Chapitre 11. Études énergétiques en mécanique

Exercice 1 :

QCM 1

1. A
2. B
3. C
4. C

QCM 2

1. A
2. B

QCM 3

1. B
2. C

Exercice 2 :

Calcul de l'énergie cinétique du footballeur Kylian Mbappé :

m = 78 kg

V_{max} = 32,4 km.h^{-1} = 32,4.10^3 m.h^{-1} = $\frac{32,4.10^3}{3600}$ m.s^{-1} = $9,00$ m.s^{-1}

$E_c = \frac{1}{2}mv^2$ = $\frac{1}{2}$ x 78 x $9,00^2$ = 3,2.10^3 J

Exercice 3 : Énergie cinétique 2

Calcul de la vitesse d'un train :

m = 19 t = 1,9.10^4 kg

E_c = 66 MJ = 66.10^6 J

On sait que :

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

Donc :

$v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}}$ = $\sqrt{\frac{2 \text{ x } 66.10^6}{1,9.10^4}}$ = 8,4.10^1 m.s^{-1} = 3,0.10^2 km.h^{-1}

Exercice 4 : Énergie potentielle de pesanteur

Calcul de l'énergie potentielle de pesanteur d'un moineau :

$m = 20\ g = 20.10^{-3}\ kg$

$z = 30\ m$

$E_{pp} = mgz = 20.10^{-3} \times 9{,}81 \times 30 = 5{,}9\ J$

Exercice 5 : Énergie mécanique

Calcul de l'énergie mécanique d'un dromadaire :

$m = 350\ kg$

$v = 2{,}0\ km.h^{-1} = 5{,}6.10^{-1}\ m.s^{-1}$

$z = 100\ m$

$$E_m = E_{pp} + E_c$$

$$E_m = mgz + \frac{1}{2}mv^2$$

$E_m = 350 \times 9{,}81 \times 100 + \frac{1}{2} \times 350 \times (5{,}6.10^{-1})^2 = 3{,}4.10^5\ J$

Exercice 6 : Travail d'une force n°1

Calcul du travail du poids d'un alpiniste :

$m = 80\ kg$

$z_A = 5150\ m$

$z_B = 8848\ m$

$$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P}.\overrightarrow{AB} = P \times AB \times \cos\alpha$$

$$\alpha + \beta = 180°$$

$$\alpha = 180° - \beta$$

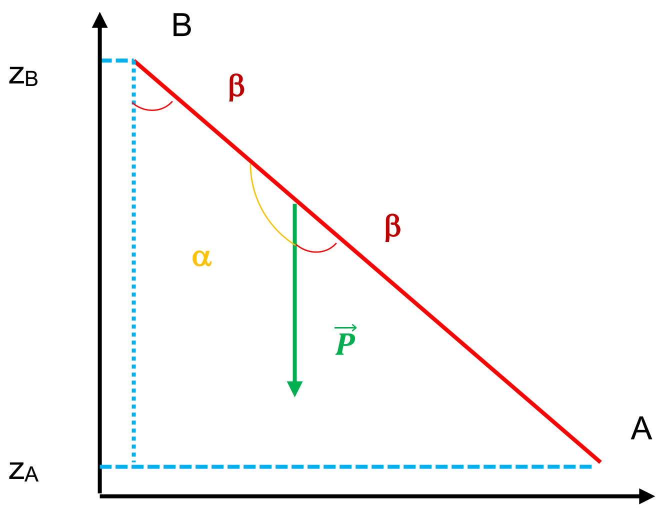
$$\cos\alpha = \cos(180° - \beta) = -\cos\beta$$

Dans le triangle AHB, $\cos\beta = \frac{BH}{AB} = \frac{(z_B - z_A)}{AB}$ et

$P = m \times g.$

On en déduit :

$W_{AB}(\vec{P}) = m \times g \times AB \times \frac{-(z_B - z_A)}{AB} = m \times g \times (z_A - z_B)$



$$W_{AB}(\vec{P}) = m \times g \times (z_A - z_B)$$

$$W_{AB}(\vec{P}) = 80 \times 9{,}81 \times (5150 - 8848) = -2{,}90.10^6\ J$$

Exercice 7 : Travail d'une force n°1

Calcul du travail fourni par une système soumis à une force constante :

f = 120 N

d = 2,0 km = $2{,}0.10^3$ m

Comme il se déplace en ligne droite et que la force est motrice (même sens que le mouvement) alors α = 0°

$W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f}.\overrightarrow{AB} = f\ x\ AB\ x\cos\alpha = f\ x\ AB\ x\cos 0 = f\ x\ AB = 120\ x\ 2{,}0.10^3 = 240.10^3\ J$

Exercice 8 :

1. Variation d'énergie cinétique de la balle :

$$\Delta E_c = E_c(final) - E_c(initial)$$

$$\Delta E_c = \frac{1}{2}mv^2(final) - \frac{1}{2}mv^2(initial)$$

$$\Delta E_c = \frac{1}{2}m\,[v^2(final) - v^2(initial)]$$

   Application numérique :

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} \times 0{,}120 \times\ [20^2 - 30^2]$$

$$\Delta E_c = -30\ J$$

2. D'après le théorème de l'énergie cinétique :

$$\Delta E_c = \Sigma W_{AB} = W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{f})$$

   Avec $W_{AB}(\vec{f})$ le travail des forces de frottement. Comme l'altitude de la balle ne varie pas, son énergie potentielle de pesanteur ne varie pas non plus, donc le travail du poids est nul. On en déduit que :

$$\Delta E_c = W_{AB}(\vec{f}) = -30\ J$$

Exercice 9 :

1. Le graphique B représente l'évolution de l'énergie potentielle de pesanteur au cours du temps car à la fin du mouvement, la plongeuse est à la surface de l'eau qui est prise comme référence (énergie potentielle de pesanteur nulle en ce point, et sur le graphique pour t = 1,00 s).
2. Au début du mouvement, on voit sur le graphique que $E_{pp}(t=0) \approx 1{,}9\ kJ$, or $E_{pp} = mgh$ où h est la hauteur du plongeoir. On en déduit que :

$$h = \frac{E_{pp}}{mg}$$

Application numérique :

$$h = \frac{1,9 \times 10^3}{50 \times 9,81} \approx 3,9\ m$$

Exercice 10 : Panenka (1)

1. Courbe 2 : énergie cinétique car sa valeur est non nulle au départ et égale à $\frac{1}{2}mv_0^2 \approx 43\ J$, ce que l'on peut vérifier graphiquement.
   Courbe 3 : énergie potentielle de pesanteur car elle est nulle au départ, le ballon étant posé sur le sol, ce que l'on vérifie graphiquement.
   Courbe 1 : énergie mécanique car c'est la somme de l'énergie cinétique (courbe 2) et de l'énergie potentielle de pesanteur (courbe 3).
2. L'énergie mécanique se conserve car sa représentation graphique en fonction du temps donne une courbe horizontale.
3. a. Graphiquement, on obtient : $E_{pp}(A) = E_{pp}(x = 11\ m) = 12,5\ J$.
   b. Nous avons : $E_{pp}(A) = mgz_A$, d'où :
   $$z_A = \frac{E_{pp}(A)}{mg}$$
   Application numérique :
   $$z_A = \frac{12,5}{0,650 \times 9,81} \approx 2,0\ m$$
4. a. Comme l'énergie mécanique se conserve, alors, entre le point de départ et le point A :
   $$E_m(O) = E_m(A)$$
   $$E_c(O) + E_{pp}(O) = E_c(A) + E_{pp}(A)$$
   Or $E_{pp}(O) = 0\ J$ (ballon posé sur le sol), donc :
   $$E_c(O) = E_c(A) + E_{pp}(A)$$
   $$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_A^2 + mgz_A$$
   $$\frac{1}{2}v_0^2 = \frac{1}{2}v_A^2 + gz_A \quad (simplification\ par\ m)$$
   $$v_0^2 = v_A^2 + 2gz_A \quad (multiplication\ par\ 2\ de\ l'équation)$$
   $$v_A^2 = v_0^2 - 2gz_A$$
   $$v_A = \sqrt{v_0^2 - 2gz_A}$$
   b. Application numérique :
   $$v_A = \sqrt{11,5^2 - 2 \times 9,81 \times 2,0} \approx 9,6\ m.s^{-1}$$

Exercice 11 :

1. Travail du poids lors de la chute du robot Philae en direction de la comète Tchouri :

$$W_{AB}(\vec{P}) = mg_{Tchouri}(z_A - z_B)$$

Application numérique :

$$W_{AB}(\vec{P}) = 100 \times 1{,}0 \times 10^{-4} \times 20 \times 10^3$$

$$W_{AB}(\vec{P}) = 200\ J$$

2. Calculons l'énergie mécanique de Philae au point de départ de la chute (point A) :

$$E_m(A) = E_c(A) + E_p(A) = E_p(A)$$

Car $E_c(A) = 0\ J$ car Philae chute avec une vitesse initiale nulle.

$$E_m(A) = E_p(A) = mg_{Tchouri}z_A$$

Application numérique :

$$E_m(A) = 100 \times 1{,}0 \times 10^{-4} \times 20 \times 10^3$$

$$E_m(A) = 200\ J$$

Calculons l'énergie mécanique de Philae en fin de chute (point B) :

$$E_m(B) = E_c(B) + E_p(B)$$

Car $E_p(B) = 0\ J$ car $z_B = 0$ lorsque Philae est à la surface de Tchouri.

$$E_m(B) = \frac{1}{2}m{v_B}^2$$

Application numérique :

$$E_m(B) = \frac{1}{2} \times 100 \times 1{,}0^2$$

$$E_m(B) = 50\ J$$

Au cours de la chute, $E_m(B) - E_m(A) = \Delta E_m = 50 - 200 = -150\ J$.

$\Delta E_m \neq 0\ J$, donc l'énergie mécanique ne se conserve pas au cours de la chute de Philae vers la comète Tchouri.

3. Intensité de la force de frottement de l'air supposée constante f_{air} :

$$W_{AB}(\overrightarrow{f_{air}}) = \overrightarrow{f_{air}}.\overrightarrow{AB} = f_{air}.AB.\cos\alpha = -f_{air}.AB$$

Car comme on suppose que la trajectoire du robot est une droite verticale, $\alpha = 0$ et $\cos\alpha = 1$.

Comme $\Delta E_m \neq 0\ J$, alors : $\Delta E_m = W_{AB}(\overrightarrow{f_{air}}) = -f_{air}.AB$.

En isolant f_{air} :

$$f_{air} = -\frac{\Delta E_m}{AB}$$

Application numérique :

$$f_{air} = -\frac{-150}{20 \times 10^3}$$

$$f_{air} = 7{,}5 \times 10^{-3}\ N$$

Exercice 12 : Interpréter une variation d'énergie mécanique

1. Energie mécanique de Felix Baumgartner au moment où il se laisse tomber du ballon sonde initialement à l'arrêt :

$$E_m(A) = E_c(A) + E_p(A) = E_p(A)$$

Car $E_c(A) = 0\,J$ car Felix chute avec une vitesse initiale nulle.

$$E_m(A) = E_p(A) = mgz_A$$

Application numérique :

$$E_m(A) = 120 \times 9{,}7 \times 39045$$
$$E_m(A) \approx 4{,}5 \times 10^7\,J$$

2. Energie mécanique de Felix lorsqu'il atteint sa vitesse maximale à 27,5 km du sol :

$$E_m(B) = E_c(B) + E_p(B)$$
$$E_m(B) = \frac{1}{2}m{v_B}^2 + mgz_B$$

Application numérique :

$$E_m(B) = \frac{1}{2} \times 120 \times \left(\frac{1341{,}9}{3{,}6}\right)^2 + 120 \times 9{,}7 \times 27500$$
$$E_m(B) \approx 4{,}0 \times 10^7\,J$$

3. Variation d'énergie mécanique entre les deux instants évoqués en question 1 et 2 :

$$\Delta E_m = E_m(B) - E_m(A)$$

Application numérique :

$$\Delta E_m = 4{,}0 \times 10^7 - 4{,}5 \times 10^7 = -5 \times 10^6\,J$$

4. Cette perte d'énergie mécanique est due au travail des forces de frottements de l'air à cause de la présence de l'atmosphère.

Exercice 13 :

1. Variation d'énergie cinétique de la voiture :

$$\Delta E_c = E_c(final) - E_c(initial)$$
$$\Delta E_c = \frac{1}{2}mv^2(final) - \frac{1}{2}mv^2(initial)$$
$$\Delta E_c = \frac{1}{2}m\,[v^2(final) - v^2(initial)]$$

Application numérique :

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} \times 10^3 \times \left[(\frac{80}{3{,}6})^2 - (\frac{90}{3{,}6})^2\right]$$
$$\Delta E_c \approx -6{,}6 \times 10^4\,J$$

2. Dans le cas d'un déplacement sur une route horizontale, le travail du poids de la voiture est nul, car le vecteur poids est perpendiculaire au vecteur déplacement, donc le produit scalaire des deux vecteurs est nul.

3. Comme le travail du poids est nul, il n'y a que le travail des forces de frottement qui intervient ici. D'après le théorème de l'énergie cinétique :

$$\Delta E_c = W_{AB}(\vec{f})$$

Avec :

$$W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f}.\overrightarrow{AB} = \|\vec{f}\|.\|\overrightarrow{AB}\|.\cos\alpha = -f.AB$$

Car comme le déplacement est horizontal, l'angle α entre le vecteur force de frottement et le vecteur déplacement vaut π (ou 180°). En identifiant, on trouve :

$$\Delta E_c = -f.AB$$

D'où :

$$f = -\frac{\Delta E_c}{AB}$$

$$f = -\frac{\frac{1}{2}m\,[v^2(final) - v^2(initial)]}{AB}$$

Application numérique :

$$f = -\frac{\frac{1}{2} \times 10^3 \times \left[(\frac{0}{3,6})^2 - (\frac{90}{3,6})^2\right]}{41}$$

$$f \approx 7,6 \times 10^3\ N$$

En supposant que la valeur des forces de frottement est constante, calculons la distance AB de freinage pour une voiture roulant à 80 km/h sur une route horizontale. D'après le théorème de l'énergie cinétique, nous savons que :

$$\Delta E_c = -f.AB$$

D'où :

$$AB = -\frac{\Delta E_c}{f}$$

$$AB = -\frac{\frac{1}{2}m\,[v^2(final) - v^2(initial)]}{f}$$

Application numérique :

$$AB = -\frac{\frac{1}{2} \times 10^3 \times \left[(\frac{0}{3,6})^2 - (\frac{80}{3,6})^2\right]}{7,6 \times 10^3}$$

$$AB \approx 32\ m$$

Exercice 14 :

1. a. Energie mécanique d'un volume d'eau de masse m à la surface du lac :

$$E_m = E_c + E_{pp}$$

$$E_m = E_c$$

E_{pp} est nulle, puisqu'à la surface de l'eau, l'altitude vaut 0 m.

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2$$

b. Energie mécanique d'un volume d'eau de masse m lorsqu'il atteint le point culminant du jet d'eau :

$$E_m = E_c + E_{pp}$$

$$E_m = E_{pp}$$

E_m est nulle au point culminant du jet d'eau, car la vitesse du volume d'eau est nulle au sommet d'une trajectoire.

$$E_m = mgh$$

2. En utilisant les expressions littérales de la question précédente, et en supposant que toute force de frottement peut être négligée, l'énergie mécanique se conserve et on peut écrire :

$$E_m(surface\ du\ lac) = E_m(haut\ du\ jet)$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

En simplifiant par m :

$$\frac{1}{2}v^2 = gh$$

En isolant h :

$$gh = \frac{1}{2}v^2$$

$$h = \frac{1}{2}v^2 \times \frac{1}{g}$$

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

3. a. Application numérique :

$$h = \frac{\left(\frac{200}{3{,}6}\right)^2}{2 \times 9{,}81}$$

$$h \approx 157\ m$$

b. Le résultat obtenu est supérieur à la hauteur annoncée de 140 m, car nous avons négligé les forces de frottement de l'air dans notre calcul, alors qu'elles doivent être prises en compte dans la réalité.

Exercice 15 :

1. Le système est la pierre de curling et le référentiel de l'étude est le référentiel de la patinoire, qui est aussi un référentiel terrestre.
2. Les forces qui s'exercent sur la pierre sont la réaction de la patinoire, le poids de la pierre, et la force de frottement de la glace sur la pierre.

En supposant que le sol de la patinoire est horizontal, et donc que le déplacement de la pierre est aussi horizontal, toute force de direction verticale s'exerçant sur la pierre (comme par exemple le poids) aura un travail nul. En effet, le vecteur déplacement et le vecteur poids sont perpendiculaires, donc leur produit scalaire est nul. De même pour le travail de la réaction de la patinoire.

Donc, on en déduit qu'il ne peut y avoir que la force de frottement dont le travail est non nul, car cette force a la même direction horizontale que le vecteur déplacement.

3. Pour trouver le travail de la force de frottement pour le lancer de la pierre, utilisons le théorème de l'énergie cinétique :

$$\Delta E_c = W_{AB}(\vec{f})$$

Car nous avons vu que le travail du poids et de la réaction sont nuls.

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} m \left[v^2(final) - v^2(initial)\right]$$

Donc, en identifiant :

$$W_{AB}(\vec{f}) = \frac{1}{2} m \left[v^2(final) - v^2(initial)\right]$$

Application numérique :

$$W_{AB}(\vec{f}) = \frac{1}{2} \times 20 \times \left[0^2 - 2{,}56^2\right] \approx -65\, J$$

4. Ecrivons le travail de la force de frottement :

$$W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f}.\overrightarrow{AB} = \|\vec{f}\|.\|\overrightarrow{AB}\|.\cos\alpha = -f.AB$$

Car comme le déplacement est horizontal, l'angle α entre le vecteur force de frottement et le vecteur déplacement vaut π (ou 180°).

Donc :

$$W_{AB}(\vec{f}) = -f.AB$$

En isolant f :

$$f = -\frac{W_{AB}(\vec{f})}{AB}$$

Application numérique :

$$f = -\frac{-65}{28{,}35} \approx -2{,}3\, N$$

5. Le balayage devant la pierre sert à diminuer la force de frottement de la glace sur la pierre, de manière à pouvoir contrôler le freinage de la pierre pour essayer de l'emmener au plus proche du centre la cible. En effet, frotter la glace crée un échauffement qui va faire fondre la glace localement, diminuant ainsi la force de frottement.