

# CHAPITRE 11 : OSCILLATEURS ET MESURE DU TEMPS

Pierre-André LABOLLE

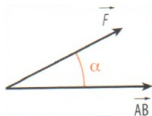
Lycée International des Pontonniers

Janvier 2017

# I. Travail d'une force

## 1. Définition du travail d'une force constante

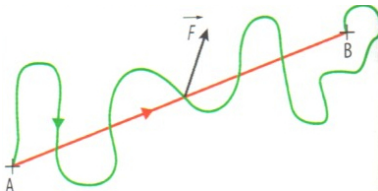
- Le mouvement, la vitesse et l'énergie d'un point matériel de masse  $m$  sur lequel s'exerce une force sont susceptibles d'être modifiés sous l'effet de cette force.
- L'énergie transférée au système de par l'application d'une force est appelée **travail de la force** et s'exprime en joules. Le transfert 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 :  $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \times AB \times \cos \alpha$
- $W_{AB}(\vec{F})$  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**.



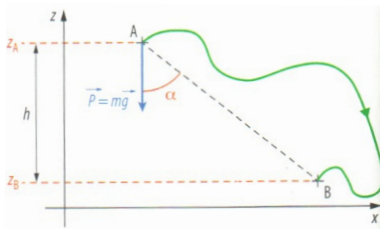
## I. Travail d'une force

### 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 :  $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AB} = m \cdot g \cdot AB \cdot \cos \alpha$

# 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.

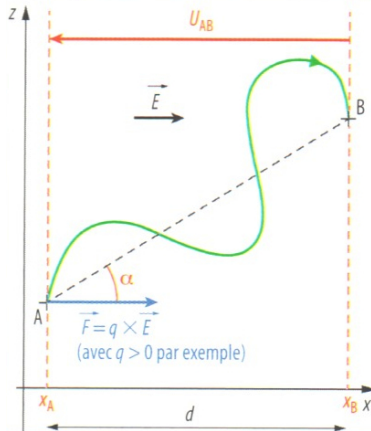
## I. Travail d'une force

### 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 :  
$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = |q| \cdot E \cdot AB \cdot \cos \alpha$$

# 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

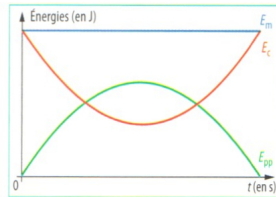
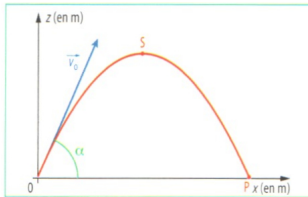
#### 1. Règles générales

- 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

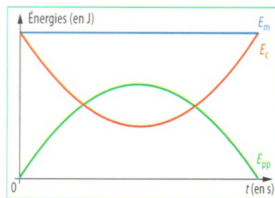
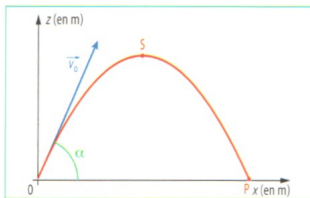
- Dans cet exemple, le système n'est soumis qu'à son poids qui est une force conservative.
- Au cours de la phase ascendante, l'énergie cinétique de départ se transforme en énergie potentielle de pesanteur.
- Au cours de la phase descendante, l'énergie potentielle de pesanteur se transforme en énergie 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  $\ell$ , 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**).

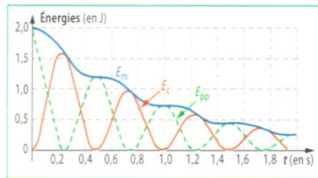
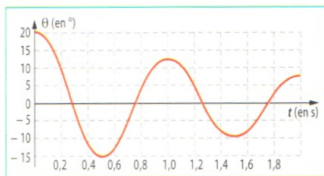
### III. Transferts énergétiques

#### 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