CEJEF
DIVISION LYCÉENNE
LYCÉE CANTONAL

2, place Blarer-de-Wartensee
Case postale 152
CH-2900 Porrentruy

t +41 32 420 36 80
f +41 32 420 36 81
lycee.cantonal@jura.ch

Maturité gymnasiale **Session 2014**

EXAMEN DE L'OPTION SPECIFIQUE PHYSIQUE

Durée : 4 heures.
Matériel autorisé : formulaire *(mis à disposition)* et machine à calculer non programmable.

<u>Nombre de points par problème</u>

Problème 1 : 20 pts
Problème 2 : 15 pts
Problème 3 : 15 pts
Problème 4 : 15 pts
Problème 5 : 15 pts

La note maximale de 6 correspond à 70 points.

1) On mesure la fréquence du son émis par des tuyaux d'orgue, dans de l'hélium à 20 °C, en fonction de leur longueur (cf. tableau n°1). On mesure ensuite, toujours dans de l'hélium, la fréquence des sons émis par un tuyau de longueur fixe (1.024 m) en fonction de la température (cf. tableau n°2).

Tableau n°1

l $[.10^{-2}\text{m}]$	32.0	42.7	64.0	85.3	102.4	128.0	256	341.3
f [Hz]	1580	1180	790	590	490	390	200	150

Tableau n°2

θ [°C]	-190	-165	-120	-50	-20	25	50	100
f [Hz]	260	300	360	430	460	500	520	560

a) Représenter (graph. n°1 et n°2), sur une feuille de papier millimétrée fournie en annexe, la fréquence du son émis comme fonction de la longueur (tableau n°1) et de la température en Kelvin (tableau n°2).

b) Représenter (graph. n°3), sur une feuille de papier millimétrée fournie en annexe, le logarithme de la fréquence (ln(f)) comme fonction du logarithme de la longueur (ln(l)). A l'aide de la méthode des moindres carrés, déduire(1) l'équation de la fréquence en fonction de la longueur.

c) Représenter (graph. n°4), sur une feuille de papier millimétrée fournie en annexe, le carré de la fréquence comme fonction de la température en Kelvin. En déduire(1) l'équation de la fréquence en fonction de la température.

d) A partir des équations obtenues aux points b) et c), en déduire(1) l'équation de la fréquence en fonction de la température et de la longueur.

e) On admet que la fréquence émise par un tuyau d'orgue dans l'air, en fonction de sa longueur et de la température, suit la même loi que dans l'hélium. On sait qu'un tuyau de 1,024 m à 20 °C émet un son de fréquence 170 Hz dans l'air. Calculer la longueur d'un tuyau qui émet un la (440 Hz) à 25 °C.

Consignes : Pour les alignements, employer la méthode des moindres carrés.

La droite d'équation $y = a \cdot x + b$ telle que la somme $\sum_{k=1}^{n} (a \cdot x_k + b - y_k)^2$ soit minimale est appelée droite de régression de y en x. Ses coefficients sont $a = \dfrac{\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} x_k \cdot y_k - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} x_k^2 - \bar{x}^2}$ et $b = \bar{y} - a \cdot \bar{x}$

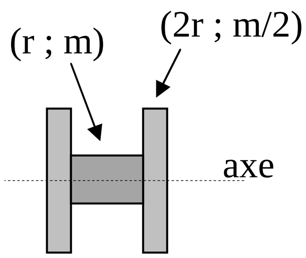
(1) Indiquer la méthode utilisée. Tous les calculs doivent figurer dans la rédaction de votre solution.

2) Le moment d’inertie d’un objet est défini comme $I = \int r^2 dm$, avec dm un élément de masse de cet objet et r la distance de cet élément de masse à l’axe d’inertie.

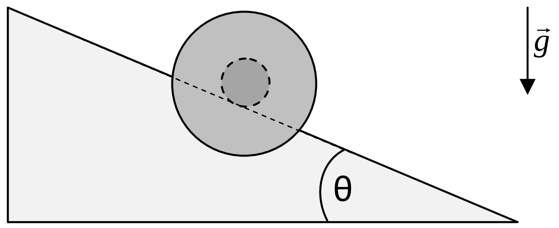
a) Démontrer que le moment d’inertie d’un cylindre homogène plein (R, M) par rapport à son principal axe d’inertie vaut $I = \frac{1}{2} MR^2$.

On constitue alors une bobine avec trois cylindres pleins homogènes selon le dessin ci-dessous (dessin 1).

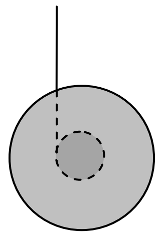
b) Déterminer la valeur du moment d’inertie de la bobine par rapport à l’axe indiqué.



dessin 1



dessin 2


dessin 3

Puis on place cette bobine en haut d’un rail d’inclinaison θ (dessin 2). Le roulement se fait alors sur le petit cylindre de rayon **r**.

c) Que vaut la vitesse de la bobine après une course **Δl** (on lâche la bobine)?

On utilise alors cette bobine comme un yoyo (dessin 3).

d) Déterminer la vitesse angulaire de la bobine après un intervalle de temps **Δt** (ici aussi, on lâche la bobine).

Applications numériques :

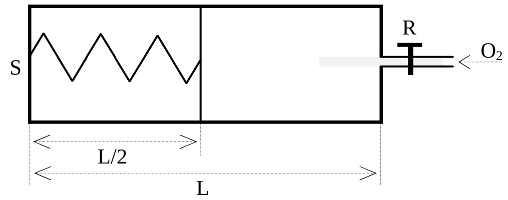
m = 0.5 kg **r = 10 cm** **g = 10 m/s^2** **θ = 30°**

Δl = 5 m **Δt = 1 sec**

3)

On injecte une masse **m** d'oxygène par le robinet R dans un cylindre fermé par un piston d'épaisseur négligeable. Ce dernier comprime un ressort de telle manière que le gaz occupe exactement la moitié du cylindre.

La longueur du cylindre est **L** et sa section mesure **S**. Le ressort détendu a une longueur **L** et le tout est à la température θ_1.



a) Calculer la pression de l'oxygène $\mathbf{p_1}$.

b) Déterminer la constante du ressort **k**.

c) La masse d'oxygène étant maintenue constante, à quelle température θ_2 faut-il porter le gaz pour qu'il occupe les trois quarts du volume du cylindre ?

d) Calculer la quantité de chaleur reçue par l'oxygène pour faire passer sa température de θ_1 à θ_2.

Applications numériques :

L = 80 cm **m = 2 g** θ_1 **= 20 °C** **s = 1 dm²**

4)

Un moteur électrique a une résistance interne $\mathbf{r_m}$ et sa tension contre-électromotrice $\mathbf{U_M}$ est proportionnelle à sa vitesse angulaire ω :

$$\boldsymbol{U_M = c \cdot \omega}$$

On utilise ce moteur pour soulever une masse. En faisant varier cette dernière on peut modifier la vitesse angulaire.
On alimente le moteur à l'aide d'un générateur de tension électromotrice ε et de résistance interne **r**.

a) Calculer le courant **I** livré par le générateur et la puissance mécanique $\mathbf{P_M}$ du moteur en fonction de ω.

b) Déterminer la valeur ω_1 pour laquelle la puissance mécanique est maximale.

c) Calculer le rendement du moteur et du circuit pour la vitesse angulaire ω_1.

d) Si le moteur ne soulève aucune masse et que les frottements sont nuls, à quelle vitesse angulaire ω_2 le moteur tourne-t-il ?

e) Les frottements n'étant pas nuls, on constate que si le moteur ne soulève aucune masse, sa vitesse angulaire vaut ω_3. Calculer la puissance absorbée par les frottements.

f) Dans quelle condition le rendement du moteur est-il maximal ? Commenter votre résultat.

Applications numériques :

$\mathbf{r_m = 1\ \Omega}$ **c = 0.12 V.s** $\boldsymbol{\varepsilon = 120}$ **V** **r = 2** $\mathbf{\Omega}$ $\boldsymbol{\omega_3 = 975\ s^{-1}}$

5) Répondre aux questions suivantes en justifiant vos réponses.

5.1. Calculer les accélérations normale et tangentielle qui agissent sur un projectile lancé avec une vitesse horizontale $\mathbf{v_0}$ depuis le haut d'un immeuble.

5.2. Un calorimètre idéal contient 100 g d'eau liquide à 10 °C. On ajoute dans le calorimètre 200 g d'alcool liquide à -20 °C.
On donne :

c_{eau} = 4190 J.Kg^{-1}.K^{-1}, c_{alcool} = 2460 J.Kg^{-1}.K^{-1} et $l_{f,eau}$ = 3,3.10^5 J.Kg^{-1}.

a) Déterminer les caractéristiques d'équilibre du mélange.

b) Si l'on tient compte du fait que le calorimètre n'est pas idéal, comment le faire intervenir dans vos calculs ?

5.3. Une particule de masse **m** et de charge **q** < 0 est accélérée par une tension **U** entre les points A et B. En B elle pénètre dans une boite cubique de côté **L** et dans laquelle règne un champ magnétique $\vec{B}$. Les trous B, C et D se trouvent exactement au milieu des faces du cube. On néglige la force de pesanteur.

a) Trouver le vecteur $\vec{B}$, fonction de **m**, **q**, **U** et **L**, tel que la particule passe par le point C.

Pour permettre à la particule de traverser la boite sans être déviée et de sortir en D, on ajoute un champ électrique $\vec{E}$.

b) Déterminer le vecteur $\vec{E}$, fonction de **m**, **q**, **U** et **L.**