

TERMINALE SPÉCIALITÉ · PHYSIQUE-CHIMIE · MOUVEMENT ET INTERACTIONS · CHAPITRE 13

Sujet type bac

 Deuxième loi de Newton

Deux exercices indépendants : propulsion d'un lanceur, descente d'une tyrolienne

Durée : 1 h 30 · calculatrice autorisée · 2 exercices indépendants · barème sur 20



R. RINGUET · 2026 – 2027

Nom : Prénom : Classe : Note : / 20

★ CONSIGNES

Les deux exercices sont indépendants et peuvent être traités dans l'ordre choisi par le candidat. Il est rappelé que la qualité de la rédaction, la rigueur scientifique et le respect des unités et des chiffres significatifs entrent pour une part importante dans l'appréciation des copies. Toute expression littérale est établie avant l'application numérique ; toute démarche, même partielle, est valorisée.

Exercice 1 Les premières secondes de vol d'Ariane 6

12 pts ●●●

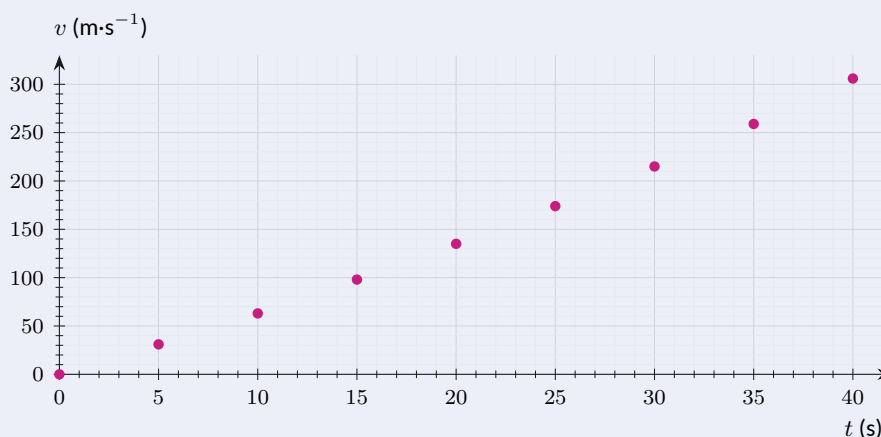
Le lanceur européen Ariane 6, dans sa version à deux propulseurs d'appoint (Ariane 62), décolle du Centre spatial guyanais. Cet exercice étudie le mouvement de son centre de masse pendant les quarante premières secondes du vol, à partir des données du constructeur et d'un enregistrement de la vitesse. Le mouvement est supposé vertical et étudié dans le référentiel terrestre.

■ **DONNÉES** $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ (intensité de la pesanteur terrestre au niveau du sol)

■ DOCUMENT 1 — Caractéristiques d'Ariane 62 au décollage

- Masse totale au décollage : $m_0 = 530 \text{ t}$ (ergols compris) ; hauteur : 62 m.
- Propulsion au décollage : deux propulseurs d'appoint à poudre P120C, de poussée $F_1 = 3,50 \text{ MN}$ chacun, et un moteur-fusée cryotechnique Vulcain 2.1, de poussée $F_2 = 1,35 \text{ MN}$. Les poussées sont verticales, dirigées vers le haut, et supposées constantes pendant les quarante premières secondes.
- Chaque propulseur d'appoint contient 142 t de poudre, consommée en 130 s à débit constant ; le moteur Vulcain 2.1 consomme les ergols cryogéniques au débit constant de $0,30 \text{ t}\cdot\text{s}^{-1}$.
- $1 \text{ t} = 1 \times 10^3 \text{ kg}$.

■ DOCUMENT 2 — Enregistrement de la vitesse du lanceur



Valeur de la vitesse du centre de masse du lanceur, mesurée toutes les 5 s par la télémétrie.

Partie A — Le décollage

- 1.1 Justifier que le référentiel terrestre peut être considéré comme galiléen pour cette étude.
- 1.2 Faire le bilan des forces extérieures qui s'exercent sur le lanceur au décollage, la résistance de l'air étant négligée, et les représenter sur un schéma sans souci d'échelle.
- 1.3 Calculer la valeur de la poussée totale F exercée par les moteurs, puis celle du poids du lanceur au décollage. Vérifier que le lanceur peut effectivement décoller.
- 1.4 En appliquant la deuxième loi de Newton et en projetant sur un axe vertical orienté vers le haut, établir l'expression de la valeur a_0 de l'accélération du centre de masse à l'instant du décollage, puis montrer que $a_0 = 5,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.
- 1.5 Vérifier la cohérence de cette valeur avec le document 2. On expliquera clairement la méthode utilisée.

Partie B — Quarante secondes plus tard

- 1.6 Montrer que le lanceur consomme des ergols au débit total $D = 2,5 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$, puis calculer la masse m_{40} du lanceur à l'instant $t = 40 \text{ s}$.
- 1.7 À l'aide du document 2, déterminer la valeur de l'accélération du centre de masse à l'instant $t = 40 \text{ s}$. Détailler la méthode.
- 1.8 En appliquant la deuxième loi de Newton à cet instant, et en supposant toujours la résistance de l'air négligeable, déterminer la masse du lanceur à $t = 40 \text{ s}$ à partir de la valeur précédente de l'accélération.
- 1.9 Comparer ce résultat à la masse m_{40} obtenue à la question 1.6 en calculant l'écart relatif entre les deux valeurs. Le modèle utilisé (poussée constante, résistance de l'air négligée) est-il satisfaisant ? Proposer une explication à l'écart observé.
- 1.10 Expliquer pourquoi, à poussée constante, l'accélération du lanceur augmente au cours du vol, alors que celle d'une voiture qui accélère reste à peu près constante.

Exercice 2 Descente en tyrolienne

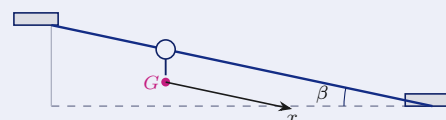
8 pts ●●○

Dans un parc d'acrobranche, une tyrolienne est constituée d'un câble tendu entre deux plateformes. Un participant, équipé d'un harnais relié au câble par une poulie, part de la plateforme haute sans vitesse initiale et se laisse glisser jusqu'à la plateforme basse.

■ DONNÉES $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

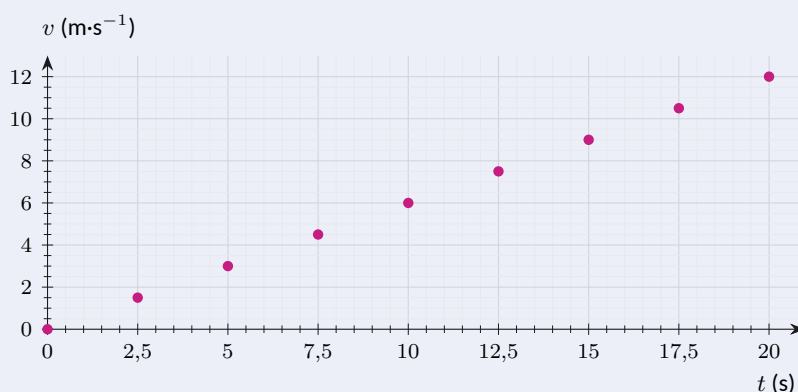
■ DOCUMENT 3 — La tyrolienne du parc

- Longueur du câble entre les deux plateformes : $L = 120 \text{ m}$; le câble est rectiligne et fait un angle $\beta = 12^\circ$ avec l'horizontale.
- Masse du participant, harnais et poulie compris : $m = 75 \text{ kg}$.
- Durée mesurée entre le départ et l'arrivée : $\Delta t = 20 \text{ s}$.
- La notice du constructeur annonce une vitesse d'arrivée « d'environ $45 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ».
- Le câble exerce sur le système, par l'intermédiaire de la poulie, une force $\vec{R}$ que l'on décompose en une composante $\vec{R}_N$ perpendiculaire au câble et une composante $\vec{f}$ parallèle au câble, opposée au mouvement et de valeur supposée constante.



L'axe (Ox) est parallèle au câble, orienté vers le bas.

■ DOCUMENT 4 — Enregistrement de la descente



Valeur de la vitesse du participant, mesurée toutes les 2,5 s par un capteur fixé au harnais.

- 2.1** Préciser le système étudié. Faire le bilan des forces qui s'exercent sur lui pendant la descente et les représenter sur un schéma.
- 2.2** À l'aide du document 4, montrer que le mouvement du centre de masse est rectiligne uniformément accéléré et déterminer la valeur de l'accélération. Retrouver cette valeur à partir de la longueur du câble et de la durée de la descente.
- 2.3** Déterminer la valeur de la vitesse à l'arrivée et la convertir en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.
- 2.4** Comparer la vitesse d'arrivée calculée à la valeur annoncée par le constructeur. Cet écart vous paraît-il acceptable ? Proposer une raison pour laquelle le constructeur annonce une valeur différente.
- 2.5** En projetant la deuxième loi de Newton sur l'axe (Ox) , établir l'expression de la valeur f de la force de frottement en fonction de m , g , β et a , puis la calculer.
- 2.6** En projetant sur un axe perpendiculaire au câble, déterminer la valeur de R_N .
- 2.7** À l'arrivée, un système de freinage arrête le participant sur une distance de 3,0 m. Déterminer la valeur de l'accélération pendant le freinage, supposée constante, puis celle de la force de freinage exercée sur le système. Comparer cette force au poids du participant et commenter en une phrase le confort de l'arrivée.
- 2.8** Le capteur fournit la vitesse avec une incertitude-type $u(v) = 0,30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Écrire le résultat de la mesure de la vitesse d'arrivée sous la forme $v \pm u(v)$, puis calculer l'écart normalisé $z = \frac{|v_{\text{mes}} - v_{\text{notice}}|}{u(v)}$ avec la valeur annoncée par le constructeur. La mesure est-elle compatible avec cette valeur (on considère qu'il y a compatibilité si $z < 2$) ?
- 2.9** Pour des raisons de sécurité, le parc souhaite que la vitesse d'arrivée ne dépasse pas $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. En ne modifiant que l'angle β du câble, la longueur L et la force de frottement f restant inchangées, déterminer la valeur maximale acceptable de β . Commenter le résultat obtenu au regard de l'installation actuelle.
- 2.10** Un participant de masse $m' = 95 \text{ kg}$ effectue la même descente. Sa durée de descente sera-t-elle plus courte, égale ou plus longue que celle du participant précédent ? Discuter les deux cas suivants : **a)** la force de frottement est proportionnelle à la masse du participant ; **b)** la force de frottement garde la même valeur f .