

Exercices Lois de Newton

I. Décollage de la fusée Ariane

D'après Encyclopedia Universalis (1998) :

(Certains renseignements et données sont nécessaires à la résolution du sujet).

Le premier lanceur Ariane est une fusée à trois étages dont la hauteur totale est de 47,4 m et qui pèse, avec sa charge utile (satellite), 208 tonnes au décollage.

Le premier étage qui fonctionne pendant 145 secondes est équipé de 4 moteurs Viking V alimentés par du peroxyde d'azote N_2O_4 (masse de peroxyde emportée : 147,5 tonnes).

L'intensité de la force de poussée totale \vec{F} de ces 4 réacteurs est constante pendant leur fonctionnement: elle vaut $F = 2445 \text{ kN}$.

Ce lanceur peut mettre en orbite circulaire basse de 200 km d'altitude un satellite de 4850 kg; il peut également placer sur une orbite géostationnaire un satellite de 965kg; il peut aussi être utilisé pour placer en orbite héliosynchrone des satellites très utiles pour des applications météorologiques.

L'ascension de la fusée Ariane

Le champ de pesanteur \vec{g} est supposé uniforme : son intensité est $g_0 = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

On choisit un axe Oz vertical dirigé vers le haut.

On étudie le mouvement de la fusée dans le référentiel terrestre qu'on suppose galiléen.

- a) Représenter clairement, sur un schéma, en les nommant, les deux forces qui agissent sur la fusée Ariane lorsqu'elle s'élève verticalement. On néglige les frottements et la poussée d'Archimède dans l'air.
- b) A un instant quelconque, la masse de la fusée est m . Déterminer en fonction de m et des intensités des 2 forces précédentes la valeur de l'accélération a .
- c) On considère d'abord la situation au décollage. La masse de la fusée vaut alors m_1 . Calculer la valeur numérique de l'accélération a_1 à cet instant.
On envisage la situation qui est celle immédiatement avant que tout le peroxyde d'azote ne soit consommé. La masse de la fusée vaut alors m_2 . Calculer la valeur numérique de m_2 puis celle de l'accélération a_2 à cet instant.
Le mouvement d'ascension de la fusée est-il uniformément accéléré ?
- d) La vitesse d'éjection \vec{V}_e des gaz issus de la combustion du peroxyde d'azote est donnée par la relation :

$$\vec{V}_e = \frac{\Delta t}{\Delta m} \cdot \vec{F}$$

où $\frac{\Delta t}{\Delta m}$ est l'inverse de la variation de masse de la fusée par unité de temps et caractérise la consommation des moteurs.

Vérifier l'unité de V_e par analyse dimensionnelle. Calculer la valeur numérique de V_e .

Quel est le signe de $\frac{\Delta t}{\Delta m}$? En déduire le sens de \vec{V}_e . Qu'en pensez-vous ?

A l'aide d'une loi connue qu'on énoncera, expliquer pourquoi l'éjection des gaz propulse la fusée vers le haut.

II. Décollage ballon sonde :

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:

$f = K \cdot \rho \cdot v^2$ où K est une constante pour les altitudes considérées et v la vitesse du centre d'inertie du système {ballon + nacelle}.

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.

1. Condition de décollage du ballon.

1.1. Établir le bilan des forces exercées sur le système {ballon + nacelle}, lorsque le ballon vient juste de décoller. Indiquer le sens et la direction de chaque force.

1.2. La poussée d'Archimède.

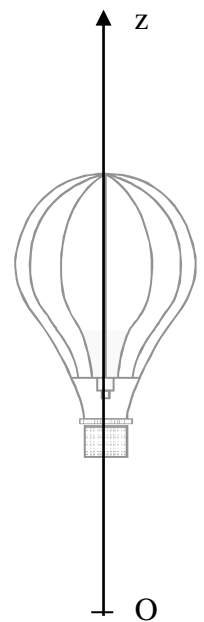
Donner l'expression littérale de la valeur F_A de la poussée d'Archimède.

2. Soit M la masse du système.

Appliquer au système la seconde loi de Newton (seule la relation vectorielle est demandée).

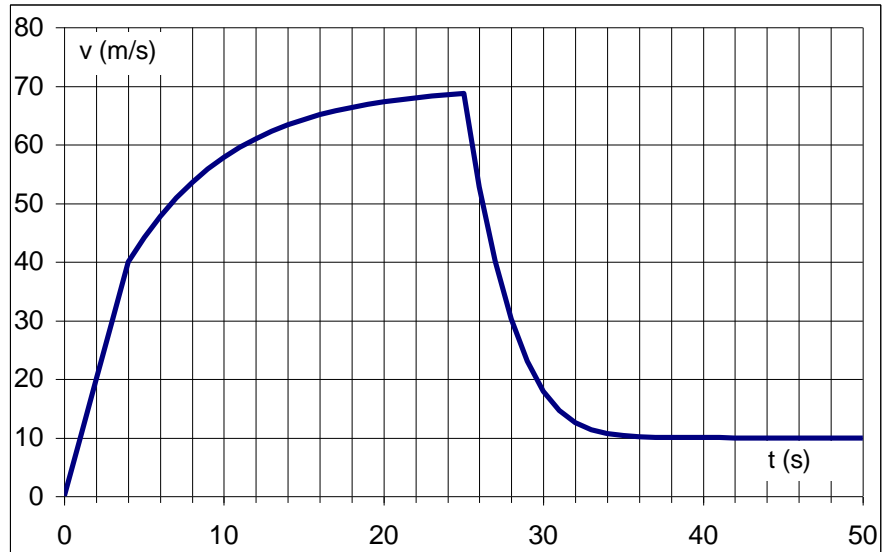
2.1. Quelle condition doit satisfaire le vecteur accélération pour que le ballon puisse s'élever ? En déduire une condition sur M (on projetera la relation obtenue à la question 1.3. **sur un axe vertical orienté vers le haut**).

2.2. En déduire la masse maximale de matériel scientifique que l'on peut embarquer dans la nacelle.



III. Parachutiste :

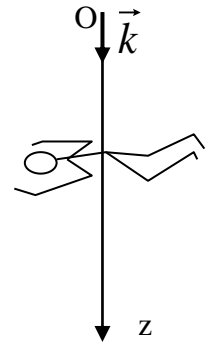
Un parachutiste saute d'un hélicoptère momentanément immobile dans le ciel. Dans tout le problème on supposera sa chute verticale. Avec son équipement, sa masse est de 100 kg (on prendra $g=10 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$). Le graphe ci-dessous donne sa vitesse au cours de la chute en fonction du temps.



1. Chute libre :

1.1. Un objet est en chute libre si les forces de frottement de l'air sont négligeables.

Nommer la force qui agit alors sur l'objet au cours de sa chute. Sur le schéma ci-contre, indiquer sa direction, son sens et calculer sa valeur dans le cas du parachutiste avec son équipement.



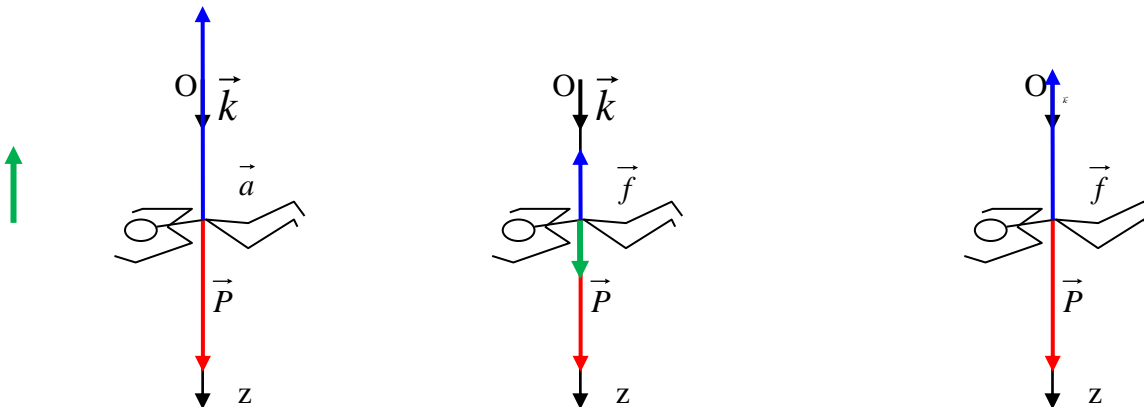
1.2. Montrer que l'accélération du parachutiste en chute libre est égale à l'intensité de la pesanteur g .

1.3. En utilisant la définition d'une l'**accélération constante**, montrer que dans le cas d'une chute libre, $v(t)=g.t$ où g est l'intensité de pesanteur du lieu.

1.4. Jusqu'à quelle date t peut-on considérer la chute comme libre ?

2. Chute freinée

2.1. Parmi les trois schéma ci-dessous, lequel représente le mieux les forces qui agissent sur le parachutiste dans cette phase ? Justifier en décrivant dans chaque cas quelle serait l'évolution de sa vitesse.



2.2. Qualifier le mouvement à partir de cette date ; en déduire la relation entre le poids et la force de frottement.

3. Ouverture du parachute

3.1. A quelle date s'ouvre le parachute ? Quelle est l'effet de l'ouverture du parachute sur la force de frottement.

3.2. Justifier l'évolution de la vitesse.

3.3. Expliquer ce qui se passe pour $t > 36s$. Calculer la valeur de la force de frottement.

3.4. A quelle vitesse, exprimée en $km.h^{-1}$ le parachutiste atteint-il le sol ?

