

# Chapitre 15 : L'énergie mécanique

## Extrait Programme 1<sup>ère</sup> STI2D

Travail d'une force	- Écrire et exploiter l'expression du travail d'une force constante.
Énergie cinétique d'un solide en mouvement de translation.	- Écrire et exploiter la relation de définition de l'énergie cinétique d'un solide en translation.
Transfert d'énergie par travail mécanique. Puissance moyenne	- Relier une modification de l'énergie cinétique d'un solide en translation rectiligne à la nature de son mouvement (accélééré ou décélééré).
Énergie potentielle associée à une force conservative. Exemple des énergies potentielles de pesanteur et élastique.	- Associer une variation d'énergie cinétique d'un solide en translation au travail des forces appliquées.
Énergie mécanique. Gain ou dissipation d'énergie mécanique.	- Citer et exploiter la relation entre travail et puissance moyenne.
	- Déterminer la puissance moyenne nécessaire pour modifier la valeur d'une vitesse pendant une durée donnée.
	- Exprimer et évaluer l'énergie mécanique d'un solide en translation.
	- Analyser des variations de vitesse d'un solide en translation en termes d'échanges entre énergie cinétique et énergie potentielle (de pesanteur ou élastique).
	- Analyser le mouvement d'un solide en translation en termes de conservation et de non-conservation de l'énergie mécanique.
	- Estimer la puissance moyenne nécessaire pour maintenir constante la vitesse d'un solide en translation, en présence de frottements.
	- Étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un solide en mouvement de translation rectiligne.

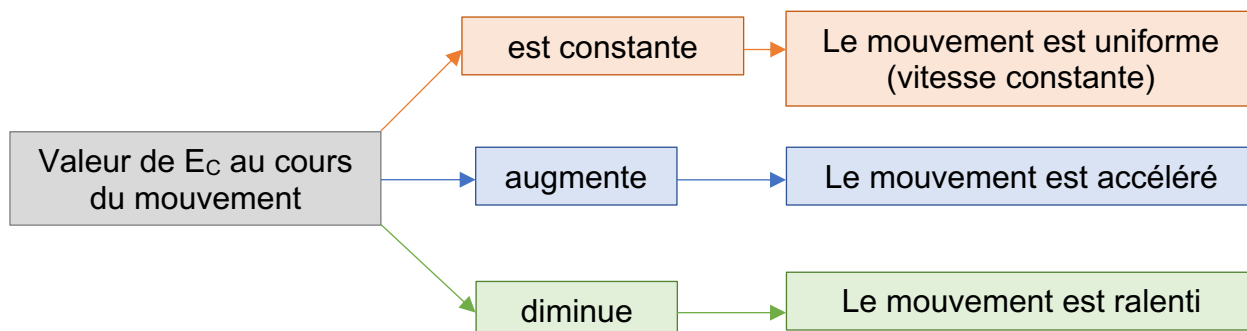
## I- Les différentes formes d'énergie

### 1- L'énergie cinétique

L'énergie cinétique est l'énergie liée à la vitesse d'un objet, lorsqu'il est en translation. Elle se note  $E_c$  et on a :

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

Avec  $E_c$  = énergie cinétique du solide (en J)  $m$  = masse du solide (en kg) et  $v$  = vitesse du solide (en  $m.s^{-1}$ )



## 2- L'énergie potentielle

L'énergie potentielle d'un système est une énergie liée à sa position dans l'espace au cours de son mouvement et à une force exercée sur lui.

### a. L'énergie potentielle de pesanteur

L'énergie potentielle de pesanteur est notée  $E_{PP}$ , elle est liée à la force de gravitation de la Terre, et donc à l'altitude à laquelle se trouve le système. On a la relation :

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

Avec  $E_{PP}$  : énergie potentielle de pesanteur (en J)     $m$  : la masse du solide (en kg)  
 $g$  : l'intensité de pesanteur ( $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$ )     $z$  : l'altitude du solide (en m)

Remarque : l'altitude du solide  $z$  est mesurée sur un axe vertical vers le haut. On choisit que pour  $z = 0$ ,  $E_{PP} = 0 \text{ J}$

### b. L'énergie potentielle élastique

L'énergie potentielle élastique est notée  $E_{PE}$ , elle est liée à la force de rappel d'un ressort, et donc à l'allongement du système. On a la relation :

$$E_{PE} = \frac{1}{2} \times k \times x^2$$

Avec  $E_{PE}$  : énergie potentielle élastique (en J)     $k$  : constante de raideur du ressort (en  $\text{N.m}^{-1}$ )  
 $x$  : l'allongement du ressort (en m)

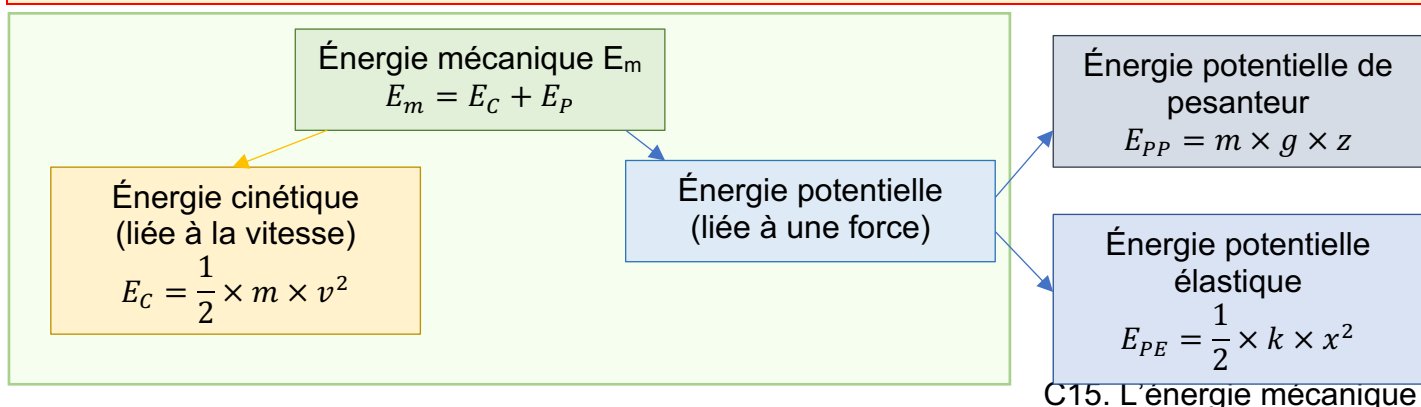
Remarque : L'allongement est compté positivement si le ressort est étiré, et négativement s'il est comprimé. On choisit que pour  $x = 0$ ,  $E_{PE} = 0 \text{ J}$ .

## 3- L'énergie mécanique

L'énergie mécanique d'un système est notée  $E_m$ . C'est la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle. On a la relation :

$$E_m = E_C + E_P$$

Toutes les énergies sont en Joule dans la formule.



## 4- Évolution de l'énergie mécanique au cours d'un mouvement

Voir TP1 : Évolution de l'énergie mécanique

Au cours du mouvement de translation d'un système, des transferts énergétiques ont lieu entre son énergie potentielle et son énergie cinétique. On distingue deux cas :

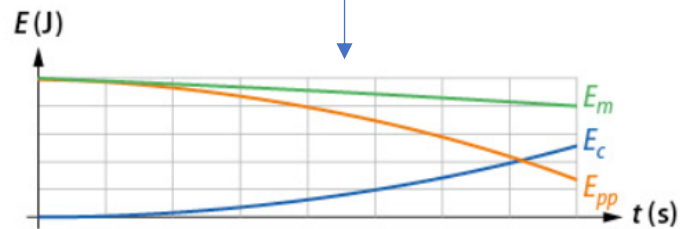
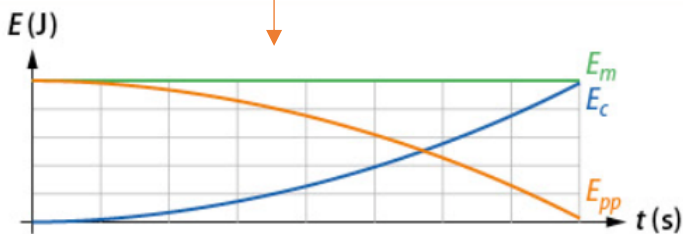
Évolution de l'énergie mécanique au cours d'un mouvement

Sans frottements

Avec frottements

L'énergie mécanique se conserve :  
Conversion entre énergie cinétique et énergie potentielle

L'énergie mécanique diminue :  
Dissipation d'énergie généralement sous forme de chaleur



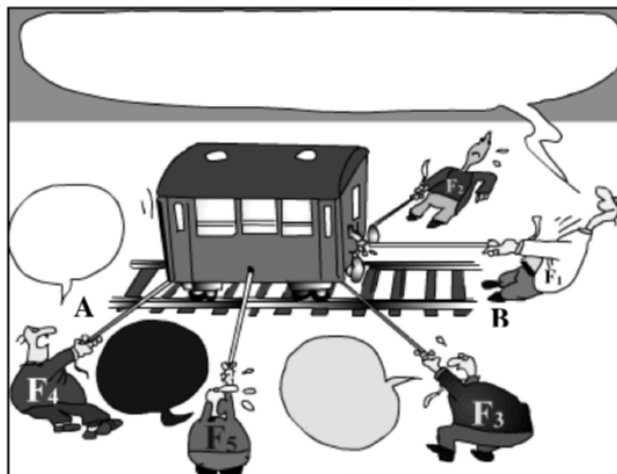
Application : n°10 p 121

## II- Le travail d'une force

### 1- Activité d'introduction

Chacun des personnages du dessin ci-contre a le même but : déplacer le wagon de la gauche vers la droite sur une distance AB.

Chaque personnage tire avec même force le wagon.



- 1) Que peut-on dire de l'efficacité de chaque personnage ?
- 2) Attribuer chaque personnage à une expression parmi les phrases suivantes :  
« Je résisterai ! » « Je ne sers à rien ! » « Je fais ce que je peux ! » « Moi aussi, je fais ce que je peux ! » « C'est moi le meilleur ! »

Lorsqu'une force constante  $\vec{F}$  agit sur un mobile en mouvement de translation tout au long d'un mouvement  $\overrightarrow{AB}$ , on dit qu'elle effectue un travail  $W$  (en Joule). Selon les cas, un travail peut être moteur (la force favorise le déplacement), résistant (la force s'oppose au déplacement) ou nul (la force n'a aucun impact sur le déplacement).

3) Classifier le travail de chacun des personnages selon les trois catégories précédentes.

Tous les personnages abandonnent, excepté le plus efficace. Il expérimente alors quatre situations :

Cas n°1 : il tire le wagon avec une force  $F = 800$  N sur une distance  $AB = 10$  m

Cas n°2 : il tire le wagon avec une force  $F = 800$  N sur une distance  $AB' = 20$  m

Cas n°3 : il tire le wagon avec une force  $F = 400$  N sur une distance  $AB = 20$  m

Cas n°4 : il tire le wagon avec une force  $F = 400$  N sur 10 m.

4) Classifier l'effort fourni dans chaque cas par ordre croissant.

## 2- Définition du travail

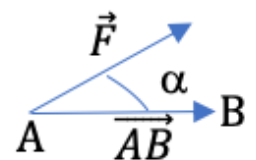
Le travail  $W$  d'une force  $F$  représente l'énergie fournie par la force lorsque le système étudié est en translation entre un point A et un point B :

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

$\alpha$  est l'angle entre  $F$  et  $AB$ .

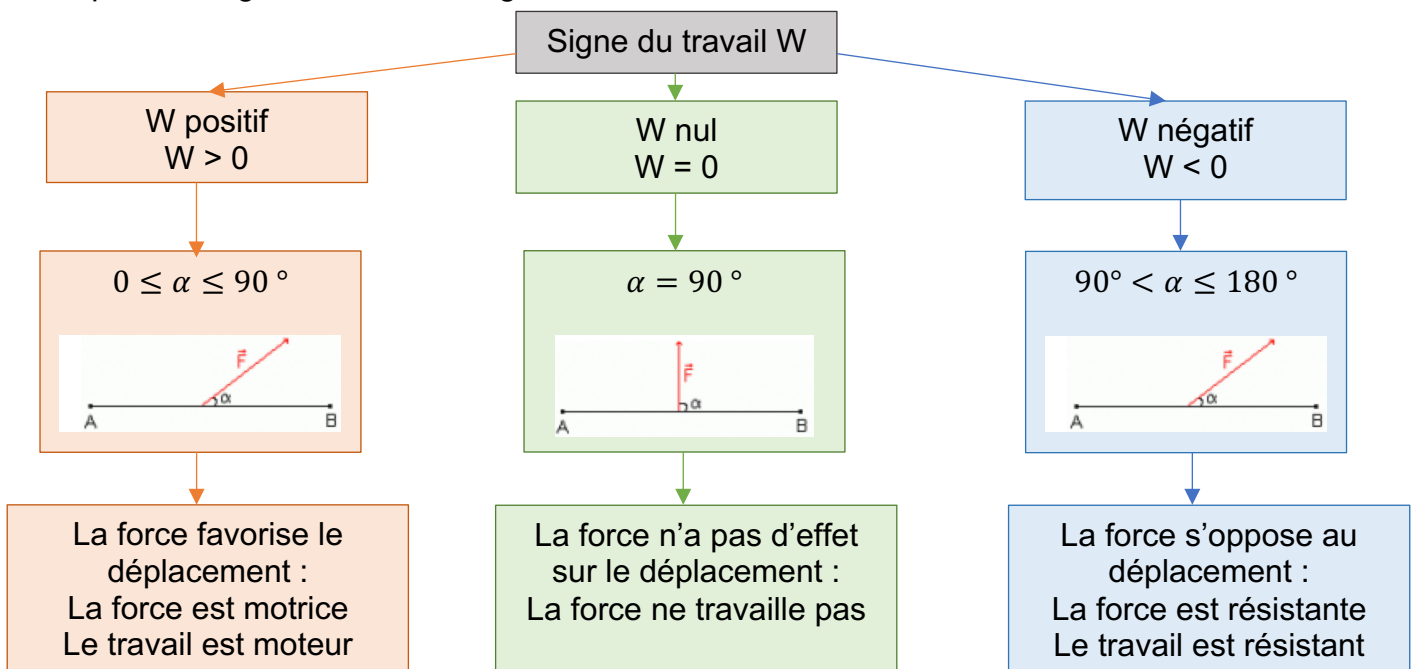
$F$  s'exprime en Newton,  $AB$  en mètres

$W_{AB}(\vec{F})$  s'exprime en N.m (ou en Joules)



Le travail est en fait le produit scalaire entre la force et le déplacement :  $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB}$

On peut distinguer trois cas de figure :



**Application** : Reprendre la situation du paragraphe précédent et calculer le travail de la force dans le cas n°1 pour les personnages  $F_1$ ,  $F_2$  et  $F_4$  sachant que  $\alpha_2 = 30^\circ$  et  $\alpha_4 = 110^\circ$ .

**Application** : n°1 p 120

### 3- Lien entre puissance et travail

La puissance moyenne  $P$  fournie à un solide lors d'un déplacement d'un point A à un point B sous l'effet d'une force  $\vec{F}$  peut se calculer à partir du travail  $W_{AB}(\vec{F})$  de cette force.

$$P = \frac{W_{AB}(\vec{F})}{\Delta t}$$

$W_{AB}(\vec{F})$  est le travail de la force en Joule sur le déplacement considéré (en J)

$\Delta t$  est la durée du déplacement en s

$P$  est la puissance moyenne en Watt (de symbole W).

Remarque : cette formule est l'adaptation de la formule vue en début d'année :

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$

Si la puissance  $P$  est positive, alors la puissance est dite motrice, si  $P$  est négative, alors elle est résistante.

Applications : n°2 p 120, n°1\* feuille

### III- Théorème de l'énergie cinétique

*Voir TP2 : Application du TEC*

Le théorème de l'énergie cinétique s'applique lorsque le système est en translation entre un point A et un point B.

Il traduit le fait que si le système voit sa vitesse varier entre les points A et B, c'est parce que des forces s'exercent sur lui.

Par exemple, lorsque la vitesse diminue entre A et B, alors la force exercée est résistante et s'oppose au mouvement. En termes d'énergie, l'énergie cinétique diminue entre A et B, et cette perte est due à l'effet de la force, soit à son travail entre A et B.

On appelle la variation d'énergie cinétique la grandeur :  $\Delta E_C = E_{CB} - E_{CA}$

#### **Théorème de l'énergie cinétique :**

La variation d'énergie cinétique  $\Delta E_C$  entre A et B est égale au travail des forces exercées sur le système au cours de son déplacement.

$$\Delta E_C = W(\vec{F}_1) + W(\vec{F}_2) + W(\vec{F}_3) + \dots$$

Tous les termes de la formule s'expriment en Joule.

Remarque : le terme  $W(\vec{F}_1) + W(\vec{F}_2) + W(\vec{F}_3) + \dots$  s'écrit en langage mathématique  $\Sigma W(\vec{F}_{ext})$

Applications : n°5 p 120, Activité 2 p 113, n°6 p 120, n°12\* p 122, n°2\* et 3\* feuille

# L'ÉNERGIE MÉCANIQUE

## d'énergie mécanique

♥  $E_{em} = E_c + E_p$

### Energie potentielle

de pesanteur

élastique

♥  $E_{pp} = m \times g \times z$

↑ kg    ↑ m  
altitude

♥  $E_{pe} = \frac{1}{2} \times k \times x^2$

↑ N/m    ↑ m  
constante de raideur    étirement

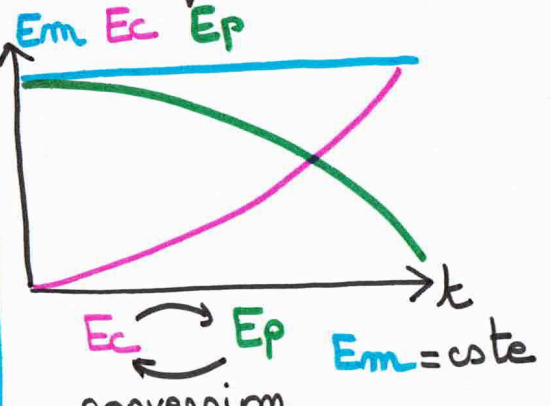
### Energie cinétique

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

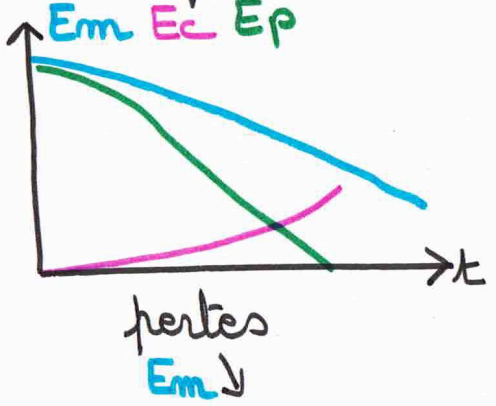
↑ kg    ↑ m/s

### Mouvements

Sans frottements



Avec frottements



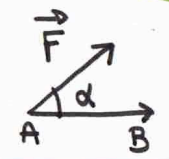
## de TEC

Théorème de l'Énergie Cinétique

La variation de  $E_c$  sur un trajet AB est égale à la somme des travaux des forces

♥  $\Delta E_c = E_{cB} - E_{cA} = \sum W(\vec{F})$

### de Travail d'une force



Travail = effet en Joules d'une force sur le mouvement

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

↑ J    ↑ N    ↑ m    ↑ ° ou rad

$W < 0$   
travail résistant  
 $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$

$W = 0$   
travail nul  
 $\alpha = 90^\circ$

$W > 0$   
travail moteur  
 $0 \leq \alpha < 90^\circ$

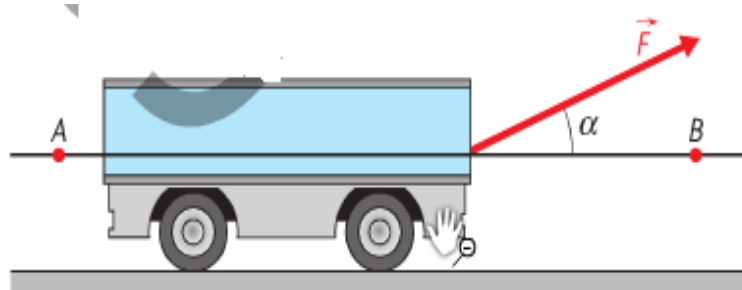
• Puissance (watt)

♥  $P = \frac{W}{\Delta t}$

## Exercices d'application Chapitre 15

### Exercice n°1 :

Un homme tire un chariot sur une distance de 10 m. La force exercée a pour valeur  $F = 50 \text{ N}$ . La durée de déplacement est de 7 s. L'angle compris entre la direction de la force et le sol est égal à  $30^\circ$ .



- 1) Calculer le travail fourni par l'homme lors du déplacement.
- 2) Calculer la puissance moyenne de l'action de l'homme

### Exercice n°2 : Calcul du travail d'une force

Une voiture de masse  $m = 900 \text{ kg}$  arrive avec une vitesse  $V = 90 \text{ km/h}$  devant un panneau : ralentir à 150 m, vitesse limitée à 45 km/h. Le conducteur freine de façon constante à partir du panneau.

- 1) Faire le bilan des forces exercées sur la voiture.
- 2) Quels sont les travaux nuls sur le trajet étudié ? Justifier.
- 3) En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, calculer le travail de la force de freinage et son intensité si la route est horizontale.

### Exercice n°3 : Calcul d'une vitesse.

Une pomme de masse  $m = 130 \text{ g}$ , initialement immobile tombe du haut d'un arbre d'une hauteur de 2 m. Les frottements dus à l'air sont négligés.

- 1) Calculer le travail  $W$  de son poids sur le trajet étudié (de l'arbre au sol).
- 2) En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, montrer que la vitesse de la pomme est  $v = 6,3 \text{ m/s}$  lorsqu'elle atteint le sol.