

**Première Partie :**  
**Travail**  
**mécanique et**  
**L'énergie**  
**Unité 2**  
**6 H**

# Travail et puissance d'une force

شغل وقدرة قوة



**1<sup>er</sup> Bac Sciences**  
**Physique**

## I – Concept de Travail d'une force :

### 1 – Activité :

Identifier les **effets** ou les **changements** que ces **forces** font sur **chaque système**, que ce soit dû à la **position**, à la **vitesse** ou à l'état **physique**.

L'effet de ces forces :

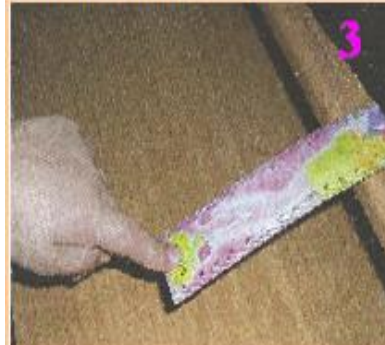
- Sur la **voiture** : est le **déplacement** sous l'action de la **force** appliquée par la **personne**.
- Sur le **volant** : est la **rotation** sous l'action de la **force** de la **main**.
- Sur la **règle** : est le **changement** de sa **forme** sous l'action de la **force** appliquée par la **main**.
- Sur la **voiture de course** : est le **changement** de sa **vitesse** sous l'action de la **force** appliquée par les **freins**.



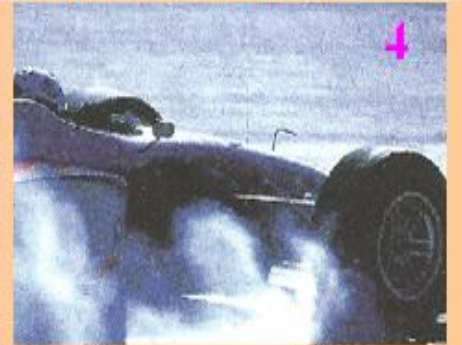
Main tourne un volant de voiture



Une personne pousse une voiture



Une Main appuie sur une règle déformable



Une voiture de course met les freins et émet de la fumée

### 2 – Conclusion :

Les **forces** appliquées à un **corps solide** qui ont des **points d'action** se déplacent, peuvent avoir des **effets mécaniques** :

- ✚ Selon la **nature de déplacement** (translation, rotation, ...)
- ✚ Selon les **caractéristiques de forces**.
- ✚ Selon les **propriétés** et la **nature** du **corps solide** (indéformable, ...).

Et parmi ces effets :

- ✚ **Déplacement** d'un **corps solide**.
- ✚ Création d'une **rotation** d'un **corps solide**.
- ✚ **Déformation** d'un **corps solide**.

On dit qu'une **force** appliquée à un **corps travaille**, si son **point d'action** se **déplace**, et **change** le **mouvement** de ce **corps** (**changement d'altitude**, **changement de vitesse** ...) ou **change** ses **propriétés physiques** (**augmentation de sa température**, **déformation** ...).

## II – Travail d'une force ou d'un ensemble de forces :

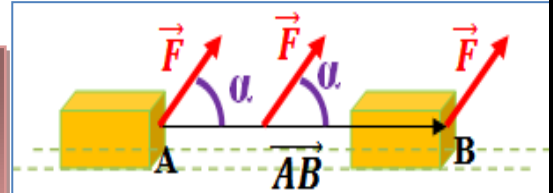
### 1 – Travail d'une force constante appliquée à un solide en translation :

- ⊕ On dit que la **force** est **constante** si elle maintient la **même direction**, le **même sens** et la **même intensité** tout au long du mouvement.
- ⊕ On dit qu'un corps solide est en **mouvement de translation** s'il maintient la **même orientation** dans l'espace (c-à-d les **caractéristiques** de vecteur  $\overrightarrow{AB}$  n'ont pas changé tel que A et B deux points du corps solide).

#### 1-1 – Translation rectiligne :

Si on considère le point M d'un corps solide dans un translation soumis à la force  $\vec{F}$  et se déplace de la position A à la position B. Alors, la force  $\vec{F}$  réalise un travail égal le produit scalaire de vecteur force  $\vec{F}$  et de vecteur déplacement  $\overrightarrow{AB}$  du point d'application de cette force.

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F \cdot AB \cdot \cos \alpha \quad \text{avec} \\ \alpha = (\vec{F}, \overrightarrow{AB}). \text{ Son unité dans (S.I) est : Joule J}$$



Le **joule** représente le travail d'une **force constante** d'intensité **1 N** lorsque son point d'application se déplace par **1 m** selon sa **direction** et son **sens**. **1 J = 1 N.m**

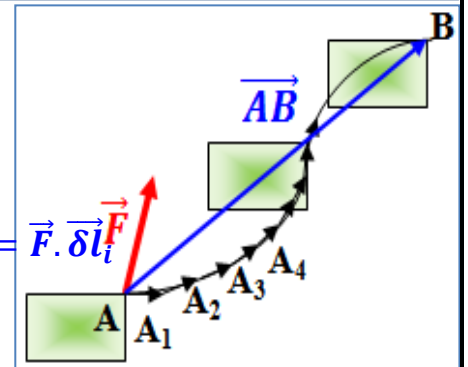
#### 1-2 – Translation curviligne :

On **divise** la **trajectoire** en **parties infinitésimales** afin qu'elles puissent être considérées **linéaires**.

On exprime le **travail partiel**  $\delta W_i$  de la force  $\vec{F}$  pendant le **déplacement partiel**  $\delta \vec{l}_i = \overrightarrow{A_i A_{i+1}}$  par la relation:  $\delta W_i = \vec{F} \cdot \delta \vec{l}_i$

Le **Travail totale** de la force  $\vec{F}$  lorsque son point d'application se déplace d'un **point A** à un **point B** est la

**somme des travaux partiels** :  $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \sum \delta W_i = \vec{F} \cdot \sum \delta \vec{l}_i = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB}$

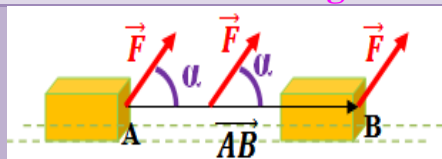


En cas de **translation curviligne**, on exprime le **travail** d'une force  $\vec{F}$  son point d'application se déplace d'un **point A** à un **point B**, par la relation :  $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB}$

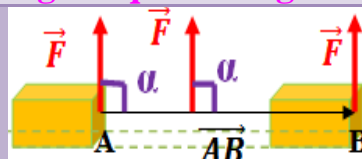
**Remarque** : le **travail** d'une force n'est pas lié à la **trajectoire** de son point d'application, mais seulement à sa **position initiale** et **finale**.

#### 1-3 – La nature de travail :

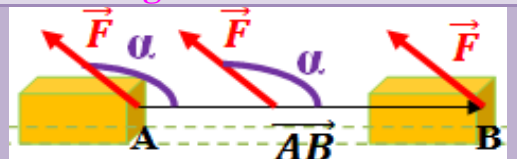
Le travail grandeur algébrique son signe dépend de signe de  $\cos \alpha$



$0^\circ \leq \alpha < 90^\circ \Rightarrow \cos \alpha > 0$   
Alors  $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) > 0$   
On dit : **travail moteur**



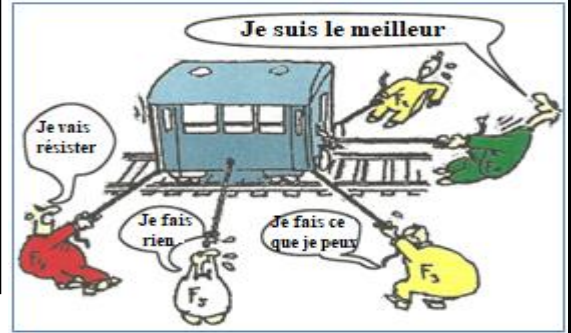
$\alpha = 90^\circ \Rightarrow \cos \alpha = 0$   
Alors  $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = 0$   
On dit : **travail nul**



$90^\circ \leq \alpha < 180^\circ \Rightarrow \cos \alpha < 0$   
Alors  $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) < 0$   
On dit : **travail résistant**

## 2 – Travail d'un ensemble de forces constantes appliquées à un solide en translation :

**Le travail d'un ensemble de forces constantes** ( $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots, \vec{F}_n$ ) appliquées à un solide en translation est égal **le produit scalaire de la somme de vecteurs des forces  $\sum \vec{F}_i$  et de vecteur déplacement  $\overrightarrow{AB}$** .  $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \sum \vec{F}_i \cdot \overrightarrow{AB}$



## 3 – Travail de poids d'un corps :

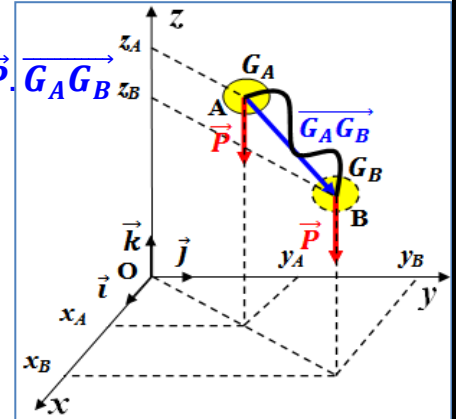
Pour un corps se déplaçant près du sol, le poids de corps est une force constante.

L'expression du travail de poids d'un corps lorsque son centre d'inertie  $G$  se déplace de  $A$  à  $B$  est :  $W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \overrightarrow{G_A G_B}$

Dans un repère  $\mathcal{R}(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$  (tel que  $Oz$  dirigé vers le

haut) les coordonnées de  $\vec{P}$  et  $\overrightarrow{G_A G_B}$  sont :  $\vec{P} \begin{cases} P_x = 0 \\ P_y = 0 \\ P_z = -mg \end{cases}$

et  $\overrightarrow{G_A G_B} \begin{cases} x_B - x_A \\ y_B - y_A \\ z_B - z_A \end{cases}$  donc  $W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B)$



### Remarque :

- ❖ Le **travail de poids** d'un corps est **seulement lié** à la **cote  $z_A$**  de position initiale et à la **cote  $z_B$**  de position finale, c-à-d ne dépend pas de **trajectoire suivie**.
- ❖ Si l'axe  $Oz$  est **dirigé vers le bas**, l'expression de **travail de poids** du corps devient :  $W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_B - z_A)$

### Exercice d'application (Ex 4 p 35 massar)

Un enfant de masse  $m = 30 \text{ Kg}$  glisse sur un plan linéaire et incliné d'un angle  $\alpha = 45^\circ$  pour le plan horizontal.

1- Dessiner un schéma explicatif.

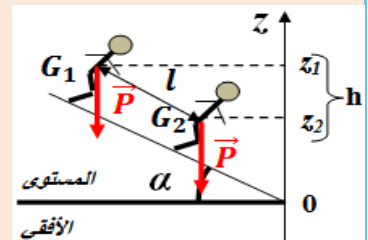
2- Calculer le travail effectué par le poids de l'enfant lorsqu'il est traversé la distance  $l = 4 \text{ m}$ . On donne :  $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

1- voir ci-contre.

2- On  $W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_1 - z_2) = m \cdot g \cdot h$

Et on a  $\sin \alpha = \frac{h}{l}$  alors  $W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot l \cdot \sin \alpha$

Donc  $W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{P}) = 30 \times 10 \times 4 \times \sin 45 = 848,53 \text{ J}$ .



## 4 – Travail d'une force de moment constant appliquée à un solide en rotation autour d'un axe fixe :

La formule de moment d'une force pour un axe ( $\Delta$ ) perpendiculaire avec sa ligne d'action est :  $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = \pm F \cdot d$

Tel que  $F$  l'intensité de force et  $d$  la distance entre la ligne d'action et l'axe.



Quand un **corps solide** tourne à un **petit angle**  $\theta\delta$ , le **point d'application** de la **force** traverse un **petit arc**  $\widehat{M_1M_2}$  qui peut être considéré **comme droite** et exprimé par le vecteur  $\vec{\delta l}$ , et on peut considérer la **force**  $\vec{F}$  est **presque constante**. L'expression de **travail partiel**  $\delta W$  est :

$$\delta W = \vec{F} \cdot \vec{\delta l} = F \cdot \delta l \cdot \cos \alpha$$

Avec  $\delta l = R \cdot \delta \theta$  et  $d = R \cdot \cos \alpha$  et  $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \cdot d$ .

Donc  $\delta W = F \cdot R \cdot \delta \theta \cdot \cos \alpha = F \cdot d \cdot \delta \theta = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) \cdot \delta \theta$

Le **Travail totale** de la **force**  $\vec{F}$  est la **somme des travaux partiels** :

$$W(\vec{F}) = \sum \delta W = \sum \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) \cdot \delta \theta$$

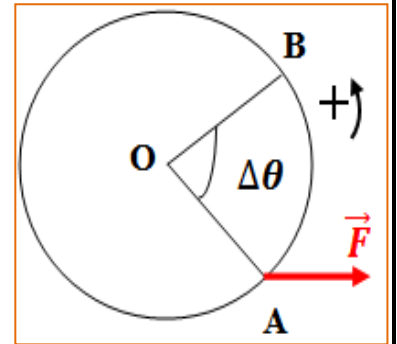
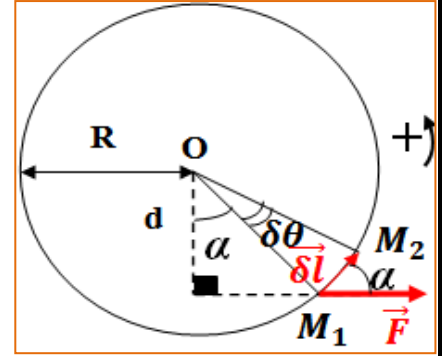
Puisque  $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = \text{cte}$  donc  $W(\vec{F}) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) \cdot \sum \delta \theta$

Avec  $\sum \delta \theta = \Delta \theta$  alors  $W(\vec{F}) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) \cdot \Delta \theta$

Le **travail** d'une **force** de **moment constant** par rapport à l'axe de rotation est égal le **produit de moment** et l'**angle de rotation**.

$$W(\vec{F}) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) \cdot \Delta \theta$$

$\downarrow$   $\downarrow$   $\downarrow$   
 $J$   $N.m$   $rad$



### 5 – Travail d'un couple de moment constant :

#### 5-1- Moment d'un couple de deux forces par rapport l'axe de rotation :

Le **moment** d'un **couple** de deux **forces** par rapport à l'axe de rotation ( $\Delta$ )

**perpendiculaire** au **plan** de **couple** est le **produit** de l'**intensité commune**  $F$  de deux **forces** et la **distance**  $d$  entre ses deux **lignes d'action** :  $\mathcal{M}_C = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1, \vec{F}_2) = \pm F \cdot d$

**Généralité** : Le **couple** est un **ensemble des forces coplanaire** tel que :

- ⌘ La **somme** de ses **vecteurs** est **nulle**.
- ⌘ Caractérisé par un **moment constant** par rapport à tout **axe de rotation** **perpendiculaire** à son **plan**.

#### 5-2- Travail d'un couple de moment constant :

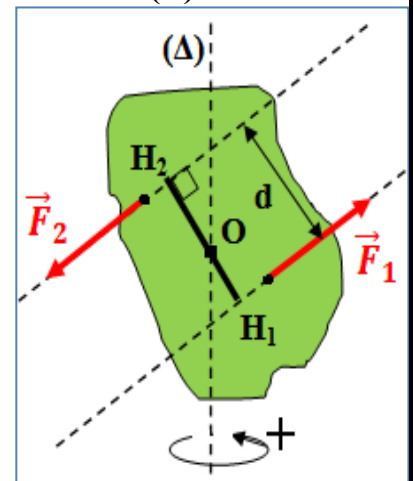
Pour une **rotation partielle** par un **angle**  $\theta\delta$  d'un **corps solide** autour un **axe fixe** ( $\Delta$ ), le **travail partiel** du **couple** est :  $\delta W = \mathcal{M}_C \cdot \delta \theta$ .

Pour une **rotation particulière** par un **angle**  $\Delta \theta$  d'un **corps solide** autour un **axe fixe** ( $\Delta$ ), le **travail de couple** est la **somme des travaux partiels** est :  $W = \sum \delta W$ .

Si le **moment de couple** est **constant**, la **formule de travail** devient :  $W(\vec{F}) = \mathcal{M}_C \cdot \Delta \theta$

### III – Puissance d'une force ou d'un ensemble des forces :

La **puissance** est une **grandeur physique** dépend du **travail** et la **durée de sa réalisation**.



### 1 – Puissance moyenne :

La puissance moyenne d'une force  $\vec{F}$  est le quotient de la division du travail  $W$  de cette force sur la durée nécessaire pour réaliser ce travail.  $w \leftarrow P = \frac{W}{\Delta t} \rightarrow J \rightarrow s$

### 2 – Puissance instantanée d'une force constante ou d'ensemble des forces constantes appliquée à un solide en translation :

La puissance instantanée  $\mathcal{P}$  d'une force constante appliquée à un solide en translation est le quotient de la division du travail partiel  $\delta W$  sur la durée  $\delta t$  infinitésimale nécessaire pour réaliser ce travail.

$$\mathcal{P} = \frac{\delta W}{\delta t} \Rightarrow \mathcal{P} = \vec{F} \cdot \frac{\delta \vec{l}}{\delta t} \Rightarrow \mathcal{P} = \vec{F} \cdot \vec{V}$$

#### Remarque :

- ⊕ Puisque  $\mathcal{P} = F \cdot V \cdot \cos \alpha$  : La **puissance** est une grandeur algébrique, son signe dépend de signe de  $\cos \alpha$  avec  $\alpha = (\vec{F}, \vec{V})$ .
- ⊕ Dans le cas d'un ensemble des forces constantes appliqué à un corps solide en translation, la puissance instantanée de ces forces est égale à la somme des puissances instantanées des différentes forces :  $\mathcal{P} = \sum \mathcal{P}_i = \sum \vec{F}_i \cdot \vec{V}_i$   
Et puisque le corps est en translation, alors  $\vec{V}_i = \vec{V} = \vec{Cte}$   
donc  $\mathcal{P} = (\sum \vec{F}_i) \cdot \vec{V}$

### 3 – Puissance instantanée d'une force de moment constante appliquée à un solide en rotation autour d'un axe fixe :

On a l'expression de la puissance instantanée est  $\mathcal{P} = \frac{\delta W}{\delta t}$

et en cas de rotation, on a :  $\delta W = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) \cdot \delta \theta$  donc  $\mathcal{P} = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) \cdot \frac{\delta \theta}{\delta t}$

et puisque le moment est constant, alors  $\mathcal{P} = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) \cdot \omega$

La puissance instantanée  $\mathcal{P}$  d'une force de moment constant appliquée à un solide en rotation autour d'un axe fixe, le produit du moment de cette force par rapport l'axe et la vitesse angulaire du corps.

$$\mathcal{P} = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) \cdot \omega$$

$w \quad N.m \quad rad.s^{-1}$