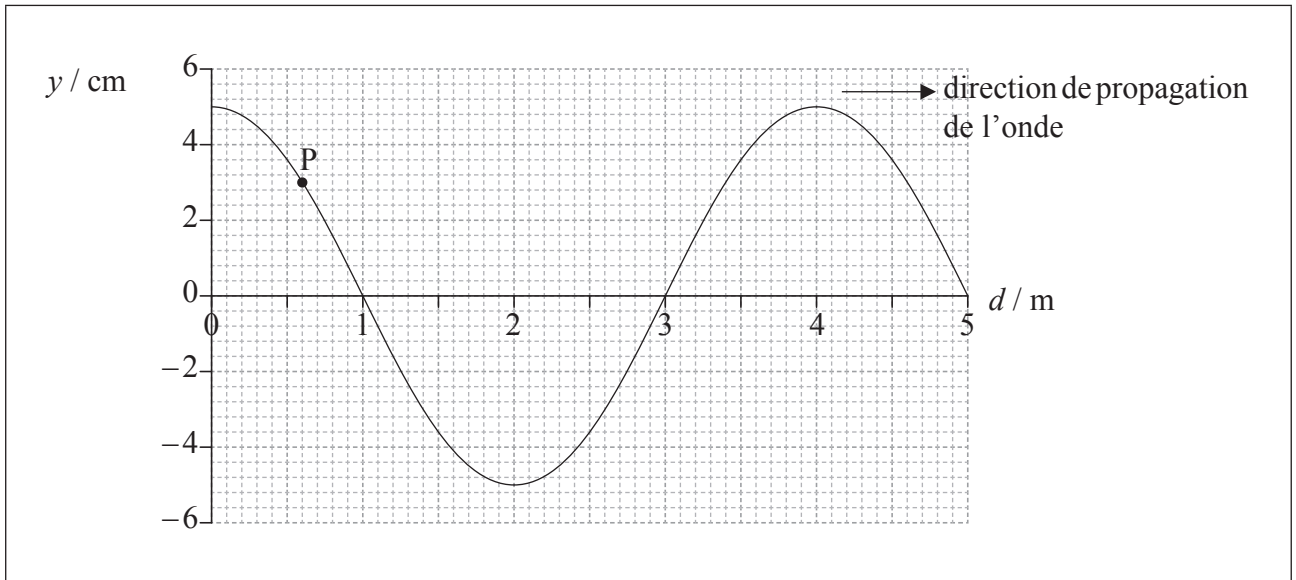
(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B4)

- (c) Une onde se propage le long d'une corde. Cette corde peut être modélisée comme une seule ligne de particules et chaque particule exécute un mouvement harmonique simple. La période d'oscillation de ces particules est 0,80 s.

Le graphique montre le déplacement y d'une partie de la corde au temps $t=0$. La distance le long de la corde est d .



- (i) Sur le graphique, dessinez une flèche pour montrer la direction du mouvement de la particule P à l'endroit marqué sur la corde. [1]
- (ii) Déterminez la grandeur du vecteur vitesse de la particule P. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B4)

(iii) Montrez que la vitesse de l'onde est $5,0 \text{ m s}^{-1}$.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

(iv) Sur le graphique ci-contre, légendez avec la lettre X la position de la particule P lorsque $t = 0,40 \text{ s}$.

[1]

(d) La corde en (c) est fixée aux deux extrémités et on la fait vibrer dans un plan vertical dans son premier harmonique.

(i) Décrivez comment l'onde stationnaire dans la corde donne lieu au premier harmonique.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) Résumez comment une onde progressive dans une corde peut être utilisée pour décrire la nature de la lumière polarisée.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

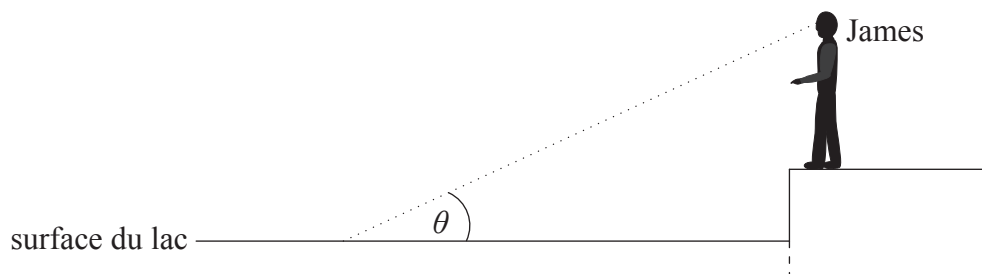
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B4)

- (e) James porte des lunettes de soleil polarisées et regarde la lumière du soleil réfléchie par la surface lisse d'un lac.



L'angle θ est l'angle entre la surface du lac et la ligne visuelle de James. Calculez la valeur de θ à laquelle la lumière du soleil réfléchie par la surface est minimisée. L'indice de réfraction de l'eau est 1,3.

[2]

.....

.....

.....

.....

