

Thème 2 : Mouvement et interactions

Partie 2. Relier les forces appliquées à un système à son mouvement

CHAP 12- EXOS Lois de Newton

EXOS en autonomie : QCM p. 327/ER p. 328 à 331/EC n°29*- 34*- 36* et 47*
EXERCICES p. 331 et suiv. : n° 27-32-33-35-39-45-48-50-53-58 et 59

26 Vol d'un drone

Les drones de loisirs à quatre hélices sont des véhicules aériens de faible dimension. Ils sont vendus au grand public comme un jeu pour l'intérieur ou l'extérieur.

Dans cet exercice, on étudie un drone, de masse $m = 110$ g, dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

On suppose que les seules forces qui s'appliquent sur le drone sont son poids P et une force de poussée F verticale, réglable par l'utilisateur. À l'instant initial, le drone est positionné à l'origine du repère (doc. 1).

Donnée Norme du champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81$ N·kg⁻¹



Drone en phase de décollage.

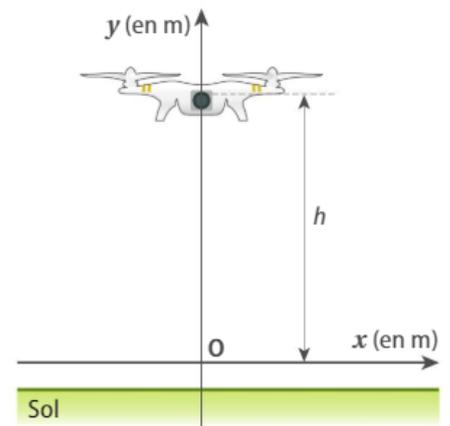
27 Attention, chute de drone

Données On utilisera les données de l'exercice précédent.

Un oiseau percute le drone en plein vol, situé alors à une hauteur $h = 40$ m. L'impact casse deux hélices. La norme de la force de poussée maximale est désormais $F = 0,80$ N. Elle est insuffisante pour maintenir le drone en vol : son altitude baisse progressivement.

On étudie le drone en chute à partir de l'impact, considéré comme l'instant initial à $t = 0$ s. La vitesse initiale du drone est considérée comme nulle.

- À l'aide de la deuxième loi de Newton, déterminer les équations horaires de la vitesse du drone et de sa position le long de l'axe (Oy) .
- Au bout de combien de temps le drone touche-t-il le sol ?
- Quelle est la vitesse atteinte au moment de l'impact ?



32 Une trousse de masse $m = 300$ g est immobile sur une table horizontale.

- Justifier que la table peut être considérée comme un référentiel galiléen.
- Faire le bilan des forces s'exerçant sur la trousse et les représenter sur un schéma.
- D'après le mouvement de la trousse, quelle loi de Newton peut s'appliquer ici ?
- En déduire la norme de chacune des forces.

33 Une pierre de curling de masse $m = 18,0$ kg est lancée sur la glace.

Les frottements exercés par la glace et l'action de l'air sont négligeables.

a. Faire le bilan des forces s'appliquant sur le solide une fois lancé.

Les schématiser sans souci d'échelle.

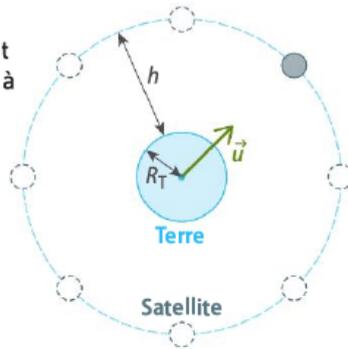
- En utilisant une des lois de Newton, calculer la norme de chacune de ces forces.
- Quelle est la nature du mouvement de la pierre ?



35 Un satellite terrestre de masse $m_s = 200 \times 10^3$ kg est en orbite autour de la Terre à une altitude $h = 250$ km.

Données

- Rayon terrestre : $R_T = 6\,378$ km
- Masse de la Terre : $m_T = 5,97 \times 10^{24}$ kg



- a. Décrire le mouvement du satellite dans le référentiel géocentrique.
- b. Faire le bilan des forces exercées sur le satellite en précisant leur direction, leur sens et leur norme.
- c. En déduire la norme, le sens et la direction de l'accélération du satellite.

39 Exercer son esprit critique

Schématiser une situation • Effectuer un calcul

Un chat dort dans un hamac. L'ensemble est modélisé par un point G de masse $m = 4,8$ kg. Le hamac est fixé par des cordes formant un angle $\theta = 8,0^\circ$ avec l'horizontale.



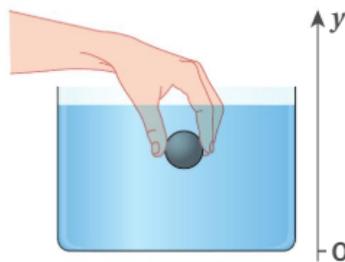
- a. Faire le bilan des forces s'exerçant sur le point G.
- b. En utilisant, la première loi de Newton, exprimer la norme T des tensions des cordes. Les calculer.
- c. Vers quelle valeur tend T quand θ tend vers 0 ? Cela était-il prévisible ?

45 Une bille dans l'eau

Exploiter un énoncé • Effectuer un calcul

On dispose d'une bille d'acier de masse $m = 1,1 \times 10^2$ g et d'une bille de liège de masse $m' = 2,8$ g. On immerge à tour de rôle les billes dans l'eau, puis on les lâche.

Les deux billes ayant le même volume, l'eau exerce la même poussée verticale vers le haut sur chaque bille, de norme $F_A = 0,14$ N.



1. a. Calculer le poids de la bille d'acier.
- b. Caractériser les forces qui s'exercent sur la bille d'acier juste après qu'on l'a lâchée et les représenter sur un schéma à l'échelle 1 cm pour 0,1 N.
- c. En utilisant la deuxième loi de Newton, calculer l'accélération de la bille juste après qu'on l'a lâchée. La bille coule-t-elle ?
2. Reprendre ces questions pour la bille de liège avec une échelle de 1 cm pour 0,02 N.
3. Calculer la masse que devrait avoir une bille subissant la même poussée pour être immobile une fois immergée.

48 Au ski

Utiliser un modèle • Effectuer un calcul

Un skieur de masse $m = 80 \text{ kg}$ dévale une piste formant un angle $\alpha = 15^\circ$ avec l'horizontale. Ayant une vitesse $v_0 = 9,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, le skieur effectue un chasse-neige pour s'arrêter. Il est à l'arrêt complet au bout de $\Delta t = 3,0 \text{ s}$.



- Au cours de la manœuvre en chasse-neige, le vecteur accélération est supposé constant. Déterminer sa direction, son sens et sa norme.
- À l'aide de la deuxième loi de Newton, déterminer la norme de la force de frottement.

50 Ascension d'un super héros

BAC

Exploiter un énoncé • Effectuer un calcul

Le héros de bande dessinée Rocketeer utilise un réacteur dorsal pour voler. L'éjection de gaz exerce sur le héros une force verticale et orientée vers le haut, appelée force de poussée. On étudie le système {Rocketeer + équipement}



de masse $m = 120 \text{ kg}$ dont on néglige la variation de masse (due à l'éjection des gaz). Initialement immobile, le système connaît une ascension durant $\Delta t = 3,0 \text{ s}$.

Les réacteurs dorsaux sont aujourd'hui disponibles, même si on n'est pas un super héros.

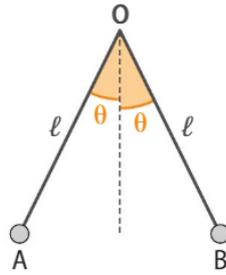
- Déterminer la valeur minimale de la force de poussée assurant le décollage du super héros.
- On suppose la force de poussée de norme $1,66 \times 10^3 \text{ N}$. Déterminer la norme de l'accélération du système.
- En déduire les équations horaires de la vitesse et de la position sur un axe vertical ascendant.
- En déduire l'altitude y_1 et la vitesse v_1 atteintes à la fin de l'ascension.

Adapté du sujet de Bac Amérique du Nord, 2015.

53 On s'écarte

Utiliser un modèle • Effectuer un calcul

Deux billes métalliques A et B identiques de masse m sont chacune reliées à un fil isolant de longueur ℓ fixé à son autre extrémité en un point O. Un dispositif permet de communiquer à chacune une même charge électrique q . Les deux billes se repoussent alors l'une l'autre et atteignent un équilibre où les fils font un angle θ avec la verticale. Toute action de l'air sera négligée.



- Faire le bilan des forces subies par la bille A. Représenter ces forces sur un schéma.
- En utilisant une loi de Newton à préciser, établir le lien entre q et les paramètres du problème.
- Calculer $|q|$ si $\ell = 10 \text{ cm}$, $m = 1,0 \text{ g}$ et $\theta = 20^\circ$.

58 Voltige

Exploiter un énoncé • Utiliser un modèle

Un numéro de voltige à moto consiste à faire des tours dans une sphère.

On considère un motard et sa moto, modélisés par un point en mouvement circulaire et uniforme dans un plan vertical. On négligera toute autre force que le poids et la réaction normale de la sphère.



- À l'aide d'un schéma, donner l'expression de l'accélération du système dans le repère de Frenet.
- Déterminer la vitesse minimale à laquelle le motard doit rouler pour ne pas décoller de la sphère.
- Estimer le rayon de la trajectoire sur la photo ci-dessus et en déduire la vitesse minimale, en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

59 Chute dans un fluide visqueux

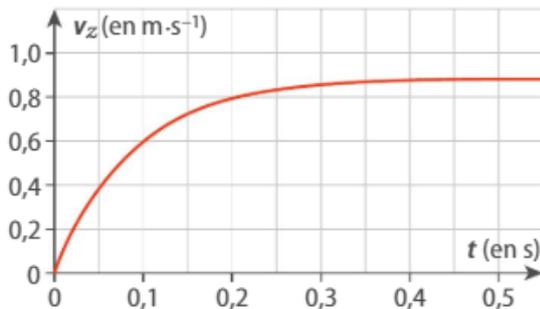
Effectuer un calcul • Exploiter un graphique

Une bille de masse $m = 2,0 \text{ g}$ est en chute verticale dans un fluide visqueux. On modélisera l'action du fluide sur la bille par une force de frottement $\vec{f} = -k\vec{v}$, où \vec{v} est la vitesse de la bille dans le référentiel du fluide et k une constante. La bille est lâchée sans vitesse initiale à l'instant $t = 0 \text{ s}$.

1. a. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la vitesse \vec{v} de la bille. La mettre sous la forme $\frac{d\vec{v}}{dt} = -\frac{1}{\tau}(\vec{v} - \vec{v}_\ell)$ en précisant les expressions de τ et \vec{v}_ℓ .

b. En déduire que $\vec{v} = \vec{v}_\ell(1 - e^{-t/\tau})$.

2. L'enregistrement du mouvement de la bille donne la courbe suivante pour la coordonnée v_z de la bille sur un axe (Oz) vertical orienté vers le bas.



a. Déterminer graphiquement τ et v_ℓ .

b. En déduire la valeur du coefficient k et son unité.

64 Décollage de la fusée Ariane 5

La propulsion de la fusée Ariane 5 est assurée par :

- un étage principal cryotechnique (EPC) constitué du moteur Vulcain, de puissance transmise à la fusée de l'ordre de 10 MW en moyenne au cours des deux premières secondes du décollage ;

- deux boosters (étages d'accélération à poudre EAP) qui contribuent à environ 90 % de la puissance totale transmise à la fusée au début du décollage.

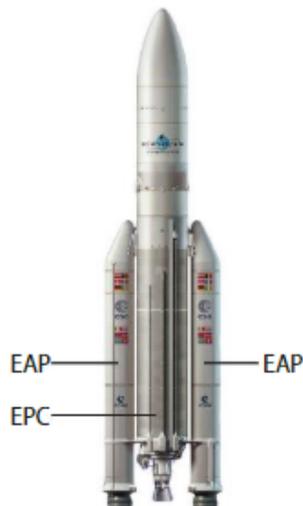


Figure 1 Représentation d'un modèle de la fusée Ariane 5 (d'après cnes.fr).

L'étude donne les résultats suivants.

Image	t (en s)	y (en m)	v_y (en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
1	0,20	$y_1 = 30,1$	
2	0,60	31,5	v_2
3	1,00	33,3	6,8
4	1,40	36,9	9,6
5	1,80	y_5	12
6	2,20	46,5	15
7	2,60	52,9	

1. Calculer la masse des gaz éjectés pendant la durée de l'étude, soit 2,40 s. La comparer à la masse au décollage de la fusée. Commenter.

2. Estimer, à l'aide de la figure 2, la valeur de y_5 .

3. On donne la représentation graphique de l'évolution de la vitesse de la fusée au cours du temps :

Le but de cet exercice est de vérifier certaines des caractéristiques de la fusée Ariane 5 à partir d'une chronophotographie de son décollage (figure 2).

Données

- Norme du champ de pesanteur : $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
- Débit massique d'éjection de gaz du moteur Vulcain : $270 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$
- Débit massique d'éjection de gaz de chaque booster : $1,8 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$

Caractéristiques de la fusée Ariane 5 :

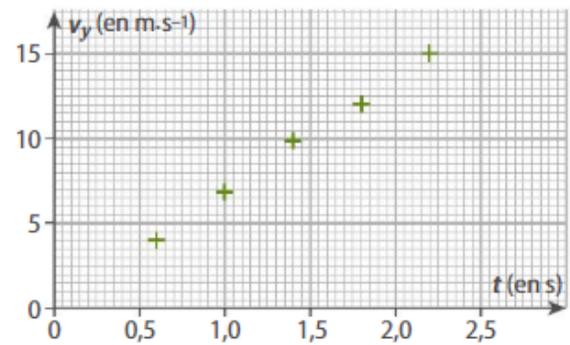
- Hauteur de la fusée : 52 m
- Masse au décollage : 750 à 780 tonnes
- Poussée : 12 000 à 13 000 kN

La poussée, qui s'exprime en kilonewtons (kN), est une action qui s'exerce sur la fusée. C'est l'action de réaction des gaz éjectés au cours de la combustion du carburant. Au décollage, cette action est modélisée par une force verticale et orientée vers le haut.

Pour faciliter les mesures, les différentes images de la fusée ont été décalées horizontalement les unes par rapport aux autres.

L'axe vertical a pour origine la base de la fusée.

L'image 1 de la figure 2 précise l'endroit de la fusée qui sert à repérer son mouvement vertical. Son ordonnée sur l'axe (Oy) est notée y_1 .



- 3.1. Estimer, à l'aide du tableau, la valeur de v_2 . Vérifier que ce résultat est cohérent avec le graphique.
- 3.2. Montrer que l'accélération de la fusée pendant la durée de l'étude est proche de $7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.
- 3.3. Préciser, en justifiant, la direction et le sens du vecteur accélération de la fusée.
4. Faire un schéma de la fusée où l'on représentera les forces s'appliquant sur la fusée qui vient de quitter le sol.
5. À partir des résultats précédents, estimer la norme de la force de poussée. Commenter.

Adapté du sujet de Bac Métropole, 2019.

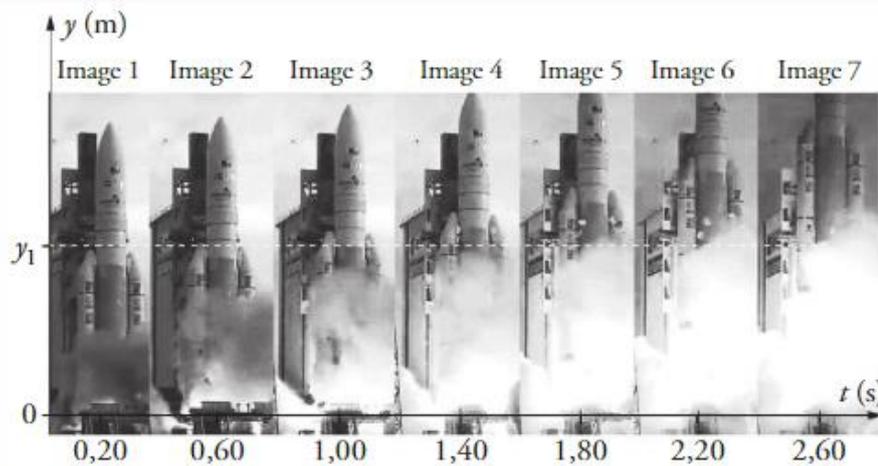


Figure 2 Chronophotographie du début du décollage d'Ariane 5.

DES CLÉS POUR RÉUSSIR

1. Utiliser le débit massique total d'éjection sans oublier qu'il y a deux boosters.
2. On attend des mesures sur la chronophotographie : il faut donc connaître son échelle.
- 3.1. La vitesse s'obtient à l'aide des ordonnées des positions proches.
- 3.2. À quoi correspond l'accélération sur le graphique ?