Devoir surveillé – mouvement et interactions : vitesse, forces, poids et gravitation — niveau ★★★

Durée : 55 min – Calculatrice autorisée – Sur 20 points · Physique 3e

Nom : _____ Date : _____ Note : _____ / 20

Tous les calculs doivent figurer sur la copie. Les résultats seront donnés sous la forme la plus simple possible.

Exercice 1 – Problème — Ingenuity, l'hélicoptère martien *(5 pts)*

Ingenuity, l'hélicoptère de la NASA arrivé sur Mars avec le robot Perseverance, a une masse de 1,8 kg. Le 19 avril 2021, il réussit le premier vol motorisé et contrôlé sur une autre planète : il s'élève à la verticale jusqu'à 3 m de hauteur, reste un moment en vol stationnaire, puis redescend se poser. Ses rotors poussent l'air vers le bas ; l'air exerce sur lui une force verticale vers le haut, la poussée. On ne tient compte que du poids et de la poussée. Données : g = 9,8 N/kg sur Terre ; g = 3,7 N/kg sur Mars. On imagine les relevés d'altitude suivants pendant la montée, toutes les 0,5 s (valeurs simplifiées) :

Position	$\mathbf{M_0}$	$\mathbf{M_1}$	$\mathbf{M_2}$	$\mathbf{M_3}$	$\mathbf{M_4}$	$\mathbf{M_5}$	$\mathbf{M_6}$	$\mathbf{M_7}$	$\mathbf{M_8}$
Altitude (m)	0	0,2	0,6	1,1	1,6	2,1	2,6	2,9	3,0

a) Calcule le poids d'Ingenuity sur Mars, puis sur Terre. Un journaliste écrit qu'il est « plus léger sur Mars » : qu'est-ce qui change vraiment, et qu'est-ce qui ne change pas ?

b) Pendant le vol stationnaire, que vaut la poussée ? Justifie.

c) Calcule la vitesse instantanée d'Ingenuity en M_4. Découpe la montée en trois phases et donne la nature du mouvement dans chacune, en justifiant avec les relevés.

d) Avant le voyage, on l'a fait voler dans une enceinte de laboratoire, sur Terre. Un câble relié à un moteur le tirait vers le haut, pour que ses rotors n'aient à compenser que l'équivalent de son poids martien. Quelle force ce câble devait-il exercer ? Quel pourcentage de son poids terrestre cela représente-t-il ?

e) Pour redescendre, un élève propose de couper les rotors pendant le vol stationnaire. Explique ce qui se passerait. Un hélicoptère pourrait-il voler sur la Lune, qui n'a pas d'atmosphère ? Justifie.

Exercice 2 – Enquête — La capsule entre la Terre et la Lune *(5 pts)*

Une capsule de 9 000 kg, moteurs coupés, va de la Terre vers la Lune. On simplifie : elle se déplace sur la droite qui joint les centres de la Terre et de la Lune, et seules la Terre et la Lune agissent sur elle. Données : masse de la Terre $5{,}97 \times 10^{24}$ kg ; masse de la Lune $7{,}35 \times 10^{22}$ kg ; distance entre leurs centres 384 000 km. Loi fournie : $F = G \times m_A \times m_B \div d^2$, avec $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N·m²/kg².

a) Au point P, la capsule est à 346 000 km du centre de la Terre. À quelle distance est-elle du centre de la Lune ? Écris les deux distances en mètres, en notation scientifique.

b) Calcule la force exercée par la Terre sur la capsule en P, puis celle exercée par la Lune, arrondies au dixième. Compare-les.

c) Décris la direction et le sens de ces deux forces. En P, que peut-on dire de ces forces ?

d) Entre la Terre et le point P, la Terre attire la capsule plus fort que la Lune. Comment évolue la vitesse de la capsule sur ce trajet ? Et après P ? Justifie.

e) Un élève écrit : « Au point P, la gravitation s'annule : la capsule n'est plus attirée par rien. » Corrige-le.

Exercice 3 – Problème — Le saut de Felix Baumgartner *(5 pts)*

Le 14 octobre 2012, Felix Baumgartner saute d'une capsule suspendue à un ballon, à environ 39 km d'altitude, où l'air est extrêmement peu dense. Il tombe à peu près à la verticale. Sa vitesse atteint 1 357,6 km/h, puis diminue alors qu'il tombe toujours, bien avant l'ouverture de son parachute. Il finit sa descente sous sa voile, à vitesse constante. On prend, pour simplifier, une masse de 120 kg pour le sauteur et son équipement ; rayon de la Terre 6 370 km ; au sol, $g = 9{,}8$ N/kg. On ne tient compte que du poids et de la résistance de l'air.

a) Convertis sa vitesse maximale en m/s, arrondie au dixième. Pendant la chute, quelles sont la direction et le sens de son vecteur vitesse ?

b) Au moment du saut, il est à 6 409 km du centre de la Terre. Par combien la distance au centre est-elle multipliée par rapport au niveau du sol ? Déduis-en g à cette altitude, arrondi au dixième, puis son poids, arrondi à la dizaine.

c) Explique, avec les forces, pourquoi sa vitesse augmente au début de la chute.

d) Plus bas, sa vitesse diminue alors qu'il tombe toujours. Quelle force l'emporte, et dans quel sens ? Propose une explication. Comment évoluent alors les flèches de son vecteur vitesse ?

e) Sous la voile, près du sol, il descend à vitesse constante. Calcule la valeur de la résistance de l'air. Compare-la à sa valeur juste après le saut.

Exercice 4 – Corriger une copie — Le treuillage *(5 pts)*

Un hélicoptère de secours, en vol stationnaire, hisse un sauveteur et un randonneur blessé (masse totale 160 kg) au bout d'un câble vertical. La vitesse de montée passe de 0 à 1,2 m/s pendant les 2 premières secondes, reste à 1,2 m/s pendant 15 s, puis retombe à 0 en 3 s. On néglige l'action de l'air ; $g = 9{,}8$ N/kg. Voici la copie de Tom. Pour chaque réponse, dis si elle est juste ; si elle est fausse, explique l'erreur et donne la réponse juste.

a) Question : calcule le poids de l'ensemble.
Tom : « $P = m \times g = 160 \times 9{,}8 = 1\,568$ kg. »

b) Question : quelle hauteur l'ensemble monte-t-il pendant la phase à vitesse constante ?
Tom : « $d = v \times t = 1{,}2 \times 15 = 18$ m. »

c) Question : pendant la phase à vitesse constante, compare la tension du câble au poids.
Tom : « L'ensemble monte, donc la tension du câble est plus grande que le poids. »

d) Question : pendant les 3 dernières secondes, quelles forces agissent et laquelle l'emporte ?
Tom : « La vitesse diminue, donc le câble pousse l'ensemble vers le bas. »

e) Question : représente le vecteur vitesse à $t = 10$ s, avec l'échelle 1 cm $\leftrightarrow$ 0,4 m/s.
Tom : « Flèche verticale, vers le haut, partant de l'ensemble, de longueur $1{,}2 \times 0{,}4 = 0{,}48$ cm. »

Bon courage !

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).