Exercice 5

D'après l'épreuve E8 du bac STAV, session 2009, Polynésie

Au large de Saint-Malo, des œnologues ont immergé 600 bouteilles de vin au fond de la mer pour une durée d'un an. Le but de cette expérience est d'étudier l'évolution d'un vin conservé à 15 mètres de profondeur. En effet, les marées « massent » les bouteilles deux fois par jour. À sa sortie de l'eau, le vin dégageait des arômes plus arrondis.
On étudie l'ensemble « plongeur-équipement » dans le référentiel terrestre.
Un plongeur contrôle l'immersion des caisses. Il effectue une descente h de 20 mètres à vitesse constante. La masse m de l'ensemble « plongeur-équipement » est de 90 kg.

1. Donner les quatre caractéristiques du poids $\vec{P}$ de l'ensemble « plongeur-équipement ».
2. Calculer le travail du poids $W(\vec{P})$ lors de cette descente.
3. La durée de la descente est de 30 secondes. Calculer la vitesse du plongeur.

1. Les quatre caractéristiques du poids $\vec{P}$ de l'ensemble « plongeur-équipement » sont :
- point d'application : centre de gravité du système « plongeur-équipement »
- direction : verticale
- sens : vers le bas
- intensité : $P = m.g = 90 \times 10 = 900$ N

2. Quel que soit le « chemin » emprunté par le plongeur lors de sa descente (c'est-à-dire qu'elle soit directe ou pas), le travail $W(\vec{P})$ de son poids est :

$$W(\vec{P}) = P.h = 900 \times 20 = \mathbf{+18\,000\ J}$$

(Le travail du poids du plongeur est positif ; il est moteur – Il entraîne le mouvement de descente du plongeur).

3. Comme la descente s'effectue à vitesse constante, alors la vitesse v du plongeur est :

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{h}{t} = \frac{20}{30} = \mathbf{0{,}67\ m/s}$$

Exercice 7

Un tracteur tire une charrue en exerçant une force de traction $\vec{F}$ constante dont la direction est parallèle à la direction rectiligne du sillon. Le tracteur avance avec une vitesse de 7,4 km/h.

1. Écrire l'expression littérale du travail de la force $\vec{F}$.
2. Calculer le travail de la force au cours du tracé d'un sillon de longueur 1200 m.
3. Le travail est-il moteur ou résistant ? Justifier.
4. Calculer la puissance de la force $\vec{F}$ lors de la réalisation d'un sillon.

Donnée : $F = 3{,}0 \times 10^3$ N.

1. La direction de la force de traction $\vec{F}$ est parallèle à celle du vecteur déplacement. L'angle θ entre ces deux directions est donc nul, $\theta = 0°$, et son cosinus est égal à +1 ($\cos\theta = +1$).
Ainsi, le travail de la force de traction $\vec{F}$ au cours du tracé d'un sillon AB est :

$$W(\vec{F}) = F.AB.\cos\theta = \mathbf{+\ F.AB}$$

2. Comme AB = 1200 m, alors le travail de la force $\vec{F}$ est égal à :

$$W(\vec{F}) = +3{,}0\times10^3 \times 1200 = \mathbf{+3{,}6\times10^6\ J}$$

3. Le travail de la force $\vec{F}$ est positif, il est donc moteur. La force $\vec{F}$ aide au déplacement de la charrue.

4. La puissance mécanique $P_m(\vec{F})$ de la force $\vec{F}$ lors de la réalisation du sillon est donnée par : $P_m(\vec{F}) = \dfrac{W(\vec{F})}{\Delta t}$ avec Δt la durée du travail qui correspond à la durée de réalisation du sillon AB.

La vitesse de déplacement du tracteur étant supposée constante, v = 7,4 km/h soit 2,1 m/s, alors $\Delta t = \dfrac{AB}{v} = \dfrac{1200}{2{,}1} = 571$ s.

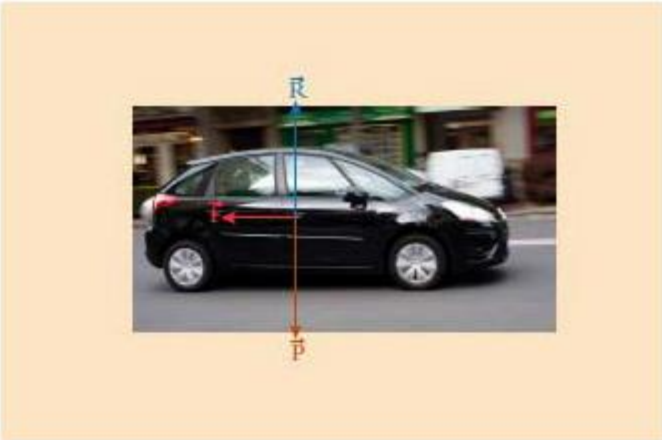
Ainsi : $P_m(\vec{F}) = \dfrac{3{,}6 \times 10^6}{571} = \mathbf{6{,}3\times10^3\ W}$, soit **6,3 kW**

Exercice 8

Une voiture de 1,5 tonne dispose d'une force de freinage maximale égale à 5000 N. La vitesse de la voiture est égale à 130 km/h.

Calculer la distance minimale qu'il faut à la voiture pour s'arrêter.

Au moment du freinage, la voiture est soumise à son poids $\vec{P}$, la réaction $\vec{R}$ du sol et la force $\vec{f}$ de freinage, comme sur la photographie de Mirabelle du document 2 de l'activité 3 (cf. ci-dessous).



On applique le théorème de l'énergie cinétique : la variation ΔE_c de l'énergie cinétique de la voiture en translation entre les positions A et B, est égale à la somme des travaux des forces extérieures qui lui sont appliquées, soit :

$$\Delta E_c = \frac{1}{2}m.v_B^2 - \frac{1}{2}m.v_A^2 = \Sigma_{AB} W(\vec{F}_{ext}) = W(\vec{P}) + W(\vec{f}) + W(\vec{R})$$

Entre la position A correspondant au début du freinage, et la position B correspondant à l'arrêt total de la voiture, celle-ci a parcouru la distance AB = D.

Or $W(\vec{P}) = 0$ et $W(\vec{R}) = 0$ car les directions de ces deux vecteurs sont perpendiculaires à la direction du vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$.

Le travail de la force $\vec{f}$ de freinage s'écrit : $W(\vec{f}) = f.AB.\cos\theta$

Comme AB = D et $\theta = 180°$, soit $\cos\theta = -1$, alors $W(\vec{f}) = -f.D$

($W(\vec{f})<0$, le travail de la force de freinage est résistant ; cette force s'oppose au déplacement de la voiture !)

De plus, $v_A = 130$ km/h = 36,1 m/s et $v_B = 0$ (arrêt).

Par conséquent, la distance minimale d'arrêt de la voiture est égale à :

$$-\frac{1}{2}mv_A^2 = -f.D, \text{ soit } D = \frac{m \times v_A^2}{2 \times f} = \frac{1500 \times 36{,}1^2}{2 \times 5000} = \mathbf{195\ m}$$

Exercice 10

Matéo lance en l'air une pierre de masse m = 50,0 g, verticalement vers le haut avec une vitesse initiale $v_0 = 6{,}50\ m.s^{-1}$. Lorsqu'il lâche la pierre sa main est à 1,50 m du sol.
On suppose dans tout l'exercice que la pierre est en chute libre et en translation.

1. Rappeler la définition d'une chute libre.
2. Calculer l'altitude (par rapport au sol) à laquelle monte la pierre.
3. Déterminer la vitesse de la pierre juste avant qu'elle ne touche le sol.

Donnée : $g = 9{,}8\ m.s^{-2}$.

1. Un solide est en chute libre si la seule force qui s'exerce sur lui est son poids. En toute rigueur, une chute libre ne se produit que dans le vide.
Cependant, dans l'air, si on peut négliger les frottements et la poussée d'Archimède par rapport au poids du solide, et si la hauteur de chute est faible, alors on peut considérer le solide est chute libre.

2. On applique le théorème de l'énergie cinétique : la variation ΔE_c de l'énergie cinétique de la pierre en translation entre les points A et B, est égale à la somme des travaux des forces extérieures qui lui sont appliquées.

Soit : $\Delta E_c = \frac{1}{2}m.v_B^2 - \frac{1}{2}m.v_A^2 = \Sigma_{AB} W(\vec{F}_{ext}) = W(\vec{P})$

Au point A correspond l'altitude z_A, au moment où la pierre est lâchée, et au point B correspond l'altitude maximale z_B de la pierre.

Le travail du poids $\vec{P}$ de la pierre s'écrit : $W(\vec{P}) = P.AB.\cos\theta$

Le vecteur déplacement et le vecteur poids ont même direction mais des sens opposés.
L'angle θ entre les deux directions est donc égal à 180°, alors $\cos\theta = \cos 180 = -1$.
Ainsi, le travail du poids $\vec{P}$ de la pierre devient : $W(\vec{P}) = -P.(z_B - z_A) = -m.g.(z_B - z_A)$

En A, la vitesse v_A de la pierre est la vitesse initiale v_0, $v_A = v_0$, alors qu'en B, la vitesse v_B est nulle , $v_B = 0$.

Par conséquent, la variation de l'énergie cinétique de la pierre devient :

$$-\frac{1}{2}mv_0^2 = -m.g.(z_B - z_A)$$

Ainsi : $z_B = z_A + \frac{v_0^2}{2\times g} = 1{,}50 + \frac{6{,}50^2}{2\times 9{,}8} =$ **3,7 m**.

3. À la fin de sa chute, la pierre atteint le sol au point C d'altitude $z_C = 0$.
Ainsi, puisque la pierre est considérée en chute libre, son énergie mécanique se conserve entre les points B et C : $E_m(B) = E_m(C)$ soit $E_c(B) + E_p(B) = E_c(C) + E_p(C)$.

En B, l'énergie cinétique de la pierre est nulle puisque sa vitesse est nulle ($E_c(B) = 0$) et son énergie potentielle de pesanteur est $E_p(B) = mgz_B$.

En C, l'énergie cinétique de la pierre est $E_c(C) = \frac{1}{2}m.v_C^2$, et son énergie potentielle de pesanteur est nulle ($E_p(C) = 0$), puisque $z_C = 0$.

Par conséquent : $m.g.z_B = \frac{1}{2}m.v_C^2$ d'où : $v_C = \sqrt{2.g.z_B} = \sqrt{2\times 9{,}8\times 3{,}7} =$ **8,5 m/s**

La pierre atteint le sol avec une vitesse de 8,5 m/s.

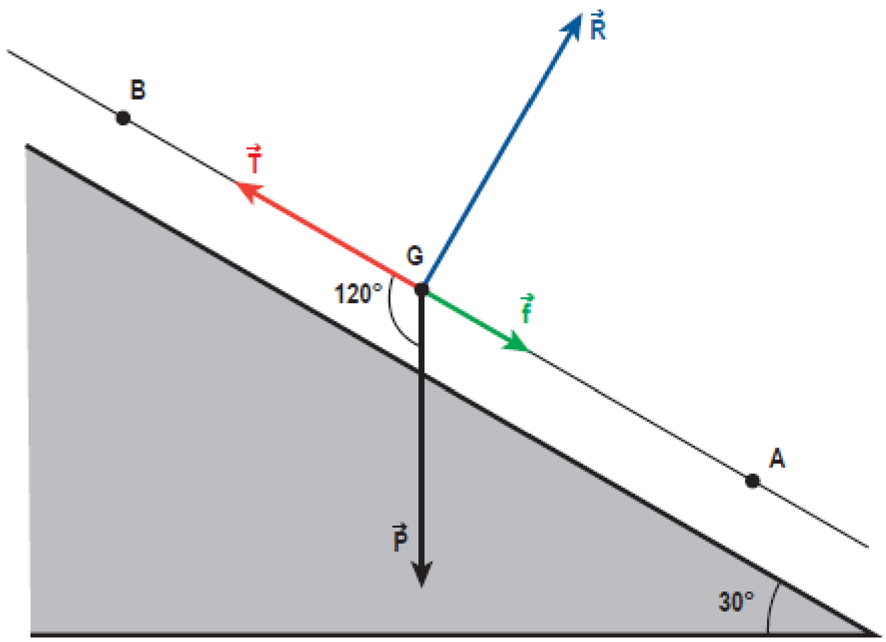
Exercice 13

L'objectif de cet exercice est de traiter l'exercice résolu du chapitre 6, p. 179, sous l'angle énergétique. On rappelle que les chiens tirent en translation rectiligne uniforme sur de la neige, une charge de masse m = 250 kg vers le haut d'une piste inclinée d'un angle de 30° par rapport à l'horizontale. Les chiens exercent une force constante $\vec{T}$ dont la direction est parallèle à la pente. La force de frottement $\vec{f}$ avec la neige est constante et a pour valeur 100 N. La réaction $\vec{R}$ du sol sur la charge est normale. On néglige la poussée d'Archimède et les frottements dus à l'air.

1. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, calculer la valeur de la force $\vec{T}$.
2. Pourquoi ne peut-on pas avec ce théorème déterminer la valeur de la réaction $\vec{R}$?

Donnée : intensité de la pesanteur $g = 10\ m.s^{-2}$.

1. On reprend dans l'exercice résolu le schéma des forces exercées sur la charge pour mieux visualiser la situation.



Puis on applique le théorème de l'énergie cinétique : la variation ΔE_c de l'énergie cinétique de la charge en translation entre les points A et B, est égale à la somme des travaux des forces extérieures qui lui sont appliquées, soit :

$$\Delta E_c = \frac{1}{2}m.v_B^2 - \frac{1}{2}m.v_A^2 = \Sigma_{AB} W(\vec{F}_{ext}) = W(\vec{P}) + W(\vec{R}) + W(\vec{f}) + W(\vec{T})$$

Or, la charge est en translation uniforme durant le trajet AB. Cela implique que sa vitesse est constante ; donc $v_A = v_B$.

De plus, la direction de $\vec{R}$ est perpendiculaire à celle du vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$. Le travail de $\vec{R}$ est donc nul : $W(\vec{R}) = 0$.

Le travail des autres forces s'exprime ainsi :

- poids $\vec{P}$: $W(\vec{P}) = P \times AB \times \cos 120 = m \times g \times AB \times (-\frac{1}{2})$;
- force de frottement $\vec{f}$: $W(\vec{f}) = f \times AB \times \cos 180 = -f \times AB$;
- force de traction $\vec{T}$: $W(\vec{T}) = T \times AB \times \cos 0 = T \times AB$.

En conséquence, en reprenant l'expression du théorème de l'énergie cinétique, on aboutit à :

$$0 = -\frac{1}{2} \times m \times g \times AB + 0 - f \times AB + T \times AB$$

Soit : $T = \frac{1}{2} \times m \times g + f = \frac{1}{2} \times 250 \times 10 + 100 =$ **1 350 N**

Comme dans l'exercice résolu, l'intensité de la force de traction $\vec{T}$ est égale à 1 350 N.

2. Dans le théorème de l'énergie cinétique, outre les vitesses aux points A et B, intervient le travail des différentes forces appliquées.

Comme le travail de la réaction $\vec{R}$ du sol est nul, on aboutit à une équation dans laquelle ne figure pas l'intensité de $\vec{R}$.

Le théorème de l'énergie cinétique ne permet donc pas de déterminer l'intensité de la réaction du sol sur la charge.

Exercice 15

On lâche, sans vitesse initiale, du haut d'une table à étincelage inclinée, un mobile autoporteur de masse m = 580 g qui glisse sans frottement. La longueur de la table est égale à 55 cm suivant la ligne de plus grande pente qui fait un angle α = 30° avec l'horizontale.

Calculer la vitesse du mobile au bas de la table.

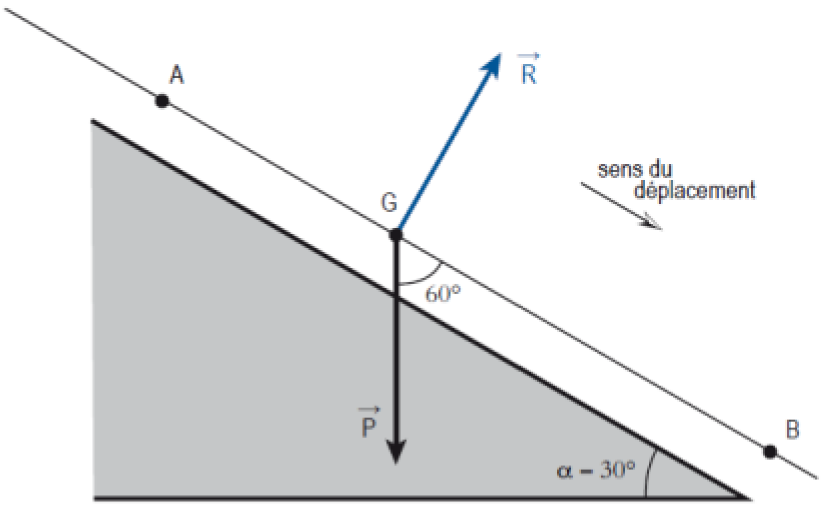
On suppose que le mobile autoporteur se déplace sur la table suivant un mouvement de translation.

Ainsi, on applique le théorème de l'énergie cinétique. La variation de l'énergie cinétique ΔE_c du mobile en translation entre les points A et B, est égale à la somme des travaux des forces extérieures qui lui sont appliquées, soit :

$$\Delta E_c = \frac{1}{2}m.v_B^2 - \frac{1}{2}m.v_A^2 = \Sigma_{AB} W\ (\vec{F}_{ext})$$

Si on néglige les interactions de l'air avec le mobile (frottements et poussée d'Archimède), alors les seules forces extérieures s'exerçant sur le mobile sont son poids $\vec{P}$ et la réaction $\vec{R}$ de la table.
Or, comme cela a été vu dans le chapitre 6, si le mobile glisse sans frottements sur la table, alors le vecteur $\vec{R}$ est perpendiculaire à la table.

Pour obtenir un schéma plus lisible, le mobile est modélisé par son centre d'inertie G (cf. schéma suivant) :



Comme la direction de $\vec{R}$ est perpendiculaire à celle du vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$, le travail de $\vec{R}$ est donc nul ; $W(\vec{R}) = 0$.

Le travail du poids $\vec{P}$ s'exprime ainsi : $W(\vec{P}) = P.AB.\cos 60° = m.g.AB.\cos 60$

De plus, le mobile étant lâché en A sans vitesse initiale, alors $v_A = 0$.

Par conséquent, le théorème de l'énergie cinétique se réduit à :

$$\frac{1}{2}m.v_B^2 = m.g.AB.\cos 60$$

La vitesse v_B du mobile en B, au bas de la table, après le déplacement AB = 0,55 m, est :

$$v_B = \sqrt{2.g.AB.\cos 60} = \sqrt{2 \times 9{,}81 \times 0{,}55 \times \cos 60} = \mathbf{2{,}3\ m/s}$$