Calculatrice autorisée

Donnée pour tout le devoir : intensité de la pesanteur $g = 9{,}81\ \mathrm{N{\cdot}kg^{-1}}$.

Exercice 1 : La hauteur du jet d'eau de Genève

7 points

On souhaite estimer la hauteur du jet d'eau de Genève, emblème de la ville suisse. On s'intéresse à **une goutte d'eau de masse** m, initialement au niveau du sol, à qui l'on communique une vitesse v_0 dirigée verticalement vers le haut. L'origine des altitudes, pour le calcul de l'énergie potentielle de pesanteur, est choisie à la surface du lac, où se trouve la sortie des pompes ; l'axe Oz est orienté vers le haut.
Données techniques : hauteur moyenne du jet : $140\ \mathrm{m}$; vitesse de sortie de l'eau : $v_0 = 200\ \mathrm{km{\cdot}h^{-1}}$.

Partie 1 : modèle sans frottement

Dans cette partie, on néglige les frottements de l'air ; la hauteur du jet est notée h_1.

1) Donner l'expression générale de l'énergie mécanique d'une goutte d'eau de masse m, de vitesse v et d'altitude z, dans le champ de pesanteur terrestre g.

2) En justifiant, en déduire l'expression de l'énergie mécanique $E_{\mathrm{m}}(\mathrm{A})$ de la goutte à la sortie des pompes, au bas du jet (point A), en fonction de v_0 et de m.

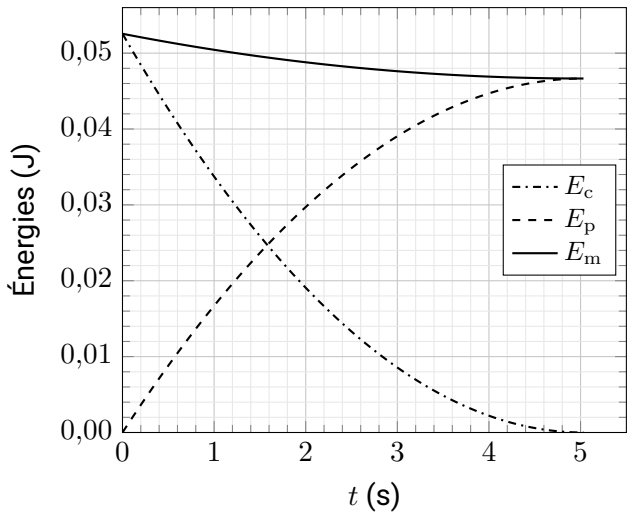
3) Déterminer, en justifiant, l'expression de l'énergie mécanique $E_{\mathrm{m}}(\mathrm{B})$ de la goutte en haut du jet (point B), en fonction de la hauteur h_1 du jet, de g et de m.

4) Estimer la hauteur h_1 du jet. Comparer ce résultat aux données et proposer une explication.

Partie 2 : modèle avec frottement

Dans cette partie, on utilise une modélisation plus complète que dans la partie 1; la hauteur du jet est notée h_2. Un programme écrit en langage Python permet d'obtenir le graphique des différentes énergies d'une goutte d'eau en fonction du temps (lignes 10 à 38 ci-dessous ; les lignes 26 et 27 sont à compléter).

```
10 from pylab import *
11
12 # Echelle de l'axe des abscisses
13 t = linspace(0, 5.03, 100)
14
15 # Definition des constantes (unites SI)
16 m = 34*10**-6    # masse d'une goutte d'eau
17 g = 9.81         # champ de pesanteur
18 v0 = 55.6        # vitesse initiale
19 f = 1.24*m
20
21 # Expressions de la vitesse et de l'altitude
22 v = -(g+f/m)*t + v0
23 z = -0.5*(g+f/m)*t**2 + v0*t
24
25 # Expressions des energies
26
27
28 Em = Ec + Ep
29
30 # Courbes des energies
31 plot(t, Ec, "b-.", linewidth=1, label="Ec")
32 plot(t, Ep, "b--", linewidth=1, label="Ep")
33 plot(t, Em, "b-", linewidth=1, label="Em")
34
35 xlabel("Temps (en s)")
36 ylabel("Energies (en J)")
37 legend()
38 show()
```



1) Lire le programme et compléter les lignes 26 et 27 (en langage Python) afin qu'il permette d'obtenir la représentation graphique ci-dessus.

2) Après avoir repéré la valeur de m dans le programme, calculer l'énergie mécanique d'une goutte à $t = 0$. Vérifier la cohérence de ce résultat à l'aide de la courbe adéquate.

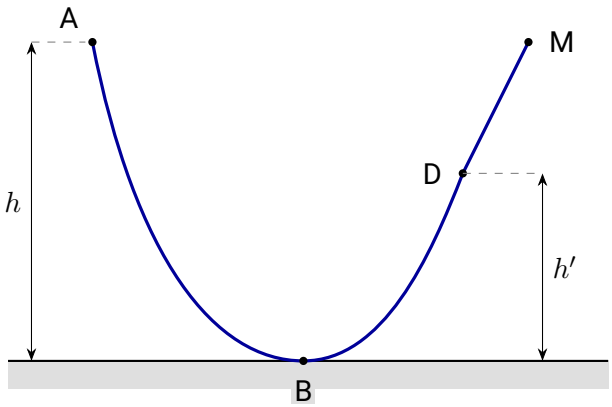
3) À l'aide du graphique, calculer la valeur de h_2 et montrer que ce résultat est plus en accord avec la réalité que celui du modèle de la partie 1.

4)
- **a.** Indiquer, dans le programme Python, la grandeur responsable de l'évolution de l'énergie mécanique de la goutte et préciser à quoi elle correspond.
- **b.** En utilisant le théorème de l'énergie cinétique entre A et B, démontrer que l'on peut écrire $\Delta_{\mathrm{AB}}E_{\mathrm{m}} = W_{\mathrm{AB}}(\vec{f})$.
- **c.** En vous servant de la question précédente, déterminer la valeur de f et la comparer à la valeur théorique, à calculer à partir du programme.

Exercice 2 : Une attraction aquatique

3,5 points

« The wave » est une attraction présente dans certains parcs aquatiques. Elle est constituée d'une rampe dont le point de départ A est situé à une hauteur $h = 8{,}5\,\mathrm{m}$ au-dessus du sol.



Léa, assise sur une bouée, se lâche du point A sans vitesse initiale et se laisse glisser le long de la rampe. Une pellicule d'eau assure une descente sans frottement sur la partie AB. La masse du système $S = \{\text{bouée} + \text{Léa}\}$ est $m = 60\,\mathrm{kg}$. On admet que le système S est équivalent à un solide en translation.

1) Après avoir effectué un bilan des forces qui s'exercent sur le système sur la portion AB, déterminer la valeur de la vitesse atteinte par Léa en B, en $\mathrm{m{\cdot}s^{-1}}$.

2) Si la portion ascendante du parcours était elle aussi recouverte d'une pellicule d'eau, où se situerait le point M représentant Léa à son point le plus haut ? Répondre en utilisant les propriétés de l'énergie mécanique.

3) En réalité, les frottements ne sont pas nuls sur la portion ascendante : Léa s'élève seulement jusqu'au point D, situé à la hauteur $h' = 5{,}0\,\mathrm{m}$. Le parcours BD est assimilé à une portion rectiligne de longueur $7{,}0\,\mathrm{m}$, sur laquelle la force de frottement est supposée constante. Déterminer, par la méthode de votre choix, la valeur de cette force de frottement.

Exercice 3 : Le décollage d'un avion

4,5 points

Un avion de masse $m = 50\,\text{t}$ roule sur une piste **horizontale** et parcourt une distance $\text{AB} = 200\,\text{m}$ entre son point de départ A, où il est à l'arrêt, et son point de décollage B. La poussée $\vec{F}$ des réacteurs est supposée constante ; elle réalise un travail $W_{\text{AB}}(\vec{F}) = 1{,}2 \times 10^8\,\text{J}$.

Partie 1 : les frottements sont négligeables

1) À l'aide du théorème de l'énergie cinétique, déterminer la valeur de la vitesse de décollage de l'avion en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, puis en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ (expression littérale, puis application numérique).

Partie 2 : les frottements ne sont plus négligeables

2) En réalité, l'avion décolle avec une vitesse v'_{B} égale à $90\,\%$ de celle calculée à la question 1). Établir l'expression littérale, puis calculer la valeur f de la force de frottement, supposée constante sur toute la portion AB.

3)

a. Calculer la valeur des forces suivantes, qui s'exercent sur le système {avion} : la poussée $\vec{F}$, le poids $\vec{P}$ et la réaction $\vec{R}$ du sol sur l'avion.

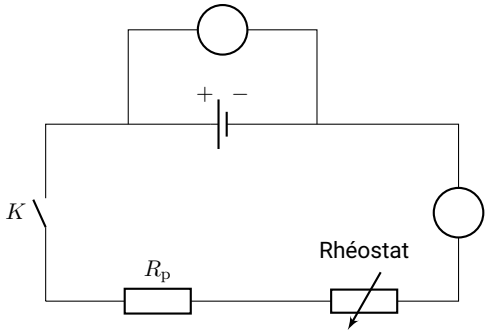
b. Représenter ces trois forces ainsi que la force de frottement par des vecteurs, en choisissant une échelle adaptée (l'avion est représenté par un point M).

c. En exploitant votre construction, caractériser le mouvement de l'avion sur la portion AB. Cette question doit être traitée uniquement à l'aide de **votre construction**. Si vous n'avez pas trouvé la valeur de f à la question 2), choisissez une valeur arbitraire telle que $f < F$.

Exercice 4 : Caractéristique d'une pile

5 points

À l'aide du montage représenté ci-dessous, on étudie la caractéristique tension-courant d'une pile. Le montage comprend une pile placée en série avec une résistance de protection R_{p}, un rhéostat et un interrupteur, ainsi que deux appareils de mesure. La tension U est la tension mesurée aux bornes de la pile et I l'intensité du courant.



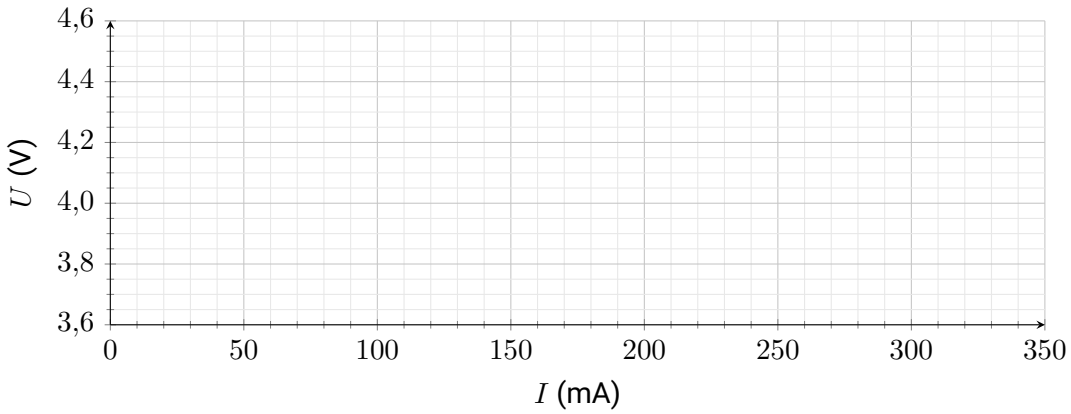
Les résultats des mesures sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

U (V)	4,4	4,3	4,1	4,0	3,9
I (mA)	50	100	200	250	300

1) Compléter le schéma du montage en indiquant dans les cercles la nature des appareils de mesure ainsi que leurs bornes (à compléter sur le sujet).

2) Quel est le rôle du rhéostat dans ce montage ?

3) À l'aide du tableau de mesures, tracer la caractéristique $U = f(I)$ de la pile (à compléter sur le sujet, sur le repère ci-dessous).



4) Déterminer graphiquement la force électromotrice E de la pile et sa résistance interne r, puis donner l'expression de U en fonction de I.

5) Après avoir donné l'expression du rendement de la pile, calculer sa valeur lorsque $I = 150\,\text{mA}$.

6) Calculer l'énergie chimique consommée par la pile en $2\,\text{min}$ lorsque $I = 150\,\text{mA}$.