

Chapitre 7 : Travail d'une force et énergie mécanique

I. ACTIVITE INTRODUCTIVE :

Etude documentaire : travail d'une force p 184

II. TRAVAIL D'UNE FORCE CONSTANTE :

1) FORCE ET TRAVAIL D'UNE FORCE :

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, lors d'un déplacement, d'une action mécanique modélisée par une force, les physiciens ont créé une grandeur appelée **le travail**. Le travail d'une force se traduit par un transfert d'énergie entre deux systèmes. Il s'exprime en joule (J) et est noté W (abréviation de Work).

Cela peut modifier :

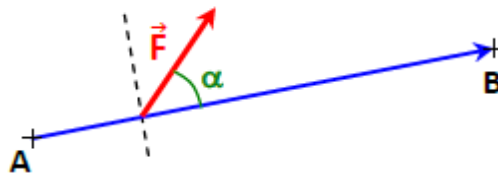
- la vitesse
- la direction
- l'altitude
- la température
- la forme du système qui le reçoit

2) TRAVAIL D'UNE FORCE CONSTANTE :

Le travail, noté $W_{AB}(\vec{F})$, d'une force \vec{F} constante, lors du déplacement rectiligne de son point d'application de A vers B, est le produit scalaire des vecteurs \vec{F} et \overline{AB} :

$$W_{AB}(\vec{F}) = \overline{AB} \cdot \vec{F}$$

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



Remarque 1 :

Une force constante est une force qui conserve même direction, même sens et même intensité au cours de son déplacement (le vecteur qui la représente reste constant aussi).

Remarque 2 :

Suivant les valeurs de α on observera différent cas.

- Si $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$:

Alors le travail est positif ($W_{AB}(\vec{F}) > 0$) : il est dit moteur et la force favorise le déplacement.

- Si $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$:

Alors le travail est négatif ($W_{AB}(\vec{F}) < 0$) : il est dit résistant et la force s'oppose au déplacement.

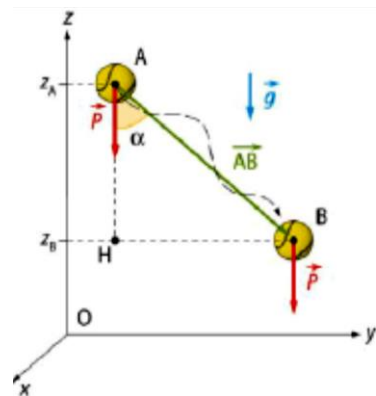
- Si $\alpha = 90^\circ$:

Alors le travail est nul ($W_{AB}(\vec{F}) = 0$) et la force, orthogonale au déplacement, ne travaille pas, donc elle n'a pas d'effet sur le déplacement.

Exercice 6 p 198**3) TRAVAIL DU POIDS :**

Une force est dite conservative si son travail ne dépend pas du chemin suivi par son point d'application, mais uniquement des positions de départ et d'arrivée.

Le travail de la force de pesanteur (poids) exercée sur un corps de masse m se déplaçant de A vers B dans un champ de pesanteur uniforme \vec{g} a pour expression :



On a par définition $W_{AB}(\vec{P}) = P \times AB \times \cos \alpha$

Or $\cos \alpha = (Z_A - Z_B)/AB$

D'où :

d'où : $W_{AB}(\vec{P}) = P \times (Z_A - Z_B)$

$$W_{AB}(\vec{P}) = m \times g \times (Z_A - Z_B)$$

avec $W_{AB}(\vec{P})$ en joule (J), g en $m \cdot s^{-2}$, m en kg et $(Z_A - Z_B)$ en m

Remarque :

Le travail du poids ne dépend que du point de départ et du point d'arrivée. Le poids est une force conservative.

Exercice 7 - 8 - 9 p 198 - 199**4) TRAVAIL D'UNE FORCE ELECTROSTATIQUE :**

Lors du déplacement de A à B d'une particule dans un champ électrostatique uniforme E, le travail $W_{AB}(F_e)$ de la force électrique F_e exercée a pour expression :

$$W_{AB}(\vec{F}_e) = \overline{AB} \cdot \vec{F}_e$$

On se rappelle que :

$$F_e = |q| \times E$$

$$W_{AB}(\vec{F}_e) = q \times E \times AB \times \cos \alpha$$

Or :

$$E = \frac{U_{AB}}{l}$$

Et :

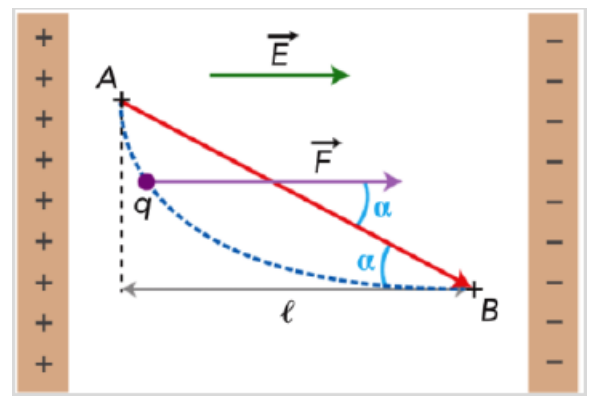
$$l = AB \times \cos \alpha$$

D'où :

$$W_{AB}(\vec{F}_e) = |q| \times U_{AB}$$

Remarque :

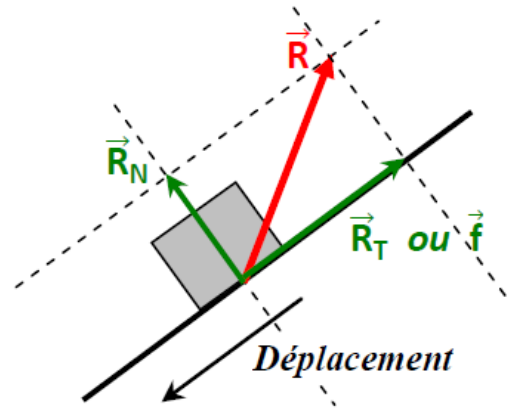
Le travail de la force électrique ne dépend que du point de départ et du point d'arrivée. La force électrique est une force conservative.

Exercice 10 p 199

5) QU'EN EST IL DES FORCES NON CONSERVATRICES ?

Une force est dite non conservative si son travail dépend du chemin suivi par son point d'application. Pour un objet en déplacement rectiligne de A vers B, sur un support plan, ce dernier exerce deux forces :

- une réaction normale perpendiculaire au support R_N
- une réaction tangentielle R_T appelée «force de frottements», notée f , de sens opposé au vecteur-vitesse.



Lors d'un déplacement rectiligne de A à B, le travail d'une force de frottement d'intensité constante f , a pour expression :

$$W_{AB}(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \vec{AB}$$

$$W_{AB}(\vec{R}) = (\vec{f} + \vec{R}_N) \cdot \vec{AB}$$

$$W_{AB}(\vec{R}) = \vec{f} \cdot \vec{AB}$$

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

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

Remarque :

Le travail de la force de frottement dépend du chemin suivi. La force de frottement est une force non conservative.

III. LES TRANSFERTS ENERGETIQUES :

L'énergie est une grandeur qui caractérise la capacité à fournir du travail, à donner du mouvement, à modifier la température ou à transformer la matière...

Elle est produite à partir de différentes sources que l'on trouve dans la nature : le bois, le charbon, le pétrole, le gaz, le vent, le rayonnement solaire...

Elle peut prendre différentes formes : thermique, mécanique, électrique, nucléaire, chimique...

Ses formes multiples peuvent se transformer l'une en l'autre, par exemple, de chaleur en énergie mécanique, dans un moteur de voiture, ou en énergie électrique, dans une centrale électrique au charbon ou au gaz.

1. ÉNERGIE CINÉTIQUE :

L'énergie cinétique d'un solide caractérise son état de mouvement.

L'énergie cinétique E_c d'un solide de masse m dont le centre d'inertie G est animé d'un mouvement de translation à la vitesse v s'écrit :

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

2. FORCES CONSERVATRICES ET ENERGIES POTENTIELLES :

L'énergie potentielle d'un système est l'énergie qu'il possède du fait de sa position ou de sa forme.

Une énergie potentielle est associée à chaque force conservative.

La variation d'énergie potentielle d'un système se déplaçant d'un point A vers un point B est égale à l'opposé du travail effectué par la force conservative associée :

$$\Delta E_p = E_p(B) - E_p(A) = -W_{AB}(\vec{F}) \text{ avec } E_p \text{ et } W \text{ en joule (J).}$$

Remarque :

Une énergie potentielle étant définie par ses variations, elle est toujours connue à une constante arbitraire près. Une énergie potentielle ne dépend que des positions initiale et finale.

- Énergie potentielle de pesanteur :

L'énergie potentielle de pesanteur E_{PP} d'un solide de masse m dont le centre d'inertie G est situé à une altitude z G a pour expression :

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

- Energie potentielle électrostatique :

L'énergie potentielle électrostatique E_{PE} d'une particule de charge q est liée au potentiel électrostatique V_A qui règne au point A :

$$E_{PE} = q \times V_A$$

Remarque : il existe d'autres types d'énergie potentielle :

Energie potentielle élastique dans le cas d'un système soumis à l'action d'un ressort ; énergie potentielle chimique.

3. CONSERVATION DE L'ENERGIE MECANIQUE :

Par définition, l'énergie mécanique d'un système est la somme de l'énergie cinétique et de toutes ses énergies potentielles :

$$E_m = E_P + E_C$$

Lorsqu'un système est soumis à des forces conservatrices et/ou à des forces non conservatrices dont le travail est nul, il y a conservation de l'énergie mécanique : elle est constante dans le temps :

$$E_m = \text{cste} \quad \text{donc} \quad \Delta E_m = 0$$

On assiste alors à un transfert d'énergie entre l'énergie cinétique et les énergies potentielles.

Exercice 13 p 199

4. NON CONSERVATION DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE :

Lorsqu'un système est soumis à des forces non conservatrices, il n'y a pas conservation de l'énergie mécanique et sa variation au cours du temps est égale au travail de la résultante des forces non conservatives appliquées au système :

$$E_m \neq \text{cste} \text{ donc } \Delta E_m = W_{AB}(f)$$

Avec f la résultante des forces non conservatrice. On assiste alors à un transfert d'énergie partiel entre l'énergie cinétique et les énergies potentielles.

Remarque :

Le plus souvent, ces forces non conservatrices sont des forces de frottement. Dans ce cas l'énergie mécanique perdue est soit transférée au système sous forme de chaleur, soit transférée à un autre système.

Exercice 15 p 200 et 21 p 201

IV. APPLICATIONS AUX OSCILLATEURS :

1. PRÉSENTATION :

Un oscillateur mécanique est un système dont le centre d'inertie possède un mouvement périodique autour d'une position d'équilibre stable. Abandonné à lui-même, le système possède des oscillations libres caractérisées par leur durée appelée période propre T_0 , c'est-à-dire la durée d'un aller-retour. Pour un pendule simple, si l'amplitude des oscillations est suffisamment faible ($\theta < 20^\circ$) on considère que la période propre est indépendante de l'amplitude et vaut :

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

2. ÉTUDE ÉNERGETIQUE :

Cas d'oscillations non amorties :

Si les frottements sont négligeables, on observe un régime périodique de période T_0 . Le système ne subit aucune force non conservative, son énergie mécanique reste constante au cours du temps (sa valeur ne dépend que des conditions initiales : vitesse, amplitude). L'oscillateur est non amorti.

Cas d'oscillations amorties :

Si les frottements ne sont pas négligeables, on observe un régime pseudopériodique de pseudo-période

$$T \geq T_0.$$

Les oscillations sont amorties : leur amplitude diminue.

Le système subit une force non conservative (les frottements), son énergie mécanique varie constante au cours du temps (sa valeur dépend des conditions initiales : vitesse, amplitude). Il y a alors diminution de l'énergie mécanique du système. Elle est dissipée sous forme d'énergie thermique au milieu extérieur, dont la température s'élève.

Remarque :

Plus les frottements sont importants, plus l'amortissement est important et plus la pseudo-période s'allonge. Si les frottements sont très importants, on peut observer un régime apériodique, c'est-à-dire sans oscillation. La variation d'énergie mécanique est égale au travail des forces non conservatives.

V. LE TEMPS ET SA MESURE :

Activité 5 p 188

1. MESURE AVEC UN SYSTEME OSCILLANT :

Les systèmes mécaniques oscillants (horloges, montres...) ont permis à l'Homme de mesurer le temps en se substituant aux repères périodiques naturels (jours, saisons). Alors que les systèmes mécaniques oscillants subissent des phénomènes dissipatifs, le quartz vibre toujours quasi rigoureusement à la même fréquence lorsqu'il est traversé par un courant.

2. LA MESURE DU TEMPS AUJOURD'HUI :

L'horloge atomique de référence est celle au césium 133. La fréquence étalon est la fréquence stable du rayonnement qui accompagne la transition entre deux niveaux d'énergie, parfaitement connue, de l'atome de césium. La seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux de l'état fondamentale de l'atome de césium 133. Le temps atomique international (TAI) est établi en effectuant la moyenne des informations provenant de plusieurs centaines d'horloges atomiques réparties en différents endroits du globe.

Exercices en autonomie : 1 à 4 p 195 à 197

Exercices 22 - 23 - 24 - 26 - 27 -28 - 29 - 30 - 31

Faire le point avec l'exercice type bac et la fiche BAC p207 - 208