Première Partie : Travail mécanique et L'énergie Unité 2 6 H	Travail et puissance d'une force شغل وقدرة قوة	بسم الله الرحمن الرحيم السلام عليكم ورحمة الله وبركاته 1er 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**.

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

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**.

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**.

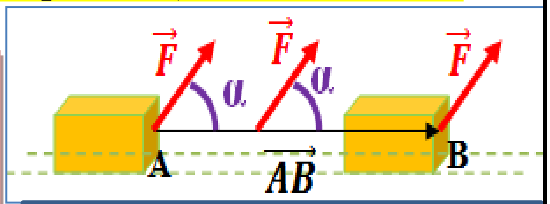
On dit qu'une **force** appliquée à un corps **travaille**, si **son point d'action se déplace**, et **change le mouvement** de ce corps (**changement d'altitude**, **changement de vitesse** ...) ou **change ses propriétés physiques** (**augmentation de sa température**, **déformation** ...).

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 maintien 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 maintien 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 :

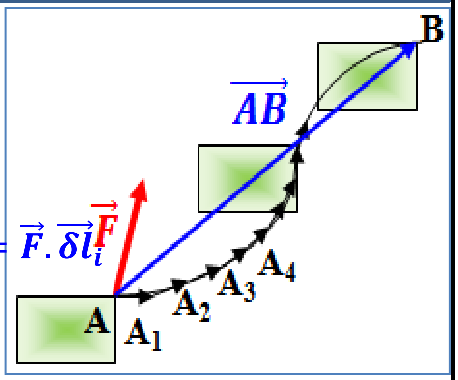


Si on considère le point M d'un corps solide dans un translation soumis à la force $\vec{F}$ et se déplace de la position A à la position B . Alors, la force $\vec{F}$ réalise un travail égal le produit scalaire de vecteur force $\vec{F}$ et de vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$ du point d'application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

$W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = F.AB.\cos\alpha$ **avec** $\alpha = (\widehat{\vec{F},\overrightarrow{AB}})$. **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**.

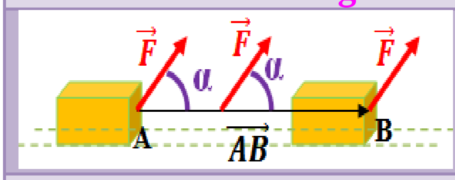
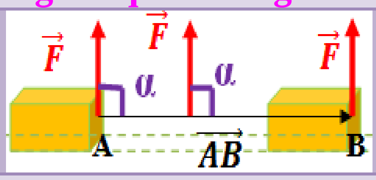
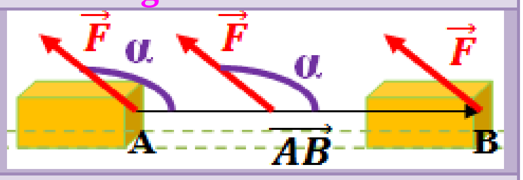
On exprime le **travail partiel δW_i** de la **force $\vec{F}$** pendant le **déplacement partiel $\overrightarrow{\delta l_i} = \overrightarrow{A_iA_{i+1}}$** par la **relation**: $\delta W_i = \vec{F}.\overrightarrow{\delta l_i}$

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 :** $W_{A\to B}(\vec{F}) = \sum \delta W_i = \vec{F}.\sum \overrightarrow{\delta l_i} = \vec{F}.\overrightarrow{AB}$

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 : $W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}$

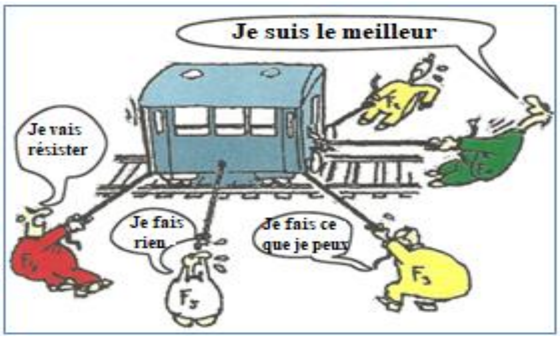
Remarque : **le travail d'une force n'est pas lié à la trajectoire de son point d'application, mais seulement à sa position initiale et finale.**

1-3 – La nature de travail :

Le travail grandeur algébrique son signe dépend de signe de $\cos\alpha$		
		
$0° \le \alpha < 90° \Rightarrow \cos\alpha > 0$ Alors $W_{A\to B}(\vec{F}) > 0$ **On dit : travail moteur**	$\alpha = 90° \Rightarrow \cos\alpha = 0$ Alors $W_{A\to B}(\vec{F}) = 0$ **On dit : travail nul**	$90° \le \alpha < 180° \Rightarrow \cos\alpha < 0$ Alors $W_{A\to B}(\vec{F}) < 0$ **On dit : travail résistant**

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

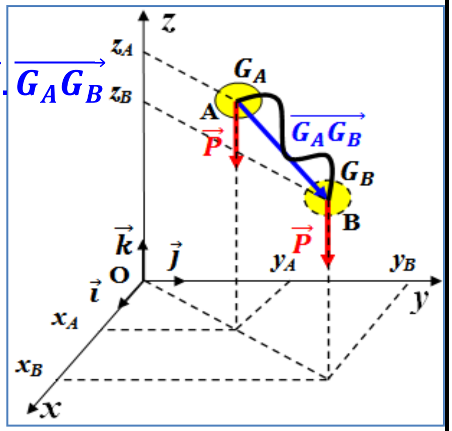
Le travail d'un ensemble de forces constantes ($\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$,… $\vec{F}_n$) appliquées à un solide en translation est égal le produit scalaire de la somme de vecteurs des forces $\sum \vec{F}_i$ et de vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$. $W_{A\to B}(\vec{F}) = \sum \vec{F}_i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



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 : $W_{A\to B}(\vec{P}) = \vec{P}.\overrightarrow{G_AG_B}$



Dans un **repère** $\mathcal{R}(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ (tel que Oz **dirigé vers le haut**) les **cordonnées** de $\vec{P}$ et $\overrightarrow{G_AG_B}$ sont : $\vec{P}\begin{cases} P_x = 0 \\ P_y = 0 \\ P_z = -mg \end{cases}$

et $\overrightarrow{G_AG_B}\begin{cases} x_B - x_A \\ y_B - y_A \\ z_B - z_A \end{cases}$ donc $W_{A\to B}(\vec{P}) = m.g.(z_A - z_B)$

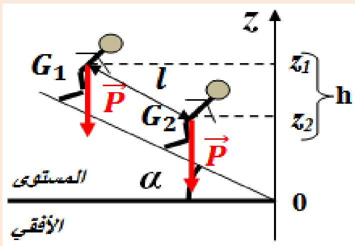
Remarque :

- 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 : $W_{A\to B}(\vec{P}) = m.g.(z_B - z_A)$

Exercice d'application (Ex 4 p 35 massar)

Un enfant de masse $m = 30\,Kg$ glisse sur un plan linéaire et incliné d'un angle $\alpha = 45°$ 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 $l = 4\,m$. On donne : $g = 10\,N.kg^{-1}$

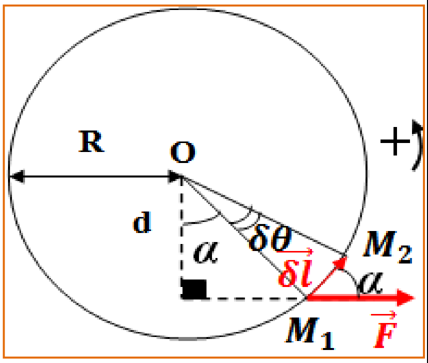
1- voir ci-contre.
2- On $W_{G_1\to G_2}(\vec{P}) = m.g.(z_1 - z_2) = m.g.h$
Et on a $\sin\alpha = \frac{h}{l}$ **alors** $W_{G_1\to G_2}(\vec{P}) = m.g.l.\sin\alpha$
Donc $W_{G_1\to G_2}(\vec{P}) = 30 \times 10 \times 4 \times \sin 45 = 848,53\,J$.



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 (Δ) perpendiculaire** avec sa **ligne d'action** est : $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = \pm F.d$

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** δW est :

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

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

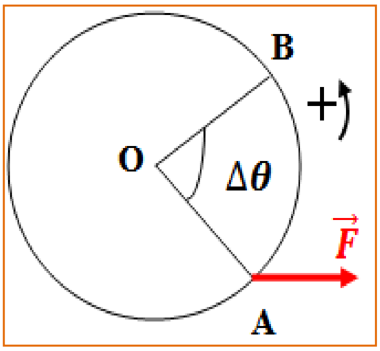
Donc $\delta W = F.R.\delta\theta.\cos\alpha = F.d.\delta\theta = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\delta\theta$

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

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

Puisque $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = Cte$ donc $W(\vec{F}) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\sum\delta\theta$

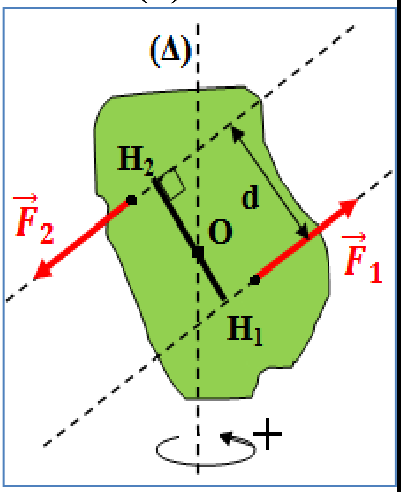
Avec $\sum\delta\theta = \Delta\theta$ alors $W(\vec{F}) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\Delta\theta$



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. $\underbrace{W(\vec{F})}_{J} = \underbrace{\mathcal{M}_\Delta(\vec{F})}_{N.m}.\underbrace{\Delta\theta}_{rad}$

5 – Travail d'un couple de moment constant :

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



Le **moment** d'un **couple de deux forces** par rapport à l'**axe de rotation (Δ) 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** : $\mathcal{M}_C = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1,\vec{F}_2) = \pm F.d$

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 (Δ)**, le **travail partiel** du **couple** est : $\delta W = \mathcal{M}_C.\delta\theta$ **.**

Pour une **rotation particulière** par un **angle $\Delta\theta$** d'un **corps solide** autour un **axe fixe (Δ)**, 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 : $W(\vec{F}) = \mathcal{M}_C.\Delta\theta$

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. $w \leftarrow P = \frac{W}{\Delta t} \begin{matrix}\rightarrow J \\ \rightarrow s\end{matrix}$

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 δW sur la durée δt infinitésimale nécessaire pour réaliser ce travail.

$$\mathcal{P} = \frac{\delta W}{\delta t} \implies \mathcal{P} = \vec{F}.\frac{\vec{\delta l}}{\delta t} \implies \mathcal{P} = \vec{F}.\vec{V}$$

Remarque :

- Puisque $\mathcal{P} = F.V.\cos\alpha$: La **puissance** est une **grandeur algébrique** , **son signe** dépend de **signe** de $\cos\alpha$ avec $\alpha = (\widehat{\vec{F},\vec{V}})$.
- 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 :** $\mathcal{P} = \sum \mathcal{P}_i = \sum \vec{F}_i.\vec{V}_i$

Et puisque le **corps** est en **translation,** alors $\vec{V}_i = \vec{V} = \overrightarrow{Cte}$

donc $\mathcal{P} = \left(\sum \vec{F}_i\right).\vec{V}$

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 : $\delta W = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\delta\theta$ donc $\mathcal{P} = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\frac{\delta\theta}{\delta t}$

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

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 para apport l'axe et la vitesse angulaire du corps.

$$\underbrace{\mathcal{P}}_{w} = \underbrace{\mathcal{M}_\Delta(\vec{F})}_{N.m}.\underbrace{\omega}_{rad.s^{-1}}$$