

**Physique**  
**Niveau supérieur**  
**Épreuve 2**

Jeudi 10 mai 2018 (après-midi)

Numéro de session du candidat

2 heures 15 minutes

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

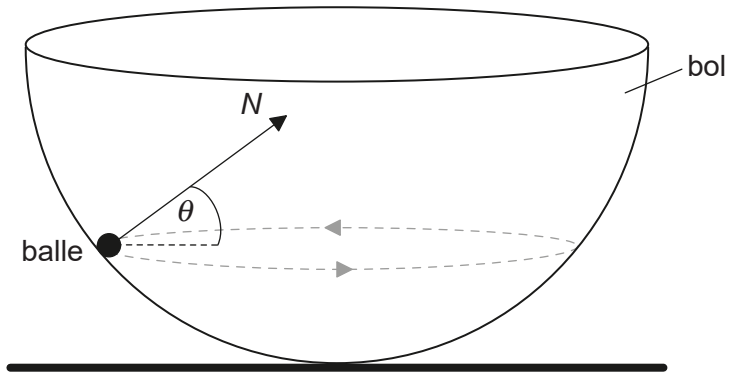
**Instructions destinées aux candidats**

- 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.
- 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 **[95 points]**.



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

1. (a) Une petite balle d'une masse  $m$  se déplace sur un cercle horizontal sur la surface interne d'un bol hémisphérique sans frottement.



La force de réaction normale  $N$  fait un angle  $\theta$  avec l'horizontale.

- (i) Exprimez la direction de la force résultante sur cette balle.

[1]

.....  
.....

- (ii) Sur le diagramme ci-dessous, construisez une flèche de la longueur correcte pour représenter le poids de cette balle.

[2]

The diagram shows a black dot representing the ball. A vector labeled 'N' points upwards and to the right from the dot. A horizontal dashed line extends to the right from the dot, representing the direction of the weight vector.

(Suite de la question à la page suivante)



**(Suite de la question 1)**

- (iii) Montrez que la grandeur de la force nette  $F$  sur cette balle est donnée par l'équation ci-dessous.

$$F = \frac{mg}{\tan\theta}$$

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Le rayon du bol est 8,0 m et  $\theta = 22^\circ$ . Déterminez la vitesse de cette balle.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) Résumez si cette balle peut se déplacer sur un trajet circulaire horizontal d'un rayon égal au rayon du bol.

[2]

.....

.....

.....

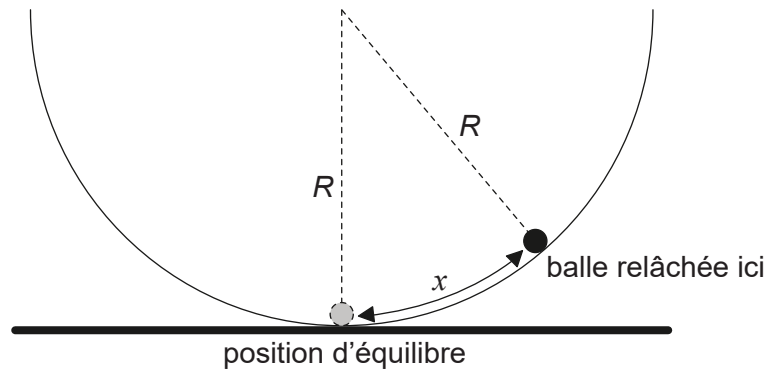
.....

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



**(Suite de la question 1)**

- (d) On déplace alors cette balle d'une petite distance  $x$  par rapport au du fond du bol et on la relâche ensuite depuis l'état de repos.



La grandeur de la force sur cette balle vers la position d'équilibre est donnée par

$$\frac{mgx}{R}$$

$R$  étant le rayon du bol.

- (i) Résumez pourquoi cette balle effectuera des oscillations harmoniques simples de part et d'autre de la position d'équilibre. [1]

.....

.....

- (ii) Montrez que la période d'oscillation de cette balle est environ 6 s. [2]

.....

.....

.....

.....

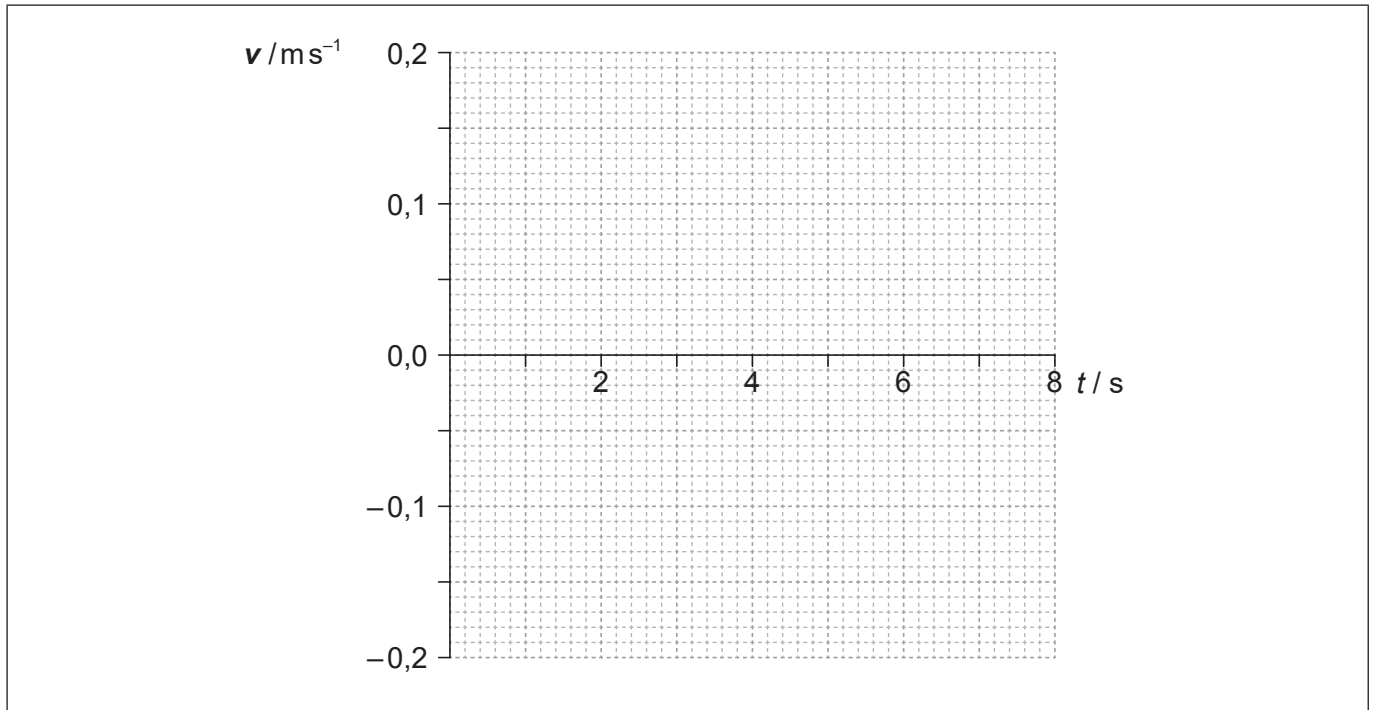
**(Suite de la question à la page suivante)**



**(Suite de la question 1)**

- (iii) L'amplitude d'oscillation est 0,12 m. Sur les axes ci-dessous, dessinez un graphique pour montrer la variation, en fonction du temps  $t$ , de la vitesse  $v$  de cette balle pendant une période.

[3]

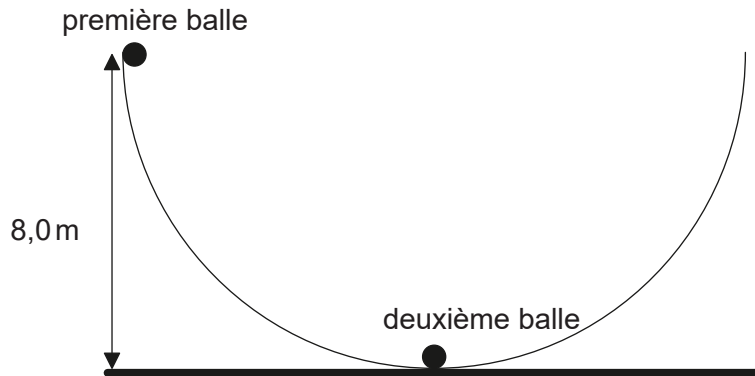


**(Suite de la question à la page suivante)**



**(Suite de la question 1)**

- (e) Une deuxième balle identique est placée au fond du bol et la première balle est déplacée de manière à ce que sa hauteur par rapport à l'horizontale soit égale à 8,0 m.



La première balle est relâchée et elle finit par heurter la deuxième balle. Les deux balles restent en contact. Déterminez, en m, la hauteur maximum atteinte par ces deux balles.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



2. (a) Un gaz monoatomique parfait est conservé dans un récipient d'un volume de  $2,1 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ , à une température de 310K et à une pression de  $5,3 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

(i) Exprimez ce qu'on entend par gaz parfait. [1]

.....  
.....

(ii) Calculez le nombre d'atomes dans ce gaz. [1]

.....  
.....

(iii) Calculez, en J, l'énergie interne de ce gaz. [2]

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

(b) On augmente le volume du gaz dans la question (a) à  $6,8 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  à une température constante.

(i) Calculez, en Pa, la nouvelle pression de ce gaz. [1]

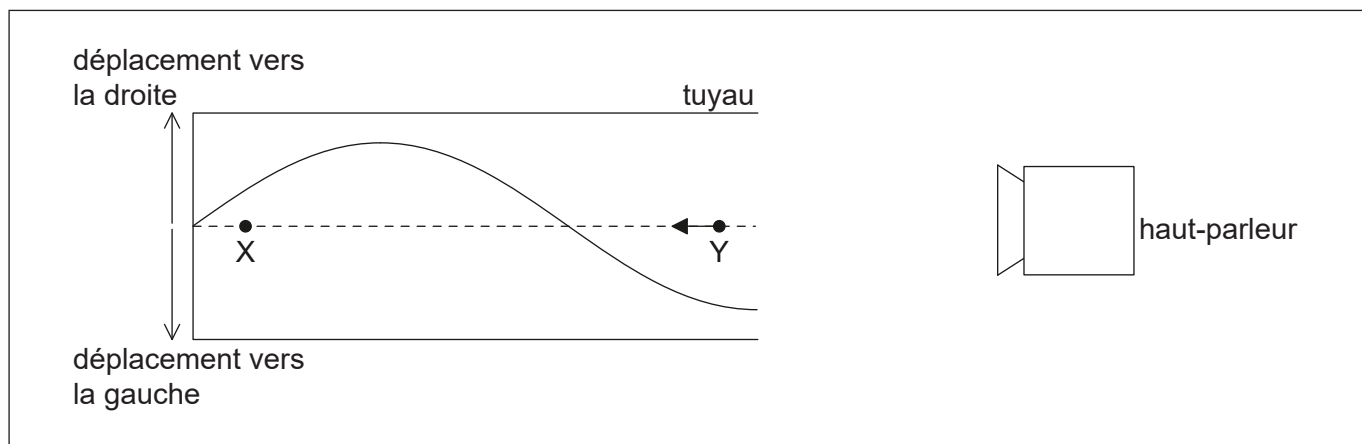
.....  
.....

(ii) Expliquez, en termes de mouvement moléculaire, ce changement de pression. [2]

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



3. (a) Un haut-parleur émet un son vers l'extrémité ouverte d'un tuyau. L'autre extrémité est fermée. Une onde stationnaire est formée dans ce tuyau. Le schéma ci-dessous représente le déplacement des molécules d'air dans le tuyau à un instant donné.



- (i) Résumez comment cette onde stationnaire est formée. [1]

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

X et Y représentent les positions d'équilibre de deux molécules d'air dans le tuyau. La flèche représente le vecteur vitesse de la molécule en Y.

- (ii) Dessinez une flèche sur le schéma pour représenter la direction du mouvement de la molécule en X. [1]
- (iii) Légendez un point N pour représenter un nœud de l'onde stationnaire. [1]
- (iv) La vitesse du son est  $340 \text{ m s}^{-1}$  et la longueur du tuyau est  $0,30 \text{ m}$ . Calculez, en Hz, la fréquence du son émis. [2]

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

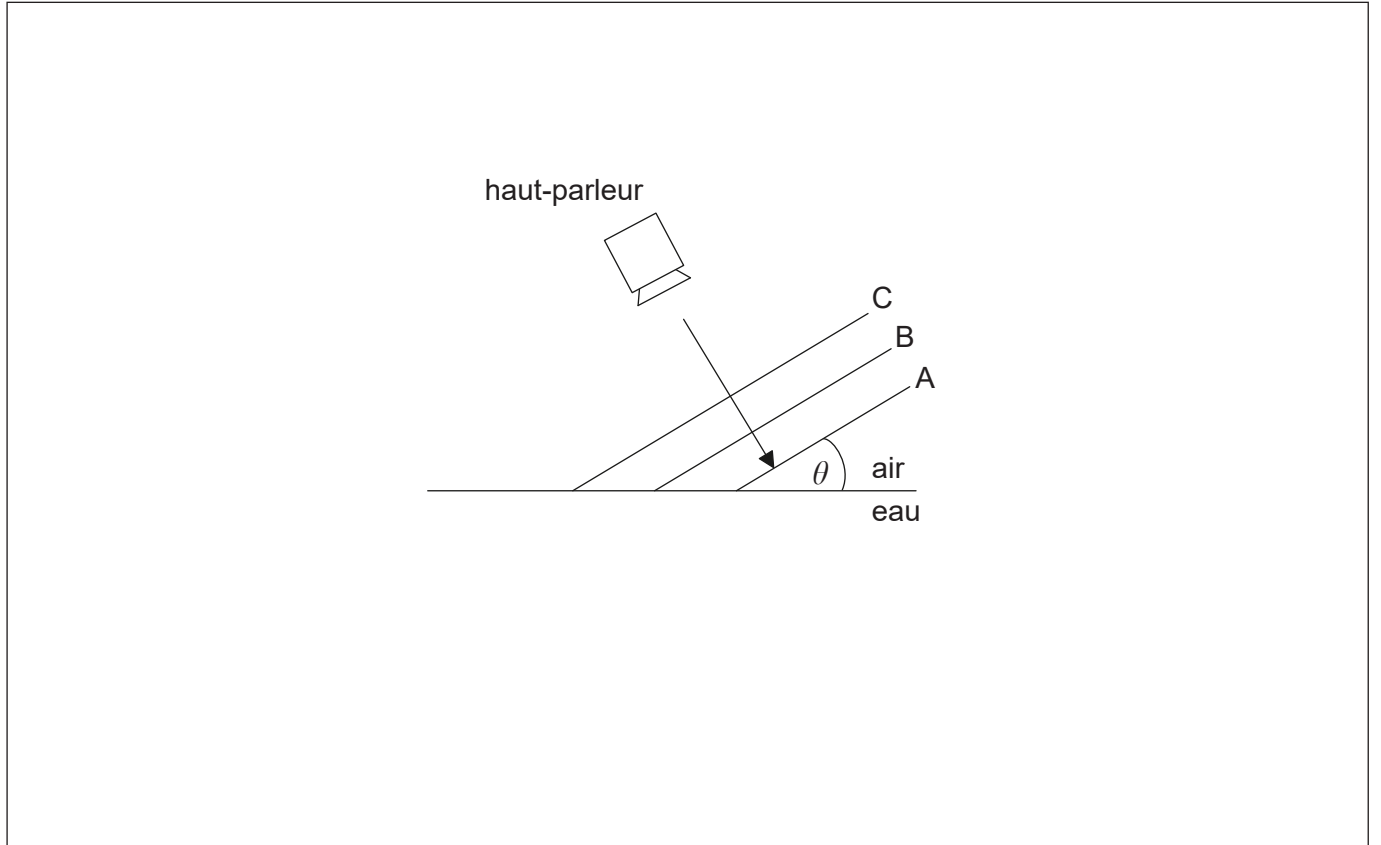
(Suite de la question à la page suivante)





(Suite de la question 3)

- (b) Le haut-parleur dans la question (a) émet alors un son vers une interface air-eau. A, B et C sont des fronts d'onde parallèles émis par le haut-parleur. Les parties des fronts d'onde A et B dans l'eau ne sont pas montrés. Le front d'onde C n'est pas encore entré dans l'eau.



- (i) La vitesse du son dans l'air est  $340 \text{ ms}^{-1}$  et dans l'eau, elle est  $1500 \text{ ms}^{-1}$ . Les fronts d'onde font un angle  $\theta$  avec la surface de l'eau. Déterminez l'angle maximum,  $\theta_{\text{max}}$ , auquel le son émis peut entrer dans l'eau. Donnez votre réponse avec le nombre correct de chiffres significatifs. [2]

.....

.....

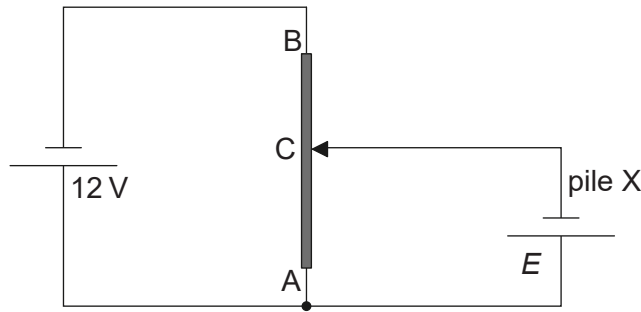
.....

.....

- (ii) Dessinez des droites sur le schéma pour compléter les fronts d'onde A et B dans l'eau pour  $\theta < \theta_{\text{max}}$ . [2]



4. Le schéma ci-dessous montre un circuit diviseur de tension utilisé pour mesurer la f.é.m.  $E$  d'une pile X. Les deux piles ont une résistance interne négligeable.



- (a) Exprimez ce qu'on entend par la f.é.m. d'une pile. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) AB est un fil d'une section transversale uniforme et d'une longueur de 1,0 m. La résistance du fil AB est  $80\ \Omega$ . Lorsque la longueur de AC est 0,35 m, le courant dans la pile X est nul.

- (i) Montrez que la résistance du fil AC est  $28\ \Omega$ . [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Déterminez  $E$ . [2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



**(Suite de la question 4)**

- (c) On remplace la pile  $X$  par une deuxième pile ayant une f.é.m. identique  $E$  mais avec une résistance interne de  $2,0\Omega$ . Commentez sur la longueur de  $AC$  pour laquelle le courant dans la deuxième pile est nul.

[2]

.....

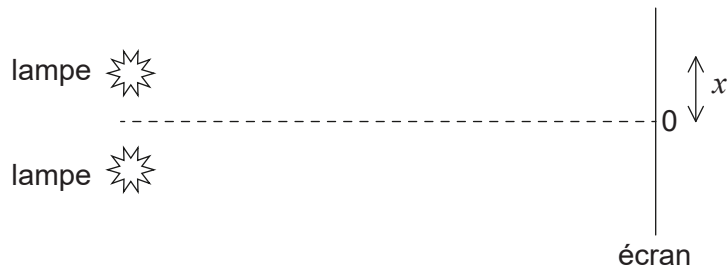
.....

.....

.....



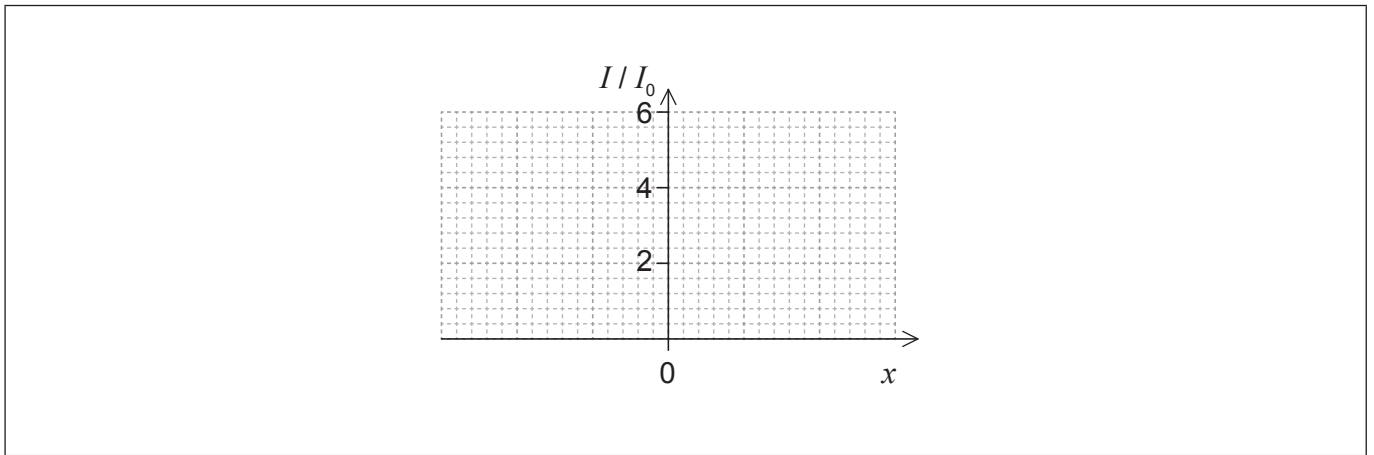
5. (a) Une lumière monochromatique provenant de deux lampes identiques arrive sur un écran.



L'intensité de la lumière sur l'écran provenant de chaque lampe séparément est  $I_0$ .

Sur les axes ci-dessous, representez un graphique pour montrer la variation, en fonction de la distance  $x$  sur l'écran, de l'intensité de la lumière  $I$  sur l'écran.

[1]

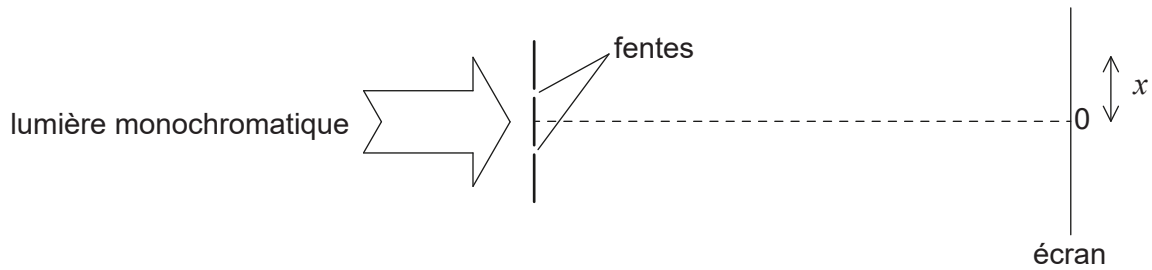


(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 5)

- (b) Une lumière monochromatique provenant d'une seule source est incidente sur deux fentes minces parallèles.

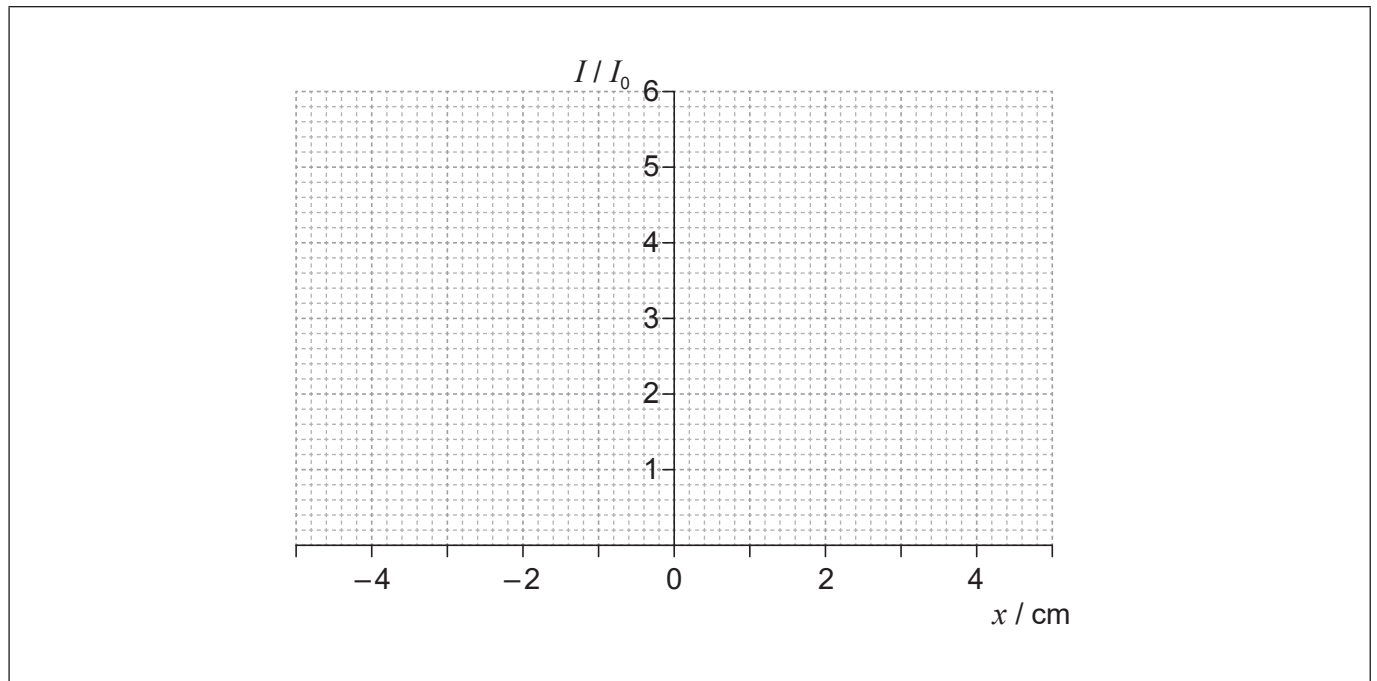


Les données suivantes sont disponibles.

- Séparation des fentes = 0,12 mm
- Longueur d'onde = 680 nm
- Distance de l'écran = 3,5 m

L'intensité  $I$  de la lumière au niveau de l'écran provenant de chaque fente séparément est  $I_0$ . Représentez, sur les axes ci-dessous, un graphique pour montrer la variation, en fonction de la distance  $x$  sur l'écran, de l'intensité de la lumière sur l'écran pour cet agencement.

[3]



- (c) La séparation des fentes est augmentée. Résumez **un** changement observé sur l'écran.

[1]

.....

.....

.....



Veillez ne **pas** écrire sur cette page.  
Les réponses rédigées sur cette page  
ne seront pas corrigées.



6. (a) Une planète a un rayon  $R$ . À une distance  $h$  au-dessus de la surface de cette planète, l'intensité du champ gravitationnel est  $g$  et le potentiel gravitationnel est  $V$ .

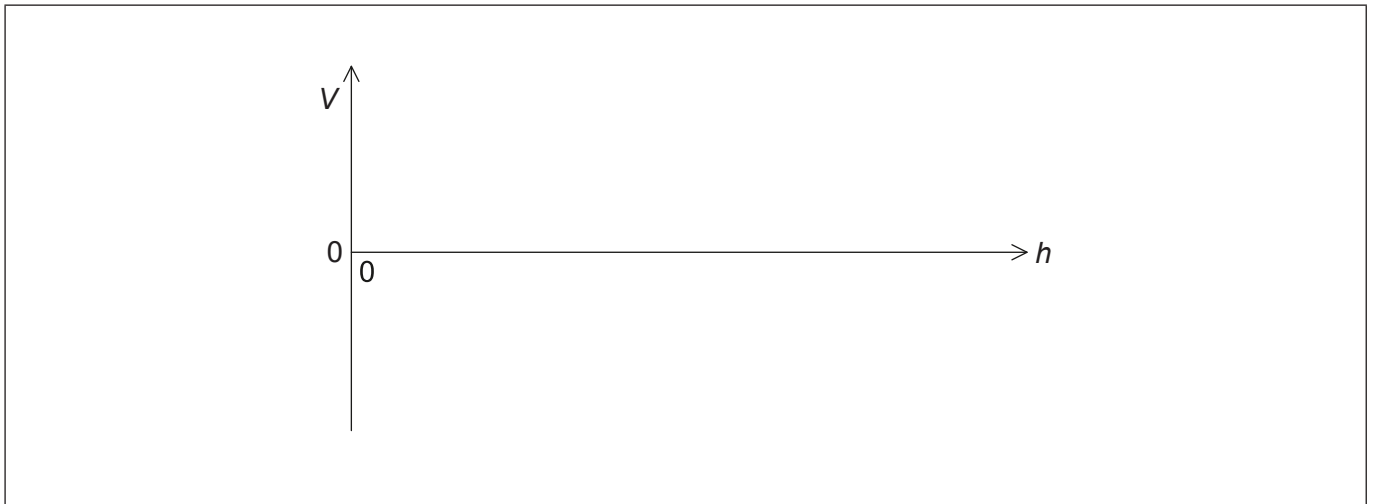
(i) Exprimez ce qu'on entend par intensité du champ gravitationnel. [1]

.....  
.....

(ii) Montrez que  $V = -g(R+h)$ . [2]

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

(iii) Dessinez un graphique, sur les axes ci-dessous, pour montrer la variation du potentiel gravitationnel  $V$  de cette planète en fonction de la hauteur  $h$  au-dessus de cette planète. [2]



(Suite de la question à la page suivante)



**(Suite de la question 6)**

- (b) Une planète a un rayon de  $3,1 \times 10^6$  m. À un point P à une distance de  $2,4 \times 10^7$  m au-dessus de la surface de cette planète, l'intensité du champ gravitationnel est  $2,2 \text{ N kg}^{-1}$ . Calculez le potentiel gravitationnel au point P, en utilisant une unité appropriée pour votre réponse.

[1]

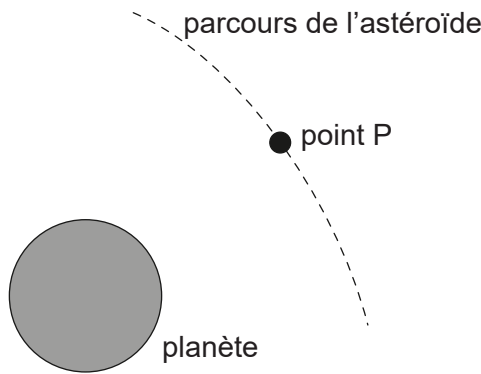
.....

.....

.....

.....

- (c) Le schéma ci-dessous montre le parcours d'un astéroïde tandis qu'il passe au-delà de cette planète.



Lorsque l'astéroïde était loin de la planète, il avait une vitesse négligeable. Estimez la vitesse de cet astéroïde au point P tel que défini dans la question (b).

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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





**(Suite de la question 6)**

- (d) La masse de cet astéroïde est  $6,2 \times 10^{12}$  kg. Calculez la force gravitationnelle ressentie par la **planète** lorsque cet astéroïde est au point P.

[2]

.....

.....

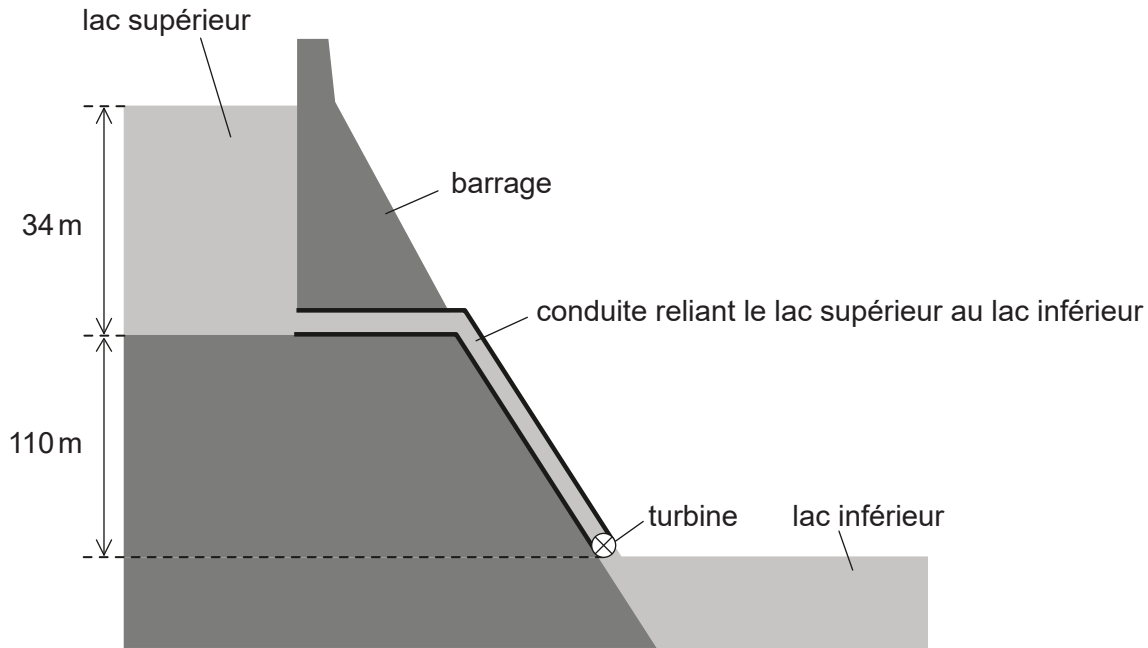
.....

.....

.....



7. Dans une centrale hydroélectrique à réserve pompée, de l'eau est accumulée dans un barrage d'une profondeur de 34 m.



pas à l'échelle

L'eau quittant le lac supérieur descend d'une distance verticale de 110 m et fait tourner la turbine d'une génératrice avant de sortir dans le lac inférieur.

- (a) L'eau s'écoule hors du lac supérieur à un débit de  $1,2 \times 10^5 \text{ m}^3$  par minute. La densité de l'eau est  $1,0 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ .

- (i) Estimez l'énergie spécifique de l'eau dans ce centrale hydroélectrique à réserve pompée, en donnant une unité appropriée pour votre réponse.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



**(Suite de la question 7)**

- (ii) Montrez que le taux avec lequel l'énergie potentielle gravitationnelle de l'eau diminue est de 2,5GW. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (iii) Ce système à accumulation produit 1,8GW de puissance électrique. Déterminez le rendement global de ce centrale hydroélectrique à réserve pompée. [1]

.....

.....

- (b) Après que le lac supérieur a été vidé, il doit être rempli à nouveau d'eau provenant du lac inférieur et cela nécessite de l'énergie. Suggérez comment les exploitants de ce centrale hydroélectrique à réserve pompée peuvent quand même faire un profit. [1]

.....

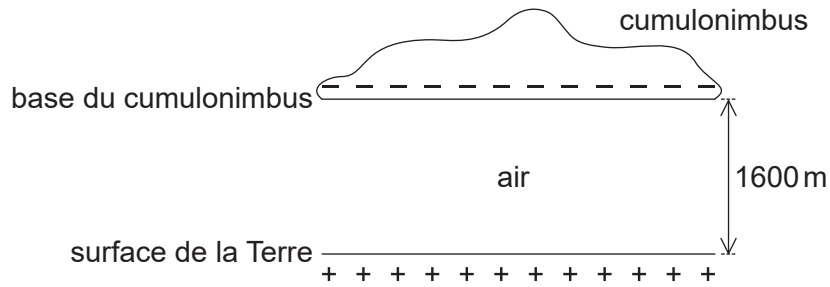
.....

.....

.....



8. Un cumulonimbus chargé négativement au-dessus de la surface de la Terre peut être modélisé par un condensateur plan.



La plaque inférieure du condensateur est la surface de la Terre et la plaque supérieure est la base du cumulonimbus.

Les données suivantes sont disponibles.

$$\text{Surface de la base du cumulonimbus} = 1,2 \times 10^8 \text{ m}^2$$

$$\text{Charge sur la base du cumulonimbus} = -25 \text{ C}$$

$$\text{Distance de la base du cumulonimbus de la surface de la Terre} = 1600 \text{ m}$$

$$\text{Permittivité de l'air} = 8,8 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$$

- (a) Montrez que la capacité de cet agencement est  $C = 6,6 \times 10^{-7} \text{ F}$ .

[1]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



**(Suite de la question 8)**

(b) Calculez

(i) en V, la différence de potentiel entre ce cumulonimbus et la surface de la Terre. [2]

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

(ii) en J, l'énergie accumulée dans ce système. [2]

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

(c) La foudre se produit lorsque le condensateur se décharge à travers l'air entre le cumulonimbus et la surface de la Terre. La constante de temps de ce système est 32 ms. Un coup de foudre dure pendant 18 ms.

(i) Montrez qu'environ  $-11\text{ C}$  de charge sont fournis à la surface de la Terre. [3]

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

(ii) Calculez, en A, le courant moyen pendant la décharge. [1]

.....  
.....

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



**(Suite de la question 8)**

- (d) Exprimez **une** supposition qu'on a besoin de faire pour que le système Terre-cumulonimbus puisse être modélisé par un condensateur plan. [1]

.....

.....

9. (a) Rutherford construisit un modèle de l'atome en se basant sur les résultats de l'expérience de la diffusion des particules alpha. Décrivez ce modèle. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Bohr modifia le modèle de Rutherford en introduisant la condition  $mvr = n \frac{h}{2\pi}$ . Résumez la raison de cette modification. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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



**(Suite de la question 9)**

- (c) (i) Montrez que la vitesse  $v$  d'un électron dans l'atome d'hydrogène est liée au rayon  $r$  de l'orbite par l'expression

$$v = \sqrt{\frac{ke^2}{m_e r}}$$

dans laquelle  $k$  est la constante de Coulomb.

[1]

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

- (ii) En utilisant la réponse aux questions (b) et (c)(i), déduisez que le rayon  $r$  de l'orbite de l'électron dans l'état fondamental de l'hydrogène est donné par l'expression ci-dessous.

$$r = \frac{h^2}{4\pi^2 k m_e e^2}$$

[2]

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

- (iii) Calculez le rayon orbital de l'électron dans la question (c)(ii).

[1]

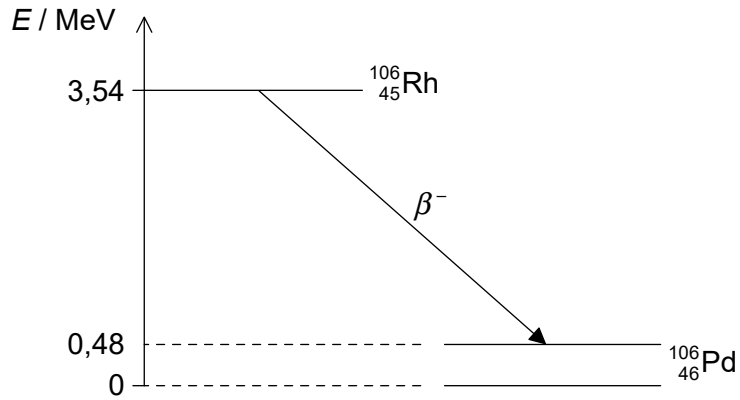
.....  
.....

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



(Suite de la question 9)

(d) Le rhodium 106 ( $^{106}_{45}\text{Rh}$ ) se désintègre en palladium 106 ( $^{106}_{46}\text{Pd}$ ) par la désintégration bêta moins ( $\beta^-$ ). Le diagramme ci-dessous montre certains des niveaux d'énergie nucléaire du rhodium 106 et du palladium 106. La flèche représente la désintégration  $\beta^-$ .



(i) Expliquez ce qu'on peut déduire sur l'énergie de l'électron dans la désintégration  $\beta^-$ . [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) Suggérez pourquoi la désintégration  $\beta^-$  est suivie par l'émission d'un photon de rayon gamma. [1]

.....

.....

(iii) Calculez la longueur d'onde du photon de rayon gamma dans la question (d)(ii). [2]

.....

.....

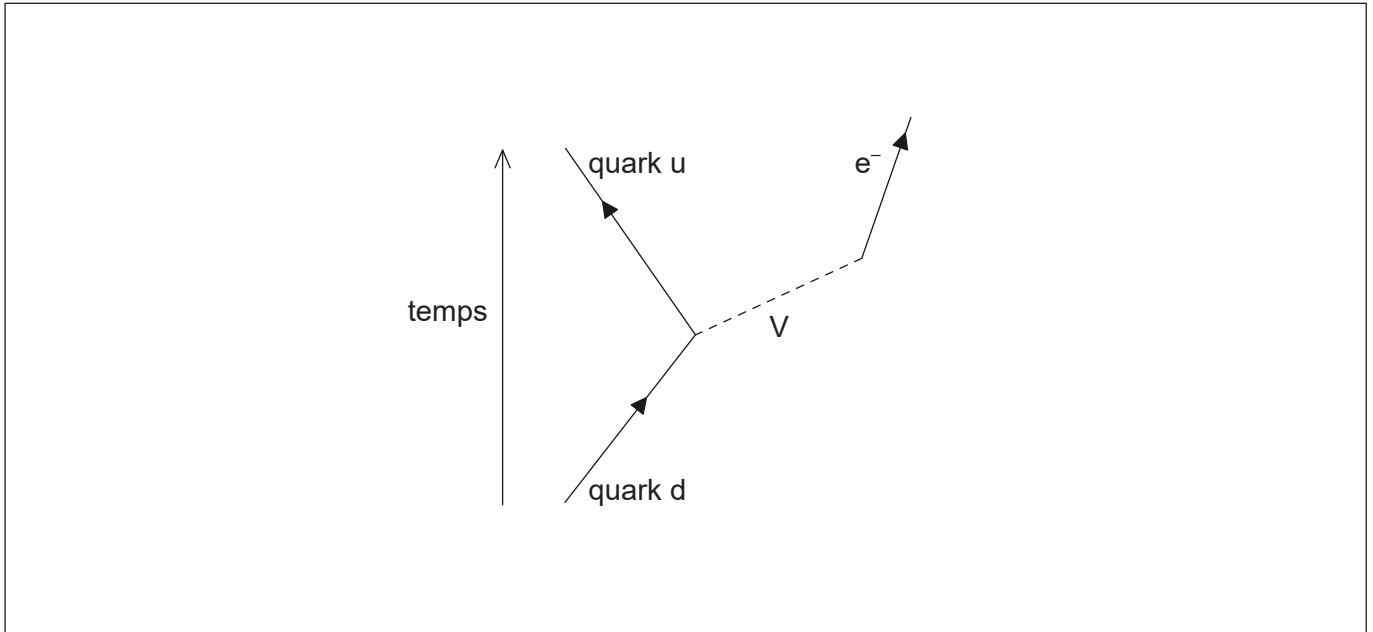
(Suite de la question à la page suivante)





(Suite de la question 9)

(e) La désintégration  $\beta^-$  est décrite par le diagramme de Feynman incomplet suivant.



(i) Dessinez une flèche légendée pour compléter ce diagramme de Feynman. [1]

(ii) Identifiez la particule V. [1]

.....

.....



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

Les réponses rédigées sur cette page  
ne seront pas corrigées.



28EP26

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