

# Notion de travail d'une force

## 1. Notion de travail d'une force constante

### 1.1 Effets possibles d'une force dont le point d'application se déplace

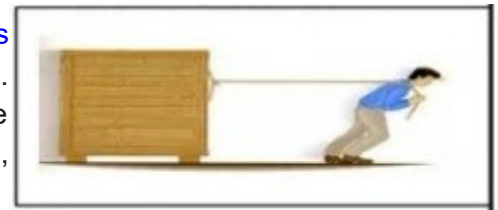
Une force peut mettre en mouvement un solide	Une force peut modifier le mouvement d'un solide (vitesse ; trajectoire)	Une force peut maintenir en équilibre un solide	Une force peut déformer un solide.

### 1.2 Définition d'une force constante

Une force constante signifie qu'elle garde la même direction, le même sens et la même intensité.

### 1.3 Définition du travail d'une force constante

- Dans le langage courant, l'idée de travail est à la notion de d'effort physique ou intellectuel et de fatigue. En physique, la définition est plus stricte car le travail mécanique fait intervenir force et déplacement.
- Une force travaille, si son point d'application se déplace dans une direction qui n'est pas perpendiculaire à celle de la force. Une force qui travaille a pour effets de ; modifier le mouvement d'un corps, modifier son altitude, le déformer, modifier sa température...
- Une force ne travaille pas si son point d'application ne se déplace pas et sa direction est perpendiculaire à la trajectoire de son point d'application.



Le travail est noté par la lettre  $W$  et l'unité de travail est le Joule. Symbole [ J ]

## 2. Travail d'une force constante

### 2.1 Travail d'une force constante pour un déplacement rectiligne

Le travail d'une force constante  $\vec{F}$  pour un déplacement rectiligne  $\vec{AB}$  de son point d'application est le produit scalaire du vecteur force  $\vec{F}$  et du vecteur déplacement  $\vec{AB}$ .

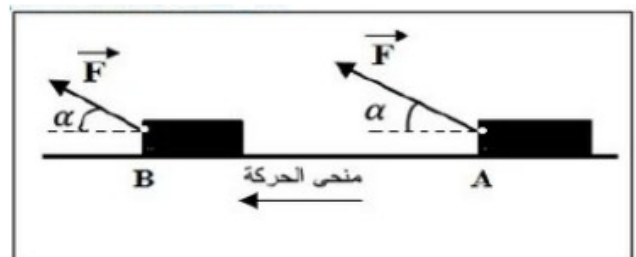
$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB}$$

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

avec  $\alpha$  angle entre les vecteurs  $\vec{F}$  et  $\vec{AB}$

Remarque : 1Joule = 1Newton . 1Mètre

Pour une force  $\vec{F}$  non nulle,  $W_{A \rightarrow B}(\vec{F})$  est nul si  $AB = 0$  ( le point d'application de la force ne se déplace ).



$(\vec{F}, \vec{AB}) = \alpha = 90^\circ$  ( la direction de la force est perpendiculaire au déplacement )

### Travail moteur – travail résistant

Le travail d'une force est une grandeur algébrique.

Un travail positif est un travail moteur.

Un travail négatif est un travail résistant

### Les différents cas

$\alpha = 0^\circ$	$\alpha < 90^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 180^\circ$
$W_{AB}(\vec{F}) = +F \cdot AB$	$W_{AB}(\vec{F})$ positif	$W_{AB}(\vec{F}) = 0$	$W_{AB}(\vec{F})$ négatif	$W_{AB}(\vec{F}) = -F \cdot AB$
Travail moteur			Travail résistant	

## 2.2 Travail d'une force constante pour un déplacement quelconque

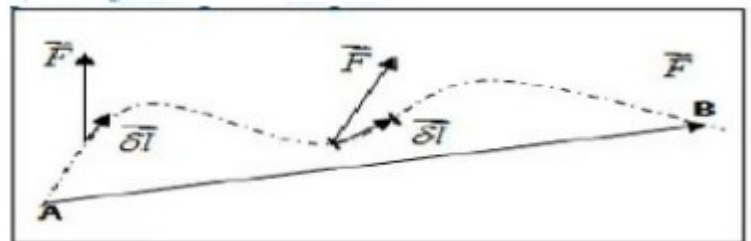
On décompose ce déplacement non rectiligne en **une succession de déplacements** suffisamment petits pour être considérés comme rectilignes.

$$\vec{\delta} \ell_1 \dots \vec{\delta} \ell_{i+1} \dots \vec{\delta} \ell_n \quad \text{avec}$$

$$\sum \vec{\delta} \ell_i = \vec{F} \cdot \vec{AB} = W_{A \rightarrow B}(\vec{F})$$

Le travail élémentaire d'une force constante est :

$$\delta W_i(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{\delta} \ell_i$$



Le travail de la force est égal à la somme des travaux élémentaires

$$\sum \delta W_i(\vec{F}) = \sum \vec{F} \cdot \vec{\delta} \ell_i = \vec{F} \cdot \sum \vec{\delta} \ell_i = \vec{F} \cdot \vec{AB} = W_{A \rightarrow B}(\vec{F})$$

Le travail d'une force est l'énergie fournie par cette force lorsque son point d'application se déplace (l'objet subissant la force se déplace ou se déforme). Il est responsable de la variation de l'énergie cinétique du système qui subit cette force.

### Travail du poids et variation d'altitude

Le poids étant une force verticale, le produit scalaire  $\vec{P} \cdot \vec{AB}$  s'exprime simplement en utilisant les coordonnées des vecteurs poids et déplacements dans un repère orthonormé dont l'axe (Oz) est vertical et orienté vers le haut.

Par définition, si  $\vec{v}_1(x_1, y_1, z_1)$  et  $\vec{v}_2(x_2, y_2, z_2)$  alors  $\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 = x_1 \cdot x_2 + y_1 \cdot y_2 + z_1 \cdot z_2$

on a  $\vec{P}(0, 0, -P)$  et  $\vec{AB}(x_B - x_A, y_B - y_A, z_B - z_A)$  donc

$$W_{AB}(\vec{P}) = -P \cdot (z_B - z_A) = P \cdot (z_A - z_B)$$

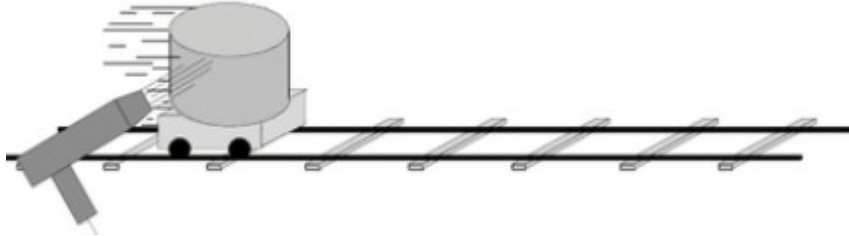
Autre méthode :  $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AB} = P \cdot AB \cdot \cos(\vec{P}, \vec{AB})$  et  $\cos(\vec{P}, \vec{AB}) = \frac{h}{AB} = \frac{z_A - z_B}{AB}$  donc

$$AB \cos(\vec{P}, \vec{AB}) = z_A - z_B \quad \text{et} \quad W_{AB}(\vec{P}) = P \cdot (z_A - z_B)$$

Si l'altitude  $z_A$  est supérieure à l'altitude  $z_B$ ,  $z_A - z_B$  est positif et le travail du poids est moteur.

Si l'altitude  $z_A$  est inférieure à l'altitude  $z_B$ ,  $z_A - z_B$  est négatif et le travail du poids est résistant

### 3. Dans quel cas une force travaille – t – elle ?



La soufflerie n'est pas placée perpendiculairement au rail donc à la direction du mouvement :

- elle permet la mise en mouvement du mobile initialement au repos
- elle peut également modifier la valeur de la vitesse mobile

On en déduit donc que dans ce cas la force travaille car elle modifie la vitesse du système

De même nous avons également montré que lorsque la soufflerie est placée perpendiculairement aux rails, la force est sans effet sur la valeur de la vitesse du mobile : elle ne travaille donc pas.

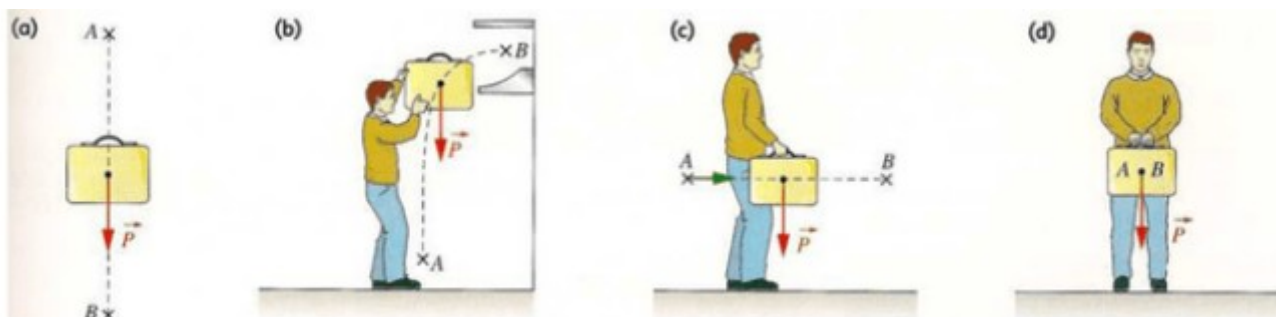
#### Conclusion :

Lorsque le point d'application d'une force se déplace dans une direction qui n'est pas perpendiculaire à celle de la force, cette force travaille.

Une force ne travaille pas si sa direction est perpendiculaire à la trajectoire de son point d'application, et son point d'application ne se déplace pas.

### 4. Exemple

Dans les quatre situations suivantes, indiquer si le poids  $\vec{P}$  de la valise travaille.



#### Correction

Situation (a) : la direction de la force n'est pas perpendiculaire à la trajectoire de son point d'application. Cette force travaille donc et c'est ce qui explique l'augmentation de vitesse de la chute de la valise.

Situation (b) : La direction du poids n'est pas perpendiculaire à la trajectoire de son point d'application. Le poids travaille et s'oppose au mouvement de la valise

Situation (c) : La direction du poids est perpendiculaire à la trajectoire de son point d'application donc cette force ne travaille pas . Cette force ne contribue pas à la modification de la vitesse de la valise.

Situation (d): Le point d'application du poids ne se déplace pas . Donc cette force ne travaille pas.