

- 1) Le 14 octobre 2012, l'Autrichien Félix Baumgartner effectuait le plus spectaculaire des sauts en « chute libre », emmené par un ballon stratosphérique à l'altitude de 39'045 m. Ce plongeon dura au total 549 secondes. Un appareil a enregistré la vitesse verticale V_z en fonction du temps. La vitesse maximum de 373 m/s a été atteinte en $t = 40$ s. Le précédent record remontait à 1960.

Le tableau 1 contient les mesures effectuées pendant les 35 premières secondes de chute.

Le tableau 2 contient les mesures réalisées entre 50 s. et 260 s., une zone dans laquelle la force de traînée (force aérodynamique de freinage) devient importante, jusqu'à compenser complètement le poids du sauteur.

Tableau 1

t (s)	5	12	20	26	30	35
V_z (m/s)	49	115	195	254	287	340

Tableau 2

t (s)	50	70	100	130	180	230	260
$t' = t - 50$ (S)	0	20	50	80	130	180	210
V_z (m/s)	352	254	158	102	69	51	51

- a) Représenter (graphique n°1) sur une feuille de papier millimétrée fournie en annexe, la fonction $V_z(t)$. En particulier extrapolez⁽¹⁾ la fonction entre les dates $t = 35$ s et $t = 50$ s.
- b) Vérifiez⁽²⁾ que durant les 35 premières secondes la chute de M. Baumgartner est libre. Donnez les équations du mouvement $z(t)$, $V_z(t)$ et $a_z(t)$ correspondantes.
- c) A l'aide du graphique n°1, estimez⁽¹⁾ la distance parcourue par M. Baumgartner durant les 260 premières secondes du vol et sa vitesse limite V_{lim} avant l'ouverture du parachute.
- d) Représentez (graphique n°2), sur une feuille de papier millimétrée fournie en annexe, la fonction $f(t') = \ln(V_z(t') - V_{lim})$ pour $t' > 0$. En déduire⁽²⁾ l'équation de la vitesse de M. Baumgartner en fonction de t' .
- e) Sachant que M. Baumgartner a ouvert son parachute à 1,6 km d'altitude, estimez (1) la date de cette ouverture, ainsi que la durée de la phase avec parachute.

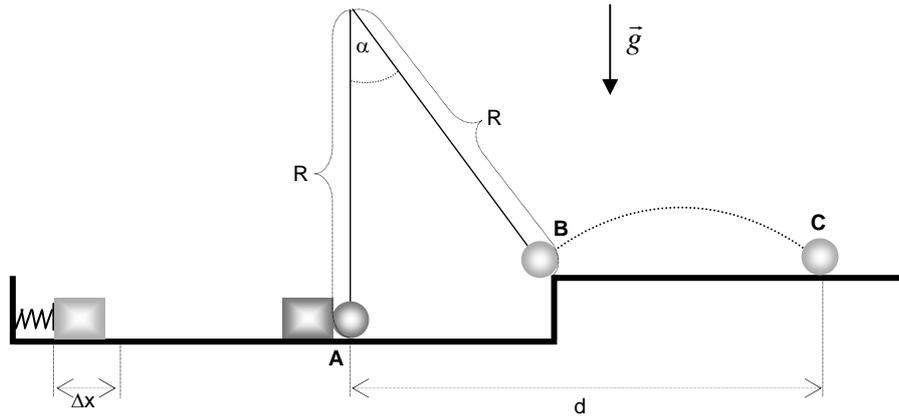
Consignes : Pour les alignements, employez la méthode des moindres carrés. Il est interdit d'utiliser les fonctions « alignement » de votre machine à calculer. Tous les calculs doivent figurer dans la rédaction de votre solution.

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

$$\text{en x. Ses coefficients sont } a = \frac{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k \cdot y_k - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k^2 - \bar{x}^2} \quad \text{et} \quad b = \bar{y} - a \cdot \bar{x}$$

- (1) Justifiez brièvement votre démarche.
 (2) Indiquez la méthode utilisée. Tous les calculs doivent figurer dans la rédaction de la solution.

2)



Une masse M est propulsée par un ressort de constante k sur une surface horizontale parfaitement lisse. En A elle frappe un pendule de masse m et de longueur R avec une vitesse u_M . Le choc est parfaitement élastique. On considère tous les objets comme ponctuels.

- Calculer la compression du ressort Δx qui a permis de propulser M .
- Quelle est la vitesse du pendule $v_{m,A}$ après le choc ?

Lorsque le pendule se trouve à la même hauteur que la marche en B, le fil se rompt. L'angle entre le fil et la verticale vaut alors α .

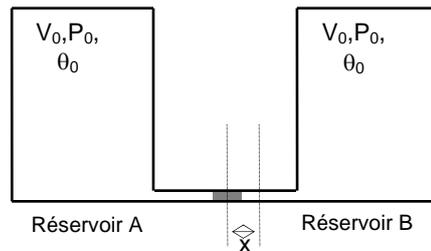
- Déterminer le travail de la tension F du fil entre A et B et la vitesse du pendule $v_{m,B}$ au point B?
- A quelle distance d du point A la masse m tombe-t-elle sur la marche ?

Applications numériques :

$M = 5m$	$m = 50 \text{ g}$	$R = 937,5 \text{ cm}$	$u_M = 6 \text{ m/s}$
$k = 900 \text{ N/m}$	$g = 10 \text{ m/s}^2$	$\alpha = 53,13^\circ$	

3)

Un thermomètre différentiel à gaz parfait est destiné à mesurer de faibles différences de température. Il est constitué de deux réservoirs identiques, contenant chacun une masse m de diazote. Ils sont reliés par un tube horizontal de faible section s et un index de mercure, en son milieu, isole un même volume V_0 de gaz parfait dans chaque réservoir. Initialement la pression et la température sont identiques dans les deux réservoirs (P_0 et θ_0)



a) Calculer la pression P_0 .

On maintient la température du réservoir A à θ_0 et on diminue celle du réservoir B à θ_1 . L'index se déplace vers la droite d'une longueur x .

b) Calculer le déplacement x de l'index.

c) Calculer alors la pression dans les deux réservoirs. Si vous n'avez pas trouvé la réponse numérique au point c) alors prendre $x = 5$ cm.

d) Si T_A et T_B représente les températures en Kelvin dans chacun des réservoirs, déterminer $T_A - T_B$ ($T_A > T_B$) en fonction de T_A , V_0 , s et x . En déduire, en pourcent, la plus petite différence de température relative à T_A que peut mesurer ce thermomètre. Le tube est gradué en millimètre.

Applications numériques :

$$V_0 = 13,60 \text{ cm}^3 \quad m = 14 \text{ mg} \quad \theta_0 = -1 \text{ }^\circ\text{C} \quad \theta_1 = -3 \text{ }^\circ\text{C} \quad s = 1 \text{ mm}^2$$

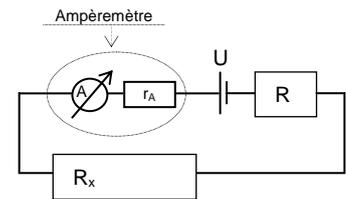
4)

Partie 1

On veut construire un ampèremètre capable de mesurer un courant maximal I_{\max} . Pour cela on dispose d'un galvanomètre à cadre mobile de résistance interne r et qui peut être traversé par un courant maximal $I_{G,\max}$. L'aiguille, solidaire du cadre, a une amplitude θ_{\max} .

- a) Faire un schéma du circuit, calculer la valeur R_{sh} du shunt et la résistance interne de l'ampèremètre r_A .

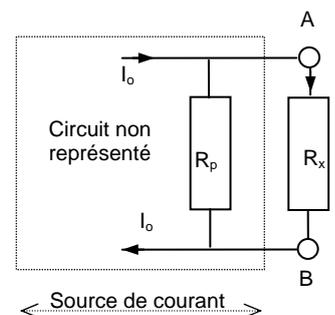
On utilise ensuite cet ampèremètre pour mesurer la valeur de résistances inconnues. On branche en série l'ampèremètre, une source de tension idéale U , une résistance R et la résistance inconnue R_x .



- b) Calculer la valeur de R pour que la déviation de l'aiguille soit égale à la moitié de θ_{\max} lorsque la résistance $R_x = R$.
c) Déterminer la valeur de R_x lorsque la déviation de l'aiguille vaut θ_{\max} . Même question pour une déviation nulle de l'aiguille.
d) Déterminer la déviation de l'aiguille lorsque $R_x = \frac{1}{2}R$

Partie 2

Une source de courant est un circuit qui contient une source d'énergie et se termine par une résistance en parallèle, R_p . Le circuit non représenté produit un courant I_o , toujours constant, quelle que soit la résistance R_x que l'on mette aux bornes AB.



- e) Déterminer, en fonction de R_x , R_p et I_o , le courant qui passe dans la résistance R_x .
f) Exprimer la puissance consommée par R_x .
g) Déterminer pour quelle valeur de R_x cette puissance est maximale.

Applications numériques :

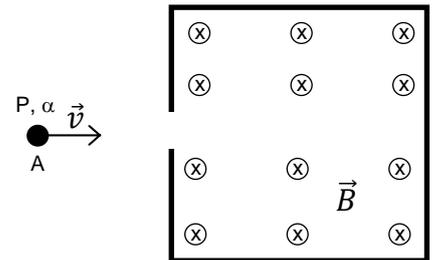
$$I_{\max} = 5 \text{ mA} \quad r = 99 \, \Omega \quad I_{G,\max} = 50 \, \mu\text{A} \quad U = 5 \text{ V} \quad \theta_{\max} = 120^\circ$$

5) Répondre aux questions suivantes en justifiant vos réponses.

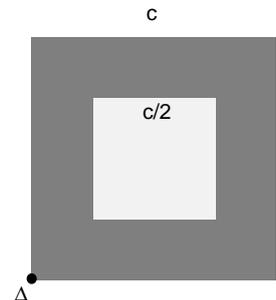
5.1. On mélange, dans un calorimètre idéal, 20 kg d'eau à 80 °C et 1 dm³ de plomb à 20 °C ayant une masse de 11,300 kg. Calculer la masse volumique du plomb lorsqu'il a atteint la température d'équilibre. On connaît $c_{\text{eau}} = 4190 \text{ J.Kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$, $c_{\text{Pb}} = 120 \text{ J.Kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ et $\alpha_{\text{Pb}} = 29.10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

5.2.

La figure ci-contre représente une enceinte dans laquelle règne un champ d'induction uniforme \vec{B} , entrant perpendiculairement dans la feuille. On injecte en A des protons puis des particules alpha ayant été accélérés par la même tension U. Dessiner les trajectoires des particules et comparer leurs rayons.



5.3. On obtient l'objet ci-contre en découpant, au centre d'une plaque carré de côté c et de masse m , un carré de côté $c/2$.



5.3.1. Montrer que le moment d'inertie de cet objet par rapport à un axe perpendiculaire à la feuille et passant par son centre de gravité est $I_{CG} = \frac{5}{32} mc^2$

5.3.2. L'objet pivote autour de l'axe Δ , calculer son accélération angulaire α .