

Chapitre P₉ : Travail d'une force constante et énergie - Correction

Dans le chapitre précédent, nous avons étudié l'évolution temporelle de différents systèmes mécaniques en exploitant la seconde loi de Newton. Il est possible de d'aborder tous ces mouvements par une étude énergétique.

I- Transfert d'énergie par travail mécanique

Doc 1. Un homme pousse sa voiture en panne



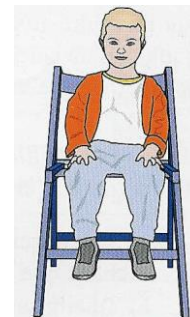
Doc 2. Un parachutiste saute en chute libre



Doc 3. le train d'atterrissage de l'avion n'a pas été sorti...



Doc 4. Un enfant sagement assis sur sa chaise



Compléter le tableau ci-dessous

	Y a-t-il transfert d'énergie ? Si oui, lequel ?	Force responsable de ce transfert d'énergie
Doc 1	La voiture acquiert de l'énergie cinétique L'automobiliste perd de l'énergie biochimique	La force exercée par l'automobiliste qui pousse sa voiture
Doc 2	Le parachutiste acquiert de l'énergie cinétique et perd de l'énergie potentielle de pesanteur	Le poids
Doc 3	L'avion perd de l'énergie cinétique sous forme d'énergie thermique	Les forces de frottements.
Doc 4	Pas de transfert d'énergie	Aucune force dont le point d'application se déplace !

CONCLUSION

Un objet soumis à une force dont le point d'application se déplace, peut :

- être mis en mouvement ou subir une modification de la valeur de sa vitesse : variation d'énergie cinétique
- modifier son altitude : variation d'énergie potentielle
- voir sa température s'élever : transfert thermique

Pour évaluer l'effet d'une force sur un objet, le physicien dispose d'une grandeur appelée « travail ».

Dans le langage courant, le travail est synonyme d'effort et de fatigue.

En physique, le travail mécanique d'une force est l'énergie fournie au système qui la subit lorsqu'il se déplace.

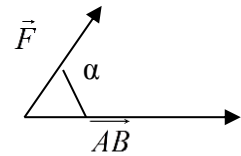
Seule une force dont le point d'application se déplace peut fournir un travail.

II- Qu'est-ce que le travail d'une force ?

Une force constante conserve : **même direction, même sens, même valeur**

Le travail $W(\vec{F})$ d'une force constante \vec{F} , lors d'un déplacement de son point d'application de A vers B est égal au produit scalaire de la force \vec{F} par le vecteur déplacement \vec{AB}

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



Compléter le tableau

	Bilan de forces exercées sur le système en mouvement	Effet de la force sur le déplacement	Signe du travail	Travail moteur ? résistant ? nul ?
Un voyageur pousse son chariot sur le sol lisse de l'aéroport 	Le poids	pas d'effet sur le mouvement	$W = 0$ car P perpendiculaire au déplacement	Travail nul
	La réaction normale du support	Pas d'effet sur le mouvement	$W = 0$	Travail nul
	La force exercée par le voyageur	La force favorise le déplacement	$W > 0$ car F dans le sens de AB	Travail moteur Si angle entre 0 et 90°
	Le poids	pas d'effet sur le mouvement	$W = 0$	Travail nul
	La réaction normale du support	Pas d'effet sur le mouvement	$W = 0$	Travail nul
	Les frottements	Les frottements s'opposent au déplacement	$W < 0$	Travail résistant Si angle entre 90 et 180°

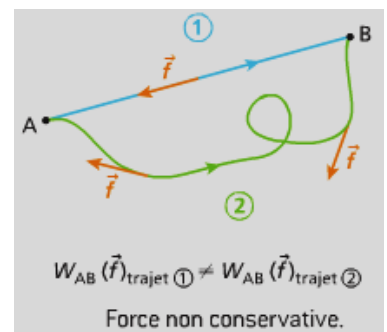
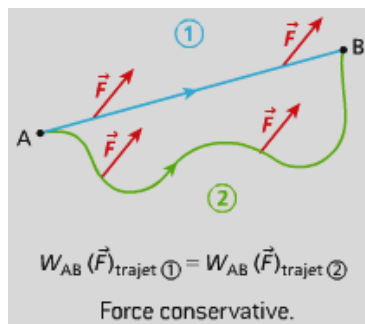
CONCLUSION

Le travail $W_{AB}(\vec{F})$ est une grandeur algébrique.

- Si l'angle $\alpha = (\vec{F}, \vec{AB})$ est aigu alors $\cos \alpha > 0$ et $W_{AB}(\vec{F}) > 0$. Le travail est **moteur**
- Si l'angle $\alpha = (\vec{F}, \vec{AB})$ est obtus alors $\cos \alpha < 0$ et $W_{AB}(\vec{F}) < 0$. Le travail est **résistant**
- Si l'angle $\alpha = (\vec{F}, \vec{AB})$ est droit ($\alpha = 90^\circ$) alors $\cos \alpha = 0$ et $W_{AB}(\vec{F}) = 0$ J. Le travail est **nul**

Remarques :

- ♦ Si le travail d'une force constante lors du déplacement de son point d'application entre A et B ne dépend pas du chemin suivi entre A et B, on parle de force **conservative**
- ♦ Une force de frottement n'est pas une force conservative. Le travail de cette force f, sur un déplacement allant de A vers emprunté.

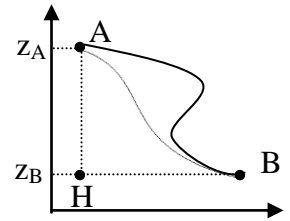


B, dépend du chemin

III- Travail du poids et énergie potentielle associée.

1/ Travail du poids

Lorsqu'un corps de masse m se déplace entre deux points A et B , d'altitudes respectives z_A et z_B , le point d'application du poids se déplaçant il apparaît un travail :



$$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AB} = \vec{P} \cdot (\vec{AH} + \vec{HB}) = \vec{P} \cdot \vec{AH} + \vec{P} \cdot \vec{HB}$$

or $\vec{P} \cdot \vec{HB} = 0$ car les 2 vecteurs sont perpendiculaires donc $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AH} = P \cdot AH \cdot \cos 0$

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

On vérifie ici que le travail d'une force lors du déplacement de son point d'application ne dépend pas du chemin suivi. Le poids est une force conservative.

Remarques

- ♦ Si $z_A > z_B$, l'objet descend et $W_{AB}(\vec{P}) > 0$: le travail du poids est moteur
- ♦ Si $z_A < z_B$, l'objet monte et $W_{AB}(\vec{P}) < 0$: le travail du poids est résistant
- ♦ Si $z_A = z_B$, l'objet reste à la même altitude et $W_{AB}(\vec{P}) = 0$: le travail du poids est nul

2/ Energie potentielle de pesanteur

Rappel de 1^{ère} S :

L'énergie potentielle de pesanteur d'un solide est l'énergie que lui confère sa position par rapport à la Terre. Elle résulte de l'interaction gravitationnelle entre le solide et la Terre.

L'énergie potentielle de pesanteur d'un objet situé à l'altitude z est :

$$E_{pp} = mgz$$

Avec l'origine des énergies potentielles à $z = 0$

Ainsi au cours d'un déplacement de l'altitude z_A à l'altitude z_B , la variation d'énergie potentielle s'écrit :

$$\Delta E_{pp} = E_{ppB} - E_{ppA} = mg(z_B - z_A) = -W$$

La variation d'énergie potentielle de pesanteur entre deux points A et B est égale à l'opposé du travail du poids sur ce déplacement AB.

Remarque

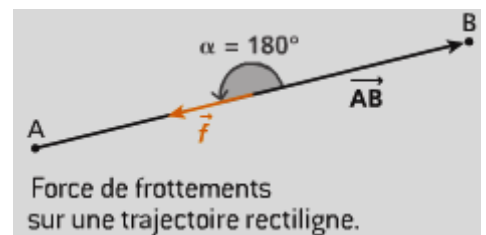
De manière générale, l'énergie potentielle associée à une force **conservative** subie par un système est définie par sa variation lors du déplacement du système entre deux points A et B tel que :

$$\Delta E_p = E_{pB} - E_{pA} = -W$$

III- Travail d'une force non conservative : les frottements

Une force de frottement n'est pas une force conservative.

Sur une trajectoire rectiligne, une force de frottements d'intensité constante a même direction et même sens à chaque instant :



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

Ce travail est négatif ce qui traduit une perte d'énergie vers l'extérieur (chaleur)

IV- L'énergie mécanique

Rappeler l'expression de l'énergie cinétique d'un système :

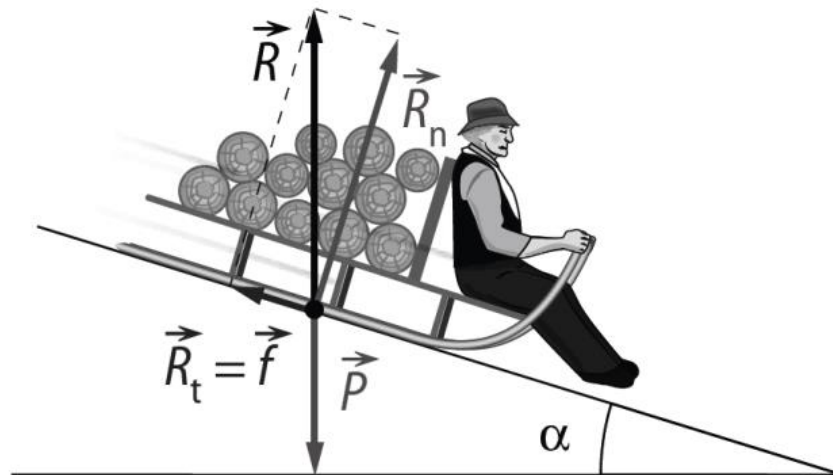
Rappeler l'expression de l'énergie mécanique d'un système :

Exemple 1 : Exercice 13 page 192 « le schlittage »

1. a. Le mouvement étant rectiligne uniforme, on a :

$$\vec{R} = -\vec{P}.$$

1. b et 2. a.



2. b. C'est la composante normale \vec{R}_n .
 \vec{R}_t est la force de frottement \vec{f} due au support.

3. a. $W_\ell(\vec{R}) = R \cdot \ell \cdot \cos(90^\circ - \alpha).$

b. $W_\ell(\vec{R}_n) = R_n \cdot \ell \cdot \cos(90^\circ) = 0.$

c. $W_\ell(\vec{f}) = f \cdot \ell \cdot \cos(180^\circ) = -f \cdot \ell.$

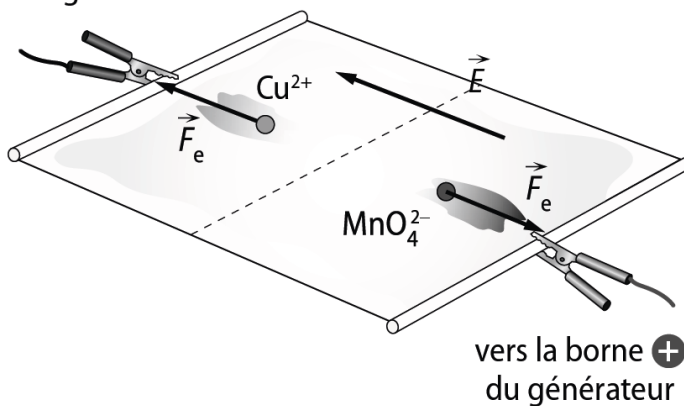
4. a. $W_\ell(\vec{R}) = W_\ell(\vec{R}_n) + W_\ell(\vec{f}) = W_\ell(\vec{f}).$

Le travail de la réaction du support se réduit au travail de la force de frottement.

b. En l'absence de frottement, la réaction d'un support ne travaille pas.

Exemple 2 : Exercice 17 page 193

1. vers la borne \ominus
du générateur



vers la borne \oplus
du générateur

2. a. E s'exprime en $V \cdot m^{-1}$, U_{AB} en V et $d = AB$ en m.
On en déduit $E = U_{AB}/AB$. D'où $E = 2,0 \times 10^2 V \cdot m^{-1}$.

b. Pour chaque ion, le vecteur déplacement (\vec{CA} ou \vec{CB})
et le vecteur force électrique \vec{F}_e sont colinéaires et de
même sens. De plus, $CA = CB = AB/2$, donc le travail de
la force électrique s'écrit :

$$W_{CA}(\vec{F}_e) = W_{CB}(\vec{F}_e) = |q| \cdot E \cdot CB \cdot \cos \alpha = |q| \cdot E \cdot AB/2.$$

c. Avec $|q| = 2 e$, $W_{CA}(\vec{F}_e) = W_{CB}(\vec{F}_e) = 3,2 \times 10^{-18} J$.

d. Le travail fourni est moteur dans les deux cas. Il favorise le mouvement.

3. Il s'agit d'un travail moteur dont la valeur vaut :

$$W_{CB}(\vec{F}_e) = e \cdot E \cdot AB/2 = 1,6 \times 10^{-18} J.$$

Lors du déplacement d'une particule chargée, le travail de la force électrique exercée dépend de la charge électrique de la particule.