TRAVAIL D'UNE FORCE

Source : **Lydie Germain**, professeur au Lycée Clémenceau de Reims. http://fizik.chimie.lycee.free.fr/

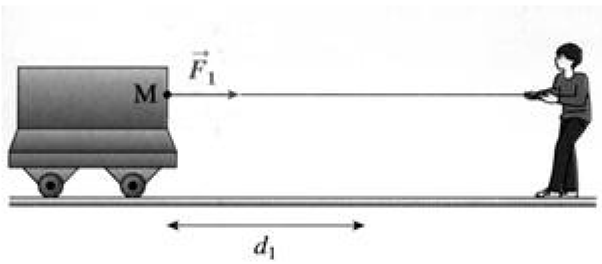
Objectifs:

Connaître quelques effets sur un solide de forces dont le ou les points d'application se déplacent.
Exprimer et calculer le travail d'une force constante.
Savoir que le travail d'une force constante effectué entre deux points A et B est indépendant du chemin parcouru.

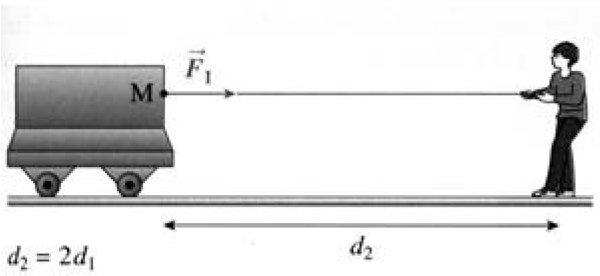
Notion de travail

Force parallèle au déplacement

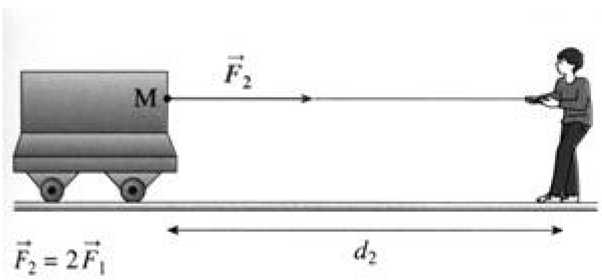
Un homme tire un wagonnet sur une distance donnée en exerçant sur lui une force constante.
On considère les trois cas suivants



Document 1



Document 2



Document 3

1°/ L'effort fourni par l'homme est-il le même dans les trois cas ?

L'effort est plus intense dans le cas 2 que dans le cas 1 car, à force exercée constante, le déplacement est plus grand dans le cas 2.
L'effort est plus intense dans le cas 3 que dans le cas 2 car, à déplacement constant, la force exercée est plus grande dans le cas 3.

2°/ Parmi les grandeurs suivantes :
- Valeur de la force
- Longueur du déplacement
- Quotient de la valeur de la force par la longueur du déplacement
- Produit de la valeur de la force par la longueur du déplacement

Quelle est celle qui semble le mieux caractériser l'effort fourni ? Justifier.

F ne convient pas car l'effort n'est pas le même dans les cas 1 et 2.
D ne convient pas car l'effort n'est pas le même dans les cas 2 et 3.
F/d ne convient pas car l'effort n'est pas le même dans les cas 1 et 3.
F.d caractérise le mieux l'effort fourni car

$$F_2.d_2 > F_1.d_2 > F_1.d_1$$

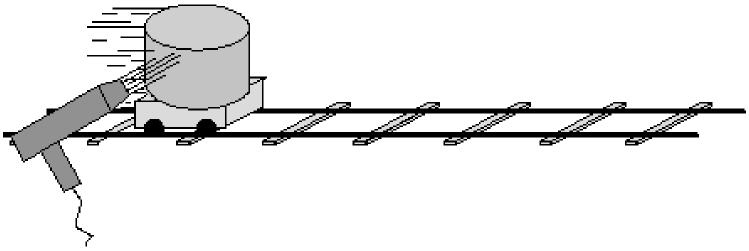
Dans les trois cas, le point d'application de la force considérée se déplace.
La force contribue au mouvement du wagonnet.
Nous dirons que la force travaille.

3°/ Proposer une expression pour le travail de la force exercée par l'homme qui tire le wagonnet.

L'expression du travail de la force $\vec{F}$ *exercée par l'homme qui tire le chariot est F.d*

Force de direction quelconque par rapport au déplacement

On désire pousser un petit wagon avec l'air expulsé par un sèche-cheveux.



1°/ Faut-il toujours « pousser » le wagon sur la même distance pour lui faire prendre une vitesse donnée ? Cela dépend-t-il de la façon dont on oriente le sèche-cheveux ?

Pour que le wagon prenne une vitesse donnée, il ne faut pas toujours agir sur la même distance, cela dépend de l'orientation du sèche-cheveux donc de la direction de la force.

2°/ Comparer l'efficacité de la force qui agit sur le mouvement du wagon en fonction de sa direction et de son sens.

2.1. Y a-t-il une ou des directions particulièrement inefficaces pour agir sur la vitesse du wagon ?

Lorsque l'on agit perpendiculairement au déplacement, cela n'a aucun effet.

2.2. Quelles sont les directions les plus efficaces pour accélérer le wagon et pour le freiner ?

Pour accélérer le wagon, il faut agir dans la même direction et le même sens que le déplacement.
Pour freiner le wagon, il faut agir dans la même direction et en sens contraire du déplacement.

3°/ Dans quel cas diriez vous qu'un travail est moteur ? Résistant ? Nul ?

Un travail est moteur s'il produit un déplacement
Un travail est résistant s'il s'oppose au déplacement
Un travail est nul s'il ne modifie pas le déplacement.

4°/ Parmi les relations proposées ci-dessous pour définir le travail qu'une force constante de valeur F effectue sur un mobile au cours d'un déplacement rectiligne de longueur D, quelle est celle qui vous parait la mieux convenir et pourquoi ? On note a l'angle entre $\vec{D}$ et $\vec{F}$.)

$W = F.D$	$W = F.D.\sin\alpha$	$\boxed{W = F.D.\cos\alpha}$	$W = F.D.\alpha$

Le travail est nul quand $\alpha = 90^o$ *et comme* $\cos 90^o = 0$ *et* $\sin 90^o = 1$.

Travail d'une force constante pour un déplacement rectiligne

Définition

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 $\vec{AB}$.

$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}.\vec{AB} = F.AB\cos(\vec{F},\vec{AB})$	$W_{AB}(\vec{F})$ Travail en joule (J) F valeur de la force en (N) AB déplacement en (m) $(\vec{F},\vec{AB}) = \alpha$ angle entre $\vec{F}$ et $\vec{AB}$

Pour force $\vec{F}$ non nulle , $W_{AB}(\vec{F})$ est nul si

AB = 0 (le point d'application de la force ne se déplace pas)

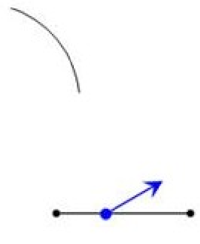
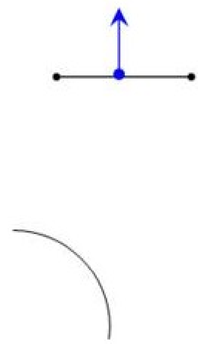
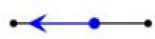
$(\vec{F},\overrightarrow{AB})=\alpha=90^{\circ}$ (la direction de la force est perpendiculaire au déplacement)

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

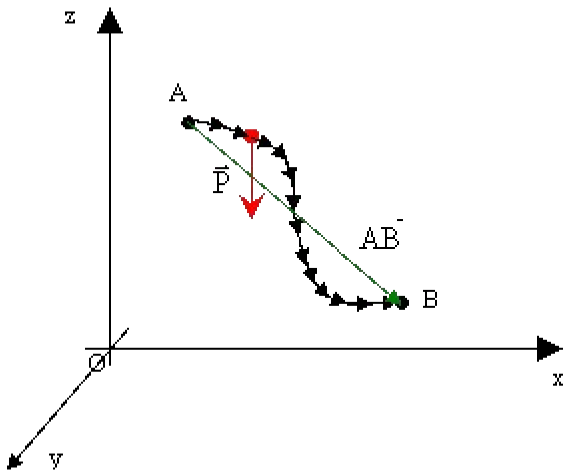
Les différents cas

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

Force constante et déplacement quelconque

Travail du poids

Travail du poids et déplacement



Lorsque le centre de gravité d'un objet passe d'un point A à un point B en décrivant une trajectoire courbe, on peut considérer que cette courbe est une succession de petits déplacements
$AM_1, \ldots, M_iM_{i+1}, \ldots, M_nB$.
Le travail du poids $\vec{P}$ de l'objet pour un petit déplacement est $W_{(MiMi+1)}(\vec{P})=\vec{P}.\overrightarrow{MiM}_{i+1}$.
Le travail du poids de l'objet entre A et B est .

$$W_{AB}(\vec{P}) = \sum_{A}^{B} \vec{P} \bullet \overrightarrow{M_iM_{i+1}} = \vec{P} \bullet \sum_{A}^{B} \overrightarrow{M_iM_{i+1}}$$

$\sum_{A}^{B} \overrightarrow{M_iM_{i+1}} = \overrightarrow{AB}$, donc $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P}.\overrightarrow{AB}$

Conclusion :
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 est donné par $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P}.\overrightarrow{AB}$

Travail du poids et variation d'altitude

Le poids étant une force verticale, le produit scalaire $\vec{P}.\overrightarrow{AB}$ 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 $\vec{v}_1.\vec{v}_2 = x_1x_2 + y_1y_2 + z_1z_2$
On a $\vec{P}(0,0,-P)$ et $\overrightarrow{AB}(x_B - x_A, y_B - y_A, z_B - z_A)$.
Donc $W_{AB}(\vec{P}) = -P(z_B - z_A) = P(z_A - z_B)$

Un autre, $W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P}.\overrightarrow{AB} = P.AB\cos(\vec{P}, \overrightarrow{AB})$ et $\cos(\vec{P}, \overrightarrow{AB}) = \frac{h}{AB} = \frac{z_A - z_B}{AB}$ donc

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

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.

Généralisation : Le travail $W_{AB}(\vec{F})$ d'une force constante $\vec{F}$ lors d'un déplacement quelconque de son point d'application de A vers B est égale au produit scalaire de la force $\vec{F}$ par le vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$: $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}$

Travail d'un ensemble de forces constantes

Soit un solide en translation soumis à plusieurs forces. Les points d'applications de chaque force subissent le même déplacement $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}_1.\overrightarrow{AB} + \vec{F}_2.\overrightarrow{AB} + ... = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + ...).\overrightarrow{AB}$. La somme des travaux de ces forces s'écrit soit $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}$ avec $\vec{F}$ la résultante des forces.

Pour un solide en translation, soumis à un ensemble de forces, la somme des travaux des forces appliquées est égale au travail de leur résultante.