

Mineure BPC
ECUE Physique
Physique du sport

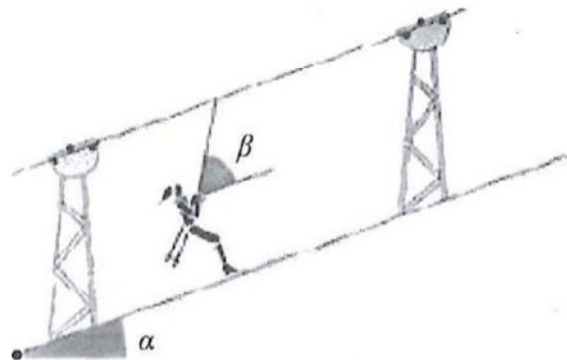
Annales Classées

TRAVAIL ET ÉNERGIE

SUJET

Exercice 3 : le skieur

Un skieur équipé S_1 , de masse m , est tracté par un télési. Il remonte une pente rectiligne, inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontale, avec un vecteur vitesse $\vec{V}$ uniforme de valeur V . Le câble tirant le skieur sur une distance $AB = L$, fait un angle β avec la ligne de plus grande pente (figure ci-après). La force de frottements $\vec{f}$ exercée par la neige sur les skis est telle que sa norme a une valeur constante f sur la distance AB . On néglige les forces de frottements dues à l'air. On note g la valeur de l'accélération de la pesanteur.



Question 22. Quel est le travail du poids du skieur équipé lorsqu'il se déplace sur le trajet AB ? Choisir la proposition exacte.

- A) $W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = mgL \sin(\alpha)$
- B) $W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = -mgL \sin(\alpha)$
- C) $W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = mgL \cos(\alpha)$
- D) $W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = -mgL \cos(\alpha)$
- E) $W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = mgL$

Question 23. Quelle est la ou quelles sont les proposition(s) exacte(s) concernant le travail de la force de frottements $\vec{f}$ exercée par la neige sur les skis $W_{A \rightarrow B}(\vec{f})$ et la somme des travaux des forces s'exerçant sur le skieur $W_{A \rightarrow B}$, lorsque le skieur se déplace sur le trajet AB ?

- A) On ne peut pas écrire $W_{A \rightarrow B}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \overline{AB}$ car $\vec{f}$ n'est pas une force conservative.
- B) On peut écrire $W_{A \rightarrow B}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \overline{AB}$ car $\vec{f}$ est une force conservative.
- C) $W_{A \rightarrow B} = \frac{1}{2} m V^2$
- D) $W_{A \rightarrow B} = -\frac{1}{2} m V^2$
- E) $W_{A \rightarrow B} = 0$

Question 24. On note ΔE_m la variation d'énergie mécanique du skieur lorsqu'il a parcouru la distance L sur la pente ascendante de la piste. Choisir la ou les proposition(s) exacte(s).

- A) $\Delta E_m = mgL \cos(\alpha)$
- B) $\Delta E_m = 0$
- C) $\Delta E_m = \Delta E_p$ où ΔE_p est la variation d'énergie potentielle du skieur lorsqu'il a parcouru la distance L sur la pente ascendante de la piste.
- D) $\Delta E_m = W_{A \rightarrow B}(\vec{f}) + W_{A \rightarrow B}(\vec{T})$ où $\vec{T}$ est le vecteur tension du câble tirant le skieur sur la distance AB .
- E) $\Delta E_m = W_{A \rightarrow B}(\vec{f})$

Exercice 2 : forces extérieures agissant sur une cycliste

Soit une cycliste de masse $m = 66$ kg roulant sur une route horizontale avec un vecteur vitesse uniforme $\vec{v}_c = \overline{cte}$ de norme $v_c = 30$ km/h par rapport au sol.

On rappelle que la force de traînée, qui décrit la force de frottement entre l'air et un corps doté d'un mouvement relatif par rapport au fluide, possède une norme F donnée par :

$$F = \frac{1}{2} \rho S C_x v^2$$

où $\rho = 1,22$ kg/m³ est la masse volumique de l'air, S la section que présente le corps face au flux d'air qu'il traverse, C_x le coefficient de traînée et v la vitesse relative de l'air par rapport au corps en mouvement.

On considère dans cet exercice que la cycliste a une position de pédalage « d'endurance » pour laquelle des mesures et études en soufflerie ont montré que le produit $S.C_x$ vaut typiquement 0,4 unités S.I.

Les autres sources de frottement possibles sont négligées.

Pour les questions suivantes on suppose que le vent s'est arrêté, donc que $v_v = 0$ km/h, mais que la cycliste subit toujours une force de frottement liée à l'air.

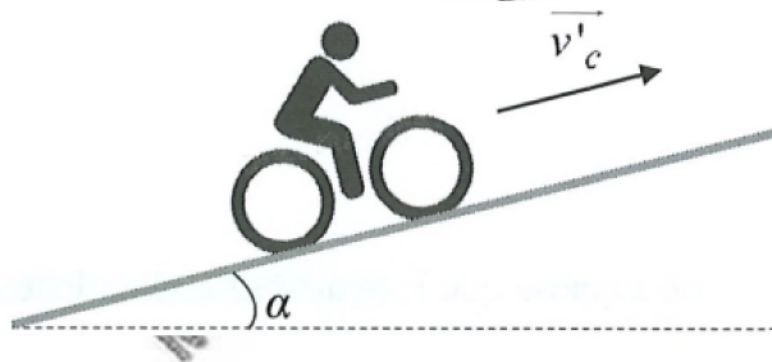
Question 19. Quel est le travail W de la force motrice de propulsion de la cycliste pour parcourir une distance D . Choisir la ou les proposition(s) exacte(s).

- A) $W = \frac{1}{2} \rho D^3 C_x v_c^2$
- B) $W = mgD$ où g est la valeur de l'accélération de la pesanteur
- C) $W = \frac{1}{2} \rho S D C_x v_c^2$
- D) $W = \frac{1}{2} m v_c^2$
- E) Aucune des propositions ci-dessus n'est exacte

Question 20. La cycliste parcourt la distance D à la vitesse constante v_c par rapport au sol. La puissance $\mathcal{P}$ délivrée par la cycliste sur ce trajet s'exprime alors :
Choisir la ou les proposition(s) exacte(s).

- A) $\mathcal{P} = \frac{1}{2} \rho S C_x v_c^3$
- B) $\mathcal{P} = \frac{1}{2} m v_c^2$
- C) $\mathcal{P} = \frac{1}{2} m v_c^2$ où g est la valeur de l'accélération de la pesanteur
- D) $\mathcal{P} = \frac{1}{2} \rho S C_x v_c^2$
- E) $\mathcal{P} = \frac{W v_c}{D}$

La cycliste roule à présent avec un vecteur vitesse uniforme $\vec{v}'_c$ de norme $v'_c = v_c$ sur une pente ascendante faisant un angle α par rapport à l'horizontale.



Question 22. On note ΔE_m la variation d'énergie mécanique de la cycliste lorsqu'elle a parcouru la distance L sur la pente ascendante de la route. Quelle est la ou quelles sont les proposition(s) exacte(s) ?

- A) $\Delta E_m = mgL \sin \alpha$
- B) $\Delta E_m = (F_p - F) L$
- C) $\Delta E_m = -mgL \sin \alpha$
- D) $\Delta E_m = -mgL + \frac{1}{2} m v_c^2$
- E) Aucune des propositions ci-dessus n'est correcte

2021 Session 1

Données pour l'ensemble de ce sujet

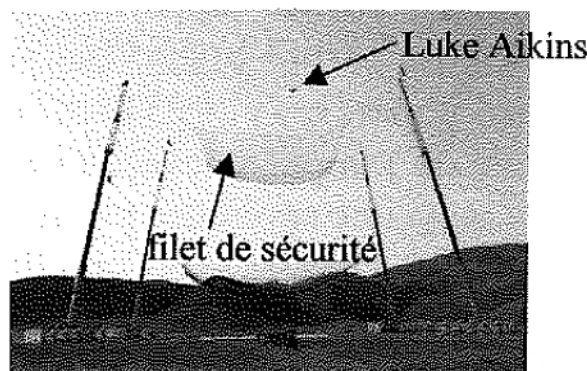
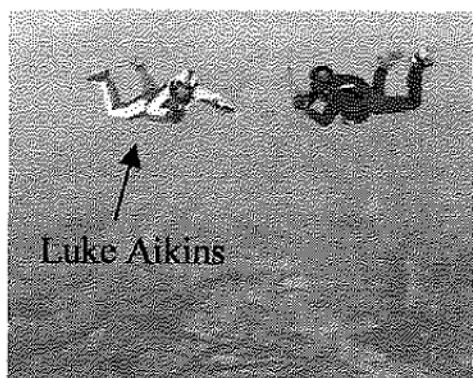
L'accélération de la pesanteur terrestre : $g \approx 10 \text{ m.s}^{-2}$

angle en degrés	5	10	15	20	25	30	35	80
cosinus	0,996	0,985	0,965	0,940	0,906	0,866	0,819	0,174
sinus	0,087	0,174	0,259	0,342	0,423	0,5	0,573	0,985

Pour les questions portant sur une application numérique, une tolérance de $\pm 5\%$ est à prendre en compte dans le choix de la proposition exacte.

Exemple : une proposition est $X = 12 \text{ m}$. Cette proposition peut être cochée si vous obtenez une valeur pour X comprise entre 11,4 et 12,6 m.

Le 30 juillet 2016, Luke Aikins, parachutiste et cascadeur américain, accomplit pour la première fois dans l'histoire un saut volontaire à partir d'un avion en haute altitude, sans parachute ni combinaison ailée (wingsuit). Près du sol, il est réceptionné par un filet de sécurité carré de 30 mètres de côté se trouvant à 70 mètres du sol. Luke Aikins a réussi cet exploit sans aucune blessure.



On considère un axe Oz vertical ascendant dont l'origine O est située au niveau du sol. Le cascadeur, de masse $m = 80 \text{ kg}$, saute de l'avion à une altitude H par rapport au sol avec une vitesse initiale supposée nulle (on néglige la composante horizontale de sa vitesse initiale). Le mouvement de Luke Aikins est assimilé à celui de son centre d'inertie.

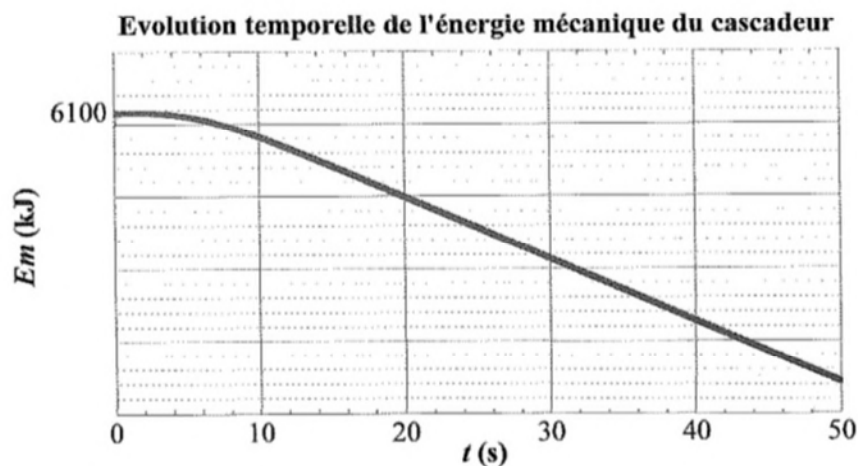
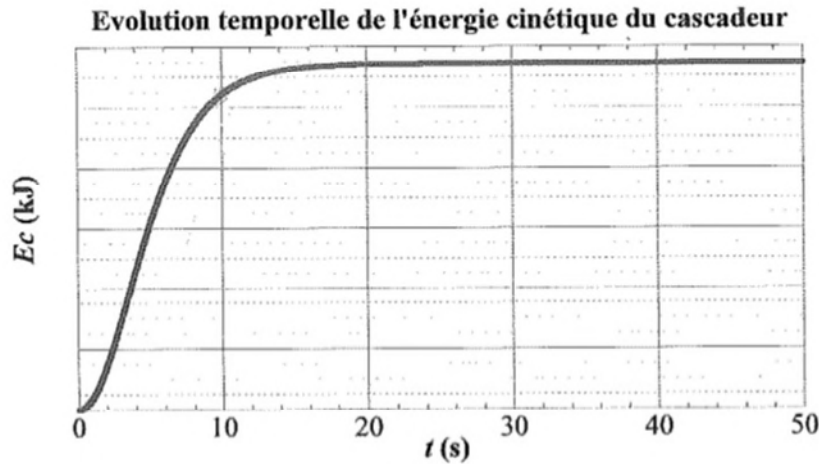
On note $\vec{v}$ le vecteur vitesse du centre d'inertie du cascadeur et v la norme de ce vecteur.

La poussée d'Archimède est négligeable.

Le sol horizontal est choisi comme origine de l'énergie potentielle de pesanteur.

Question 28. La chute : étude énergétique

Les 2 figures ci-après représentent les évolutions temporelles des énergies cinétique $E_c(t)$ et mécanique $E_m(t)$ du cascadeur sur une portion de sa chute à partir de sa sortie de l'avion. Ces énergies sont exprimées en kJ et l'échelle verticale n'est pas précisée.



A l'aide de ces courbes et de la question précédente, on cherche à déterminer la hauteur H de la chute et les variations d'énergies potentielle ΔE_p et mécanique ΔE_m du cascadeur entre les instants $t_1 = 20$ s et $t_2 = 50$ s. On note f la norme de la force de frottement $\vec{f}$ exercée par l'air sur le cascadeur.

Quelle est la ou quelles sont les proposition(s) exacte(s) ?

- A) $\Delta E_m = f v_\ell (t_1 - t_2)$
- B) $\Delta E_m = m g v_\ell (t_1 - t_2)$
- C) $\Delta E_m = \Delta E_p \approx -1300$ kJ
- D) $\Delta E_m = \Delta E_p \approx -3800$ kJ
- E) $H \approx 7,6$ km

Réception et freinage par le filet de sécurité

Luke Aikins atterrit sur un filet de sécurité situé à la distance $h = 70$ m du sol. On admet que ce filet exerce une force de freinage $\vec{F}$ de norme F sur le cascadeur. On suppose que dès la réception sur le filet et sur tout le freinage, l'accélération $\vec{a}$ du cascadeur est constante. On note a la norme de l'accélération $\vec{a}$. Sur le filet, Luke Aikins parcourt une distance e avant de s'immobiliser.

On néglige les frottements de l'air dans cette phase finale du saut.

Question 29. On note $W(\vec{F})$ le travail de la force $\vec{F}$ entre l'instant où le cascadeur atterrit sur le filet et l'instant de son immobilisation. On désigne par ΔE_m la variation d'énergie mécanique du cascadeur entre ces deux instants.

Quelle est la proposition exacte ?

- A) $W(\vec{F}) = -mae$ et $\Delta E_m = -mge - \frac{1}{2}mv_\ell^2$
- B) $W(\vec{F}) = -m(a+g)e$ et $\Delta E_m = -mge - \frac{1}{2}mv_\ell^2$
- C) $W(\vec{F}) = -m(a+g)e$ et $\Delta E_m = -mg(e-h) - \frac{1}{2}mv_\ell^2$
- D) $W(\vec{F}) = -m(a-g)e$ et $\Delta E_m = -mge - \frac{1}{2}mv_\ell^2$
- E) $W(\vec{F}) = -m(a-g)e$ et $\Delta E_m = -mg(e-h) - \frac{1}{2}mv_\ell^2$

Question 30. Sachant qu'il faut au moins 16 mètres pour stopper la chute de Luke Aikins sans parachute sans que celui-ci ne se blesse, comment justifier que le cascadeur est sorti indemne de son saut, sachant que son accélération a est égale à 5 fois l'accélération de la pesanteur ? On pourra éventuellement prendre $v_\ell \approx 55$ m/s pour cette question.

Quelle est la proposition exacte ?

- A) $e \approx 30,3$ m donc $16 \text{ m} < e < 70 \text{ m}$
- B) $e \approx 37,8$ m donc $16 \text{ m} < e < 70 \text{ m}$
- C) $e \approx 16,3$ m donc $16 \text{ m} < e < 70 \text{ m}$
- D) $e \approx 20,3$ m donc $16 \text{ m} < e < 70 \text{ m}$
- E) $e \approx 48,5$ m donc $16 \text{ m} < e < 70 \text{ m}$

Annales Classées Supplémentaires

2022 Session 2

Données pour l'ensemble du sujet

L'accélération de la pesanteur terrestre : $g \approx 10 \text{ m.s}^{-2}$

angle en degrés	10	20	30	40	50	60	70	80
cosinus	0,985	0,940	0,866	0,766	0,643	0,5	0,342	0,174
sinus	0,174	0,342	0,5	0,643	0,766	0,866	0,940	0,985

Pour les questions portant sur une application numérique, une tolérance de $\pm 5\%$ est à prendre en compte dans le choix de la proposition exacte.

Exemple : une proposition est $X = 12 \text{ m}$. Cette proposition peut être cochée si vous obtenez une valeur pour X comprise entre **11,4 et 12,6 m**.

Exercice 1 : la fronde

On considère une fronde constituée d'une boule de masse m reliée à une corde de longueur l et animée d'un mouvement de rotation uniforme de vitesse angulaire ω dans un plan vertical Oxz selon le schéma ci-dessous. Le point C , centre de rotation, est immobile. Avant son lâcher, la boule fait n tours pendant un temps τ . On choisit comme origine des dates ($t = 0$), l'instant où la boule commence son mouvement de rotation.

La masse de la corde est négligeable par rapport à celle de la boule.

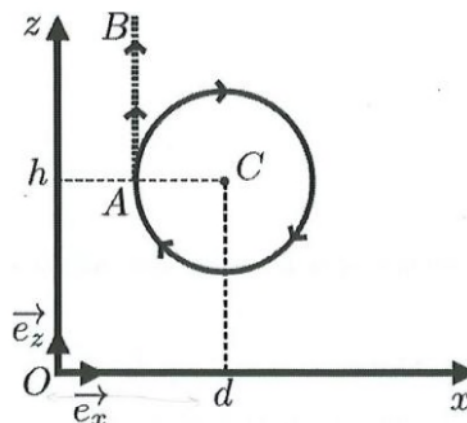
La boule est lâchée à un instant noté t_0 . A cet instant, elle se trouve au point A situé à une hauteur h par rapport au sol (plan Oxy) ; la droite CA est parallèle au sol.

L'origine O est au niveau du sol et l'axe vertical Oz orienté vers le haut. Le centre de rotation C a pour coordonnées (d, h) dans le repère $(O, \vec{e}_x, \vec{e}_z)$.

Les effets de l'air sont supposés négligeables pendant tout le mouvement de la boule.

La valeur de l'accélération de la pesanteur est notée g .

Données numériques : $m = 100 \text{ g}$; $l = 1 \text{ m}$; $\tau = 1 \text{ s}$; $d = 1 \text{ m}$; $h = 1,5 \text{ m}$; $n = 4$.



Question 7. Quelle est l'expression de la variation de l'énergie cinétique de la boule entre l'instant de son lâcher et l'instant où elle atteint le point de hauteur maximale H de sa trajectoire ? Choisir la ou les proposition(s) exacte(s).

A) $\Delta E_c = mg(h - H)$

B) $\Delta E_c = mgH$

C) $\Delta E_c = \frac{1}{2}m\omega^2 l^2$

D) $\Delta E_c = \frac{1}{2}m\left(\frac{2\pi n}{\tau}\right)^2$

E) $\Delta E_c = mg(H + h)$

Question 8. Quelle est la hauteur maximale H atteinte ? On pourra éventuellement prendre $v \approx 25,1$ m/s . Choisir la proposition exacte.

A) 33,0 m

B) 30,0 m

C) 15,0 m

D) 13,5 m

E) 16,5 m

Exercice 2 : physique et alpinisme

Partie B

Lors d'une escalade, l'alpiniste, de masse m avec son équipement, s'assure en passant sa corde (de masse négligeable) dans des anneaux métalliques fixés au rocher. La corde peut coulisser librement dans ces anneaux (pas de frottement). L'alpiniste (son baudrier) est à l'altitude du point A, à une distance h du dernier anneau et la corde est tendue lorsqu'il chute de la paroi rocheuse.

Les effets de l'air sont supposés négligeables durant l'intégralité de la chute de l'alpiniste.

L'alpiniste fait une chute libre d'une hauteur égale à $2h$ et se retrouve à l'altitude du point O, origine d'un axe Oz vertical et descendant (de vecteur unitaire $\vec{e}_z$).

Par ailleurs, les cordes utilisées en escalade sont élastiques de manière à diminuer la force qui s'exerce sur l'alpiniste (principalement sur son bassin) lors de sa chute. Ainsi, après que l'alpiniste a chuté de la hauteur $2h$, sa corde s'étire jusqu'à un allongement maximal a ; à cet instant, l'alpiniste est suspendu dans le vide à l'altitude du point B.

Les positions de l'alpiniste aux points A, O et B sont représentées sur la figure 2.4.

Positions de l'alpiniste :

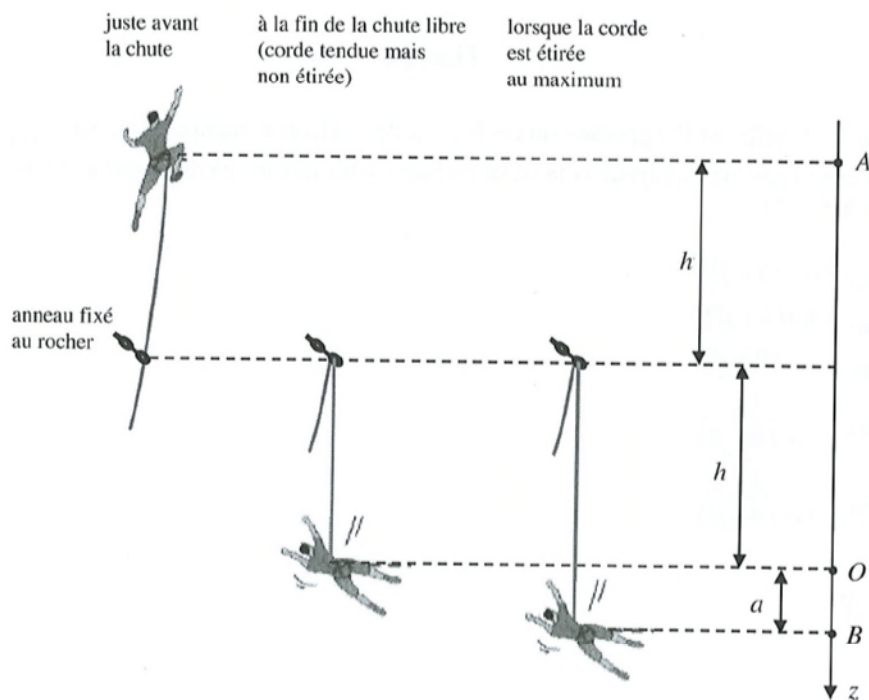


Figure 2.4

Dans un premier temps, la corde est assimilée à un ressort de constante de raideur k .

L'énergie potentielle E_p de l'alpiniste s'exprime en fonction de son altitude z comme suit :

$$E_p(z) = -m g z \text{ pour } -2h \leq z \leq 0$$

$$E_p(z) = -m g z + \frac{1}{2} k z^2 \text{ pour } 0 \leq z \leq a$$

En choisissant $E_p(z=0) = 0$.

Question 13. Quelle est la ou quelles sont les proposition(s) exacte(s) ?

- A) Il y a conservation de l'énergie mécanique de l'alpiniste au cours de sa chute.
- B) L'énergie mécanique de l'alpiniste lorsqu'il se trouve au point A vérifie : $E_A = 2m g h$.
- C) L'énergie mécanique de l'alpiniste à la fin de sa chute libre vérifie : $E_O = 0$.
- D) La vitesse de l'alpiniste à la fin de sa chute libre peut s'exprimer : $v = \sqrt{2 g h}$
- E) La vitesse de l'alpiniste à la fin de sa chute libre peut s'exprimer : $v = \sqrt{4 g h}$

Question 14. Quelle est la ou quelles sont les relations vérifiées par l'allongement maximal a de la corde ?

- A) $\frac{1}{2} k a^2 - m g a - 2 m g h = 0$
- B) $\frac{1}{2} k a^2 + m g a - 2 m g h = 0$
- C) $\frac{1}{2} k a^2 - m g a - 4 m g h = 0$
- D) $a = \frac{m g}{k} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4 h k}{m g}} \right]$
- E) $a = \frac{m g}{k} \left[\sqrt{1 + \frac{4 h k}{m g}} - 1 \right]$

Question 15. Quelle est la valeur $F_{\max}$ de la force de choc, c'est-à-dire de la force maximale exercée par la corde sur l'alpiniste lors de sa chute sachant que $m = 100 \text{ kg}$, $h = 4 \text{ m}$ et $k = 5 \text{ kN/m}$?

Choisir la proposition exacte.

- A) $F_{\max} \approx 12 \text{ kN}$
- B) $F_{\max} \approx 10 \text{ kN}$
- C) $F_{\max} \approx 8 \text{ kN}$
- D) $F_{\max} \approx 6 \text{ kN}$
- E) $F_{\max} \approx 4 \text{ kN}$

L'étude précédente ne tient pas compte des phénomènes dissipatifs se produisant dans la corde lors de son étirement. En réalité, la corde ne se comporte pas comme un ressort. Supposons que pendant toute la durée du freinage de l'alpiniste par la corde, cette dernière s'allonge de façon à maintenir une force $\vec{F}$ uniforme (de norme F) sur l'alpiniste (modèle très simplifié). On désigne par ΔE_m , la variation d'énergie mécanique de l'alpiniste sur toute la durée du freinage, v la norme de sa vitesse à la fin de sa chute libre et a' l'allongement de la corde lorsqu'il s'immobilise ($a' < a$).

Question 16. Quelle est la ou quelles sont les proposition(s) exacte(s) ?

- A) $\Delta E_m = (mg - F)a'$
- B) $\Delta E_m = -Fa'$
- C) $\Delta E_m = mga' - \frac{1}{2}mv^2$
- D) $a' = \frac{mv^2}{2(F - mg)}$
- E) $a' = \frac{mv^2}{2(F + mg)}$

Données et précision pour l'ensemble de ce sujet

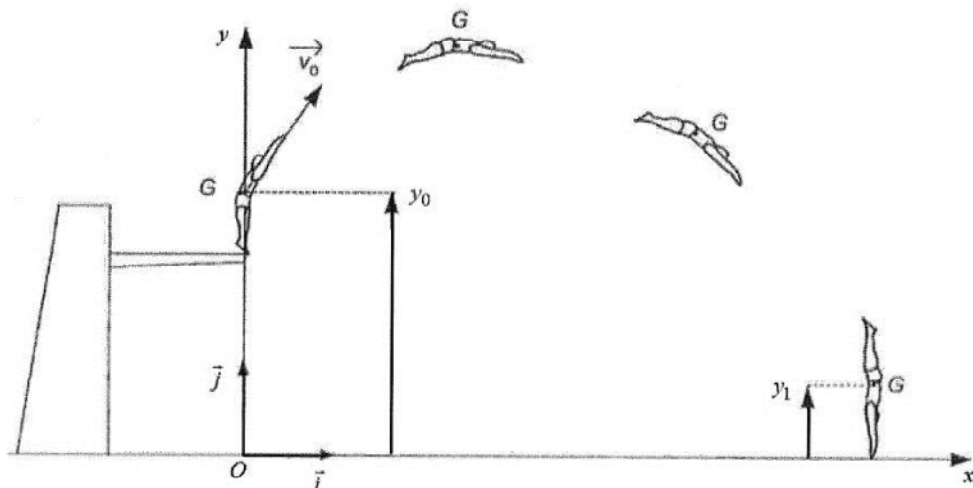
- La valeur de l'accélération de la pesanteur terrestre : $g \approx 10 \text{ m.s}^{-2}$
- Pour les questions portant sur une application numérique, une tolérance de $\pm 5\%$ est à prendre en compte dans le choix de la proposition exacte.
Exemple : une proposition est $X = 12 \text{ m}$. Cette proposition peut être cochée si vous obtenez une valeur pour X comprise entre 11,4 et 12,6 m.

Exercice 3 : Mouvement d'un plongeur

Dans cet exercice on s'intéresse au mouvement d'un plongeur lors de sa chute dans l'air, puis dans l'eau. Le plongeur a une masse $m = 70 \text{ kg}$ et une masse volumique ρ inférieure à la masse volumique ρ_e de l'eau. Dans tout l'exercice, le mouvement du centre d'inertie G du plongeur est étudié dans le référentiel terrestre (supposé galiléen) et dans le repère d'axes (Ox, Oy) munis des vecteurs unitaires $(\vec{i}, \vec{j})$ représentés sur la figure ci-après. Le point O est au niveau de la surface de l'eau, la position verticale (altitude dans l'air ou profondeur dans l'eau) et le vecteur vitesse du centre d'inertie G du plongeur au cours du temps sont respectivement notés $y(t)$ et $\vec{v}(t)$.

On note (x_0, y_0) les coordonnées du centre d'inertie du plongeur juste avant le saut et $\vec{v}_0$ sa vitesse initiale. On donne $x_0 = 0$, $y_0 = 8,0 \text{ m}$ et $v_0 = 5,0 \text{ m/s}$.

On néglige l'action de l'air sur le plongeur au cours de son mouvement et on admet que lors du saut, les mouvements de rotation du plongeur ne perturbent pas le mouvement de son centre d'inertie G .



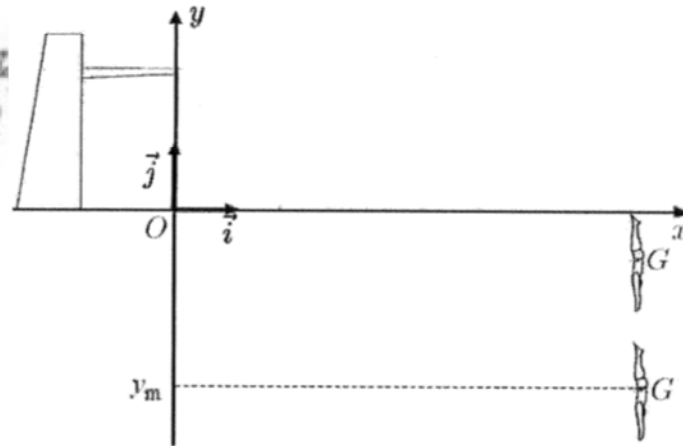
Question 24. En prenant la référence de l'énergie potentielle au niveau de la surface de l'eau, l'énergie potentielle maximale du plongeur est égale à 6,3 kJ. Déterminer l'altitude maximale y_s atteinte par le centre d'inertie G du plongeur lors de son saut. Choisir la proposition exacte.

- A) $y_s \approx 17$ m
- B) $y_s \approx 14$ m
- C) $y_s \approx 11$ m
- D) $y_s \approx 9$ m
- E) Aucune des propositions ci-dessus n'est exacte

Question 25. Que peut-on dire de la valeur v_s de la vitesse du plongeur à l'instant où son centre d'inertie G atteint l'altitude maximale y_s ? Choisir la (ou les) proposition(s) exacte(s).

- A) $v_s = v_0 + \sqrt{2g(y_s - y_0)}$
- B) $v_s = \sqrt{v_0^2 + 2g(y_s - y_0)}$
- C) $v_s = \sqrt{v_0^2 + 2g(y_0 - y_s)}$
- D) $v_s = 0$
- E) $v_s \approx 6,7$ m/s

Question 28. On s'intéresse aux travaux (W) des forces agissant sur le plongeur, entre l'instant t_a où celui-ci est tout juste immergé dans l'eau et l'instant t_b où son centre d'inertie atteint la profondeur maximale $|y_m|$ ($y_m < 0$). On estime que $y_1 = \frac{2}{5}L$ où L est la distance entre les extrémités de ses mains et de ses pieds dans la position verticale, bras et jambes tendus.



Quelle est (ou quelles sont) la (ou les) proposition(s) exacte(s) ?

- A) $W_{t_a \rightarrow t_b}(\vec{P}) = -\frac{\rho}{\rho_e} W_{t_a \rightarrow t_b}(\vec{F}_A)$
- B) $W_{t_a \rightarrow t_b}(\vec{F}_A) = \rho_e V g \left(y_m + \frac{3}{5}L \right)$ et $W_{t_a \rightarrow t_b}(\vec{P}) = mg \left(y_m + \frac{3}{5}L \right)$
- C) $W_{t_a \rightarrow t_b}(\vec{f}) = m \left[g \left(y_m + \frac{3}{5}L \right) \left(1 - \frac{\rho_e}{\rho} \right) - \frac{v_2^2}{2} \right]$
- D) $W_{t_a \rightarrow t_b}(\vec{f}) = -m \left[g \left(y_m + \frac{3}{5}L \right) \left(1 - \frac{\rho_e}{\rho} \right) + \frac{v_2^2}{2} \right]$
- E) $W_{t_a \rightarrow t_b}(\vec{f}) = -m \left[g \left(y_m + \frac{3}{5}L \right) \left(1 + \frac{\rho_e}{\rho} \right) + \frac{v_2^2}{2} \right]$