

# Cours de Physique : Énergétique

A. Arciniegas  
N. Wilkie-Chancellier

IUT Cergy-Pontoise, Dep GEII, site de Neuville



CERGY PARIS  
UNIVERSITÉ



IUT  
CERGY-PONTOISE



- 1 Puissance et travail d'une force
- 2 Théorème de l'énergie cinétique
- 3 Énergie mécanique
- 4 Conclusion

La **puissance** caractérise le débit d'énergie fourni à chaque instant.

La **puissance** caractérise le débit d'énergie fourni à chaque instant.

## Puissance mécanique

On appelle **puissance instantanée** de la force  $\vec{F}$  dont le point d'application se déplace avec une vitesse instantanée  $\vec{v}$ , la grandeur scalaire :

$$P(t) = \vec{F} \cdot \vec{v} \quad (1)$$

La **puissance** caractérise le débit d'énergie fourni à chaque instant.

## Puissance mécanique

On appelle **puissance instantanée** de la force  $\vec{F}$  dont le point d'application se déplace avec une vitesse instantanée  $\vec{v}$ , la grandeur scalaire :

$$P(t) = \vec{F} \cdot \vec{v} \quad (1)$$

On définit également la **puissance moyenne sur une durée**  $T$  comme la valeur moyenne pendant la durée  $T$  de la puissance instantanée :

$$\bar{P} = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt \quad (2)$$

La **puissance** caractérise le débit d'énergie fourni à chaque instant.

## Puissance mécanique

On appelle **puissance instantanée** de la force  $\vec{F}$  dont le point d'application se déplace avec une vitesse instantanée  $\vec{v}$ , la grandeur scalaire :

$$P(t) = \vec{F} \cdot \vec{v} \quad (1)$$

On définit également la **puissance moyenne sur une durée**  $T$  comme la valeur moyenne pendant la durée  $T$  de la puissance instantanée :

$$\bar{P} = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt \quad (2)$$

- **Dimensions** :  $(P) = \text{M} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{T}^{-3}$
- **Unité** : watt (W)

# Travail d'une force

L'**énergie** (ou le **travail**) représente ce qu'il faut fournir globalement à un système pour l'amener d'un état (initial) à un autre (final).

# Travail d'une force

L'**énergie** (ou le **travail**) représente ce qu'il faut fournir globalement à un système pour l'amener d'un état (initial) à un autre (final).

## Travail d'une force

En un point quelconque du chemin parcouru, le travail élémentaire de la force pour un petit déplacement  $d\vec{l}$  a pour expression :  $dW = \vec{F} \cdot d\vec{l}$



# Travail d'une force

L'**énergie** (ou le **travail**) représente ce qu'il faut fournir globalement à un système pour l'amener d'un état (initial) à un autre (final).

## Travail d'une force

En un point quelconque du chemin parcouru, le travail élémentaire de la force pour un petit déplacement  $d\vec{l}$  a pour expression :  $dW = \vec{F} \cdot d\vec{l}$

Le travail de  $\vec{F}$  est la somme des travaux élémentaires le long du chemin parcouru entre A et B :

$$W = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l} \quad (3)$$

# Travail d'une force

L'**énergie** (ou le **travail**) représente ce qu'il faut fournir globalement à un système pour l'amener d'un état (initial) à un autre (final).

## Travail d'une force

En un point quelconque du chemin parcouru, le travail élémentaire de la force pour un petit déplacement  $d\vec{l}$  a pour expression :  $dW = \vec{F} \cdot d\vec{l}$

Le travail de  $\vec{F}$  est la somme des travaux élémentaires le long du chemin parcouru entre A et B :

$$W = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l} \quad (3)$$

Le **travail du système de forces**, de l'instant  $t$  à l'instant  $t + dt$ , est la somme scalaire des travaux élémentaires de chacune des forces pendant l'intervalle de temps  $dt$ .

$$W = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i \cdot d\vec{l}_i \quad (4)$$

# Travail d'une force

L'**énergie** (ou le **travail**) représente ce qu'il faut fournir globalement à un système pour l'amener d'un état (initial) à un autre (final).

## Travail d'une force

En un point quelconque du chemin parcouru, le travail élémentaire de la force pour un petit déplacement  $d\vec{l}$  a pour expression :  $dW = \vec{F} \cdot d\vec{l}$

Le travail de  $\vec{F}$  est la somme des travaux élémentaires le long du chemin parcouru entre A et B :

$$W = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l} \quad (3)$$

Le **travail du système de forces**, de l'instant  $t$  à l'instant  $t + dt$ , est la somme scalaire des travaux élémentaires de chacune des forces pendant l'intervalle de temps  $dt$ .

$$W = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i \cdot d\vec{l}_i \quad (4)$$

• **Dimensions** :  $(W) = M.L^2.T^{-2}$

• **Unité** : joule (J)

# Travail d'une force

L'**énergie** (ou le **travail**) représente ce qu'il faut fournir globalement à un système pour l'amener d'un état (initial) à un autre (final).

## Travail d'une force

En un point quelconque du chemin parcouru, le travail élémentaire de la force pour un petit déplacement  $d\vec{l}$  a pour expression :  $dW = \vec{F} \cdot d\vec{l}$

Le travail de  $\vec{F}$  est la somme des travaux élémentaires le long du chemin parcouru entre A et B :

$$W = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l} \quad (3)$$

Le **travail du système de forces**, de l'instant  $t$  à l'instant  $t + dt$ , est la somme scalaire des travaux élémentaires de chacune des forces pendant l'intervalle de temps  $dt$ .

$$W = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i \cdot d\vec{l}_i \quad (4)$$

• **Dimensions** :  $(W) = M.L^2.T^{-2}$

• **Unité** : joule (J)

**1 Joule** : le travail d'une force de 1 Newton dont le point d'application se déplace de 1 m dans la direction de la force.

**1 Watt** : est la puissance d'une force fournissant un travail de 1 Joule pendant 1 seconde.

## Cas d'une force constante

Lorsqu'une force constante s'applique à un objet sur un trajet d'un point A à un point B, le travail que cette force fournit à l'objet est :

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = F.d.\cos\theta \quad (5)$$

avec  
d : la longueur du segment AB  
 $\theta$  : l'angle entre direction d'application de la force et la direction du mouvement

## Cas d'une force constante

Lorsqu'une force constante s'applique à un objet sur un trajet d'un point A à un point B, le travail que cette force fournit à l'objet est :

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = F.d.\cos\theta \quad (5)$$

avec  
d : la longueur du segment AB  
 $\theta$  : l'angle entre direction d'application de la force et la direction du mouvement

## Exemple : travail de la pesanteur

Calculons le travail de la force de pesanteur lorsqu'un corps matériel se déplace du point A au point B. Le poids étant une force constante, on a :

## Cas d'une force constante

Lorsqu'une force constante s'applique à un objet sur un trajet d'un point A à un point B, le travail que cette force fournit à l'objet est :

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = F \cdot d \cdot \cos\theta \quad (5)$$

avec  
d : la longueur du segment AB  
 $\theta$  : l'angle entre direction d'application de la force et la direction du mouvement

## Exemple : travail de la pesanteur

Calculons le travail de la force de pesanteur lorsqu'un corps matériel se déplace du point A au point B. Le poids étant une force constante, on a :

$$W_{AB} = \vec{P} \cdot \vec{AB} = \pm mgh \quad (6)$$

où h désigne la dénivellation ( $h > 0$ ). Ici  $\theta = 0$ . On mettra :

## Cas d'une force constante

Lorsqu'une force constante s'applique à un objet sur un trajet d'un point A à un point B, le travail que cette force fournit à l'objet est :

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = F \cdot d \cdot \cos\theta \quad (5)$$

avec  
d : la longueur du segment AB  
 $\theta$  : l'angle entre direction d'application de la force et la direction du mouvement

## Exemple : travail de la pesanteur

Calculons le travail de la force de pesanteur lorsqu'un corps matériel se déplace du point A au point B. Le poids étant une force constante, on a :

$$W_{AB} = \vec{P} \cdot \vec{AB} = \pm mgh \quad (6)$$

où h désigne la dénivellation ( $h > 0$ ). Ici  $\theta = 0$ . On mettra :

- le signe + quand l'objet descend (travail moteur)
- le signe - quand l'objet monte (travail résistant)



# Théorème de l'énergie cinétique

L'**énergie cinétique** c'est l'énergie acquise par une masse  $m$  pour atteindre la vitesse  $v$ . Elle correspond à l'énergie accumulée par l'objet lorsqu'il se déplace.

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad (7)$$

# Théorème de l'énergie cinétique

L'**énergie cinétique** c'est l'énergie acquise par une masse  $m$  pour atteindre la vitesse  $v$ . Elle correspond à l'énergie accumulée par l'objet lorsqu'il se déplace.

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad (7)$$

## Théorème de l'énergie cinétique pour un point matériel

La variation de l'énergie cinétique d'un point matériel lorsqu'il parcourt sa trajectoire d'une position A à une position B est égale au travail de la résultante des forces appliquées au point matériel de A à B le long de la trajectoire.

$$\Delta E_c = \sum W_k \quad (8)$$

$$E_{cf} - E_{ci} = \sum W_k \quad (9)$$

# Théorème de l'énergie cinétique

L'**énergie cinétique** c'est l'énergie acquise par une masse  $m$  pour atteindre la vitesse  $v$ . Elle correspond à l'énergie accumulée par l'objet lorsqu'il se déplace.

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad (7)$$

## Théorème de l'énergie cinétique pour un point matériel

La variation de l'énergie cinétique d'un point matériel lorsqu'il parcourt sa trajectoire d'une position A à une position B est égale au travail de la résultante des forces appliquées au point matériel de A à B le long de la trajectoire.

$$\Delta E_c = \sum W_k \quad (8)$$

$$E_{cf} - E_{ci} = \sum W_k \quad (9)$$

**Remarque :** On a dit « travail de la résultante des forces » car ces forces sont toutes appliquées au même point et on se trouve dans le cas où le travail de toutes les forces est égal au travail de la résultante.

# Théorème de l'énergie cinétique

L'**énergie cinétique** c'est l'énergie acquise par une masse  $m$  pour atteindre la vitesse  $v$ . Elle correspond à l'énergie accumulée par l'objet lorsqu'il se déplace.

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad (7)$$

## Théorème de l'énergie cinétique pour un point matériel

La variation de l'énergie cinétique d'un point matériel lorsqu'il parcourt sa trajectoire d'une position A à une position B est égale au travail de la résultante des forces appliquées au point matériel de A à B le long de la trajectoire.

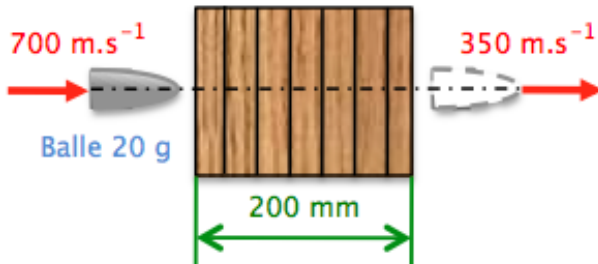
$$\Delta E_c = \sum W_k \quad (8)$$

$$E_{cf} - E_{ci} = \sum W_k \quad (9)$$

**Remarque :** On a dit « travail de la résultante des forces » car ces forces sont toutes appliquées au même point et on se trouve dans le cas où le travail de toutes les forces est égal au travail de la résultante.

Il résulte du théorème que l'énergie cinétique a même dimension qu'un travail.

→ Dans le système SI, l'énergie cinétique s'exprime comme le travail en Joule.



Exercice tiré de IUTenligne

Une balle de 20 g est tirée à travers plusieurs planches de bois empilées sur une épaisseur de 200 mm. La vitesse de la balle est de 700 m/s juste avant d'entrer dans le bois, et de 350 m/s à la sortie.

Déterminer la force de résistance à la pénétration exercée par les planches (on la supposera constante).

## Énergie potentielle

L'**énergie potentielle** c'est l'énergie acquise par une masse  $m$  liée à sa position ou à sa forme.

### Exemples :

- énergie potentielle de pesanteur :  $mgh$ , avec  $h$  la hauteur
- énergie potentielle élastique d'un ressort :  $\frac{1}{2}kx^2$  avec  $k$  la raideur du ressort et  $x$  sa variation de longueur

# Énergie mécanique

## Énergie potentielle

L'**énergie potentielle** c'est l'énergie acquise par une masse  $m$  liée à sa position ou à sa forme.

**Exemples :**

- énergie potentielle de pesanteur :  $mgh$ , avec  $h$  la hauteur
- énergie potentielle élastique d'un ressort :  $\frac{1}{2}kx^2$  avec  $k$  la raideur du ressort et  $x$  sa variation de longueur

## Énergie mécanique

**Système conservatif** : système soumis à des forces ne travaillant pas ou pour lesquelles le travail ne dépend pas de la forme du trajet (*forces conservatives*).

# Énergie mécanique

## Énergie potentielle

L'**énergie potentielle** c'est l'énergie acquise par une masse  $m$  liée à sa position ou à sa forme.

**Exemples :**

- énergie potentielle de pesanteur :  $mgh$ , avec  $h$  la hauteur
- énergie potentielle élastique d'un ressort :  $\frac{1}{2}kx^2$  avec  $k$  la raideur du ressort et  $x$  sa variation de longueur

## Énergie mécanique

**Système conservatif** : système soumis à des forces ne travaillant pas ou pour lesquelles le travail ne dépend pas de la forme du trajet (*forces conservatives*).

Si on appelle **énergie mécanique** la somme de l'énergie potentielle et de l'énergie cinétique, cette énergie mécanique totale est une fonction constante du temps au cours du mouvement considéré. La conservation de l'énergie peut s'écrire :

$$E_{pi} + E_{ci} = E_{pf} + E_{cf} \quad (10)$$



# Énergie mécanique

## Énergie potentielle

L'**énergie potentielle** c'est l'énergie acquise par une masse  $m$  liée à sa position ou à sa forme.

**Exemples :**

- énergie potentielle de pesanteur :  $mgh$ , avec  $h$  la hauteur
- énergie potentielle élastique d'un ressort :  $\frac{1}{2} kx^2$  avec  $k$  la raideur du ressort et  $x$  sa variation de longueur

## Énergie mécanique

**Système conservatif** : système soumis à des forces ne travaillant pas ou pour lesquelles le travail ne dépend pas de la forme du trajet (*forces conservatives*).

Si on appelle **énergie mécanique** la somme de l'énergie potentielle et de l'énergie cinétique, cette énergie mécanique totale est une fonction constante du temps au cours du mouvement considéré. La conservation de l'énergie peut s'écrire :

$$E_{pi} + E_{ci} = E_{pf} + E_{cf} \quad (10)$$

**Système dissipatif** : système dans lequel parmi les forces appliquées il y a des *forces non conservatives* (telles que les frottements) et dont l'énergie mécanique du système diminue. L'énergie mécanique dissipée se retrouve alors sous une autre forme.

# Énergie mécanique

## Énergie potentielle

L'**énergie potentielle** c'est l'énergie acquise par une masse  $m$  liée à sa position ou à sa forme.

**Exemples :**

- énergie potentielle de pesanteur :  $mgh$ , avec  $h$  la hauteur
- énergie potentielle élastique d'un ressort :  $\frac{1}{2}kx^2$  avec  $k$  la raideur du ressort et  $x$  sa variation de longueur

## Énergie mécanique

**Système conservatif** : système soumis à des forces ne travaillant pas ou pour lesquelles le travail ne dépend pas de la forme du trajet (*forces conservatives*).

Si on appelle **énergie mécanique** la somme de l'énergie potentielle et de l'énergie cinétique, cette énergie mécanique totale est une fonction constante du temps au cours du mouvement considéré. La conservation de l'énergie peut s'écrire :

$$E_{pi} + E_{ci} = E_{pf} + E_{cf} \quad (10)$$

**Système dissipatif** : système dans lequel parmi les forces appliquées il y a des *forces non conservatives* (telles que les frottements) et dont l'énergie mécanique du système diminue. L'énergie mécanique dissipée se retrouve alors sous une autre forme.

## Exemple : Chute libre

$$mgh_i + \frac{1}{2}mv_i^2 = mgh_f + \frac{1}{2}mv_f^2 \quad (11)$$

Ce qu'il faut retenir :

- Puissance instantanée :  $P(t) = \vec{F} \cdot \vec{v}$
- Travail d'une force :  $W = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l}$
- Théorème de l'Énergie cinétique pour un point matériel :  $\Delta E_c = \sum W_k$
- Énergie mécanique d'un système conservatif :  $E_{pi} + E_{ci} = E_{pf} + E_{cf}$

Mouvement perpétuel ? <https://www.youtube.com/watch?v=oWUR0b0Mg9Q>