

CHAPITRE 11 : OSCILLATEURS ET MESURE DU TEMPS

Pierre-André LABOLLE

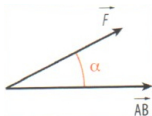
Lycée International des Pontonniers

Janvier 2015

I. Travail d'une force

1. Définition du travail d'une force constante

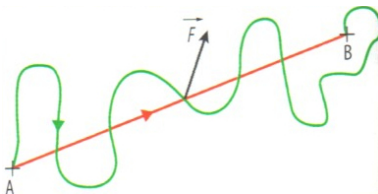
- Le mouvement, la vitesse et l'énergie d'un point matériel de masse m sur lequel s'exerce une force sont susceptibles d'être modifiés sous l'effet de cette force.
- L'énergie transférée au système de par l'application d'une force est appelée **travail de la force** et s'exprime en joules. Le transfert peut avoir lieu dans les deux sens : augmentation ou diminution de l'énergie du système.
- Le travail $W_{AB}(\vec{F})$ d'une force constante \vec{F} (norme, direction et sens constants) exercée sur un point matériel se déplaçant du point A au point B est donné par la relation suivante : $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F \times AB \times \cos \alpha$
- $W_{AB}(\vec{F})$ s'exprime en joules J, F en newtons N et AB en mètres m.



I. Travail d'une force

1. Définition du travail d'une force constante

- Le travail d'une force constante ne dépend donc pas du trajet suivi pendant le déplacement du point matériel : il dépend uniquement du point de départ A et du point d'arrivée B .
- On appelle une telle force **force conservative**.
- Le travail $W_{AB}(\vec{F})$ d'une force est une grandeur algébrique : si $W_{AB}(\vec{F}) > 0$, alors la force favorise le déplacement et le travail est dit **travail moteur**; si $W_{AB}(\vec{F}) < 0$, alors la force s'oppose au déplacement et le travail est dit **travail résistant**.



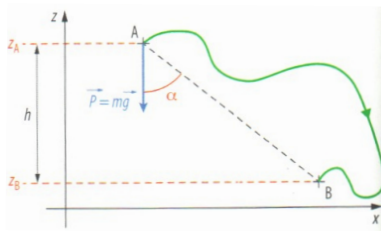
I. Travail d'une force

2. Travail du poids

- Dans le champ de pesanteur uniforme \vec{g} , le poids exercé sur un système de masse m est une force constante : $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$.
- Le travail du poids d'un système se déplaçant du point A au point B s'exprime alors de la façon suivante : $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \overrightarrow{AB} = m \cdot g \cdot AB \cdot \cos \alpha$

I. Travail d'une force

2. Travail du poids



- Or $AB \cdot \cos \alpha = h = z_A - z_B$ d'après la trigonométrie.
- Ainsi, $W_{AB}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B)$ où z_A est l'altitude du point de départ et z_B celle du point d'arrivée.

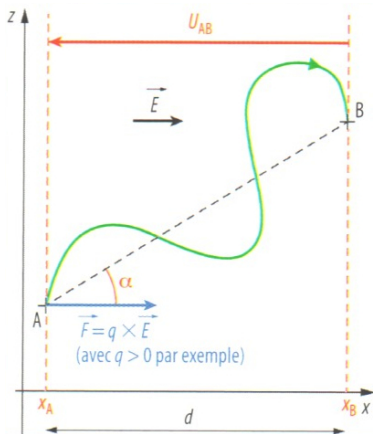
I. Travail d'une force

3. Travail d'une force électrique constante

- Dans un champ électrostatique uniforme \vec{E} , la force exercée sur un corps de charge électrique q est une force constante : $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$.
- Le travail de la force électrique s'exerçant sur le système se déplaçant du point A au point B s'exprime alors de la façon suivante :
$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = q \cdot E \cdot AB \cdot \cos \alpha$$

I. Travail d'une force

3. Travail d'une force électrique constante



I. Travail d'une force

3. Travail d'une force électrique constante

- Or $AB \cdot \cos \alpha = d$ et $E \cdot d = U_{AB} = V_A - V_B$
- Ainsi, $W_{AB}(\vec{F}) = q \cdot U_{AB} = q \cdot (V_A - V_B)$
- q est la charge électrique en coulombs C, U_{AB} la tension électrique en volts V et V_A et V_B les potentiels électriques des points A et B en volts V.

I. Travail d'une force

4. Travail d'une force de frottement d'intensité constante

- Contrairement au travail du poids ou de la force électrique, le travail d'une force de frottement d'intensité constante dépend du chemin suivi.
- En effet, la direction et le sens d'une force de frottement dépendent du déplacement du système sur lequel elle s'applique.
- Une telle force n'est pas constante, son travail dépend du chemin suivi et on parle d'une **force non conservative**.
- La plupart du temps, il n'est pas simple d'évaluer le travail d'une force de frottement.

I. Travail d'une force

4. Travail d'une force de frottement d'intensité constante

- Toutefois, si la trajectoire est rectiligne du point A au point B , la force de frottement d'intensité constante garde en permanence la même direction et le même sens. Cette force devient alors une force constante.
- Le travail d'une force de frottement constante dans le cas d'une trajectoire rectiligne est alors donné par : $W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \overrightarrow{AB} = -f \cdot AB$ puisque \vec{f} et \overrightarrow{AB} ont même direction mais sont de sens opposés.

II. Énergie mécanique d'un point matériel

1. Énergie cinétique

- L'énergie cinétique E_C d'un point matériel ou d'un système de masse m en translation est l'énergie que possède ce système du fait de sa vitesse v .

- L'énergie cinétique se calcule par la relation : $E_C = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

II. Énergie mécanique d'un point matériel

2. Énergies potentielles

- L'énergie potentielle E_P d'un point matériel est la forme d'énergie que possède un système du fait de sa position lorsqu'il est soumis à une force conservative (poids ou force électrique par exemple).
- Un point matériel soumis à son poids à une altitude z possède une énergie potentielle de pesanteur telle que $E_{PP} = m \cdot g \cdot z$

II. Énergie mécanique d'un point matériel

2. Énergies potentielles

- Un point matériel soumis à une force électrique constante à une position X possède une énergie potentielle électrostatique telle que $E_{PE} = q \cdot V_X$
- Remarque : l'origine d'altitude ou de potentiel électrique peut être choisie de façon arbitraire sans changer les résultats physiques
- **La variation d'énergie potentielle d'un point matériel lorsqu'il se déplace de A à B est l'opposé du travail fourni par la force conservative à laquelle ce point est soumis au cours de son déplacement.**

II. Énergie mécanique d'un point matériel

3. Énergie mécanique

- L'énergie mécanique d'un point matériel est égale à la somme de son énergie cinétique et de ses énergies potentielles.

- $$E_M = E_C + \sum_i E_{Pi}$$

III. Transferts énergétiques

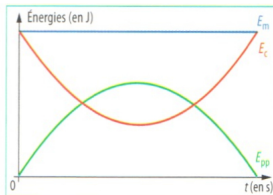
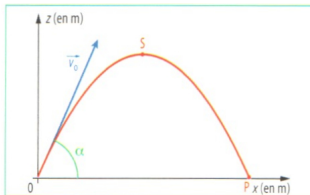
1. Règles générales

- Au cours de son mouvement, l'énergie potentielle d'un point matériel se transforme en énergie cinétique et réciproquement selon les phases du mouvement.
- Si un point matériel n'est soumis qu'à des forces conservatives, son énergie mécanique est constante au cours du temps : il y a conservation de l'énergie mécanique.
- Si le point matériel est soumis à au moins une force non conservative, son énergie mécanique diminue au cours du temps : il y a dissipation de l'énergie mécanique.

III. Transferts énergétiques

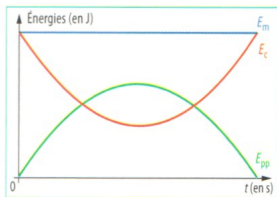
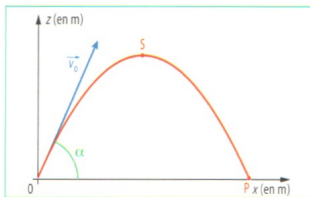
2. Exemple de la chute libre parabolique

- Dans cet exemple, le système n'est soumis qu'à son poids qui est une force conservative.
- Au cours de la phase ascendante, l'énergie cinétique de départ se transforme en énergie potentielle de pesanteur.
- Au cours de la phase descendante, l'énergie potentielle de pesanteur se transforme en énergie cinétique.
- À chaque instant, l'énergie mécanique du système conserve la même valeur constante.



III. Transferts énergétiques

2. Exemple de la chute libre parabolique



III. Transferts énergétiques

3. Exemple des oscillations d'un pendule

- Définition : on appelle **pendule simple** un système mécanique constitué d'un fil inextensible de longueur ℓ , de masse négligeable à l'extrémité duquel est attachée un point matériel de masse m .
- Définition : l'**abscisse angulaire** du pendule est l'angle que fait le fil avec la position verticale (position d'équilibre du pendule).
- Observations expérimentales : la période des oscillations du pendule ne dépend pas de la masse m ni de l'amplitude des oscillations pour de faibles amplitudes (on parle pour ce dernier point d'**isochronisme des petites oscillations**).

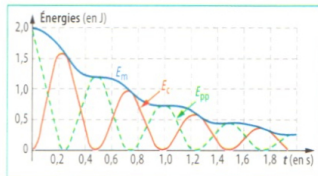
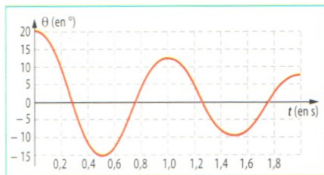
III. Transferts énergétiques

3. Exemple des oscillations d'un pendule

- Dans cet exemple, le système est soumis à son poids qui est une force conservative et à la tension du fil du pendule qui ne fournit aucun travail.
- Le pendule est aussi soumis aux forces de frottement qui ne sont pas des forces conservatives : de l'énergie est dissipée sous forme de chaleur.
- Au cours de la phase descendante, l'énergie potentielle de pesanteur de départ se transforme en énergie cinétique.
- Au cours de la phase ascendante, l'énergie cinétique acquise se transforme en énergie potentielle de pesanteur.
- Après une demie oscillation, ce processus se répète.
- À chaque instant, l'énergie mécanique du système diminue en raison des frottements jusqu'à être nulle lorsque le pendule s'arrête.

III. Transferts énergétiques

3. Exemple des oscillations d'un pendule



IV. Le temps atomique

- Voir activité du livre PP224-225

EXERCICES

EXERCICES PP234-235 n°3, 4, 5, 6, P238 n°16 et 20, P242 n°32