Bicycle Moto cross

Bac 2023 Amérique du Nord Jour 2 · Exercice 1 **11 points** **Durée conseillée 1 h 56**

Q.1 Calculer le niveau d'intensité sonore L_{t1} transmis à l'intérieur du casque du premier pilote.

Données utiles $L_{i1} = 83$ dB ; atténuation par absorption du casque : $A = 10$ dB

L'atténuation par absorption est $A = L_i - L_t$, donc $L_{t1} = L_{i1} - A$.

$L_{t1} = 83 - 10$

$L_{t1} = 73$ dB

COMPRENDRE
Une atténuation se retranche du niveau en décibels ; on ne divise jamais un niveau sonore. Le résultat, compris entre 60 et 85 dB, correspond à un son parfaitement audible.

Q.2 Calculer le niveau d'intensité sonore L_{i8} du son incident sur le casque du huitième pilote, puis le niveau L_{t8} du son transmis. Commenter.

Données utiles $L' = L + 20\log\left(\frac{d}{d'}\right)$; $d = 4{,}0$ m ; pilote 8 situé 7,0 m plus loin ; $L_{i1} = 83$ dB ; $A = 10$ dB

Le huitième pilote est à la distance $d' = 4{,}0 + 7{,}0 = 11{,}0$ m du haut-parleur.

$$L_{i8} = L_{i1} + 20\log\left(\frac{d}{d'}\right) = 83 + 20\log\left(\frac{4{,}0}{11{,}0}\right) = 74 \text{ dB}$$

Son transmis dans le casque : $L_{t8} = L_{i8} - A = 74 - 10 = 64$ dB.

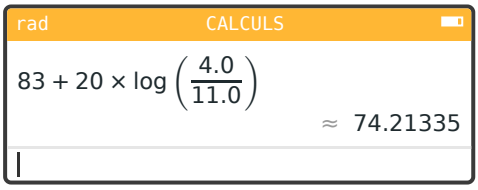
Ce niveau dépasse 60 dB : le huitième pilote entend parfaitement les bips, mais 9 dB moins fort que le premier pilote.

$L_{i8} = 74$ dB et $L_{t8} = 64$ dB : son audible, mais nettement plus faible que pour le pilote 1.

PIÈGE
Prendre $d' = 7{,}0$ m. Les distances se comptent depuis la source : $d' = 11{,}0$ m. Vérification : plus loin, le niveau doit baisser, donc le logarithme doit être négatif.

COMPRENDRE
Un niveau sonore se donne ici à l'unité, comme $L_{i1} = 83$ dB. Le commentaire attendu compare L_{t8} au seuil de 60 dB du texte.

À LA CALCULATRICE



Q.3 Expliquer qualitativement pourquoi le dispositif à deux haut-parleurs, placés aux extrémités de la ligne de départ, est plus équitable.

Avec un seul haut-parleur, le pilote le plus éloigné reçoit un son plus faible et le reçoit plus tard que le pilote le plus proche.

Avec un haut-parleur à chaque extrémité, la disposition est symétrique : chaque pilote extrême est proche d'une source, comme son homologue de l'autre côté.

Les pilotes reçoivent les bips avec des niveaux sonores voisins et des retards voisins : aucun n'est avantagé par sa place sur la grille.

COMPRENDRE
Deux arguments sont attendus : le niveau sonore, qui diminue avec la distance, et la durée de propagation, qui augmente avec elle.

Q.4 Justifier sans calcul l'intérêt pour les pilotes d'être plus attentifs aux signaux lumineux qu'aux signaux sonores pour prendre le départ.

La lumière se propage dans l'air à une célérité très supérieure à celle du son ($3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ contre $340\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

Le signal lumineux parvient donc à tous les pilotes de façon quasi instantanée, alors que le bip arrive avec un retard, différent selon la place du pilote.

En se fiant au feu vert, le pilote réagit plus tôt et sans dépendre de sa distance au haut-parleur.

COMPRENDRE
Ordre de grandeur, non demandé : le son met $11{,}0 \div 340 \approx 0{,}03$ s pour atteindre le huitième pilote. C'est suffisant pour départager deux pilotes de haut niveau au départ.

Q.5 Appliquer le théorème de l'énergie cinétique au système lors du trajet AB pour exprimer le travail $W_{AB}(\vec{F})$ de la force motrice.

Données utiles forces : poids $\vec{P}$, réaction $\vec{R}$ perpendiculaire au plan, force motrice $\vec{F}$; altitudes z_A et z_B

Système {pilote + bicyclette}, référentiel terrestre supposé galiléen.

Théorème de l'énergie cinétique entre A et B :

$$\tfrac{1}{2}mv_B^2 - \tfrac{1}{2}mv_A^2 = W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R}) + W_{AB}(\vec{F})$$

- Le pilote part de la grille sans vitesse : $v_A = 0$.
- $\vec{R}$ est perpendiculaire au déplacement à chaque instant : $W_{AB}(\vec{R}) = 0$.
- Travail du poids : $W_{AB}(\vec{P}) = m\,g\,(z_A - z_B)$, positif car le système descend.

Donc $\tfrac{1}{2}mv_B^2 = m\,g\,(z_A - z_B) + W_{AB}(\vec{F})$.

$$W_{AB}(\vec{F}) = \tfrac{1}{2}\,m\,v_B^2 - m\,g\,(z_A - z_B)$$

PIÈGE
Oublier de justifier $v_A = 0$ et $W_{AB}(\vec{R}) = 0$, ou se tromper sur le signe du travail du poids : il est moteur dans une descente.

MÉTHODE
Théorème de l'énergie cinétique : 1) système et référentiel ; 2) bilan des forces ; 3) travail de chaque force, avec son signe ; 4) isoler la grandeur cherchée.

Q.6 Calculer la valeur du travail de la force motrice.

Données utiles $m = 93$ kg ; $v_B = 61\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$; $g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$; $z_A = 8{,}0$ m ; $z_B = 0{,}0$ m

Conversion : $v_B = \dfrac{61}{3{,}6} = 16{,}9\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

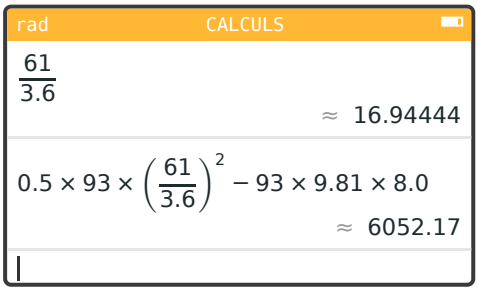
$$W_{AB}(\vec{F}) = \tfrac{1}{2} \times 93 \times \left(\frac{61}{3{,}6}\right)^2 - 93 \times 9{,}81 \times (8{,}0 - 0{,}0)$$

$$W_{AB}(\vec{F}) = 6{,}1 \times 10^3\ \text{J}$$

PIÈGE
Laisser la vitesse en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$: le résultat est alors environ dix fois trop grand. L'énergie cinétique exige des $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme m, v_B et z_A. Le poids fournit $7{,}3 \times 10^3$ J et le pédalage $6{,}1 \times 10^3$ J : la pente compte autant que les jambes.

À LA CALCULATRICE



Q.7 Montrer que la valeur du travail calculé en Q.6 est en accord avec la puissance de pédalage du pilote (2000 à 2500 W), supposée constante.

Données utiles $W_{AB}(\vec{F}) = 6{,}05 \times 10^3$ J (Q.6, valeur non arrondie) ; durée de la descente $\Delta t = 2{,}7$ s

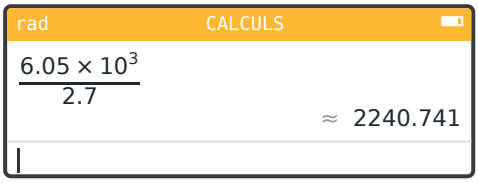
Pour une puissance constante : $P = \dfrac{W_{AB}(\vec{F})}{\Delta t}$.

$$P = \frac{6{,}05 \times 10^3}{2{,}7} = 2{,}2 \times 10^3 \text{ W}$$

$P = 2{,}2 \times 10^3$ W, valeur comprise entre 2000 et 2500 W : le travail calculé est en accord avec la puissance annoncée.

MÉTHODE
Dans un « montrer que », on calcule d'abord sa propre valeur, puis on la compare explicitement à l'intervalle ou à la valeur de l'énoncé.

À LA CALCULATRICE



Q.8 En appliquant la deuxième loi de Newton au système, établir les équations horaires $x(t)$ et $z(t)$ du mouvement pendant le saut.

Données utiles à $t = 0$: G en O, vitesse $\vec{V}_0$ inclinée de α au-dessus de l'horizontale ; action de l'air négligée

Système {pilote + bicyclette}, de masse m constante ; référentiel terrestre supposé galiléen ; repère $(O; x, z)$ du schéma. Seule force : le poids $\vec{P} = m\vec{g}$.

Deuxième loi de Newton : $m\vec{a} = m\vec{g}$, donc $\vec{a} = \vec{g}$, soit

$$a_x(t) = 0 \qquad a_z(t) = -g$$

Comme $\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$, on intègre : $v_x(t) = C_1$ et $v_z(t) = -g\,t + C_2$.

À $t = 0$, $\vec{v}(0) = \vec{V}_0$: $C_1 = V_0 \cos\alpha$ et $C_2 = V_0 \sin\alpha$.

$$v_x(t) = V_0 \cos\alpha \qquad v_z(t) = -g\,t + V_0 \sin\alpha$$

Comme $\vec{v} = \dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{OG}}{\mathrm{d}t}$, on intègre : $x(t) = (V_0 \cos\alpha)\,t + C_3$ et $z(t) = -\frac{1}{2}\,g\,t^2 + (V_0 \sin\alpha)\,t + C_4$.

À $t = 0$, G est en O : $x(0) = 0$ et $z(0) = 0$, donc $C_3 = C_4 = 0$.

$x(t) = (V_0 \cos\alpha)\,t$ et $z(t) = -\frac{1}{2}\,g\,t^2 + (V_0 \sin\alpha)\,t$

PIÈGE
Oublier les constantes d'intégration ou ne pas les justifier par les conditions initiales. Chaque constante se détermine à $t = 0$, avec la vitesse puis avec la position.

MÉTHODE
Toujours le même enchaînement : système, référentiel, forces, deuxième loi de Newton, projection de $\vec{a}$, première intégration (vitesse), seconde intégration (position).

Q.9 Le système retrouve le contact avec le sol au bout de 1,0 s. Déterminer si le saut est réussi dans le cadre du modèle.

Données utiles $V_0 = 13{,}6\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $\alpha = 23^\circ$; $t = 1{,}0$ s ; distance entre les deux sommets : 7,0 m

Le saut est réussi si la distance horizontale parcourue pendant le vol dépasse 7,0 m.

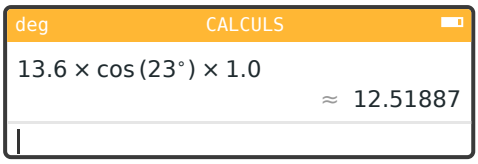
$$x(1{,}0) = V_0 \cos\alpha \times t = 13{,}6 \times \cos(23^\circ) \times 1{,}0 = 13 \text{ m}$$

$x = 13$ m $> 7{,}0$ m : d'après le modèle, le pilote retombe au-delà du second sommet, le saut est réussi.

PIÈGE
Calculatrice en radians : $\cos(23\ \text{rad})$ est négatif et donne une distance absurde. Vérifier le mode degrés avant le calcul.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, imposés par $t = 1{,}0$ s. La durée de vol est donnée par l'énoncé : inutile de résoudre $z(t) = 0$, qui donnerait d'ailleurs une valeur voisine (1,1 s).

À LA CALCULATRICE



Q.10 En réalité, le système touche le sol juste après le deuxième sommet, après environ 8,0 m parcourus horizontalement. Montrer que le modèle n'est pas adapté et en indiquer une raison possible.

Données utiles $x_{\text{modèle}} = 13$ m (Q.9) ; $x_{\text{réel}} = 8{,}0$ m

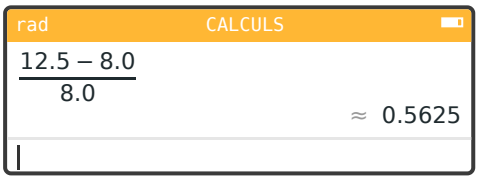
Le modèle prévoit une portée de 13 m, alors que la distance réelle est de 8,0 m : l'écart, d'environ 5 m, représente plus de la moitié de la valeur réelle. Le modèle surestime fortement la portée.

Raison possible : l'action de l'air (frottements) a été négligée, alors qu'à $13{,}6\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, soit près de $50\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$, elle freine le système.

13 m prévus contre 8,0 m réels : le modèle de chute libre n'est pas adapté, notamment parce qu'il néglige l'action de l'air.

COMPRENDRE
Autres raisons recevables : le pilote et son vélo ne sont pas un point matériel (le pilote modifie sa position pendant le saut), ou la mesure de V_0 et de α est imprécise.

À LA CALCULATRICE



Q.11 Citer trois modes de transfert thermique.

La conduction, la convection et le rayonnement.

COMPRENDRE
Dans le bain, le pilote échange surtout par conduction au contact de l'eau et par convection, puisque l'eau se déplace le long de la peau.

Q.12 En appliquant le premier principe de la thermodynamique, relier la variation d'énergie interne ΔU du système {pilote de BMX} à l'énergie thermique Q.

Premier principe pour le système {pilote de BMX}, au repos : $\Delta U = W + Q$.

Le système est incompressible et n'échange pas de travail avec l'extérieur : $W = 0$.

$\Delta U = Q$

COMPRENDRE
Q est algébrique, comptée positivement si le système la reçoit. Ici le pilote cède de l'énergie à l'eau froide : $Q < 0$, donc $\Delta U < 0$ et sa température baisse.

Q.13 Exprimer le flux thermique Φ en fonction de Q et de Δt. Indiquer les unités du système international de ces grandeurs.

Le flux thermique est l'énergie thermique échangée par unité de temps.

$\Phi = \dfrac{Q}{\Delta t}$, avec Φ en watts (W), Q en joules (J) et Δt en secondes (s).

COMPRENDRE
Un flux thermique est une puissance : $1\ \text{W} = 1\ \text{J} \cdot \text{s}^{-1}$.

Q.14 Exprimer le flux thermique Φ en fonction de la capacité thermique C, de la variation de température ΔT et de la durée Δt.

Données utiles $\Delta U = C\,\Delta T$; $\Delta U = Q$ (Q.12) ; $\Phi = \dfrac{Q}{\Delta t}$ (Q.13)

D'après Q.12 et la relation donnée : $Q = \Delta U = C\,\Delta T$.

En reportant dans l'expression de Q.13 :

$$\boxed{\Phi = \frac{C\,\Delta T}{\Delta t}}$$

Q.15 Calculer, à l'aide du modèle, la température du pilote au bout de 10 min d'immersion dans l'eau froide.

Données utiles flux moyen échangé : $4{,}6 \times 10^3$ W ; $C = 347\ \text{kJ} \cdot \text{K}^{-1}$; $\Delta t = 10$ min ; $\theta_0 = 37\ ^\circ\text{C}$

Le pilote, plus chaud que l'eau, cède de l'énergie : avec la convention de Q.12, $\Phi = -4{,}6 \times 10^3$ W.

D'après Q.14 : $\Delta T = \dfrac{\Phi\,\Delta t}{C}$, avec $\Delta t = 10 \times 60 = 600$ s et $C = 347 \times 10^3\ \text{J} \cdot \text{K}^{-1}$.

$$\Delta T = \frac{-4{,}6 \times 10^3 \times 600}{347 \times 10^3} = -8{,}0\ \text{K}$$

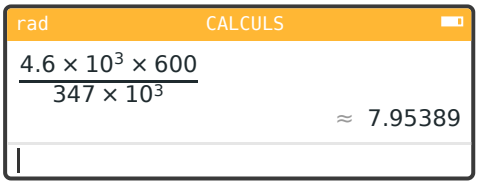
Un écart de température a la même valeur en kelvins et en degrés Celsius : $\theta = \theta_0 + \Delta T = 37 - 8{,}0$.

$$\boxed{\theta = 29\ ^\circ\text{C}}$$

PIÈGE
Laisser Δt en minutes ou C en $\text{kJ} \cdot \text{K}^{-1}$, ou ajouter 8,0 °C au lieu de les retrancher : le pilote se refroidit.

COMPRENDRE
L'énoncé donne la valeur absolue du flux. Le signe se décide physiquement : l'énergie passe du corps chaud vers l'eau froide, donc ΔT est négatif pour le pilote.

À LA CALCULATRICE



Q.16 Indiquer une des raisons expliquant pourquoi ce modèle n'est pas pertinent.

Le modèle conduit à 29 °C, ce qui correspondrait à une hypothermie grave : ce résultat n'est pas réaliste.

Le corps humain produit lui-même de l'énergie thermique (métabolisme) et régule sa température : celle-ci baisse beaucoup moins que ne le prévoit le modèle.

COMPRENDRE
Autres raisons recevables : le flux n'est pas constant, il diminue quand l'écart de température entre le corps et l'eau se réduit ; la température du corps n'est pas uniforme, la peau se refroidit avant les organes.