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

EXAMEN DE BACCALAUREAT – 2022

Option spécifique Physique – Application des mathématiques

Examen écrit de Physique

Temps à disposition	:	4 heures.
Matériel autorisé	:	formulaire et machine à calculer non programmable.

Nombre de points par problème

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.

Consignes pour l'examen de maturité OS physique

1. Mettre ses noms, prénoms et numéroter les exercices sur chaque double page
2. Faire un seul exercice par double page
3. Ecrire à l'encre ou un stylo similaire
4. Donner les développements ainsi que les réponses littérales
5. Rendre tous les documents

1) On utilise un pendule de torsion pour mesurer de petits moments de forces M tels que dus à l'attraction gravitationnelle entre des masses (image ci-contre). Le dispositif fonctionne ainsi : on accroche sur un fil une petite barre avec deux petites masses m_2. On place à proximité deux grandes masses m_1 et on mesure l'angle de rotation (torsion) **θ**. Ce dernier dépend d'une part dans notre expérience du rayon **r** de la section du fil et d'autre part du moment de force **M** appliqué par les forces de gravitation entre les masses m_i de la barre sur le fil.

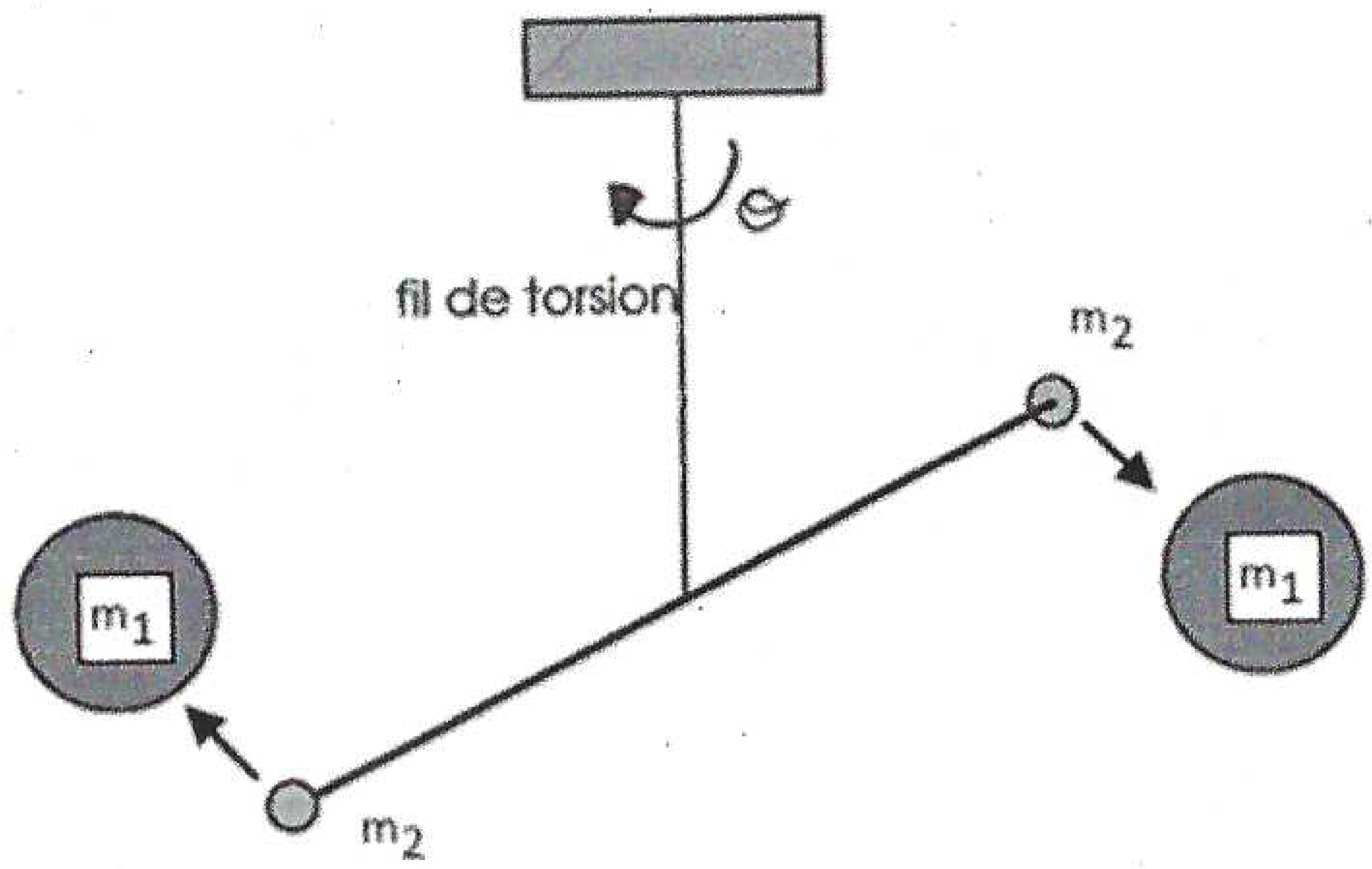


Tableau n° 1

r[mm]	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
θ (en °)	349	122	53,2	26,8	14,9	8,9	5,7

Tableau n° 2

M[Nm]	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
θ (en °)	144	185	226	267	308	349	390

a) Représenter (graph n°1) sur une feuille de papier millimétré fournie en annexe, l'angle de torsion **θ** en fonction du rayon **r** du fil (Tableau n°1).

b) Représenter (graph n°2) sur une feuille de papier millimétré fournie en annexe, le logarithme de l'angle de torsion (log(θ)) en fonction du logarithme du rayon du fil (log(r)). En déduire l'équation de l'angle de torsion **θ** en fonction du rayon **r** du fil.

c) Analyser le Tableau n°2 ci-dessus et déterminer comment l'angle de torsion dépend du moment de force. Déduire approximativement et rapidement l'équation de l'angle de torsion **θ** en fonction du moment de force **M**.

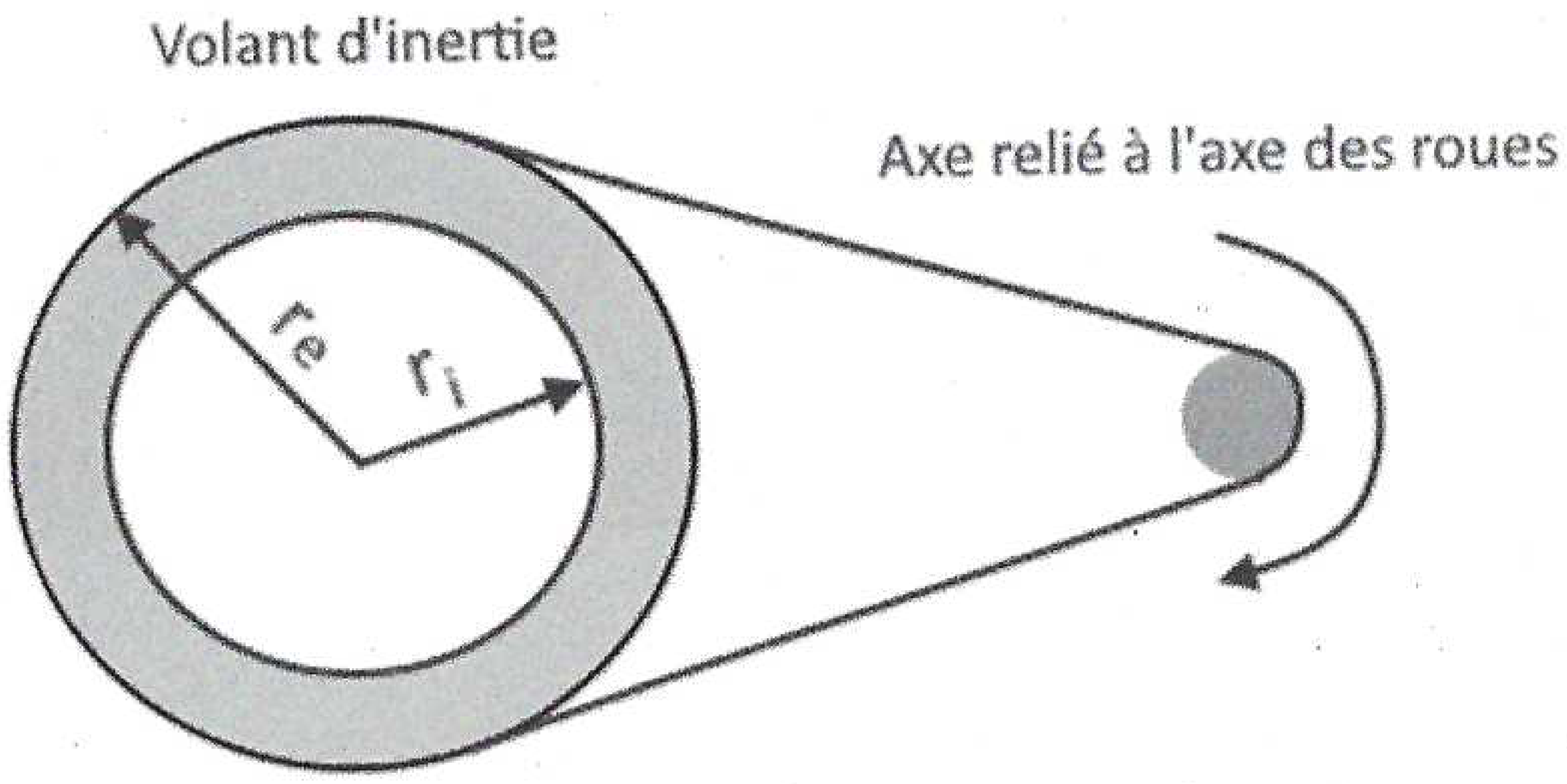
d) A partir des équations obtenues en b) et en c) déduire l'équation de l'angle de torsion **θ** en fonction du rayon **r** du fil et du moment de force **M**.

e) Calculer le moment de force exercé sur un pendule de torsion, si le fil a un diamètre de 1,2 mm et un angle de torsion de 83°.

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 $a = \dfrac{\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} x_k \cdot y_k - \overline{x} \cdot \overline{y}}{\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} x_k^2 - \overline{x}^2}$ et $b = \overline{y} - a \cdot \overline{x}$

2)



Un trolleybus de masse totale **M** contient un volant d'inertie de masse **m**, pouvant tourner à une fréquence maximale $\mathbf{f_{max}}$. Un volant d'inertie est une grande masse en métal, souvent de la forme d'un cylindre ou d'un anneau creux, placée sur un axe. Cette masse est entraînée dans un mouvement de rotation lorsque le bus freine et peut, lorsque le bus accélère, restituer l'énergie cinétique de rotation emmagasinée pour accélérer le bus. Donc, durant le freinage, le volant prend l'énergie cinétique du véhicule, grâce à un lien avec l'axe des roues et la convertit en énergie de rotation. Lors d'un démarrage, la situation s'inverse : le volant donne alors son énergie de rotation aux roues. <u>Remarque</u> : Dans cet exercice, nous allons ignorer les frottements autres que ceux permettant d'accélérer ou ralentir le bus.

a) La force maximale qui peut être transmise au volant durant un freinage est $\mathbf{F_{max}}$. Quelle est donc l'accélération (freinage) maximale que peut subir le trolleybus sans perdre d'énergie ?

b) Que vaut l'inertie du volant, s'il a la forme d'un cylindre creux de rayon intérieur $\mathbf{r_i}$ et extérieur $\mathbf{r_e}$?

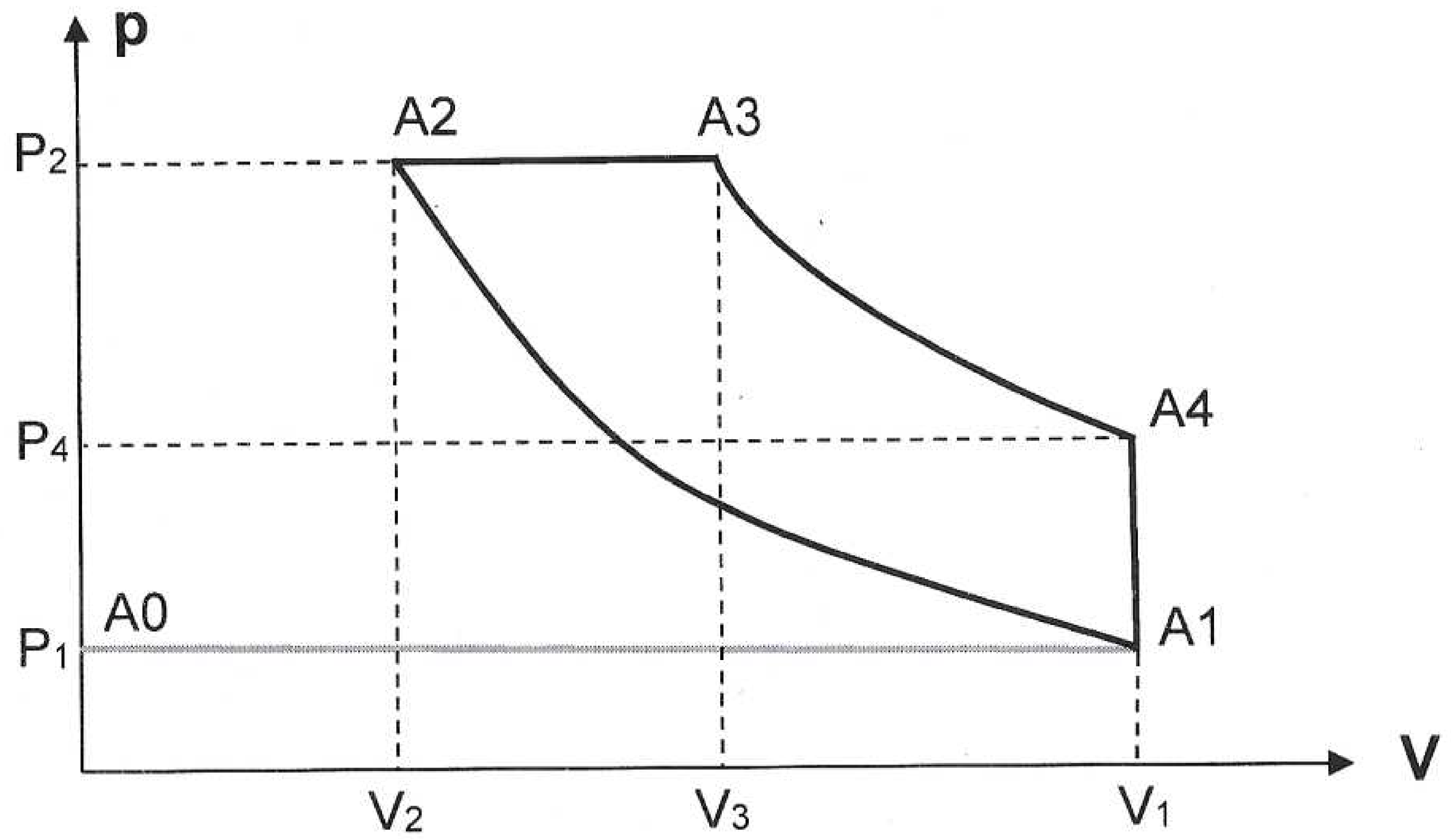
c) Le trolleybus peut récupérer la même force $\mathbf{F_{max}}$ pour accélérer depuis le repos. Dans quelle pente maximale le trolleybus peut-il démarrer uniquement grâce à l'énergie stockée dans le volant ?

d) Le trolleybus est formé de 6 roues pleines de densité homogènes de masse **m'** et de rayon **r**. Lorsque le volant est chargé au maximum, quelle vitesse peut atteindre le trolleybus au plat* ? (sans frottement)
* Si vous n'avez pas trouvé le moment d'inertie **I** en b), utilisez **I** pour un anneau.

Applications numériques :

M = 28 t ;	**m = 1250 kg ;**	$\mathbf{f_{max} = 35\ Hz}$ **;**	$\mathbf{F_{max} = 39\ kN}$ **;**	$\mathbf{r_i = 44\ cm}$ **;**
$\mathbf{r_e = 54\ cm}$ **;**	**m' = 60 kg ;**	**r = 57 cm ;**	$\mathbf{a = -5{,}8\ m/s^2}$ **;**	$\mathbf{g = 10\ m/s^2}$

3) On considère un moteur à combustion interne fonctionnant suivant le cycle Diesel représenté ci-dessous :



A_0A_1 : admission du carburant
A_1A_2 : compression adiabatique de l'air caractérisée par le rapport volumétrique $\mathbf{x = V_1/V_2}$
A_2A_3 : injection du carburant finement pulvérisé dans l'air comprimé et chaud provoquant son inflammation
A_3A_4 : détente adiabatique réversible des gaz
A_4A_1 : ouverture de la soupape d'échappement ramenant instantanément la pression à p_1

Remarque : La quantité de carburant injecté étant faible devant la quantité d'air aspiré, on considérera que le nombre total de moles n'est pas modifié par la combustion.

On assimile les gaz dans le moteur à un gaz parfait caractérisé par $\mathbf{C_p}$ et $\boldsymbol{\gamma}$; on étudie les transformations subies par **une mole** de gaz.

a) Si le gaz est admis dans les cylindres à $\mathbf{p_1}$ et $\mathbf{T_1}$, calculer le volume $\mathbf{V_1}$.

b) Puis calculer $\mathbf{p_2}$ et $\mathbf{T_2}$ en fin de compression, sachant que $\mathbf{x = 14}$.

c) En fin de combustion, la température du gaz vaut $\mathbf{T_3}$. Calculer le volume $\mathbf{V_3}$ et la chaleur $\mathbf{Q_{23}}$ reçue par le gaz au cours de la transformation A_2A_3.

d) Calculer la pression $\mathbf{p_4}$ et la température $\mathbf{T_4}$ en fin de détente.

e) Calculer la quantité de chaleur $\mathbf{Q_{41}}$ perdue par le gaz au cours de la transformation isochore.

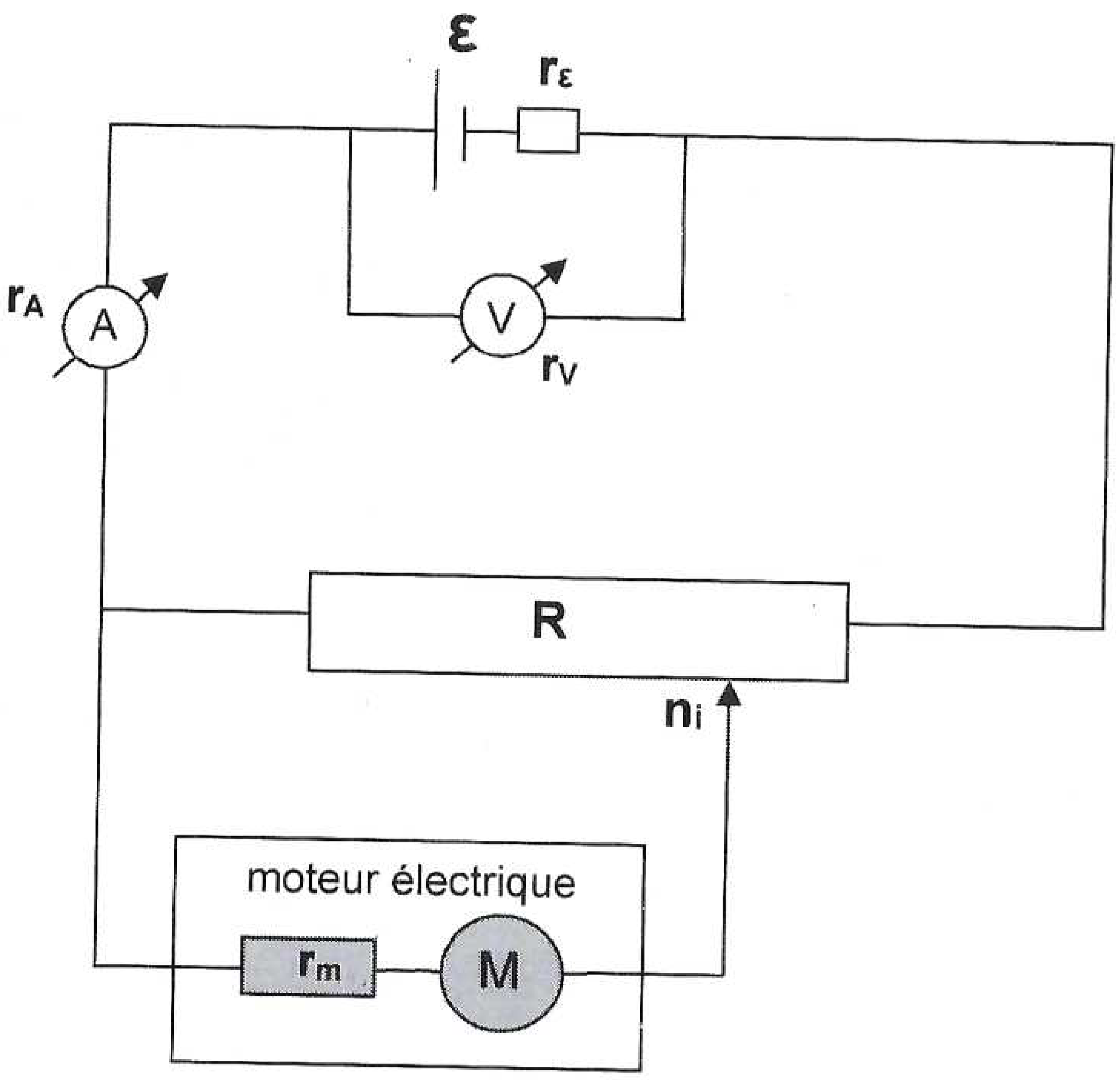
f) Si le rendement de ce moteur thermique valait $\boldsymbol{\eta}$, quelle serait alors le travail fourni au cours d'un cycle ?

Applications numériques :

$\mathbf{C_p = 29\ J.K^{-1}.mol^{-1}}$ $\boldsymbol{\gamma = 1{,}40}$ $\mathbf{p_1 = 10^5\ Pa}$ $\mathbf{T_1 = 330\ K}$ $\mathbf{T_3 = 2260\ K}$

$\boldsymbol{\eta = 25\ \%}$

4)



Le circuit électrique d'un monte-charge est constitué d'une source de tension (ε, r_ε), d'un potentiomètre de résistance **R**, d'un voltmètre de résistance interne très grande, d'un ampèremètre de résistance r_A et d'un moteur électrique de résistance interne r_m.

Dans un premier temps, le curseur est placé à $n_1 = 0{,}4$ et le moteur soulève une charge **m** d'une hauteur **h** en un temps Δt. Les indications respectives du voltmètre et de l'ampèremètre sont **408,1 V**, **15,9 A**

a) Déterminer le rendement du moteur.

b) Déterminer l'énergie qu'il consommera (en kWh) pour effectuer la montée de 1000 charges.

Dans un second temps, le moteur se bloque et les indications du voltmètre et de l'ampèremètre donnent **394,5 V**, **18,4 A**.

c) Déterminer les caractéristiques de la source de tension.

Pour éviter que le moteur surchauffe, on déplace alors le curseur à une position n_2, telle que la puissance dissipée dans le moteur ne dépasse pas **300 W**.

d) Déterminer la valeur de n_2.

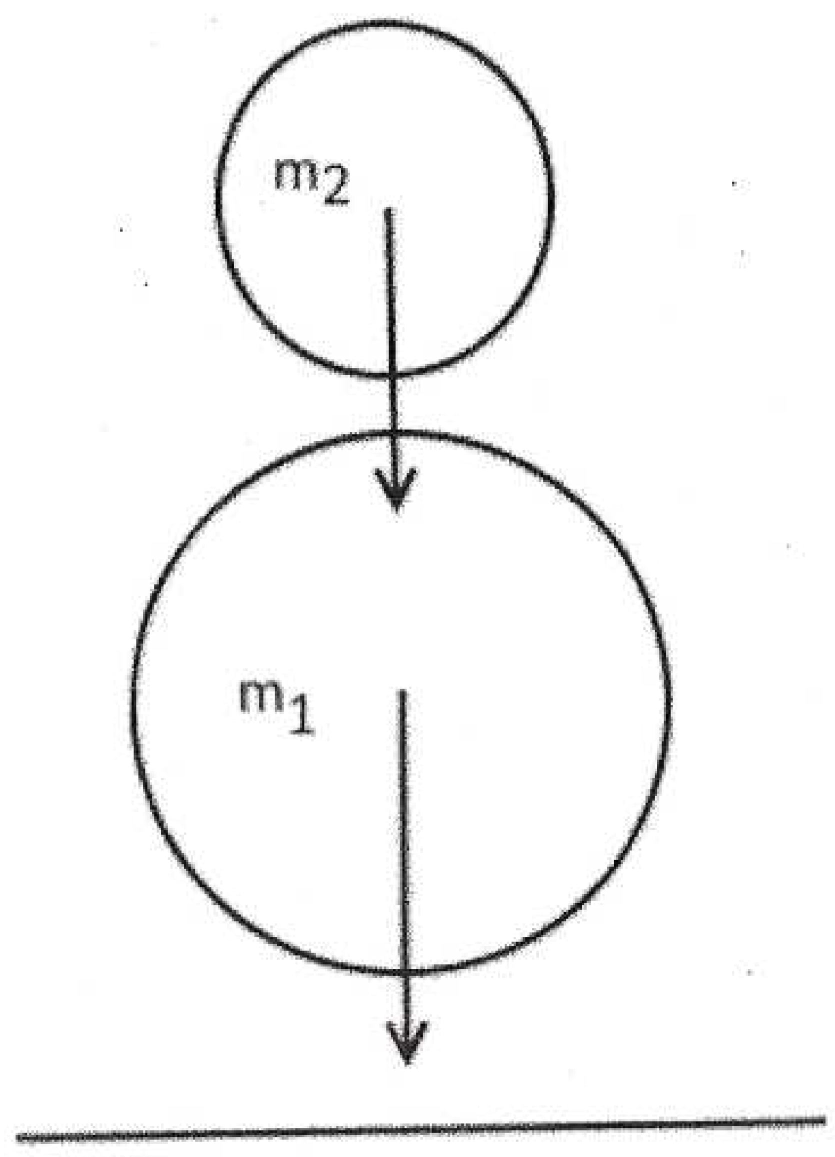
Applications numériques :

$R = 30\ \Omega$ $\quad r_A = 1\ \Omega$ $\quad r_m = 3\ \Omega$ $\quad m = 150$ kg $\quad h = 60$ m $\quad \Delta t = 2{,}5$ min

$g = 10$ m/s^2

5) Répondre aux questions suivantes en justifiant vos réponses.

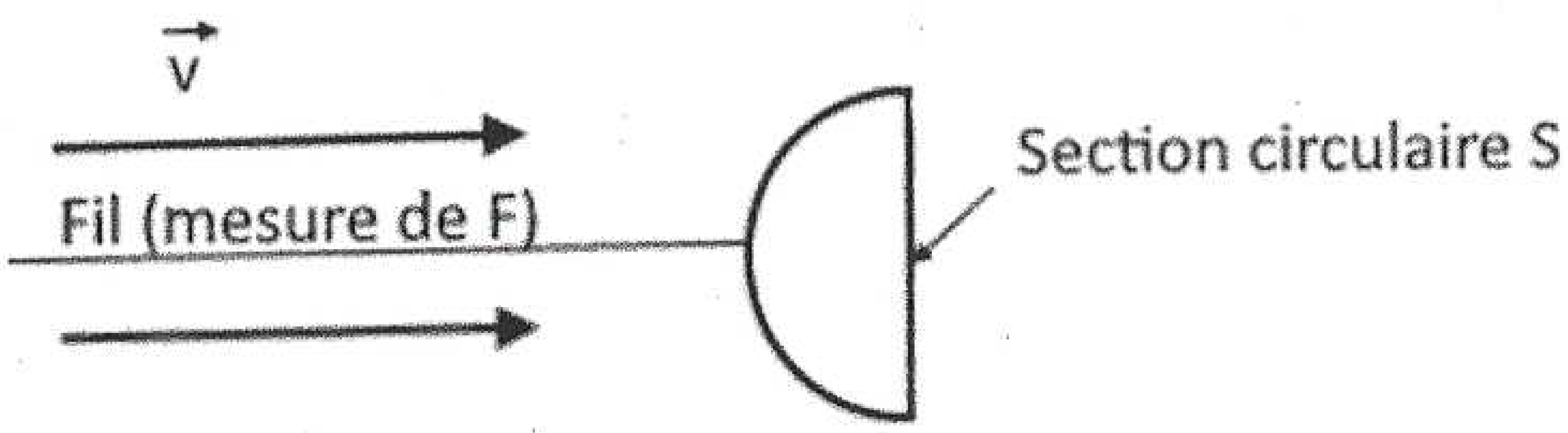
5.1 On laisse tomber 2 balles d'une hauteur h, l'une directement au-dessus de l'autre. La première balle rebondit élastiquement sur le sol et percute, immédiatement après et de nouveau élastiquement, la 2^e balle. (On néglige le rayon des balles). Quelle hauteur atteindrait alors chacune des 2 balles



a) dans le cas où elles sont de même masse.

b) Que se passe-t-il si la 2^e balle est beaucoup plus légère : $m_1 >> m_2$? Quelle serait alors la hauteur maximale atteinte par la petite balle ?

5.2 Un objet demi sphérique (coefficient $C=1,12\pm0,12$) est installé, maintenu par un fil à l'intérieur d'une soufflerie. On mesure la force de frottement dans un écoulement turbulent : $F=\frac{1}{2}CS\rho v^2$, S étant la section circulaire de l'objet. L'air, de densité $\rho=1,293\pm0,013 kg/m^3$, est pulsé à une vitesse $v=35\pm2 m/s$. Que vaut le rayon, avec la marge d'erreur relative et absolue, de l'objet, sachant que la force qu'il exerce sur la corde est de $F=14,4\pm0,4N$.



5.3 Un long solénoïde possédant 250 spires par mètre est placé perpendiculairement à la trajectoire d'un rayon de protons pour les détourner. Le solénoïde est activé durant 43µs avec un courant de 1,2A pendant le passage des protons. Si les protons possédaient 53eV, de combien de degrés leur trajectoire a-t-elle été modifiée ?