Chapitre 14 : Les énergies cinétique et potentielle

Extrait programme 1ère spé

Énergie cinétique d'un système modélisé par un point matériel. Travail d'une force. Expression du travail dans le cas d'une force constante. Théorème de l'énergie cinétique Forces conservatives. Énergie potentielle. Cas du champ de pesanteur terrestre. Forces non conservatives : exemples de frottements.	- Utiliser l'expression de l'énergie cinétique d'un système modélisé par un point matériel. - Utiliser l'expression du travail $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}$ dans le cas de forces constantes. - Énoncer et exploiter le théorème de l'énergie cinétique. - Établir et utiliser l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur pour un système au voisinage de la surface de la Terre. - Calculer le travail d'une force de frottement d'intensité constante dans le cas d'une trajectoire rectiligne.

À faire à la maison : LIRE LES RÉVISIONS de 2nde p 284

Exercice en autonomie : n°8 p 285 (produit scalaire)

I- Travail et énergie cinétique

1- *L'énergie cinétique d'un système*

L'énergie cinétique est l'énergie liée au mouvement et à la vitesse d'un système. Pour un système de masse m (en kg) qui se déplace à la vitesse v (en m/s), l'énergie cinétique Ec (en J) est définie par :

$$E_C = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

Applications : n°27 p 297 et n°36 p298 (sans calculatrice)

Applications en autonomie : n°26 p 297 et n°41 p 298

2- *Le travail d'une force*

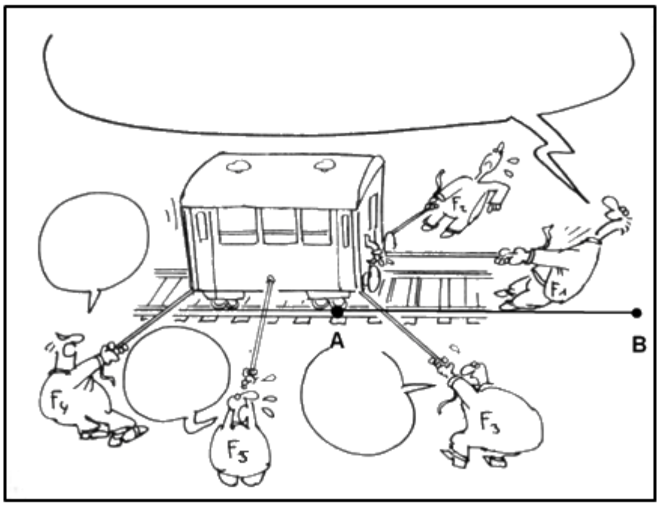
Exemple d'introduction :

Cinq personnages (notés de F_1 à F_5) tentent de déplacer un wagon vers la droite ; le wagon parcourt effectivement la distance AB.

On entend les phrases suivantes :

- « Je résiste ! »
- « Je contribue comme je peux… »
- « C'est moi le meilleur ! »
- « Je ne sers à rien ! »

1. Attribuer à chacun des personnages la phrase qu'il prononce.

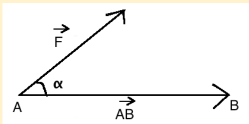


2. Dans la vie quotidienne, peut-on dire que les cinq personnages dépensent de l'énergie ?

En physique, l'énergie cédée au wagon par chacun des personnages est appelée un travail.
Une force modélise une action mécanique. Elle est caractérisée par son point d'application, sa direction, son sens et sa valeur. Pour traduire les effets d'une action mécanique lors d'un déplacement, les physiciens ont créé une grandeur appelée travail qui s'exprime en Joules (J).
On considère une force $\vec{F}$ qui s'applique sur un objet se déplaçant rectilignement de A vers B.

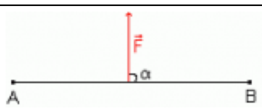
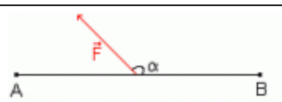
Le travail d'une force $\vec{F}$ représente l'énergie reçue par le système lors de son déplacement, sous l'effet de $\vec{F}$.
Soit une force $\vec{F}$ constante dont le point d'application se déplace de A vers B. Le travail $W_{AB}(\vec{F})$ est égal au produit scalaire du vecteur force $\vec{F}$ par le vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$:

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



$W_{AB}(\vec{F})$en Joules F en newton (N) AB en mètre (m) $\alpha = (\widehat{\vec{F},\overrightarrow{AB}})$ en radian (rad) ou degré (°)

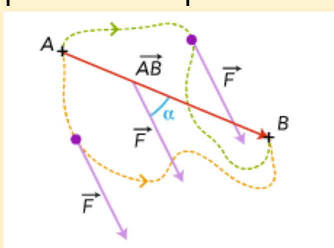
Le travail est une grandeur algébrique : elle peut être positive, négative ou nulle :

$W_{AB}(\vec{F}) > 0$	$W_{AB}(\vec{F}) = 0$	$W_{AB}(\vec{F}) < 0$
$0 \leq \alpha < 90°$	$\alpha = 90°$	$90° < \alpha \leq 180°$
La force favorise le déplacement	La force n'a pas d'effet sur le déplacement	La force s'oppose au déplacement
Le travail est moteur et la force est motrice	Le travail est nul et la force ne travaille pas	Le travail est résistant et la force est résistante
		

Remarque : si le déplacement n'est pas rectiligne, la définition reste la même.

Applications : n°33 p297, n°29 p 297, n°44 p 298, n°45 p299
Applications en autonomie : n°28 p 297, n°43 p 298

Une force est dite conservative si son travail entre deux points A et B ne dépend pas du chemin suivi, c'est-à-dire ne dépend que des positions du point de départ A et du point d'arrivée B.

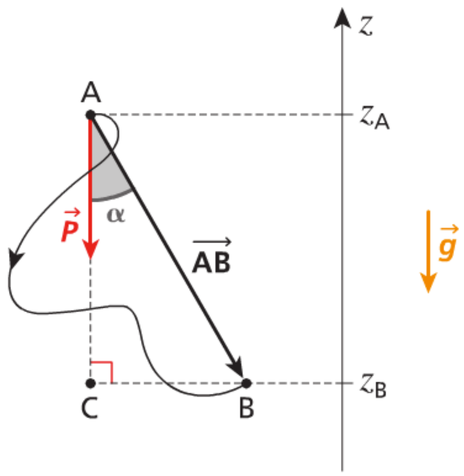


Remarque : Dans le cas d'une trajectoire fermée, c'est-à-dire si le système revient à son point de départ, le travail d'une force conservative est nul :
On rappelle que le travail a pour expression : $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}$
Pour une trajectoire fermée, $\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{AA} = \vec{0}$ → W = 0

3- *Exemple : le travail du poids*

La force de pesanteur (ou poids) est une force conservative.
Soit un objet de masse m qui parcourt un déplacement quelconque entre deux points A et B dans un champ de pesanteur uniforme $\vec{g}$.
Le poids exerce sur l'objet une force constante $\vec{P} = m\vec{g}$.
Ainsi, $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P}.\overrightarrow{AB} = \|\vec{P}\| \times \|\overrightarrow{AB}\| \times \cos\alpha$

$\rightarrow W_{AB}(\vec{P}) = m \times g \times AB \times \cos\alpha$



D'après la figure ci-contre, on a $\cos\alpha = \frac{AC}{AB}$ car le triangle ABC est rectangle en C.
Ainsi, $W_{AB}(\vec{P}) = m \times g \times AB \times \frac{AC}{AB} = m \times g \times AC$
Or $AC = z_A - z_B$

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

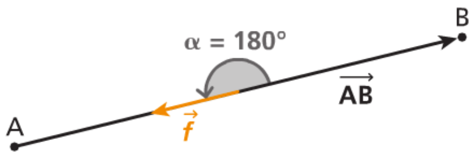
Remarques :

- Si $z_A > z_B$: $z_A - z_B > 0$ alors l'objet descend et $W_{AB}(\vec{P}) > 0$: le poids est moteur
- Si $z_A < z_B$: $z_A - z_B < 0$ alors l'objet monte et $W_{AB}(\vec{P}) < 0$: le poids est résistant
- Si $z_A = z_B$: $z_A - z_B = 0$ alors l'objet reste à la même altitude et $W_{AB}(\vec{P}) = 0$: le poids ne travaille pas.

4- *Étude des forces de frottement*

Parfois négligés dans l'étude du mouvement de certains systèmes mécaniques, les frottements jouent un rôle prépondérant dans d'autres situations.
Un solide en mouvement sur un support ou dans un fluide (gaz ou liquide) subit de la part de celui-ci une action mécanique qui s'oppose au mouvement. Cette action peut être modélisée par une force de frottements.
Une force de frottement a la même direction que le vecteur vitesse, mais de sens contraire. Elle est nommée force de frottement de glissement pour un support solide ou force de frottement fluide pour un fluide. Elle est notée $\vec{f}$.
Sur une trajectoire rectiligne, une force de frottement $\vec{f}$ d'intensité constante a même direction (celle du déplacement) et sens contraire (opposé au déplacement) à chaque instant.

Son travail est $W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f}.\overrightarrow{AB} = f \times AB \times \cos\alpha$



Or $\alpha = 180°$ donc $\cos\alpha = -1$

Le travail d'une force de frottement $\vec{f}$, d'intensité constante, sur un trajet rectiligne de A vers B vaut :

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

Remarques :

- Ce travail est toujours négatif, on a bien une force résistante.
- La force de frottement est une force non conservative : son travail dépend du chemin suivi.

Exemple : Le hockey

On modélise la situation du palet ci-dessous. La force de frottement $\vec{f}$ modélisant l'action mécanique de la glace sur le palet de hockey s'oppose tout le temps au mouvement.

Sur un trajet direct de A à B : $W_{AB}(\vec{f}) = -f \times AB$

Sur un trajet indirect de A à B, avec un rebond du palet en C :

$$W'_{AB}(\vec{f}) = W_{AC}(\vec{f}) + W_{BC}(\vec{f}) = -f \times AC - f \times BC = -f \times (AC + BC)$$

On voit directement que $W_{AB}(\vec{f}) \neq W'_{AB}(\vec{f})$: cela illustre que la force de frottements n'est pas conservative.

5- *Le théorème de l'énergie cinétique*

Dans un référentiel galiléen, la variation d'énergie cinétique d'un point matériel entre un point A et un point B est égale à la somme des travaux des forces appliquées au point matériel sur le trajet AB.

$$\Delta E_C = E_{CB} - E_{CA} = \Sigma W_{AB}(\vec{F})$$

Applications : n°34 p297, n°52 p 300

Applications en autonomie : n°23 p294 (corrigé détaillé), n°24 p 295 (corrigé détaillé), n°49 p 299

II- L'énergie potentielle de pesanteur

À toute force conservative $\vec{F}$ est associée une énergie potentielle E_p et on a la relation :

$$\Delta E_p = E_P(B) - E_P(A) = -W_{AB}(\vec{F})$$

On dit alors que la force $\vec{F}$ dérive de l'énergie potentielle E_p.

Le poids $\vec{P}$ est une force conservative. On peut donc écrire :

$$\Delta E_{pp} = E_{PP}(B) - E_{PP}(A) = -W_{AB}(\vec{P}) = -mg \times (z_A - z_B) = mg(z_B - z_A)$$
$$\rightarrow E_{PP}(B) - E_{PP}(A) = mgz_B - mgz_A$$

On peut alors écrire que l'énergie potentielle d'un système situé à l'altitude z s'écrit :

$$E_{PP} = m \times g \times z + cste$$

On peut choisir arbitrairement le niveau de référence de l'énergie potentielle de façon à ce que cste = 0.

Applications : n°30 p 319, n°32 p 319, n°40 p 320
Applications en autonomie : n°39 p 320
Résolution de problème : n°61 p 303