COURS :

2- Travail et puissance d'une force.

Activité I : Exercice (Rappel)

I- Notion de travail d'une force.

ACTIVITE II :

Une force appliquée à un solide peut avoir deux effets :

- Effet dynamique(mettre en mouvement un solide ou modifier ce mouvement).
- Effet statique (une force peut soit maintenir en équilibre un solide soit le déformé).

On dit qu'une force produit un travail mécanique si elle produit un effet observable . Généralement lorsque la force exercée sur un mobile a un effet sur la valeur de la vitesse du mobile, on dit qu'elle travaille.

II- Travail d'une force constante dans le cas d'une translation :

1)- La force constante.

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

Exemple : le poids d'un objet peut constituer une force constante dans certaines conditions.

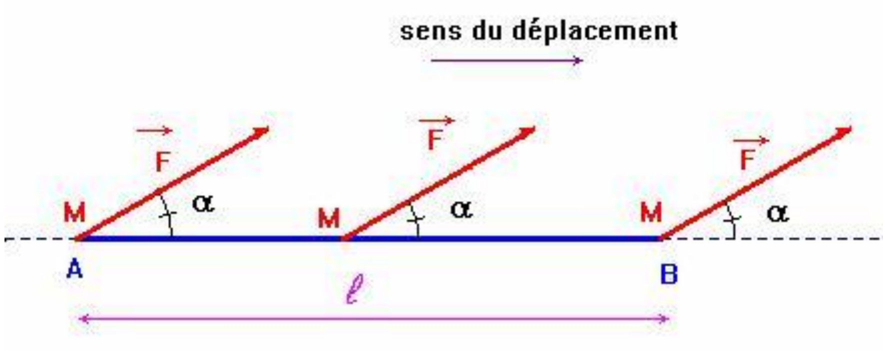
2)- Définition du travail dans le cas d'une translation rectiligne :

Le travail d'une force constante $\vec{F}$ dont le point d'application M se déplace de A à B sur le segment [AB] est égal au produit scalaire du vecteur force $\vec{F}$ par le vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$ .Son expression est : $W_{A\rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}$

$$W_{A\rightarrow B}(\vec{F}) = F \times AB \times \cos\left(\widehat{\vec{F},\overrightarrow{AB}}\right)$$

Dans le système international l'unité du travail est le joule (J).

APPLICATION :



Calculer le travail de la force constante $\vec{F}$ sachant que : F = 10 N, ℓ = 20 cm et α = 30 °.

$$W_{A\rightarrow B}(\vec{F}) = F \times AB \times \cos\left(\widehat{\vec{F},\overrightarrow{AB}}\right)$$

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = 10\times0,20\times\cos 30$$

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = 1,73\ J$$

-

3)- Le travail est une grandeur algébrique :

A partir de la définition, le signe du travail d'une force constant lors d'un déplacement $\overrightarrow{AB}$ dépend de la valeur du produit scalaire $\vec{F}.\overrightarrow{AB}$ est par conséquent du signe de l'angle $(\widehat{\vec{F},\overrightarrow{AB}})$

Exercice : Discuter le signe du travail $W_{A\to B}(\vec{F})$ selon la valeur de l'angle $\alpha = (\widehat{\vec{F},\overrightarrow{AB}})$

valeur de l'angle $(\widehat{\vec{F},\overrightarrow{AB}})$			
signe du travail $W_{A\to B}(\vec{F})$			

Conclusion :

- Si $W_{A\to B}(\vec{F}) > 0$: l'effet de la force favorise le mouvement, on dit que la force produit un travail moteur.
- Si $W_{A\to B}(\vec{F}) < 0$: l'effet de la force s'oppose au mouvement, on dit que la force produit un travail résistant.
- Si $W_{A\to B}(\vec{F}) = 0$: la force n'a pas d'effet sur le mouvement, on dit que la force ne travaille pas .

4)- Travail d'une force constante dans le cas d'une translation curviligne :

Lorsque le point d'application **M** d'une force constante $\vec{F}$ passe d'un point A_1 à un point A_n en décrivant une trajectoire curviligne, le déplacement n'est pas rectiligne donc on ne peut pas appliquer directement la formule donnant le travail. En revanche, on peut décomposer ce déplacement en une succession de déplacements suffisamment courts pour être considérés comme rectiligne $\overrightarrow{A_1A_2}$, $\overrightarrow{A_2A_3}$, $\overrightarrow{A_3A_4}$, $\overrightarrow{A_4A_5}$ ....

La somme des travaux de la force constante $\vec{F}$ s'écrit :

$$W_{A_1\to A_n}(\vec{F}) = W_{A_1\to A_2}(\vec{F}) + W_{A_2\to A_3}(\vec{F}) + W_{A_3\to A_4}(\vec{F}) + W_{A_4\to A_5}(\vec{F}) + \dots\dots$$

$$W_{A_1\to A_n}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{A_1A_2} + \vec{F}.\overrightarrow{A_2A_3} + \vec{F}.\overrightarrow{A_3A_4} + \vec{F}.\overrightarrow{A_4A_5} + \vec{F}.\overrightarrow{A_5A_6} +$$

$$W_{A_1\to A_n}(\vec{F}) = \vec{F}.(\overrightarrow{A_1A_2} + \overrightarrow{A_2A_3} + \overrightarrow{A_3A_4} + \overrightarrow{A_4A_5} + \overrightarrow{A_5A_6} + \dots\dots..)$$

$$W_{A_1\to A_n}(\vec{F}) = \vec{F}.(\overrightarrow{A_1A_n})$$

Conséquence : Le travail d'une force constante $\vec{F}$ ne dépend pas du chemin réellement suivi, mais uniquement des deux positions finale et initiale.

5)- Travail d'un ensemble de forces :

Soit un corps solide en mouvement de translation sous l'action d'un ensemble de forces $\overrightarrow{F_1}$, $\overrightarrow{F_2}$, $\overrightarrow{F_3}$ … dont les points d'application subissent le même déplacement $\overrightarrow{AB}$.

La somme des travaux de ces forces :

$$W_{A\to B}(\overrightarrow{F_1}) + W_{A\to B}(\overrightarrow{F_2}) + W_{A\to B}(\overrightarrow{F_3}) + \ldots\ldots = \overrightarrow{F_1}.\overrightarrow{AB} + \vec{F}_2.\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{F_3}.\overrightarrow{AB} + \ldots\ldots$$

$$W_{A\to B}(\overrightarrow{F_1}) + W_{A\to B}(\overrightarrow{F_2}) + W_{A\to B}(\overrightarrow{F_3}) + \ldots\ldots = (\overrightarrow{F_1} + \vec{F}_2 + \overrightarrow{F_3} + \ldots\ldots).\overrightarrow{AB}$$

$$W_{A\to B}(\overrightarrow{F_1}) + W_{A\to B}(\overrightarrow{F_2}) + W_{A\to B}(\overrightarrow{F_3}) + \ldots\ldots = \sum \vec{F}_i.\overrightarrow{AB}$$

avec $\sum \vec{F}_i = \overrightarrow{F_1} + \vec{F}_2 + \overrightarrow{F_3} + \ldots\ldots$ la résultante des forces appliquée.

Conclusion : La somme des travaux des forces appliquée à un corps solide en mouvement de translation est égale au travail de leur résultante

Conséquence : Au cours d'un mouvement rectiligne si la résultante des forces appliquées est nulle alors la somme des travaux est nulle, et le mouvement dans ce cas est rectiligne uniforme.

III- Le travail du poids d'un corps :

1) Le poids est une force constante :

La grandeur intensité de pesanteur g dépend de l'altitude et de la latitude, mais sur une zone étendue à quelques kilomètres de la surface de la terre on peut la considérer comme constante $g = c^{te}$ et par conséquent le vecteur poids $\vec{P}$ est une force constante.

2) Expression simplifiée du travail du poids d'un corps :

Le poids est une force constante. Le travail du poids ne dépend pas du chemin suivi.

Dans un repère orthonormé dont l'axe (Oz) est vertical et orienté vers le **haut**, on exprime les coordonnées du poids $\vec{P}\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -P \end{pmatrix}$ et du vecteurs déplacement du centre de gravité $\overrightarrow{AB}\begin{pmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \\ z_B - z_A \end{pmatrix}$

$$W_{A\to B}(\vec{P}) = \vec{P}.\overrightarrow{AB} = 0 \times (x_B - x_A) + 0 \times (y_B - y_A) + (-P \times (z_B - z_A))$$

$$W_{A\to B}(\vec{P}) = P \times (z_A - z_B) = mg \times (z_A - z_B)$$

Conclusion : Lorsque le centre de gravité **G** d'un corps passe d'un point **A** à un point **B**, le travail du poids ne dépend que de l'altitude z_A du point de départ et de l'altitude z_B du point d'arrivée :

- Si $z_A > z_B$, l'altitude du point **G** a diminué : le travail du poids est moteur.
- Si $z_A < z_B$, l'altitude du point **G** a augmenté : le travail du poids est résistant.
- Si $z_A = z_B$, l'altitude du point **G** n'a pas changé : le travail du poids est nul.

Remarque : Pour déterminer la valeur du travail du poids, on peut en posant $h = |z_A - z_B|$ utiliser l'une des relations suivantes :

- $W_{A\to B}(\vec{P}) = mgh$: si le bilan final du déplacement est une descente.

- $W_{A \to B}(\vec{P}) = -mgh$: si le bilan final du déplacement est une montée

IV - Travail d'une force de moment constante dans le cas d'une rotation :

1) - Mise en évidence :

On soulève une lourde charge avec un treuil dont les rayons de la poulie sont r et R sous l'action de la force motrice $\vec{F}$.
La force motrice $\vec{F}$ déplace son point d'application sur le trajet AB.
On soulève une lourde charge avec un treuil dont les rayons de la poulie sont r et R sous l'action de la force motrice $\vec{F}$.
La force motrice $\vec{F}$ déplace son point d'application sur le trajet AB.

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

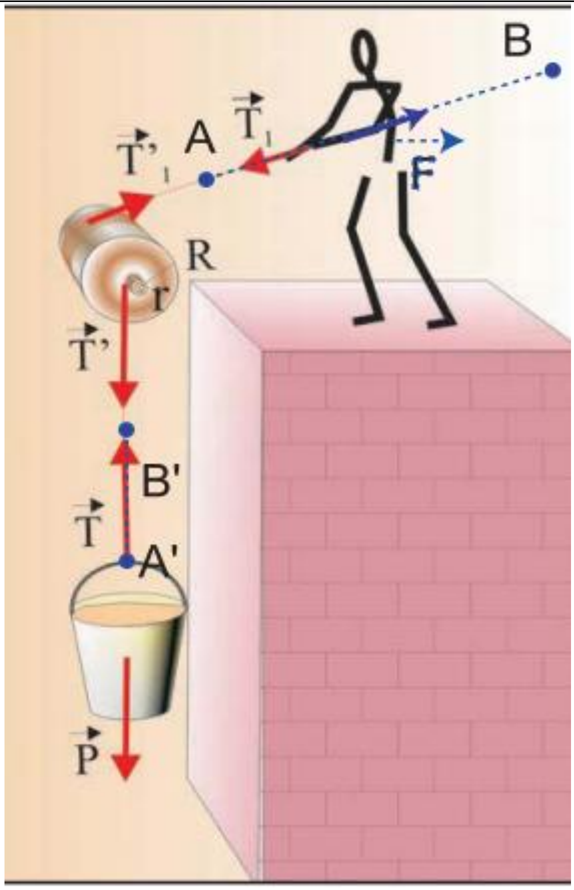
$$W_{A \to B}(\vec{F}) = F \times AB \times \cos(\widehat{\vec{F},\overrightarrow{AB}})$$

$$= F \times AB \times \cos 0 = F \times AB$$

Tous les points de la surface du treuil ayant tourné d'un même angle , on peut écrire AB = R θ d'où : $W_{A \to B}(\vec{F}) = F \times R \times \theta$

Or : l'expression du moment de la force $\vec{F}$ est : $\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}) = F \times R$

soit alors : $W_{A \to B}(\vec{F}) = \mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}) \times \theta$



2) Définitions :

- Le travail d'une force $\vec{F}$ de moment constant $\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F})$ agissante sur un corps en mouvement de rotation, est égal au produit du moment constant $\mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F})$ par l'angle de rotation θ, son expression est : $W_{A \to B}(\vec{F}) = \mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}) \times \theta$.
- Le travail d'un couple de force de moment constant $\mathcal{M}_C$ agissante sur un corps en mouvement de rotation, est égal au produit du moment constant $\mathcal{M}_C$ par l'angle de rotation θ, son expression est : $W_C = \mathcal{M}_C \times \theta$.

V- Puissance d'une force :

1)- Introduction :

Exemple : Pour arriver le premier le cycliste au moment d'un sprint développe une certaine puissance, car le plus puissant cycliste doit effectué le travail le plus rapidement possible.

La grandeur puissance, relie la notion de travail à la notion de durée.

2)- Puissance moyenne :

Par définition : la puissance moyenne $\mathcal{P}_m$ d'une force $\vec{F}$ sur le trajet AB est égale au quotient du travail $W_{A \to B}(\vec{F})$ par la durée Δt du déplacement : $\mathcal{P}_m = W_{A \to B}(\vec{F}) / \Delta t$

L'unité légale de puissance est le watt symbole W.

3)- Puissance instantanée :

La puissance instantanée **P** (t) d'une force $\vec{F}$ sur le trajet **AB**, est évaluée en considérant le petit travail effectué pendant une courte durée Δt encadrant la date considérée t.

- On peut écrire dans le cas d'une translation : **P** (t) = $W_{A\to B}(\vec{F})\ /\ \Delta t = \vec{F}.\overrightarrow{AB}\ /\ \Delta t$.
  En assimilant le rapport $\overrightarrow{AB}\ /\ \Delta t$ au vecteur vitesse instantanée $\overrightarrow{V(t)}$, la puissance instantanée peut s'écrire : **P** (t) = $\vec{F}\,.\,\overrightarrow{V(t)}$ avec : **P(t)** en watt (W), **F** en newton (N) et v en mètre par seconde (m .s^{-1}).
- On peut écrire dans le cas d'une rotation : **P** (t) = $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) \times \theta\ /\Delta t = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) \times \omega$
  ou dans le cas d'un couple : **P** (t) = $\mathcal{M}_C \times \omega$