

# Concours de l'A.C.P.

6 Avril 2009

9:00 – 12:00

## Feuille d'information du Candidat

L'information fournie ci-dessous est utilisée pour communiquer au candidat et aux collègues les résultats du concours, pour déterminer l'éligibilité du candidat à certains concours ultérieurs, ainsi qu'à des fins statistiques. Seul le code du candidat, attribué par le coordonnateur provincial, identifie ses copies lors de la correction.

Code du candidat:

SVP ne rien inscrire dans cet espace.

### **PRIÈRE D'ÉCRIRE LISIBLEMENT EN LETTRES MAJUSCULES.**

Nom de famille: \_\_\_\_\_ Prénom: \_\_\_\_\_

Adresse (domicile): \_\_\_\_\_

Code Postal: \_\_\_\_\_

Téléphone: (     ) \_\_\_\_\_ Courriel: \_\_\_\_\_

Collège ou école: \_\_\_\_\_ Année: \_\_\_\_\_

Professeur(e) de physique: \_\_\_\_\_

Date de naissance: \_\_\_\_\_ Sexe: M  F

Citoyenneté: \_\_\_\_\_

Depuis combien d'années étudiez-vous dans un établissement canadien? \_\_\_\_\_

Préférez-vous recevoir votre correspondance en français ou en anglais? \_\_\_\_\_

Commandité par:

L'Association Canadienne des Physiciens  
Les Olympiades canadiennes de chimie et de physique

## Association canadienne des physiciens Concours de physique 2009

La durée de cet examen est de trois heures. Le rang d'un candidat et le prix accordé seront basés sur les réponses aux parties A, B et C. La partie A comporte 20 questions à choix multiples et la partie B comporte 5 questions où l'on vous demande de dessiner un graphique. Les résultats de la partie A serviront à déterminer les candidats dont les réponses écrites à la partie B et la partie C seront corrigées. La pondération sera de 40% pour la partie A, 10% pour la partie B, et 50% pour la partie C. Les questions de la partie C présentent un spectre varié de difficulté. Essayez d'accumuler le plus de points possible dans les problèmes plus faciles avant de vous attaquer aux plus difficiles. Dans certains cas, par exemple, la réponse à la partie (a) est nécessaire à la solution de la partie (b); si vous ne pouvez répondre rigoureusement à la partie (a), vous pouvez tout de même passer à la partie (b) en admettant une solution hypothétique à la partie (a). On ne s'attend pas à ce que les étudiants puissent terminer cet examen à temps. Chaque question à développement peut comporter une partie très difficile.

Les calculatrices non programmables sont autorisées. Ayez soin de bien indiquer les réponses aux questions à choix multiples sur la carte-réponse qui vous est fournie et, surtout, écrivez vos solutions à chacun des problèmes à développement sur des **feuilles séparées**, ces questions étant corrigées par des personnes différentes en des endroits différents. Bonne chance!

### Données

Vitesse de la lumière  $c = 3,00 \times 10^8$  m/s  
 Constante de gravitation  $G = 6,67 \times 10^{-11}$  N·m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>  
 Accélération gravitationnelle  $g = 9,80$  m/s<sup>2</sup>  
 Densité de l'eau douce  $\rho = 1,00 \times 10^3$  kg/m<sup>3</sup>  
 Chaleur massique de l'eau  $c = 4,19 \times 10^3$  J/(kg·K)  
 Pression atmosphérique normale  $P_0 = 1,01 \times 10^5$  Pa  
 Charge élémentaire  $e = 1,60 \times 10^{-19}$  C  
 Masse de l'électron  $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$  kg  
 Masse du proton  $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$  kg

### Partie A: Choix Multiples

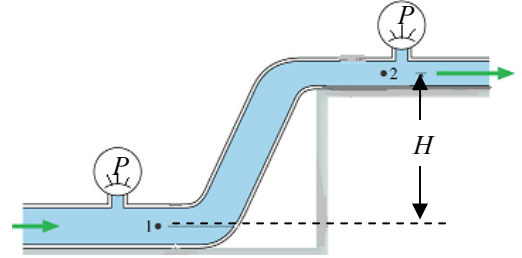
#### Question 1

Une balle tombe au sol à partir d'une hauteur  $h$  et rebondit à une hauteur  $h'$ . La quantité de mouvement est conservée dans le système balle-terre:

- peu importe la hauteur  $h'$
- seulement si  $h' < h$ .
- seulement si  $h' = h$ .
- seulement si  $h' > h$ .
- seulement si  $h' \geq h$ .

#### Question 2

Un tuyau dans lequel l'eau potable est plié tel que le schéma. Les sections 1 et 2 du tuyau



sont horizontales mais la section 2 se trouve à une hauteur  $H$  par rapport à la section 1. Le diamètre du tuyau pour la section 1 est 1,5 fois plus grand que le diamètre du tuyau pour la section 2. Indiquez lequel des énoncés ci-dessous portant sur la relation entre les pressions hydrostatiques telles que mesurées par des jauges aux sections 1 et 2, est le plus complet :

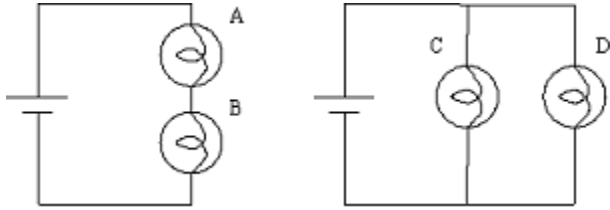
- $P_1 < P_2$  parce que l'eau s'écoule plus lentement dans la section 1.
- $P_1 > P_2$  parce que l'eau s'écoule plus lentement dans la section 1.
- $P_1 > P_2$  parce que la section 1 est plus basse que la section 2.
- $P_1 > P_2$  parce que l'eau s'écoule plus lentement dans la section 1 et que la section 1 est plus basse que la section 2.
- Pour une valeur donnée de  $H$ ,  $P_1 = P_2$  parce que l'écoulement plus lent dans la section 1 est compensé par la pression hydrostatique due à la différence de hauteur entre les deux sections.

#### Question 3

On sait qu'une personne émet 500 W en rayonnement. On sait aussi qu'une personne assise immobile utilise environ 100 W d'énergie chimique. D'où provient principalement le reste de l'énergie?

- de la chaleur qui est transférée par conduction de l'air au corps.
- de la convection de la chaleur.
- Du rayonnement provenant des objets qui nous entourent.
- L'énergie émise de notre corps n'a pas besoin d'avoir une source.
- Du fait que l'on brûle du gras que l'on a accumulé auparavant.

### Question 4

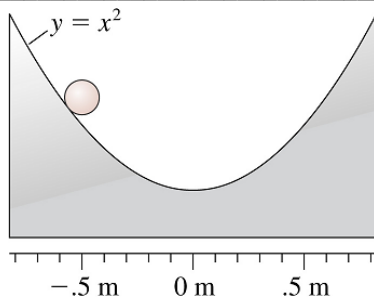


Les piles dans les deux circuits ci-dessus sont identiques et maintiennent une tension constante. Les ampoules électriques A,B,C,D sont identiques et ont une résistance  $R$ . On suppose que les ampoules produisent plus de lumière lorsqu'il y a plus de courant qui circule dans le circuit. Lesquelles des relations suivantes décrivent correctement la luminosité des ampoules?

- (a)  $A = B > C = D$
- (b)  $C = D > A = B$
- (c)  $A = B = C = D$
- (d)  $A = C > B = D$

### Question 5

La figure ci-contre montre un accéléromètre : un appareil servant à mesurer l'accélération horizontale des voitures et des avions. Cet appareil consiste en une boule qui est

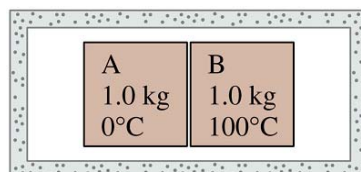


libre de se déplacer sur une piste parabolique. Une échelle graduée au bas de la piste permet de mesurer la position en  $x$  de la boule sur le plan horizontal. Quelle est l'accélération d'une voiture en  $\text{m/s}^2$  lorsque le déplacement de la boule est de 0,20 m?

- (a) 3,9
- (b) 3,6
- (c) 26,5
- (d) 24,5
- (e) 9,1

### Question 6

Deux objets A et B, isolés de l'environnement, sont initialement séparés l'un de l'autre et sont ensuite mis en contact thermique. Les températures initiales sont  $T_A = 0^\circ\text{C}$  et  $T_B = 100^\circ\text{C}$ . La chaleur spécifique de A est inférieure à celle de B. Après un certain temps, le système atteint l'état d'équilibre. Les températures finales sont:



- (a)  $T_A = T_B > 50^\circ\text{C}$
- (b)  $T_A > T_B > 50^\circ\text{C}$
- (c)  $T_A = T_B < 50^\circ\text{C}$
- (d)  $T_B > T_A > 50^\circ\text{C}$
- (e)  $T_A = T_B = 50^\circ\text{C}$

### Question 7

Un objet se déplace avec une vitesse constante  $v_0$  vers une source qui est au repos. La source émet des ondes sonores de fréquence  $f_0$ . La fréquence de l'écho qui retourne vers la source après avoir été réfléchi par l'objet est donnée par :

- (a)  $f_{echo} = f_0 \frac{v}{v - v_0}$
- (b)  $f_{echo} = f_0 \frac{v - v_0}{v + v_0}$
- (c)  $f_{echo} = f_0 \frac{v + v_0}{v - v_0}$
- (d)  $f_{echo} = f_0 \frac{v + v_0}{v}$

### Question 8

Une astronaute décolle de la planète Zuton dans un vaisseau spatial. L'accélération gravitationnelle sur Zuton est quatre fois moindre que celle de la terre. Au moment du décollage, l'accélération du vaisseau est de  $2,45 \text{ m/s}^2$  (vers le haut).

Quel est le rapport entre le poids de l'astronaute à cet instant et son poids à la surface de la terre?

- (a) 4
- (b) 2
- (c) 1
- (d) 0,5
- (e) 0,25

### Question 9

Une masse de 0,50 kg qui est attachée au bout d'une ficelle tourne en décrivant un cercle vertical de rayon 2,0 m.

Lorsque la ficelle est à l'horizontale, la masse se déplace à une vitesse de 8,0 m/s. Quelle est la valeur de la force exercée par la ficelle sur la masse à cette position?

- (a) 16 N
- (b) 17 N
- (c) 21 N
- (d) 11 N
- (e) 25 N

### Question 10

Quelle est la vitesse d'un électron qui passe, sans être dévié, à travers des champs électriques et magnétiques perpendiculaires ayant pour valeurs  $E = 4.0 \text{ kV/m}$  et  $B = 8.0 \text{ mT}$ ?

- (a) 32 m/s
- (b) 500 km/s
- (c)  $2 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
- (d) 500 m/s
- (e) 2 km/s

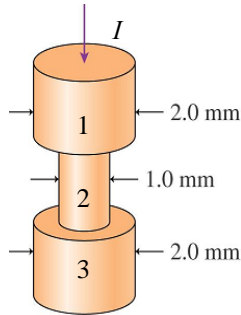
**Question 11**

Une masse suspendue par deux ressorts identiques connectés en série, oscille de façon harmonique dans la direction verticale. La fréquence d'oscillation est donnée par  $f_1$ . Par la suite, les ressorts sont reconnectés à la masse en parallèle. La fréquence d'oscillation verticale est maintenant égale à :

- (a)  $f_1$
- (b)  $2f_1$
- (c)  $f_1/4$
- (d)  $4f_1$
- (e)  $f_1/2$

**Question 12**

Un morceau de fil d'aluminium (voir le dessin ci-contre) est branché à un circuit fournissant une source constante de courant. Parmi les choix ci-dessous, lequel donne les bonnes valeurs pour le courant ( $I$ ), pour la quantité de chaleur émise par seconde et par unité de longueur ( $P$ ), et pour le champ électrique ( $E$ ) à l'intérieur de chaque segment du fil?



- (a)  $I_1 = I_2 = I_3$ ;  $P_1 = P_2 = P_3$ ;  $E_1 = E_2 = E_3$ .
- (b)  $I_1 = I_3 = \frac{1}{2} I_2$ ;  $P_1 = P_3 = \frac{1}{16} P_2$ ;  $E_1 = E_2 = E_3$ .
- (c)  $I_1 = I_3 = \frac{1}{2} I_2$ ;  $P_1 = P_3 = \frac{1}{16} P_2$ ;  $E_1 = E_3 = \frac{1}{2} E_2$ .
- (d)  $I_1 = I_2 = I_3$ ;  $P_1 = P_3 = \frac{1}{4} P_2$ ;  $E_1 = E_2 = E_3$ .
- (e)  $I_1 = I_2 = I_3$ ;  $P_1 = P_3 = \frac{1}{4} P_2$ ;  $E_1 = E_3 = \frac{1}{4} E_2$ .

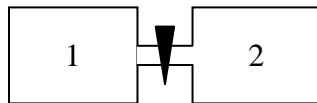
**Question 13**

Un vaisseau spatial de masse  $m$  est en orbite circulaire de rayon  $R$  autour d'une planète de masse  $M$ . Quelle est l'énergie minimale requise pour envoyer le vaisseau à une distance où la force gravitationnelle exercée par la planète sur le vaisseau est négligeable?

- (a)  $GmM/(4R)$
- (b)  $GmM/R$
- (c)  $GmM/(2R)$
- (d)  $GmM/(3R)$
- (e)  $2GmM/(5R)$

**Question 14**

Deux contenants identiques isolés thermiquement de

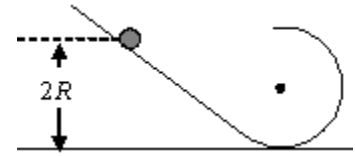


l'environnement sont séparés par une valve. Initialement, il y a un gaz parfait dans le contenant 1 mais le contenant 2 est sous vide. Peu après, la valve est ouverte et le gaz dans les deux contenants atteint l'état d'équilibre. Lequel des énoncés suivants est vrai?

- (a) La masse molaire du gaz diminue.
- (b) Le travail produit par le gaz est nul.
- (c) La température du gaz diminue.
- (d) Le travail produit par le gaz est positif et il est égal à la valeur absolue du changement de l'énergie interne du gaz.

**Question 15**

Durant les vacances d'hiver, des enfants utilisent de la neige et de l'eau pour construire des glissades (sans friction) de différentes formes dans le but de faire différentes expériences. La vue de profil d'une de ces expériences est montrée dans la figure : un segment linéaire de la glissade est transféré de façon continue à un segment circulaire de rayon  $R$ . Une rondelle, initialement au repos, se met à glisser à partir d'une hauteur  $2R$ . L'accélération de la rondelle au point le plus bas de sa trajectoire est :



- (a)  $g$
- (b)  $2g$
- (c)  $3g$
- (d)  $4g$
- (e)  $0$

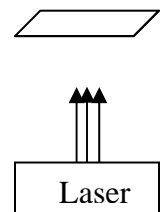
**Question 16**

Une étoile explose devenant une supernova. Juste après l'explosion, la matière stellaire restante forme une sphère uniforme de rayon  $8,0 \times 10^6$  m avec une période de rotation de 15 heures. Cette matière restante se contracte éventuellement en une étoile à neutron qui a un rayon de 4,0 km et une période de rotation  $T$  de :

- (a) 14 s
- (b) 3,8 h
- (c) 0,021 s
- (d) 0,014 s
- (e) 0,0075 h

**Question 17**

Un laser à impulsions peut être considéré comme une source qui émet des photons durant un certain intervalle de temps, suivi d'un intervalle de temps pendant lequel aucun photon n'est émis. Les impulsions sont répétées périodiquement. Le diamètre du faisceau laser est  $d = 10$  microns. Le faisceau est dirigé vers le



haut et frappe de façon perpendiculaire la surface d'une feuille mince ayant un indice de réflexion  $\rho = 0,50$  (voir le dessin de l'expérience à droite). L'indice de réflexion de la surface est le rapport de l'énergie réfléchie sur l'énergie qui frappe la surface. Une impulsion d'une durée de 0,13 ms a une énergie totale de 10 J. Quelle est la masse de la feuille qui peut être supportée uniquement grâce à la pression de la lumière du faisceau laser?

- (a)  $< 39$  g
- (b)  $< 3,1 \times 10^{-12}$  g
- (c)  $< 39$  mg
- (d)  $< 3,7$  g
- (e)  $< 0,38$  g

**Question 18**

Deux ondes sinusoïdales, voyageant à la même vitesse dans des directions opposées, interfèrent ensemble et produisent une onde stationnaire ayant pour représentation la fonction:  $y = (1,50 \text{ m}) \sin(0,400x) \cos(200t)$ , où  $x$  est en mètres et  $t$  est en secondes. La vitesse de propagation de chacune des ondes qui interfèrent est:

- (a) 159 m/s
- (b) 200 m/s
- (c) 300 m/s
- (d) 47,7 m/s
- (e) 500 m/s

**Question 19**

Un aimant droit est relâché au dessus d'un anneau conducteur comme le montre la figure ci-contre. Un étudiant mesure le courant dans l'anneau au moment où le pôle nord de l'aimant est au dessus du plan défini par l'anneau jusqu'au moment où le pôle sud est en dessous du plan défini par l'anneau. Lequel des énoncés suivants, décrivant la mesure de l'étudiant, est correct?



- (a) Le courant dans l'anneau circule dans une direction et augmente de façon progressive, atteignant sa valeur maximale lorsque le centre de l'aimant passe le plan de l'anneau. Ensuite, le courant diminue de façon progressive.
- (b) Le courant oscille de façon harmonique parce que le flux d'induction magnétique change à travers l'anneau.
- (c) Le courant dans l'anneau circule d'abord dans une direction, puis, lorsque le centre de l'aimant passe à travers le plan de l'anneau, le courant se met à circuler dans la direction opposée.
- (d) Il n'y a pas de courant qui circule dans l'anneau car les deux bouts de l'aimant passent à travers l'anneau

**Question 20**

De la lumière non polarisée passe à travers trois filtres polarisants ayant leur axe de transmission à  $45^\circ$  par rapport au filtre précédent. Quel pourcentage de la lumière incidente initiale passe à travers tous les filtres?

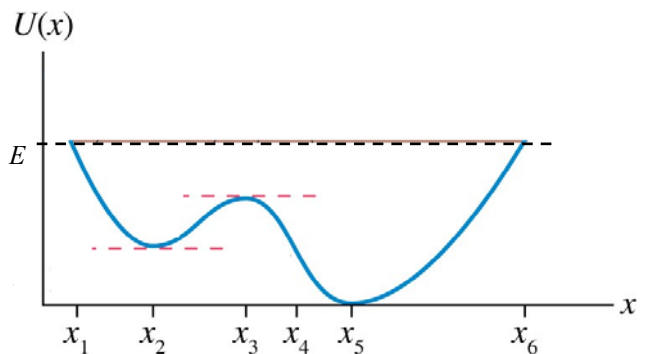
- (a) 0%
- (b) 12,5%
- (c) 25%
- (d) 50%
- (e) 33%

**Partie B: Problèmes à solution graphique****Question 1**

La force  $F$  exercée par la résistance de l'air sur un objet en chute libre dépend de la vitesse instantanée de cet objet selon l'expression:  $F = -1/4 Av^2$ . Dessinez un graphique de la hauteur en fonction de la distance pour la trajectoire de deux projectiles lancés du même point au sol avec le même angle de tir par rapport à l'horizontale : a) le projectile pour lequel la résistance de l'air est négligeable et b) le projectile qui subit la force de résistance de l'air.

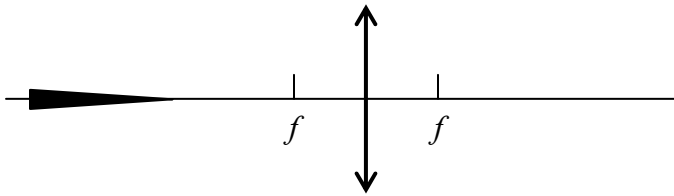
**Question 2**

Le graphique ci-dessous représente l'énergie potentielle d'un objet faisant partie d'un système mécanique isolé avec des forces conservatives ayant une énergie totale  $E$ . Dans l'espace situé sous le graphique, dessinez un autre graphique de la composante en  $x$  de la force nette exercée sur l'objet en fonction de  $x$ . Votre diagramme doit montrer les tendances de la fonction, les zéros et les sommets.

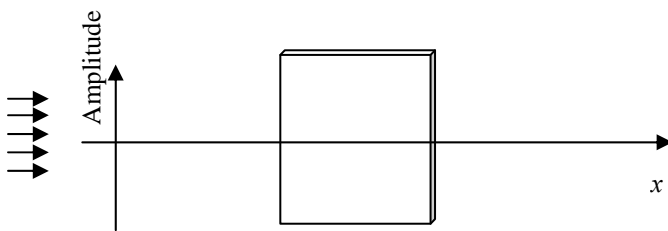


**Question 3**

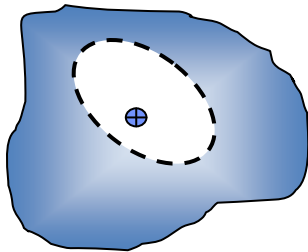
Un bâton très mince est placé sur l'axe optique d'une lentille mince convexe comme le montre le diagramme. Dessinez l'image de l'objet. Montrez tous les rayons utilisés pour la construction de l'image.

**Question 4**

De la lumière monochromatique est produite par un laser et se propage dans le vide de gauche à droite jusqu'à ce qu'elle frappe perpendiculairement la surface d'un bloc de verre comme le montre le dessin ci-dessous. La direction de la propagation de l'onde lumineuse coïncide avec l'axe des  $x$ . En utilisant le système de coordonnées «amplitude en fonction de la position», dessinez l'onde avant qu'elle n'entre dans le bloc de verre, dans le bloc de verre, et après qu'elle soit sortie du bloc de verre.

**Question 5**

Un objet illustré ci-dessous est composé d'un matériau conducteur et contient une cavité complètement cachée à l'intérieur. Une charge ponctuelle  $+Q$  est maintenue immobile par une force externe quelconque. Dessinez les lignes de champs électriques à l'intérieur de la cavité, à l'intérieur du conducteur, et à l'extérieur du conducteur, de manière à respecter aussi fidèlement que possible les lois de l'électromagnétisme.

**Partie C : Problèmes à développement****Problème 1**

Une ambulance doit être envoyée dans un village qui a été dévasté par un tremblement de terre dans une région éloignée. Toutes les routes menant au village sont bloquées en raison du séisme et l'ambulance doit être livrée par avion. L'ambulance sera parachutée d'un avion cargo militaire depuis une altitude de 3000 m et l'équipe de sauvetage doit déterminer le type de parachute requis pour cette mission. La force de résistance de l'air est approximativement donnée par la formule suivante :  $F = \frac{1}{4} \rho A v^2$ , où  $\rho$  est la densité de l'air  $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ ,  $A$  est l'aire de la section du parachute perpendiculaire à la direction du mouvement, et  $v$  est la vitesse. Quel devrait être le diamètre du parachute pour que l'ambulance atterrisse en toute sécurité? Notez que vous devez faire des hypothèses sur ce que devrait être approximativement une vitesse d'atterrissage sécuritaire et estimer le poids d'une ambulance typique. Assurez-vous de bien justifier toutes vos hypothèses.

**Problème 2**

Un faisceau de protons très mince est injecté avec une vitesse non relativiste dans un accélérateur de particules circulaire de rayon  $R$ . La masse  $m$  et la charge  $e$  du proton sont connues. Le courant initial dans l'accélérateur est  $I$  et le nombre total de particules est  $n$ . Le flux d'induction magnétique à travers le circuit du faisceau change à un taux de  $\rho \text{ Wb/s}$ , alors que le rayon de la trajectoire du faisceau reste le même. Quelle est la valeur du courant après que les particules aient fait un tour?

**Problème 3**

De l'eau pure et très froide se trouve dans un contenant ayant un diamètre de 3,00 m et une profondeur de 1,00 m. Un cylindre de glace est maintenu à la verticale au centre du contenant et a un diamètre  $d = 30,0 \text{ cm}$  et une longueur  $l = 30,0 \text{ cm}$ . Le cylindre est déplacé vers le bas de façon à ce qu'il soit submergé perpendiculairement à la surface du cylindre. Lorsque les  $\frac{3}{4}$  du cylindre sont submergés, il est relâché. La densité de la glace est  $\rho_i = 917 \text{ kg/m}^3$  et la densité de l'eau est  $\rho_w = 1,00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ . Pour les questions suivantes, négligez la fonte de la glace.

- 1) Décrivez le comportement du cylindre après qu'il ait été relâché.
- 2) Calculez la position du centre de masse du cylindre à l'état d'équilibre, en prenant la surface de l'eau comme étant le zéro de l'axe vertical qui pointe vers le haut.
- 3) Écrivez et résolvez l'équation du mouvement valide durant les premières secondes après que le cylindre ait été relâché. L'équation doit être de la forme  $y(t)$  où  $y$  est le déplacement et  $t$  le temps.
- 4) Expliquez quelle est la signification physique de tous les paramètres de la fonction  $y(t)$  et donnez les valeurs numériques de tous les paramètres.