



Exercice 1

- Une goutte d'eau supposée sphérique, de rayon $r = 1 \text{ mm}$, tombe de la base d'un nuage situé à 1000 m au-dessus du sol. On suppose qu'à l'instant initial la vitesse de la goutte est nulle. On prendra, comme origine des temps, l'instant où la goutte quitte la base du nuage, et, comme origine de l'espace, l'endroit où la goutte quitte le nuage.
 - En supposant que seul le poids de la goutte s'exerce sur elle, établir la loi horaire de son mouvement.
 - Calculer la valeur de la vitesse de la goutte lorsqu'elle atteint le sol ; cela vous paraît-il acceptable ?
 - En fait, la goutte arrive au sol avec une vitesse $v = 10 \text{ m/s}$. Expliquer la différence entre cette valeur et celle précédente. Comment appelle-t-on cette vitesse ?
 - Donner l'expression de la Poussée d'Archimède ; la calculer
 - Comparer Poussée d'Archimède et poids de la goutte ; conclure
 - On modélise les frottements qui s'exercent sur la goutte par une force unique d'expression $\vec{f} = -k \cdot \vec{v}$, où k est un coefficient à déterminer.
 - établir l'équation différentielle du mouvement
 - en déduire l'expression de v_{lim} en fonction des données
 - calculer k et t , temps caractéristique du système
 - au bout de combien de temps la goutte d'eau atteint-elle sa vitesse limite ?
- Données : $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $\rho_{\text{air}} = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Exercice 2

Les microgouttelettes d'eau (supposées sphériques de rayon r) d'un nuage tombe dans l'atmosphère avec une vitesse v .

- Faire un bilan des forces agissant sur la gouttelette lors de sa chute verticale et les représenter sur un schéma. La force de frottement due à l'air a pour expression : $\vec{f} = -6\pi\eta r\vec{v}$ avec η représente le coefficient de viscosité de l'air.
 - Vérifier que la Poussée d'Archimède peut être négligée.
Etablir l'équation différentielle de la gouttelette dans ce cas.
 - En déduire l'expression de la vitesse limite de chute en fonction de ρ_{eau} , r , g et h
 - Calculer cette vitesse limite.
 - Comparer cette vitesse limite à celle d'une goutte de pluie dont le rayon vaudrait $r' = 200 r$.
- Données : $r = 1 \text{ mm}$; $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg/m}^3$; $\rho_{\text{air}} = 1,3 \text{ kg/m}^3$; $\eta = 20 \cdot 10^{-6} \text{ SI}$; $g = 10 \text{ m/s}^2$

Exercice 3

Un ballon sonde, en caoutchouc mince très élastique, est gonflé à l'hélium. Une nacelle attachée au ballon emporte du matériel scientifique afin d'étudier la composition de l'atmosphère.

L'objectif de cette partie est d'étudier la mécanique du vol du ballon sonde à faible altitude (sur les premières centaines de mètres). On peut alors considérer que l'accélération de la pesanteur g , le volume du ballon V_b et la masse volumique ρ de l'air restent constantes.

On modélisera la valeur f de la force de frottement de l'air sur le système étudié par l'expression : $f = K \cdot v^2$ où K est une constante dépendant de l'aérodynamisme du ballon et v la vitesse du centre d'inertie du système {ballon + nacelle}.

On donne l'expression de la poussée d'Archimède qui agit sur le ballon : $F_a = \rho \cdot V_b \cdot g$

On supposera qu'il n'y a pas de vent (le mouvement s'effectue dans la direction verticale)

et que le volume de la nacelle est négligeable par rapport au volume du ballon.

Le système {ballon + nacelle} est étudié dans un référentiel terrestre considéré comme galiléen. On appelle M la masse totale du système.

Données : $\rho = 1,22 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $V_b = 9,0 \text{ m}^3$; Masse du ballon (enveloppe + hélium) : $m = 2,10 \text{ kg}$

Masse de la nacelle vide : $m' = 0,50 \text{ kg}$; Constante aérodynamique : $K = 0,11 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$

- Établir sur un schéma le bilan des forces exercées sur le système {ballon + nacelle}, lorsque le ballon vient juste de décoller. Quelle force peut-on négliger devant les autres durant cette phase ?
- La vitesse initiale du ballon (juste après le décollage) étant considérée comme nulle, quelle condition doit satisfaire la masse M pour que le ballon puisse s'élever ?
- En déduire la masse maximale de matériel scientifique que l'on peut embarquer dans la nacelle.
- Déterminer la vitesse limite atteinte par le ballon pour le cas où $M = 5,0 \text{ kg}$.

