

Concours de l'A.C.P.

5 avril 2012

9h00 - 12h00

Feuille d'information du candidat

L'information fournie ci-dessous est utilisée pour communiquer aux candidats 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 écrire dans cet espace.

PRIÈRE D'ÉCRIRE LISIBLEMENT EN LETTRES MAJUSCULES.

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse (domicile) : _____

_____ Code postal : _____

Téléphone : () _____ Courriel : _____

Collège ou école : _____ Année d'études : _____

Professeur(e) de physique : _____

Date de naissance : _____ Sexe : M F

Citoyenneté : _____

ou statut d'immigration : _____

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 physique,
Le département de physique de l'Université de la Colombie-Britannique

Association canadienne des physiciens Concours de physique 2012

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 et B. La partie A comporte 25 questions à choix multiples. Les résultats de la partie A serviront à déterminer les candidats dont les réponses écrites à la partie B seront corrigées. Les questions de la partie B 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) d'une question 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).

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 aux trois problèmes à développement sur **trois feuilles séparées**, ces questions étant corrigées par des personnes différentes en des endroits différents. Bonne chance!

Remarque : La totalité des points d'une question sera attribuée pour toute solution complète et exacte, et une partie des points sera attribuée pour une solution partielle. Il n'y a aucune pénalité pour une solution incorrecte. Notez bien que les questions ne comportent pas toutes le même niveau de difficulté, et qu'il est possible que même les meilleurs candidats n'arrivent pas à obtenir une note supérieure à 80%. Cet examen est difficile!

Données

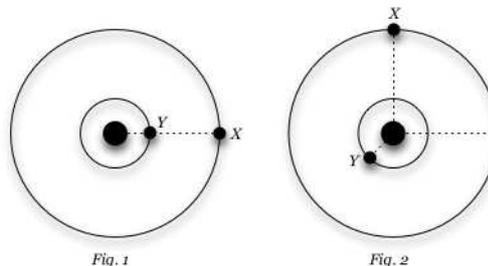
Vitesse de la lumière $c = 3,00 \times 10^8$ m/s
 Constante gravitationnelle $G = 6,67 \times 10^{-11}$ Nm²/kg²
 Accélération gravitationnelle $g = 9,80$ m/s²
 Pression atmosphérique normale $P_0 = 1,01 \times 10^5$ Pa
 Densité de l'eau douce $\rho_{eau} = 1,00$ kg/m³
 Chaleur massique de l'eau $C_{eau} = 4186$ J/(kg K)
 Chaleur massique de la glace $C_{glace} = 2050$ J/(kg K)
 Chaleur latente de l'eau $L_{eau} = 2260$ kJ/kg
 Chaleur latente de la glace $L_{glace} = 334$ kJ/kg
 Densité de la glace $\rho_{glace} = 916$ kg/m³
 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
 Constante de Planck $h = 6,63 \times 10^{-34}$ Js
 Constante de Coulomb $1/(4\pi\epsilon_0) = 8,99 \times 10^9$ Nm²/C²
 Constante de Boltzmann $k = 1,38 \times 10^{-23}$ J/K
 Unité astronomique (U.A.) = $1,49598 \times 10^{11}$ m : Distance approximative entre le Soleil et la Terre.
 Rayon de la Terre $R_T = 6,371 \times 10^6$ m
 Rayon du Soleil $R_S = 6,96 \times 10^8$ m

Partie A : Choix Multiples

Chaque question à choix multiples vaut 1 point.

Question 1

Deux planètes, nommées X et Y, ont une orbite circulaire dans le sens anti-horaire autour d'une étoile. Cette situation est illustrée dans l'image suivante :



Le rapport des rayons orbitaux des planètes est 3 : 1. À un temps donné, les planètes sont alignées comme dans la Fig. 1, en ligne droite avec l'étoile. Après les cinq années terrestres suivantes, la planète X s'est déplacée de 90.0°, tel qu'illustré sur la Fig. 2. Quel a été le déplacement angulaire de la planète Y pendant cette période de temps ?

- 35°
- 90°
- 180°
- 360°
- 468°

Question 2

Alors que vous vous trouvez dans une automobile qui se déplace vers l'avant, vous tenez dans vos mains une bouteille d'eau gazeuse. Que se passe-t-il lorsque le conducteur applique les freins ?

- Les bulles de l'eau gazeuse se déplacent vers l'avant de la bouteille.
- Les bulles se déplacent vers l'arrière de la bouteille.
- Les bulles restent à la même position horizontale.
- En fonction de la vitesse du véhicule, les bulles peuvent se déplacer soit vers l'avant ou vers l'arrière.

Question 3

Un satellite tourne autour de la Terre en orbite circulaire à une altitude h . Soient R le rayon de la Terre, et g l'accélération gravitationnelle à la surface de la Terre. Quelle est la vitesse du satellite ?

- \sqrt{gR}
- $\sqrt{g(R+h)}$
- $\sqrt{g \frac{R^2}{R+h}}$
- $\sqrt{g \frac{(R+h)^2}{R}}$

Question 4

Une lampe au sodium équipée d'un filtre produit de la lumière monochromatique à une longueur d'onde de

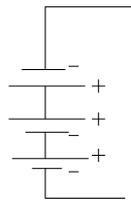
$5,89 \times 10^{-7} \text{ m}$. La puissance de la lampe avec filtre est de 10 W et son efficacité est 30% . Quelle est le taux d'émission de photons à partir de cette lampe ?

- a) $8,9 \times 10^{18}$ photons/sec.
- b) $3,0 \times 10^{19}$ photons/sec.
- c) $9,9 \times 10^{19}$ photons/sec.
- d) $2,0 \times 10^{20}$ photons/sec.

Question 5

Trois piles électriques sont connectées en série. Chaque pile a une résistance interne r . Si l'une des piles est connectée à l'envers, comme dans l'illustration ci-dessous, quelle est la résistance totale des trois piles ?

- a) $r/3$
- b) $r/2$
- c) r
- d) $2r$
- e) $3r$



Question 6

Lorsque les deux faisceaux de protons circulant dans le Large Hadron Collider (LHC), situé au CERN, attendront leur intensité nominale, ils seront formés de 5616 paquets de protons (2808 dans chaque direction), chaque paquet contenant $1,15 \times 10^{11}$ protons. Une bonbonne d'hydrogène typique contient 40 L de gaz, à une pression de 10 MPa et une température de 25°C . En assumant une efficacité d'injection de 70% , combien de fois pourrait-on lancer les faisceaux du LHC à l'intensité nominale, en utilisant une seule bonbonne parfaitement hermétique ?

- a) $1,1 \times 10^{11}$
- b) $1,5 \times 10^{11}$
- c) $2,1 \times 10^{11}$
- d) $1,1 \times 10^{14}$
- e) $1,5 \times 10^{14}$

Question 7

La Terre reçoit en permanence de l'énergie du Soleil. Pour garder approximativement la même température, quel est le processus par lequel la Terre perd de l'énergie ?

- a) Conduction
- b) Rayonnement
- c) Convection
- d) Évaporation
- e) La Terre ne perd pas d'énergie : c'est ce qui cause le réchauffement climatique.

Question 8

Au temps $t = 0$, une voiture commence à avancer. Si le moteur de la voiture est capable de fournir une puissance constante, laquelle des propositions suivantes décrit la vitesse de la voiture au début du mouvement ?

- a) La vitesse est constante.
- b) La vitesse augmente proportionnellement au temps ($v \propto t$).
- c) La vitesse augmente proportionnellement à la racine carrée du temps ($v \propto \sqrt{t}$).
- d) La vitesse augmente proportionnellement au carré du temps ($v \propto t^2$).

Question 9

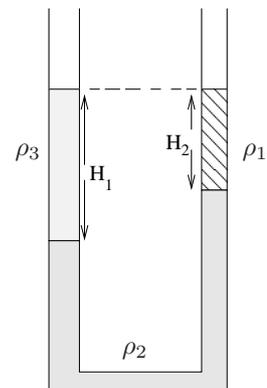
Un détecteur situé loin de la source d'une onde détecte des impulsions de cette onde à chaque $0,2 \text{ s}$. Si le détecteur commençait à avancer vers la source à une vitesse de $6,0 \text{ km/h}$, il détecterait un total de $18\,200$ impulsions par heure. Quelle est la vitesse de l'onde ?

- a) 100 m/s
- b) 150 m/s
- c) 200 m/s
- d) 300 m/s

Question 10

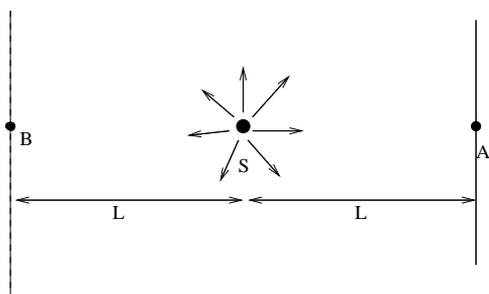
Trois liquides différents, de densité ρ_1 , ρ_2 et ρ_3 respectivement, sont contenus dans un tube en U. Les longueurs indiquées dans l'illustration suivante sont $H_1 = 15 \text{ cm}$ et $H_2 = 10 \text{ cm}$. Parmi les équations suivantes, laquelle est correcte ?

- a) $3\rho_3 = 2\rho_1 + \rho_2$
- b) $\rho_3 = 2\rho_1 + 3\rho_2$
- c) $2\rho_3 = 3\rho_1 + \rho_2$
- d) $\rho_3 = 3\rho_1 + 2\rho_2$



Question 11

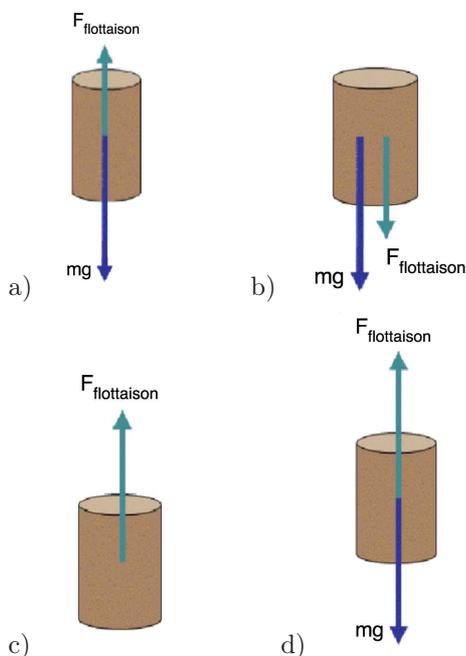
L'intensité de la lumière provenant d'une source diminue selon $\frac{1}{x^2}$, où x est la distance à partir de la source. Dans l'illustration suivante, l'intensité au point A de la lumière provenant directement de la source S est $8,1 U$, où U est une unité arbitraire. On ajoute, au point B , un grand miroir parallèle à l'écran sur lequel se trouve le point A . Les points A , S et B forment une ligne perpendiculaire à l'écran et au miroir, et les distances AS et SB sont identiques. Une fois le miroir en place, quelle est alors l'intensité de la lumière au point A ?



- a) 9,0 U
- b) 10,15 U
- c) 10,8 U
- d) 16,2 U

Question 12

Un cylindre flotte sur l'eau. Parmi les diagrammes de corps libre suivants, lequel est correct ?



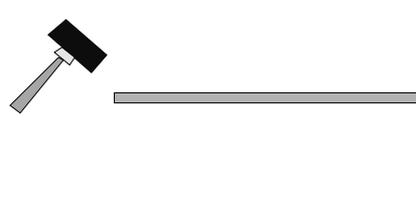
Question 13

La latitude de la ville de Vancouver est environ 49° , et l'inclinaison de l'axe de la Terre est environ 23° . La puissance provenant du Soleil atteignant une surface horizontale à Vancouver varie selon les saisons. Approximativement, quel est le rapport de cette quantité telle qu'observée à midi un jour d'hiver, comparée à la même heure un jour d'été ?

- a) 1 : 2
- b) 1 : 3
- c) 1 : 4
- d) 1 : 5

Question 14

Une tige de métal est attachée fermement à un mur. Si vous frappez la tige avec un marteau, quelle sorte d'onde est générée ?



- a) Une onde longitudinale.
- b) Une onde transversale.
- c) L'une ou l'autre, ou les deux, cela dépend de comment et où la tige est frappée.
- d) Aucune onde n'est générée, car le métal est trop solide.

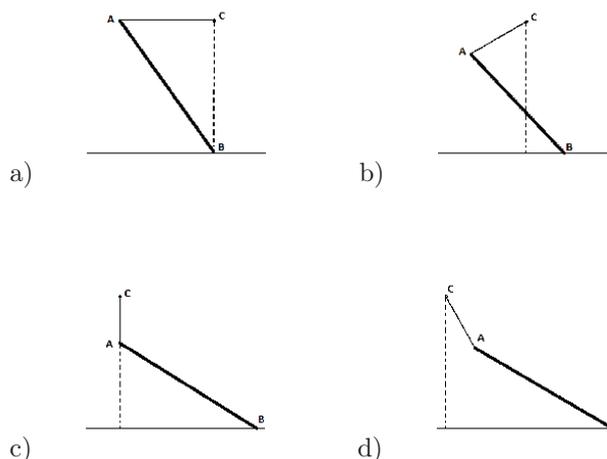
Question 15

Imaginez un enregistrement vidéo d'une balle en chute libre gravitationnelle dans le vide. On regarde cet enregistrement vidéo à l'envers à la même vitesse, pour comparer l'accélération de la balle telle que vue dans ces conditions comparée à son accélération en réalité. Qu'observe-t-on ?

- a) L'accélération est la même dans les deux cas.
- b) La valeur de l'accélération est la même dans les deux cas, mais sa direction est inversée.
- c) La direction de l'accélération est la même dans les deux cas, mais sa valeur est différente.
- d) La valeur et la direction de l'accélération de la balle sont toutes les deux différentes.

Question 16

Une tige (AB) est attachée à un point fixe (C) à l'aide d'une corde (AC). La masse de la corde est négligeable comparée à celle de la tige. L'autre bout de la tige (B) est située sur une surface glacée. Si le frottement entre la tige et la glace est négligeable, quelle illustration suivante représente un état stationnaire de ce système ?



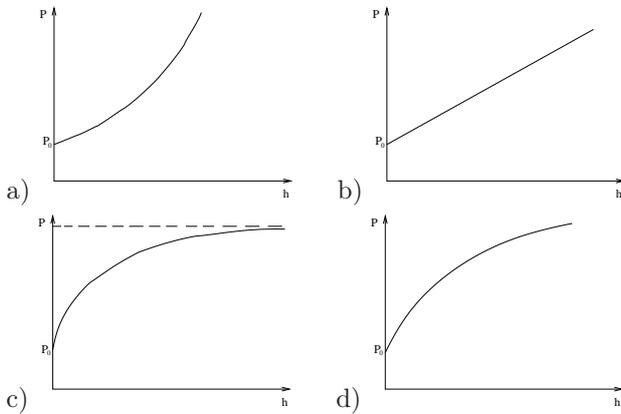
Question 17

Laquelle de ces valeurs est la plus près de la masse totale de l'atmosphère terrestre ?

- a) 10^{13} kg
- b) 10^{16} kg
- c) 10^{19} kg
- d) 10^{22} kg

Question 18

Près de la surface, la pression de l'eau dans l'océan est donnée par $P = P_0 + \rho gh$, où h est la profondeur, ρ est la densité de l'eau et P_0 est la pression atmosphérique. Plus profondément, la pression comprime l'eau, qui devient alors plus dense. Quelle illustration représente le mieux la pression P en fonction de la profondeur h ?



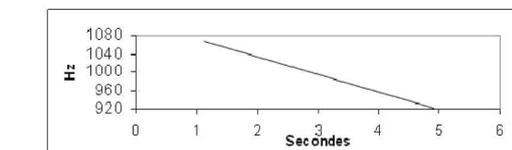
Question 19

Une assiette d'aluminium et une assiette de verre sont laissées dans une salle pour une longue période de temps. Puis, on place un cube de glace sur chaque assiette. La glace fond plus vite sur l'aluminium que sur le verre. Pourquoi ?

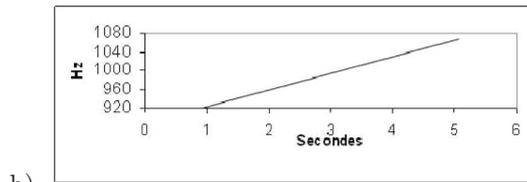
- a) La glace est en équilibre thermique avec l'assiette de verre, mais pas avec l'assiette d'aluminium.
- b) L'aluminium conduit la chaleur à la glace plus rapidement que le verre.
- c) L'assiette d'aluminium peut retenir plus de chaleur.
- d) L'assiette d'aluminium est plus chaude.

Question 20

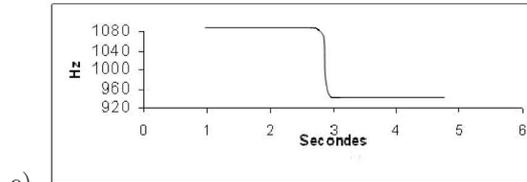
Vous vous trouvez sur le bord de l'autoroute, et entendez la sirène d'une ambulance qui approche. La fréquence de la sirène de l'ambulance est 1000 Hz. Parmi les graphiques suivants, lequel représente le mieux la fréquence que vous entendez en fonction du temps, alors que l'ambulance s'approche puis vous dépasse ?



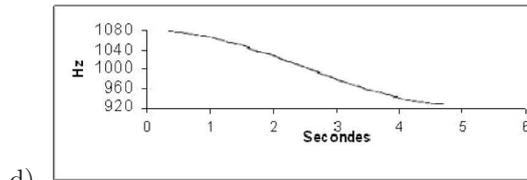
a)



b)



c)



d)

Question 21

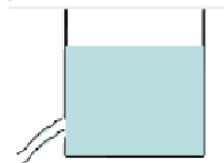
Parmi les types de rayonnement suivants, lequel a la longueur d'onde la plus grande ?

- a) Ondes radio
- b) Lumière visible
- c) Rayons-X
- d) Lumière infrarouge
- e) La longueur d'onde est la même dans tous les cas.

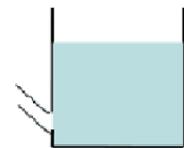
Question 22

Une tasse remplie d'eau a un trou sur le côté, par lequel l'eau fuit. Si la tasse se met à tomber en chute libre, qu'arrive-t-il à la fuite d'eau ?

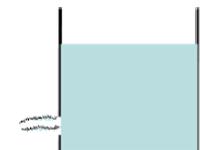
- a) L'eau continue à fuir vers le bas, au même débit :



- b) L'eau continue à fuir vers le bas, à un débit plus faible.
- c) L'eau continue à fuir, mais vers le haut comparée à la tasse qui tombe :



- d) L'eau continue à fuir, mais horizontalement par rapport à la tasse qui tombe :



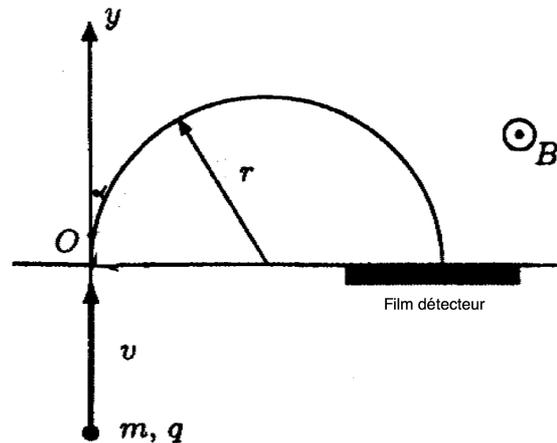
- e) L'eau ne coule plus (voir page suivante).

Partie B : Problèmes à développement

Problème 1 (10 points)

La spectrométrie de masse permet de mesurer le rapport entre la masse et la charge de particules, ce qui peut servir à distinguer les différents composants d'un faisceau de particules. Par exemple, considérons deux isotopes d'ions potassium K_{19}^{39} et K_{19}^{41} , chaque ion ayant une charge $+e$. Un faisceau composé de ces deux isotopes ionisés entre dans une région avec un champ magnétique B dans la direction z , tel qu'illustré ci-bas. Le faisceau est injecté au point O , et à cause du champ magnétique les ions parcourent un cercle de rayon $r = \frac{mv}{qB}$, où v est la vitesse des ions, m est leur masse et q est leur charge. Après avoir parcouru cette trajectoire à travers le champ magnétique, les deux types d'ions atteignent un film détecteur, où ils laissent des points blancs sur fond noir.

Soient L_1 la distance entre l'origine O et le point blanc laissé par les ions K_{19}^{39} , L_2 la distance entre l'origine et le point blanc laissé par les ions K_{19}^{41} , et L la moyenne de L_1 et L_2 .

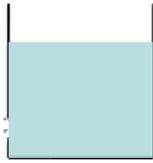


(a) En supposant que l'énergie des deux isotopes soient la même, donner une expression pour $\frac{L_2 - L_1}{L}$.

(b) Puisque ces deux ions sont de masse différentes, on peut les distinguer en observant les deux points blancs sur le film. Cependant, certaines incertitudes expérimentales pourraient compliquer la situation. En premier lieu, il est impossible que toutes les particules dans le faisceau aient exactement la même énergie. Si l'énergie des particules varie entre $7,9 \times 10^{-17} \text{ J}$ et $8,1 \times 10^{-17} \text{ J}$, est-il possible de distinguer les deux types d'ions ?

(c) En deuxième lieu, il est également impossible d'ajuster le faisceau pour qu'il pointe directement dans la direction de l'axe y . En supposant que le petit angle entre la direction du faisceau et l'axe y est α , donner une expression pour L en fonction de α .

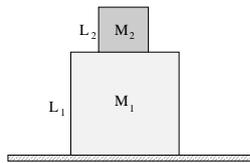
(d) Finalement, en supposant qu'à cause de cette incertitude sur l'angle d'incidence, chaque particule du faisceau initial peut avoir un angle α entre 0 et 3° tel que mesuré à partir de l'axe y , est-il possible de distinguer les deux types d'ions ?



Question 23

Deux cubes, ayant respectivement une masse M_1 et M_2 , sont disposés sur une table lisse de la façon illustrée. La longueur des côtés des cubes respectifs est L_1 et L_2 . Quelle est la pression exercée par les cubes sur la table ?

- $\frac{M_1 g}{L_1^2} + \frac{M_2 g}{L_2^2}$
- $\frac{M_1 g}{L_1^2} + \frac{M_2 g}{L_1^2}$
- $\frac{M_1 g}{L_2^2} + \frac{M_2 g}{L_2^2}$
- Aucune de ces réponses.



Question 24

Imaginez un objet qui flotte sur l'eau, mais coule dans l'huile. Quand il flotte sur l'eau, la moitié de l'objet est submergée. Lentement, on verse de l'huile sur la surface de l'eau, jusqu'à ce que l'objet soit complètement couvert. Qu'est-il arrivé à l'objet ?

- Il s'est déplacé vers le haut.
- Il est resté au même endroit.
- Il s'est déplacé vers le bas.

Question 25

La pression de l'eau qui sort d'un robinet est ...

- ... plus grande en bas que près du robinet.
- ... plus grande près du robinet qu'en bas.
- ... la même partout.



Problème 2 (10 points)

Le vélo électrique d'Andrzej est équipé d'un moteur situé sur l'axe de la roue avant. Le stator de ce moteur électrique, c'est-à-dire la partie fixe qui comprend les bobines de fil, est attaché solidement à l'essieu, alors que les aimants sont attachés à la roue. Andrzej a fait les observations suivantes à propos de son vélo :

1. Lorsque le vélo roule à 20 km/h sur une route horizontale, si le moteur est alors arrêté, le vélo s'arrête 50 m plus loin.
2. En puissance maximale, le vélo peut accélérer en montant une pente de 5° , passant de 5 à 20 km/h en 6 secondes.
3. La masse totale du vélo et du cycliste est de 106 kg.
4. Le diamètre des roues est 66 cm.
5. Le diamètre de l'essieu avant est 11 mm.
6. Le vélo utilise une batterie de 48 V, ayant une capacité de 8 Ah (ampère-heures).
7. L'efficacité du moteur est 85%.

Questions :

- (a) Quel est le courant électrique dans le moteur, lorsque le vélo roule à 20 km/h sur une route horizontale sans que le cycliste pédale ?
- (b) Quelle est la distance maximale que le vélo peut parcourir à 20 km/h, sans recharger la batterie ?
- (c) Quel est le moment de force net agissant sur l'essieu de la roue avant ?
- (d) Lorsque le vélo accélère en montant une pente de 5° , passant de 0 à 20 km/h en 20 secondes, quel est le courant électrique dans le moteur ?
- (e) Quelle est la puissance mécanique maximale de ce moteur ?
- (f) Quel est l'angle de la pente la plus abrupte que ce vélo peut monter à vitesse constante sans que le cycliste pédale, c'est-à-dire en utilisant le moteur seulement ?
- (g) Quel est le courant électrique dans le moteur, lorsque celui-ci tourne en puissance maximale ?
- (h) Parmi les suppositions que vous avez dû faire pour simplifier ce problème afin de le résoudre, laquelle est la plus importante ?

Problème 3

Ce problème a deux parties indépendantes.

Problème 3A (5 points)

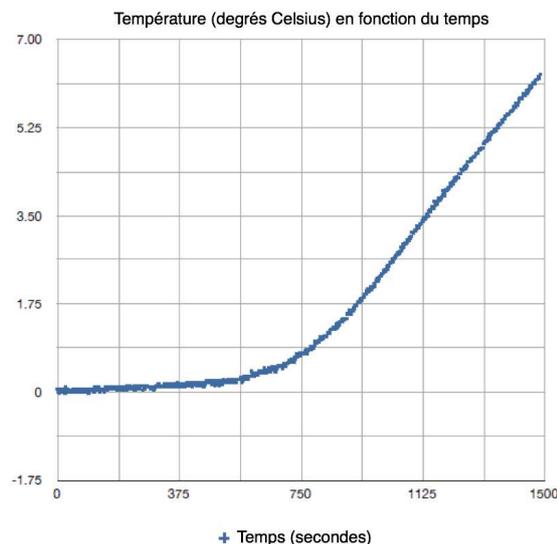
Le navire brise-glace russe nommé *50 Let Pobedy* mesure 160 m de long et 30 m de large. Il fonctionne à l'aide de deux réacteurs nucléaires, qui fournissent une puissance de 30 MW chacun. Ce navire peut dégager un chemin de 35 m de large à une vitesse de 5 noeuds (2,5 m/s), à travers une couche de glace à -10°C de 2 m d'épaisseur. Quelqu'un a suggéré qu'au lieu de briser la glace, on devrait la faire fondre à l'aide d'une gigantesque plaque chauffante installée à l'avant du navire.

- (a) Quelle devrait être la puissance d'une telle plaque chauffante, pour que la performance de ce concept soit équivalente à celle du brise-glace ?
- (b) En une phrase, expliquer pourquoi ce concept fonctionnerait ou non sur ce navire brise-glace.

Problème 3B (5 points)

Le graphique ci-dessous montre, en fonction du temps, la température d'un récipient contenant initialement un mélange d'eau et de glace. Le tout est chauffé lentement, à un rythme constant. Lorsque toute la glace a fondu, on mesure 850 mL d'eau dans le récipient. Pour ce problème, négliger l'évaporation de l'eau.

- (a) Quelle est la puissance avec laquelle le récipient est chauffé ?
- (b) Quelle était la quantité de glace initialement présente dans le récipient ?



Question 1	a	b	c	d	e
Question 2	a	b	c	d	
Question 3	a	b	c	d	
Question 4	a	b	c	d	
Question 5	a	b	c	d	e
Question 6	a	b	c	d	e
Question 7	a	b	c	d	e
Question 8	a	b	c	d	
Question 9	a	b	c	d	
Question 10	a	b	c	d	
Question 11	a	b	c	d	
Question 12	a	b	c	d	
Question 13	a	b	c	d	
Question 14	a	b	c	d	
Question 15	a	b	c	d	
Question 16	a	b	c	d	
Question 17	a	b	c	d	
Question 18	a	b	c	d	
Question 19	a	b	c	d	
Question 20	a	b	c	d	
Question 21	a	b	c	d	e
Question 22	a	b	c	d	e
Question 23	a	b	c	d	
Question 24	a	b	c		
Question 25	a	b	c		