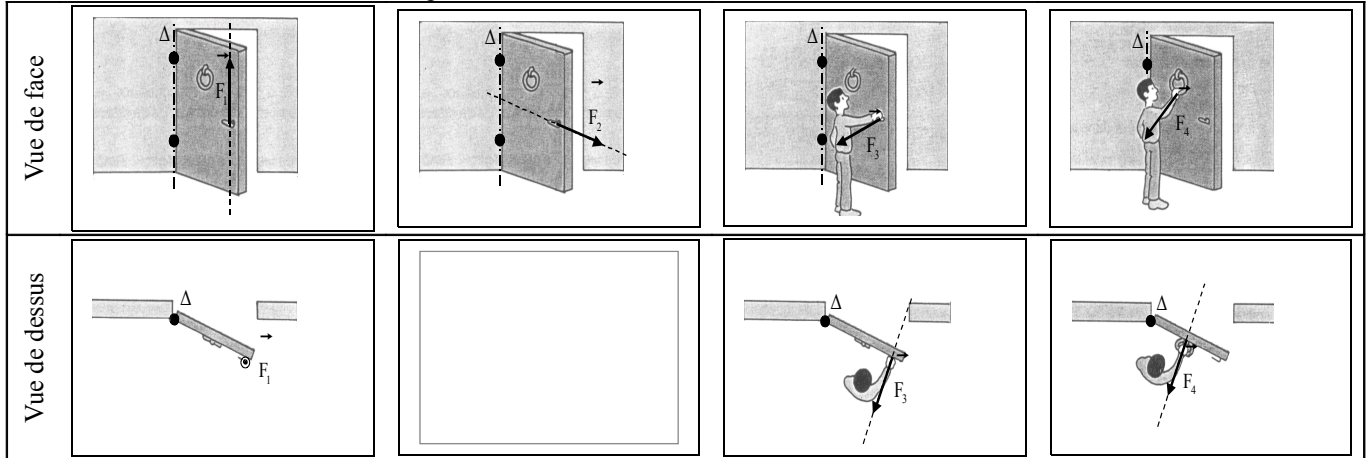


# Travail d'une force

## I- Notion de travail

**Ex 1 :** On tient un stylo dans sa main sans bouger : on ne travaille pas.  
On tient un stylo dans sa main et on écrit : on effectue un travail.

**Ex 2 :** On exerce différentes actions sur une porte.



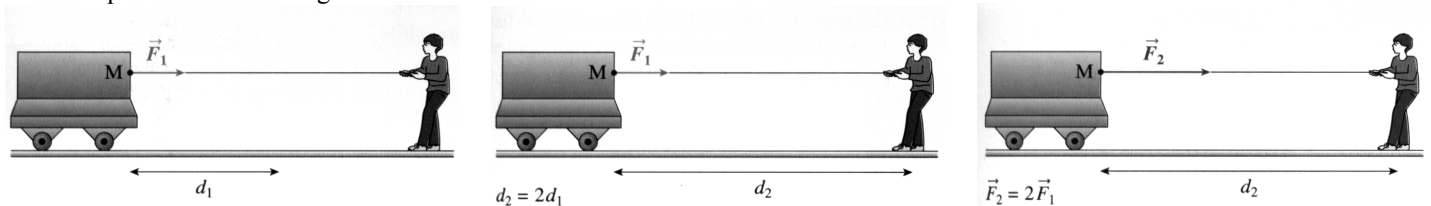
Les forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ne permettent pas d'ouvrir la porte, on dit qu'elles ne travaillent pas.

Les forces  $\vec{F}_3$  et  $\vec{F}_4$  permettent d'ouvrir la porte, on dit qu'elles travaillent.

Lorsqu'une force  $\vec{F}$  déplace son point d'application du point A au point B, on dit qu'elle effectue un travail.

Une force est dite constante lorsque sa direction, son sens et sa valeur ne varient pas au cours du temps.

**Ex :** Une personne tire un wagon



Dans les 3 cas la force travaille puisque son point d'application se déplace.

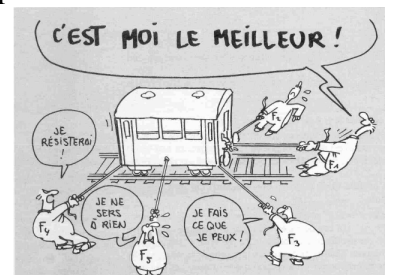
La force du cas 2 travaille plus que celle du cas 1 car le déplacement est plus grand.

La force du cas 3 travaille plus que celle du cas 2 car elle est plus intense.

Le travail effectué est proportionnel à l'intensité de la force et à la longueur du déplacement.

**Ex :** On exerce des forces sur un wagon, toutes ne travaillent pas de la même façon.

Le travail effectué dépend de l'angle entre le vecteur force et le déplacement.

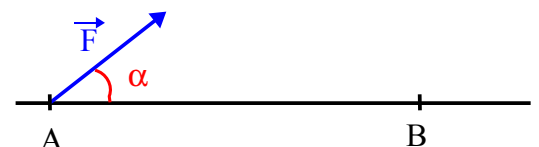


## II- Travail d'une force constante lors d'un déplacement rectiligne

### 1) Définition

Le travail de la force constante  $\vec{F}$  pour le déplacement rectiligne AB est :  $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB}$

soit  $W_{AB}(\vec{F}) = F \times AB \times \cos \alpha$  avec  $\begin{cases} W \text{ en J} \\ F \text{ en N} \\ AB \text{ en m} \\ \alpha \text{ en } ^\circ \text{ ou rad} \end{cases}$



L'unité de travail est le joule (J).

**définition :** Le joule est le travail effectué par une force constante de un newton qui déplace son point d'application de un mètre dans sa propre direction et son propre sens.

## 2) le travail : une grandeur algébrique

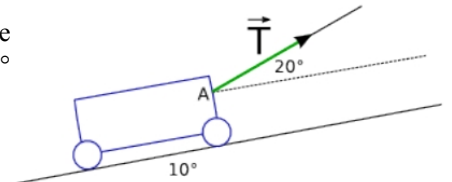
Selon la valeur de l'angle  $\alpha$  entre le vecteur force et le déplacement, le travail peut être positif, négatif ou nul, c'est donc une grandeur algébrique.

- Si  $0^\circ < \alpha < 90^\circ$  alors  $\cos \alpha > 0$  et  $W > 0 \text{ J}$  (travail positif). La force favorise le mouvement dans le sens du déplacement AB. On dit que la force est **motrice**.
- Si  $90^\circ < \alpha < 180^\circ$  alors  $\cos \alpha < 0$  et  $W < 0 \text{ J}$  (travail négatif). La force s'oppose au mouvement du solide, on dit qu'elle est **résistante**.
- Si  $\alpha = 90^\circ$  alors  $\cos \alpha = 0$  et  $W = 0 \text{ J}$  (travail nul). La force ne travaille pas.

Une force constamment perpendiculaire au déplacement de son point d'application effectue un travail nul.

## 3) Application

Un enfant tire un chariot de 2,0 kg sur une distance de 20 m, le sol faisant un angle  $\beta$  de  $10^\circ$  par rapport à l'horizontale. La tension du fil a une direction faisant un angle  $\alpha$  de  $20^\circ$  par rapport au sol. Son intensité est de 9,2 N. On néglige les frottements.



Travail de la tension du fil sur le trajet :

$$W_{AB}(\vec{T}) = \vec{T} \cdot \vec{AB} = T \times AB \times \cos \alpha = 9,2 \times 20 \times \cos 20^\circ = 1,7 \cdot 10^2 \text{ J}$$

Le travail de la tension du fil est positif, la tension du fil est une force motrice.

Travail du poids sur le trajet :

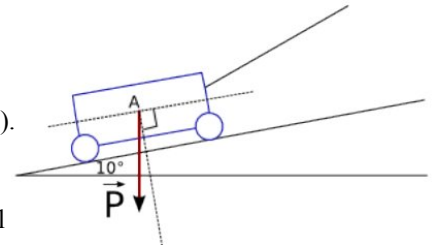
$$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AB} = m \times g \times AB \times \cos(90^\circ + \beta) = 2,0 \times 9,8 \times 20 \times \cos 100^\circ = -68 \text{ J}$$

Le travail du poids est négatif, le poids est une force résistante (il s'oppose au mouvement).

Travail de la réaction du sol :

$$W_{AB}(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \vec{AB} = R \times AB \times \cos(90^\circ) = 0 \text{ J}$$

Le travail de la réaction du sol est nul car on a négligé les frottements : la réaction du sol est une force qui ne travaille pas.



## III- Travail du poids

On pourra considérer que dans une zone étendue à quelques kilomètres au dessus de la surface de la terre, le poids est une force constante.

Lorsque le centre de gravité d'un objet passe d'un point A (noté  $M_0$ ) à un point B (noté  $M_n$ ) en décrivant une trajectoire courbe, on peut considérer que cette courbe est une succession de  $n$  petits déplacements :

$$\vec{AM}_1, \vec{M_1M_2}, \dots, \vec{M_iM_{i+1}}, \dots, \vec{M_{n-1}B}$$

Le travail du poids  $\vec{P}$  de l'objet pour un petit déplacement est  $W_{M_iM_{i+1}}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{M_iM_{i+1}}$ .

Le travail du poids de l'objet entre A et B est :  $W_{AB}(\vec{P}) = \sum_0^n \vec{P} \cdot \vec{M_iM_{i+1}}$ .

Or le poids est ici considéré comme une force constante d'où :  $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \sum_0^n \vec{M_iM_{i+1}}$

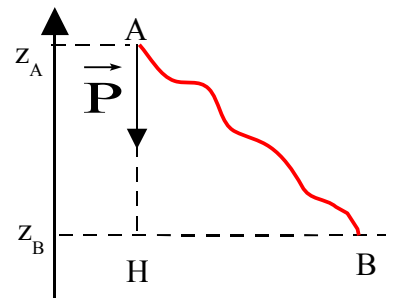
Mais  $\sum_0^n \vec{M_iM_{i+1}} = \vec{AB}$ , donc  $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AB}$ .

On décompose le mouvement :  $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AB} = \vec{P} \cdot (\vec{AH} + \vec{HB}) = \vec{P} \cdot \vec{AH} + \vec{P} \cdot \vec{HB}$

Le poids est perpendiculaire à  $\vec{HB}$  et de même direction et même sens que  $\vec{AH}$ .

Les altitudes  $z$  étant mesurées sur un axe vertical dirigé vers le haut

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



Lorsque le centre de gravité G d'un solide se déplace d'un point A à un point B, le travail du poids du solide est indépendant du chemin suivi par G entre A et B ; il ne dépend que de l'altitude du point de départ et de l'altitude du point d'arrivée.

Il est donné par  $W_{AB}(\vec{P}) = m g (z_A - z_B)$

#### IV- Cas de plusieurs forces

Pour un solide en translation, tous les points du solide ont même déplacement ; le travail de forces réparties est alors identique à celui de leur résultante.

$$W_{AB} = \sum_i (\vec{F}_i \cdot \vec{AB}) = \left( \sum_i \vec{F}_i \right) \cdot \vec{AB}$$

#### V- Puissance d'une force

Pour monter le cartable du rez-de-chaussée au premier étage, on effectue un travail. Ce travail peut être effectué plus ou moins rapidement. Plus le travail est effectué rapidement plus la puissance de la force est grande.

La puissance moyenne d'une force est le quotient du travail effectué par la durée mise pour l'effectuer.

Formule :  $P = \frac{W(\vec{F})}{\Delta t}$  avec  $\begin{cases} P \text{ la puissance en watts (W)} \\ W(\vec{F}) \text{ le travail en joules (J)} \\ \Delta t \text{ la durée mise pour effectuer le travail en secondes (s)} \end{cases}$

Rq : Le cheval-vapeur est une unité de puissance encore souvent utilisée ( 1 ch  $\approx$  736 W )

#### autre expression de la puissance :

Soit une force  $\vec{F}$  qui déplace son point d'application de la distance  $\vec{\Delta l}$  à la vitesse  $\vec{v}$ .

Le travail effectué est :  $W(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{\Delta l} = \vec{F} \cdot (\Delta t \vec{v}) = \Delta t \vec{F} \cdot \vec{v}$

La puissance de cette force est donc :  $P = \frac{W(\vec{F})}{\Delta t} = \vec{F} \cdot \vec{v}$