Chapitre 16 : Energie cinétique

Cours

A. Travail d'une force constante

1. Introduction

Considérons un système se déplaçant d'un point A à un point B en étant soumis à une force constante $\vec{F}$. Cette dernière va fournir au système une énergie appelée travail : $W_{AB}(\vec{F})$. Sur la figure 1 ci-dessous un objet se déplace horizontalement sous l'action de la tension $\vec{T}$ d'une corde. Dans ce cas le travail est égal au produit de la valeur de la force par la distance parcourue, soit $W_{AB}(\vec{T}) = T\,d$ (ici d = AB).

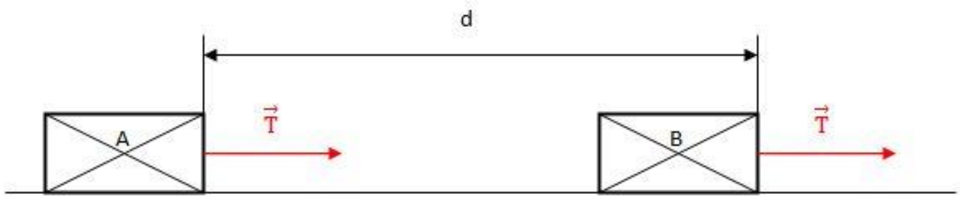

Figure 1

T : valeur de la force en newtons (N)
d : distance parcourue en mètres (m)
$W_{AB}(\vec{T})$: travail en joules (J)

Remarques
-Le système peut être soumis à plusieurs forces.
- Il faudra donc en général calculer un travail pour chacune des forces.

2. Définition

Sur la figure 2 une force constante est appliquée à un système allant du point A au point B. Par définition le travail de la force $\vec{F}$ le long du trajet $\overrightarrow{AB}$ est égal à :

$$\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}\cdot\overrightarrow{AB} \text{ ou } F\ AB\ \cos(\alpha)}$$

F : valeur de la force en newtons (N)
AB : distance parcourue en mètres (m)
$W_{AB}(\vec{F})$: travail en joules (J)

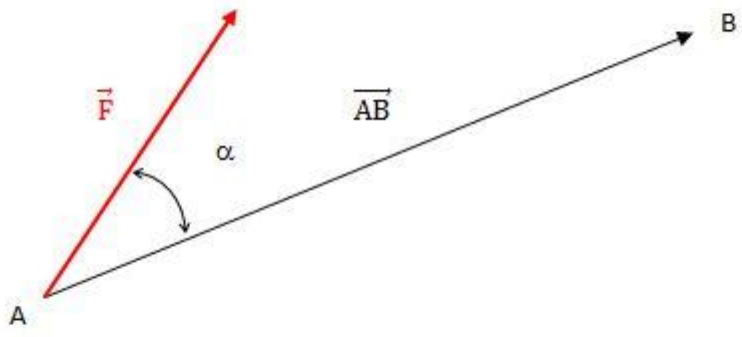

Figure 2

Sur la figure 3 ci-dessous la force $\vec{F}$ est décomposée en une force $\overrightarrow{F_2}$ orthogonale au vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$ et une force $\overrightarrow{F_1}$ parallèle au même vecteur déplacement.
La force orthogonale $\overrightarrow{F_2}$ ne change pas l'énergie du système donc ne participe pas à la définition du travail, par conséquent le travail de $\vec{F}$ se résume à celui de $\overrightarrow{F_1}$:

$W_{AB}(\vec{F}) = F_1\, AB.$

Sachant que $\cos(\alpha) = \frac{F_1}{F}$, l'expression du travail devient :

$W_{AB}(\vec{F}) = \cos(\alpha)\ F\ AB$

$W_{AB}(\vec{F}) = F\ AB\ \cos(\alpha)$ soit $\vec{F} \cdot \overrightarrow{AB}$.

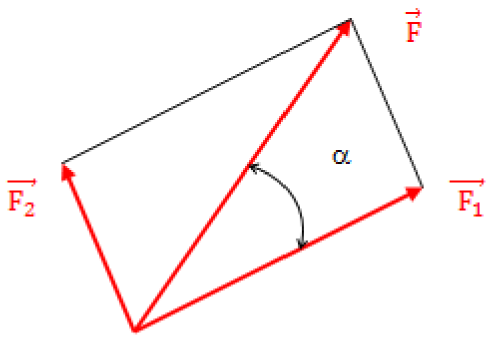

Figure 3

<u>Remarque</u>
1 J est le travail nécessaire pour faire monter une masse de 100 g d'une hauteur d'1 m.

Qualification du travail

Angle	Signe du travail	Qualification du travail
$0 \leq \alpha < 90°$	+	moteur
$\alpha = 90°$	nul	nul
$90° < \alpha \leq 180°$	-	résistant

Application

Une valise roulante, modélisée par un point matériel, est tirée sur une distance AB = 10 m avec une force constante $\vec{F}$ de norme F = 150 N formant un angle $\alpha = 30°$ avec le sol.
Exprimer puis calculer le travail $W_{AB}(\vec{F})$ effectué par la force $\vec{F}$ exercée sur la valise.
Le travail est-il résistant, nul ou moteur ?

Par définition :

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}$$
$$= F\,AB\cos(\alpha)$$
$$= 150 \times 10 \times \cos(30)$$
$$W_{AB}(\vec{F}) = \underline{1{,}3.10^3\ J}.$$

Le travail est moteur car il est positif.

3. Cas du poids d'un corps

Sur la figure 4 le poids $\vec{P}$ d'un corps effectue un travail le long d'un trajet (en traitillé) curviligne allant du point A (en haut) vers le point B (en bas). Comme le poids est une force constante, on peut résumer le trajet au vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$. Le travail est alors

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

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

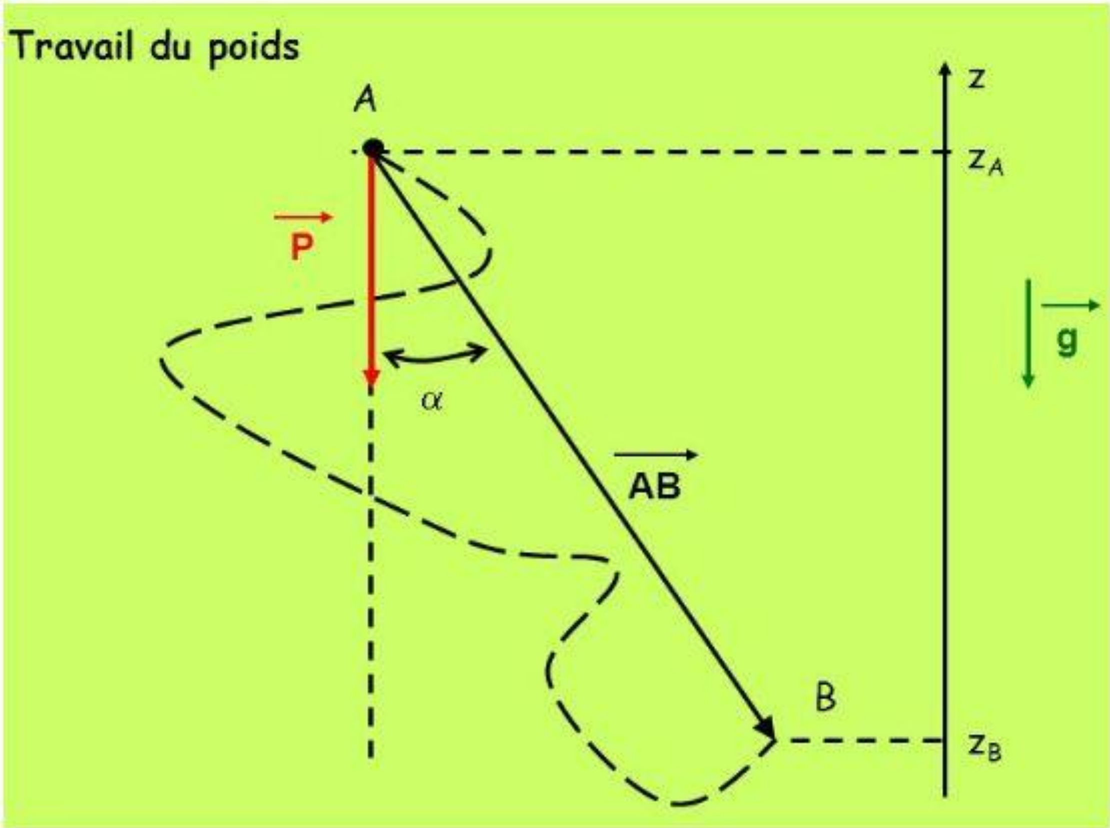

Figure 4

D'après le repère visible sur la figure 4 l'altitude z_A est supérieure à l'altitude z_B , il s'ensuit que $W_{AB}(\vec{P})$ est positif et donc le travail est moteur. On peut dire que le poids est responsable de l'augmentation de vitesse du système.

Dans le cas contraire $W_{AB}(\vec{P})$ est négatif et donc le travail est résistant. On peut dire que le poids est responsable de la diminution de vitesse du système.

<u>Application</u>

Une grue soulève un container de masse M = 600 kg d'une hauteur h = 15,0 m (voir la figure 5).
Le poids est-il moteur ou résistant ? Calculer son travail.

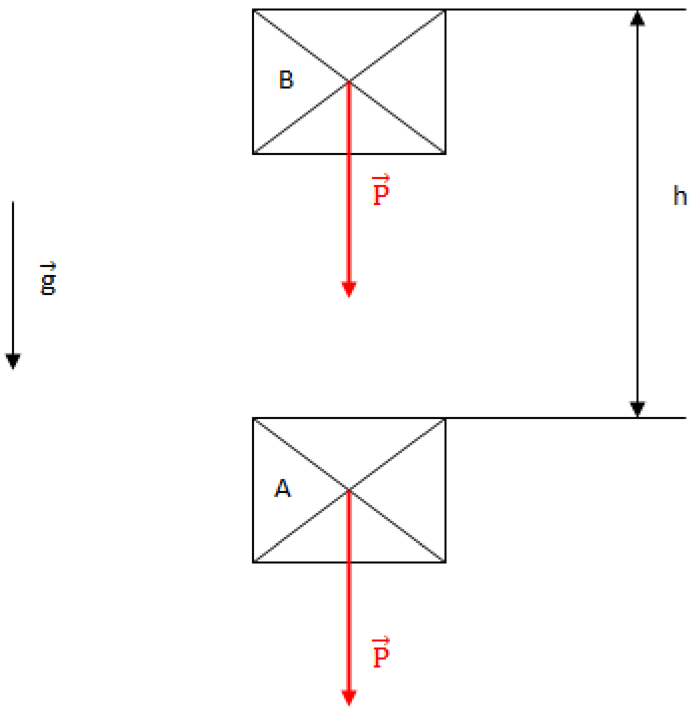

Figure 5

<u>Donnée</u>
$g = 9{,}81\ N.kg^{-1}$

Le poids est résistant car il s'oppose au mouvement ; En effet $\vec{P}$ est vertical et vers le bas alors que le déplacement est vertical et vers le haut.
Le travail effectué par le poids est :

$$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P}\,.\,\overrightarrow{AB}$$

$$= P\,h\cos(\alpha) \text{ avec } p = M\,g \text{ et } \alpha = 180° \text{ doc}$$

$$W_{AB}(\vec{P}) = M\,g\,h\cos(180)$$
$$= -M\,g\,h \quad (\text{car } \cos(180) = -1)$$
$$= -600 \times 9{,}81 \times 15{,}0$$
$$W_{AB}(\vec{P}) = \underline{-8{,}83.10^4\ J}\,.$$

4. <u>Cas d'une force de frottement</u>

Sur la figure 6 un solide se déplace horizontalement de gauche à droite. Le support horizontal (par exemple le sol) exerce une force horizontale dans le sens opposé notée $\vec{f}$ de valeur constante car il s'agit d'un contact solide-solide.

Le travail de la force de frottement est :

$$W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f}\,.\,\overrightarrow{AB}$$
$$= f\,AB\cos(180)$$

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

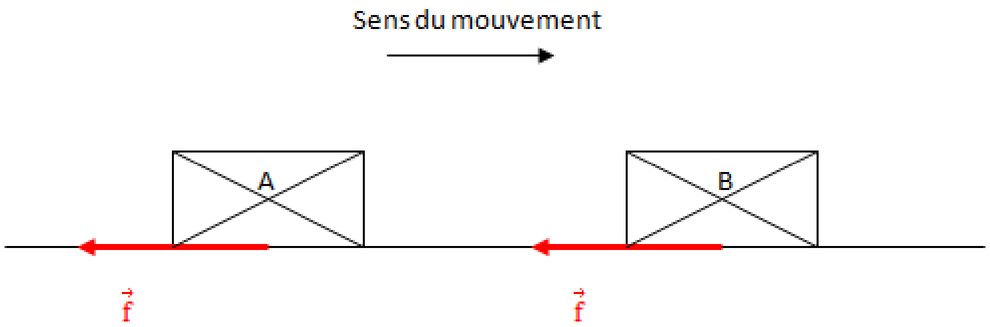

Figure 6

<u>Application</u>

Une voiture roule à vitesse constante sur une distance $M_1M_2 = 10$ km. Les frottements du sol et de l'air ont alors une valeur constante $f = 200$ N.

Exprimer puis calculer le travail. Ce travail est-il résistant ou moteur ?

L'expression du travail est :

$$W_{M_1 M_2}(\vec{f}) = -\,f\,.\,M_1 M_2$$
$$= -200\times 10.10^3$$
$$W_{M_1 M_2}(\vec{f}) = \underline{-\,2{,}0.10^6\ N}\,.$$

Le travail est résistant car il est négatif.

5. Forces conservatives

Une force est dite conservative si le travail effectué par la force ne dépend pas du trajet choisi pour aller d'un point A à un point B. Autrement dit : C'est comme si le trajet était effectué en ligne droite pour calculer le travail.

Exemples de forces conservatives

-Force constante dont le poids d'un corps
-Force électrique
-Tension d'un ressort
-Force de gravitation

Exemples de force non conservatives

-Force de frottement
-Force de viscosité

B. Energie cinétique

1. Définition de l'énergie cinétique

L'énergie cinétique E_c d'un système modélisé par un point matériel de masse m et de vitesse de valeur v dans un référentiel d'étude est définie par la relation

$$\boxed{E_c = \frac{1}{2} m\, v^2}$$

m : masse en kilogrammes (kg)
v : valeur de la vitesse en mètre par seconde ($m.s^{-1}$)
E_c : énergie cinétique en joules (J)

L'expression proposée suppose que le système est en translation. Le cas de la rotation n'est pas au programme.
Voici des liens vers des vidéos traitant de l'énergie cinétique :

https://youtu.be/YWsZ7-m5Qvk

https://youtu.be/YX4-gAXm000

Application 1

Calculer l'énergie cinétique d'une voiture de 1,2 tonne roulant à la vitesse de 80 $km.h^{-1}$.
L'énergie cinétique de la voiture de 1,2 t $=1,2.10^3$ kg est

$$E_c = \frac{1}{2} m\, v^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1,2.10^3 \times \left(\frac{80}{3,6}\right)^2$$

E_c = 3,0.10^5 J .

Application 2

Dans le référentiel terrestre, une voiture de masse m = 1,0 t a une énergie cinétique $E_c = 1{,}6.10^5$ J. Calculer sa vitesse v et l'exprimer en kilomètre par heure.

De la définition $E_c = \frac{1}{2}\,m\,v^2$, on en déduit :

$$v^2 = \frac{2\,E_c}{m}$$

$$v = \sqrt{\frac{2\,E_c}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2\times1{,}6.10^5}{1{,}0.10^3}}$$

v = 18 m.s^{-1} soit 64 km.h^{-1} .

2. Théorème de l'énergie cinétique

La variation de l'énergie cinétique $\Delta Ec = Ec\,(B) - Ec\,(A)$ d'un système en mouvement, d'un point A vers un point B, est égale à la somme des travaux des forces qu'il subit :

$$\boxed{\Delta Ec = \Sigma\, W_{AB}\,(\vec{F})}$$

Remarques

-Le théorème de l'énergie cinétique est vrai seulement dans un référentiel galiléen.

-Un référentiel est qualifié de galiléen lorsque le principe de l'inertie est vrai dans ce référentiel.

-Le principe de l'inertie peut s'énoncer ainsi : Tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme si les forces qui lui sont appliquées se compensent.

-Dans la pratique sont galiléens les référentiels suivants : Le référentiel Terrestre si on étudie des mouvements dont la durée est faible par rapport à 1 jour ; Tout objet en mouvement rectiligne uniforme par rapport au sol ; Le référentiel géocentrique si on étudie des mouvements dont la durée est faible par rapport à 1 an.

-Une voiture accélérée par rapport au sol ne constitue pas un référentiel galiléen.

Application

Sur la figure 7 : Un objet ponctuel descend un plan incliné. On cherche sa vitesse au point B sachant que sa vitesse initiale en A est nulle. On posera d= AB. Les trois forces appliquées sont représentées sur la figure.

$\vec{f}$: Force de frottement s'opposant au mouvement

$\vec{P}$: Poids de l'objet

$\vec{R}$: Réaction normale du plan incliné

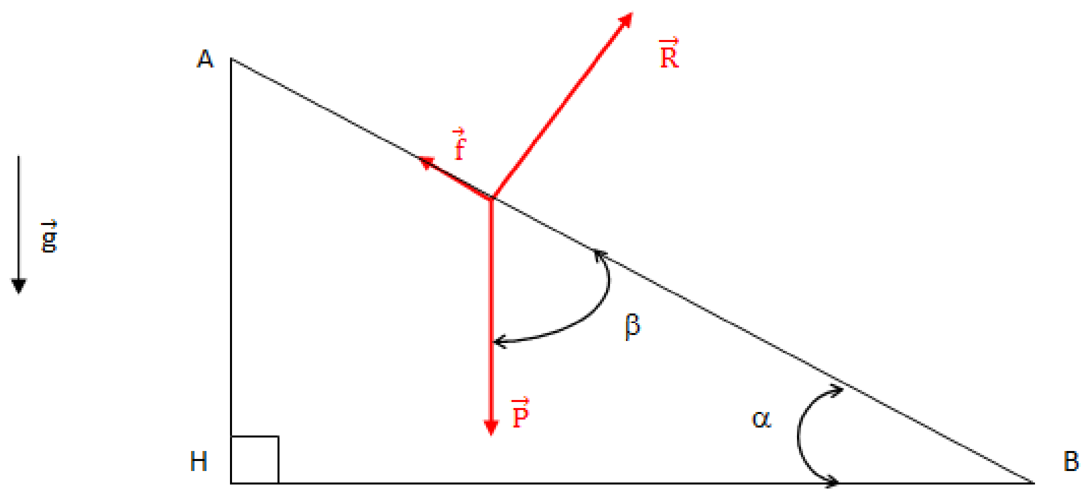

Figure 7

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique à l'objet ponctuel dans le référentiel Terrestre qui est considéré comme galiléen :

$$Ec\,(B) - Ec\,(A) = \; = \; W_{AB}\,(\vec{f}) \; + \; W_{AB}\,(\vec{P}) \; + W_{AB}\,(\vec{R})$$

$$\frac{1}{2}\,m\,v_B{}^2 - \frac{1}{2}\,m\,v_A{}^2 \; = \vec{f}\,.\,\overrightarrow{AB} + \; \vec{P}\,.\,\overrightarrow{AB} \; + \vec{R}\,.\,\overrightarrow{AB}$$

Sachant que la vitesse initiale est nulle $v_A = 0$. De plus $\vec{R}$ et $\overrightarrow{AB}$ sont orthogonaux donc $\vec{R}\,.\,\overrightarrow{AB} = 0$.

Il reste :

$$\begin{aligned}
\frac{1}{2}\,m\,v_B{}^2 \; &= f\,d\,\cos(180) + m\,g\,d\,\cos(\beta) \\
&= f\,d\,(-1) \; + m\,g\,d\,\sin(\alpha) \\
&= d\,(-\,f + m\,g\,\sin(\alpha)) \\
v_B{}^2 \; &= 2\,d\,(-\,\frac{f}{m} + g\,\sin(\alpha)) \\
v_B \; &= \sqrt{2\,d\,(-\,\frac{f}{m} \; + \; g\,\sin(\alpha))}
\end{aligned}$$

Exercices

N°	10	page	270
N°	12	page	270
N°	13	page	271
N°	15	page	271
N°	18	page	272
N°	21	page	272
N°	22	page	273
N°	27	page	274
N°	29	page	275
N°	31	page	275