SUJET BAC GUIDÉ

2 Vol en montgolfière

Aujourd'hui, un vol en montgolfière constitue une activité touristique permettant de découvrir une région vue du ciel. On en oublie presque que c'est le premier objet qui permit à l'humain de voler. En effet, le 19 octobre 1783, Jean-Baptiste Réveillon, Jean-François Pilâtre de Rozier et André Giroud de Villette ont été les premières personnes à s'élever dans le ciel, à l'aide d'un ballon, réalisé sur le modèle de celui des frères Montgolfier, mis au point quelques mois plus tôt.

Doc. 1 Caractéristiques de la montgolfière

La masse de la montgolfière {nacelle + enveloppe non gonflée} et de son équipage est $m = 800$ kg. Pour gonfler l'enveloppe, l'air qu'elle renferme est chauffé par combustion du carburant dans un brûleur. Le volume du ballon gonflé est $V_b = 3\,000$ m^3. On considère alors le volume de la nacelle comme négligeable.

Questions

1. Conditions de décollage

On cherche à déterminer la température minimale T_{min} de l'air chaud contenu dans l'enveloppe pour permettre le décollage de la montgolfière. Au sol, la température de l'air extérieur est $\theta_{ext} = 10$ °C.

1.1 Faire le bilan des forces s'exerçant sur la montgolfière juste au moment du décollage, sachant que les frottements sont négligés. Représenter ces forces sur un schéma en justifiant la longueur des vecteurs.

1.2 En utilisant l'équation d'état des gaz parfaits, déterminer l'expression de la masse d'air enfermé dans l'enveloppe m_1 ainsi que celle de la masse de l'air déplacé par le ballon m_2.

1.3 Donner l'expression littérale de la norme du poids P de la montgolfière gonflée avec de l'air chaud.

1.4 Donner l'expression littérale de la norme de la poussée d'Archimède Π et la calculer.

1.5 Déterminer la valeur minimale de la température T_{min} de l'air chaud présent dans l'enveloppe pour permettre le décollage.

Données

- **Pression au niveau du sol :** $p_{atm} = 1{,}013 \times 10^5$ Pa
- **Intensité de pesanteur :** $g = 9{,}81$ N·kg^{-1}
- **Constante des gaz parfaits :** $R = 8{,}314$ J·K^{-1}·mol^{-1}
- **Masse molaire de l'air :** $M(\text{air}) = 28{,}9$ g·mol^{-1}
- **Équation d'état des gaz parfaits :** $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$
- **Conversion d'unités de température :** $T = \theta + 273{,}15$

Coups de pouce

1.1 Identifier les deux forces exercées sur la montgolfière et représenter leur somme dirigée vers le haut.

1.2 Déterminer les expressions de m_1 et m_2 à partir des quantités n_1 et n_2 et de l'équation d'état des gaz parfaits.

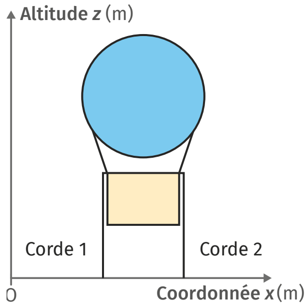
1.3 Prendre en compte l'air contenu dans l'enveloppe en plus de la nacelle.

1.4 Ne prendre en compte que le volume d'air déplacé par l'enveloppe.

1.5 Exprimer la condition sur P et Π pour avoir un décollage.

Doc. 2 Montgolfière amarrée au sol par deux cordes

Juste après son envol, la montgolfière est dans un premier temps immobilisée quelques mètres au-dessus du sol par deux cordes. La nacelle ne touche plus le sol et les cordes sont tendues verticalement entre le sol et la nacelle. On choisit un repère $(O, \vec{i}, \vec{k})$. La température à l'intérieur du ballon vaut maintenant $\theta = 94$ °C et celle de l'air extérieur est toujours de 10 °C. La masse de l'enveloppe, de la nacelle et de son équipage reste inchangée, ainsi que le volume du ballon.



Questions

2. Amarrage

Dans les conditions énoncées dans le **doc. 2**, la norme du poids de la montgolfière gonflée est $P = 3{,}61 \times 10^4$ N et la norme de la poussée d'Archimède est $\Pi = 3{,}66 \times 10^4$ N. Le référentiel d'étude est galiléen.

2.1 Faire un bilan des forces s'exerçant sur la montgolfière et les représenter en recopiant le schéma du **doc. 2**.

2.2 Donner la relation vectorielle liant ces forces.

2.3 En déduire la valeur de la tension de chacune des cordes.

Coups de pouce

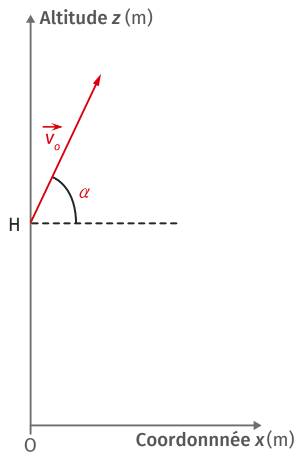
2.1 Supposer que la tension de chaque corde est égale.

2.2 Utiliser la première loi de Newton.

2.3 Projeter les forces sur l'axe vertical.

Doc. 3 Largage d'un sac de lest

Les amarres sont coupées et la montgolfière démarre son ascension vers le haut. Un petit vent d'ouest modifie rapidement son mouvement. Pour que la prise d'altitude soit plus rapide, l'équipage lâche un peu de lest en laissant tomber, par-dessus bord, des sacs de sable. On s'intéresse à la chute de l'un de ces sacs. L'équipage laisse tomber un sac de masse $m = 2{,}0$ kg lorsque la nacelle se trouve à une hauteur $h = 14$ m du sol. Le sac est alors au point noté H. La valeur de la vitesse de la montgolfière est alors $v_0 = 10$ m·s^{-1} et sa direction fait un angle $\alpha = 50$ ° avec l'horizontal. Pour étudier la chute du sac, on se place dans un repère dont l'origine de l'axe des ordonnées est prise au niveau du sol et celle de l'axe des abscisses est prise à la verticale du point H, c'est-à-dire au niveau du sac au moment où il est lâché.



Questions

3. Chute d'un lest

La chute du sac est étudiée en négligeant la force de frottement de l'air et la force modélisant l'action du vent sur le sac. Le référentiel est considéré galiléen.

3.1 En utilisant l'une des lois de Newton que l'on précisera, déterminer les coordonnées $a_x(t)$ et $a_z(t)$ du vecteur accélération du sac.

3.2 En déduire que les équations horaires du mouvement s'écrivent :

$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t \\ z(t) = -\frac{1}{2}\, g \cdot t^2 + v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t + h \end{cases}$$

3.3 Donner l'équation de la trajectoire. La représenter sur le schéma.

Coups de pouce

3.1 Utiliser la deuxième loi de Newton.

3.2 Déterminer les primitives des coordonnées de l'accélération, puis des coordonnées des vitesses en tenant compte des conditions initiales.

3.3 Avec la première équation horaire, exprimer t en fonction de x et faire un changement de variable dans la deuxième équation horaire.