

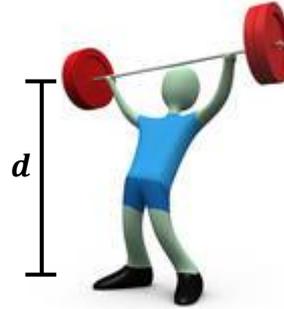
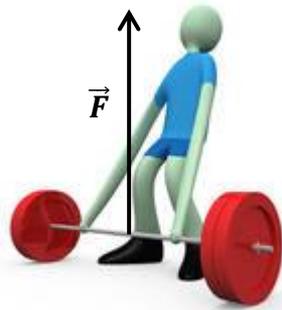
4 Travail d'une force

4.1. Principe

En physique le terme « travail » n'a pas le même sens que dans la vie quotidienne.

Le travail intellectuel n'est pas un travail au sens physique.

En physique, il faut une force et un déplacement si un **travail mécanique** est effectué.



Dans le chapitre des machines simple on a constaté chaque fois que le produit $F \cdot d = P \cdot h$.
Il semble donc logique de définir

$$\text{Travail } W = \text{Force } F * \text{Chemin } d$$

Mais pour énoncer une définition précise, il faut clarifier quelle force (sens, direction), quel chemin (direct, détour,...) quel signe et unité on attribue au travail mécanique.



\vec{F}_1 = force de la mère sur le chariot

= poids des achats

= force de l'enfant sur la mère

$W(\vec{F}_1)$ = travail moteur >0

= travail nul car force perpendiculaire au déplacement

= travail résistant <0

4.2. Définition : Le travail d'une force

a) Force parallèle au mouvement



Si une force constante \vec{F} , déplace son point d'application d'une distance x parallèle à \vec{F} , elle effectue un travail W (anglais : work)

$$W = F \cdot x$$

unité : $[W] = [F] \cdot [d] = \text{N} \cdot \text{m} \stackrel{\text{def}}{=} \text{J}$ (Joule)

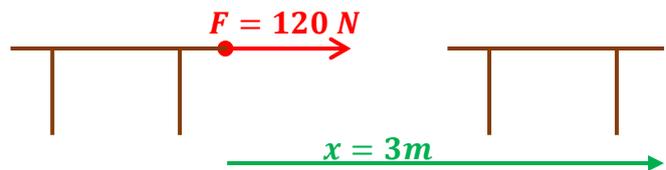
Si F a même sens que x : $W > 0$ (travail moteur)

Si F est opposé à x : $W < 0$ (travail résistant)

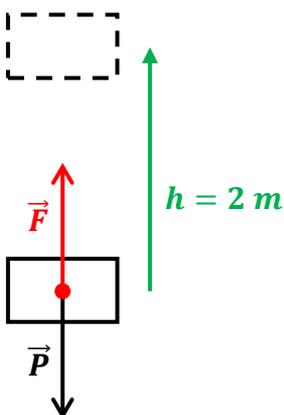
Simple Physics : <https://www.youtube.com/watch?v=hfupP7zADrQ>

Exemples :

1) Pour déplacer une table de 3 m on applique une force de 120 N.
Le travail effectué est de :



2) Quel est le travail effectué pour soulever un fardeau ($m = 5 \text{ kg}$) d'une hauteur de 2 m ?



b) Force perpendiculaire

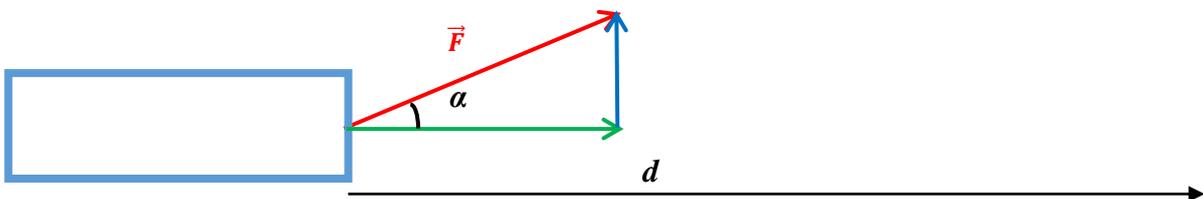
Une force perpendiculaire au déplacement n'effectue pas de travail.

p.ex. Réaction sans frottement

Poids sur trajet horizontal

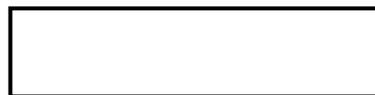
c) Force incliné par rapport au déplacement

Seul la composante parallèle \vec{F}_{\parallel} de la force motrice \vec{F} effectue un travail.



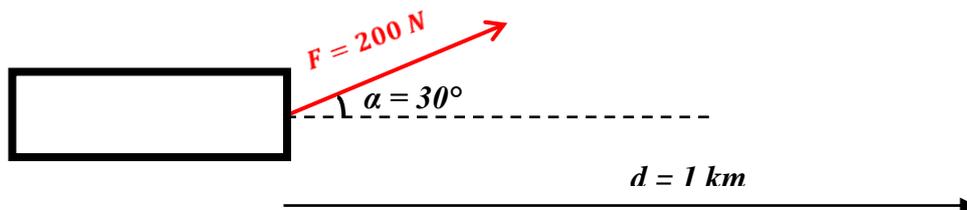
Dans ce cas :

Lorsqu'une force constante \vec{F} , dont la direction fait un angle α avec la direction du déplacement, est appliquée sur une distance d , elle effectue le travail W :

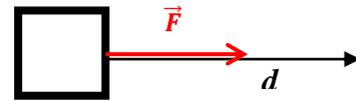


Exemples :

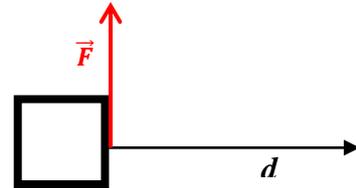
1) On tire un bloc en bois avec une force de 200 N pendant une distance de 1 km. L'angle entre la direction de la force et la direction du déplacement est de 30° .



2) Si la force est parallèle au déplacement, l'angle $\alpha =$ et le travail effectué est :



3) Si la force est perpendiculaire au déplacement, l'angle $\alpha =$ et le travail effectué est :

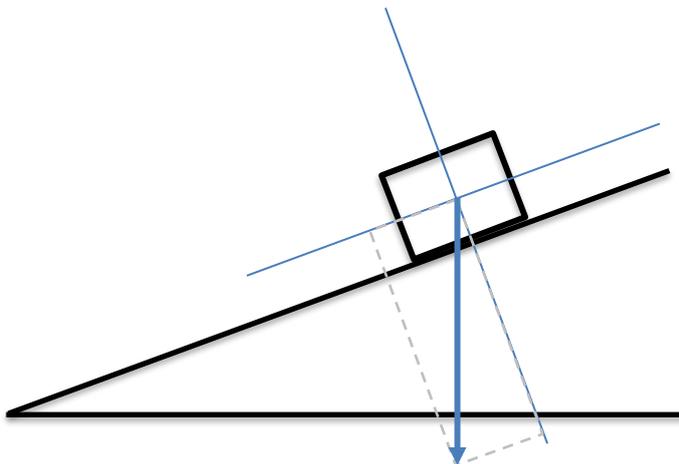


4) Exemple plan incliné :

a) Quelle force travaille lors de la montée? $m=5\text{kg}$ (1 :100)

b) Que vaut le travail de la force de traction \vec{F} ?

c) Que vaut le travail du poids \vec{P} ?



4.3. La règle d'or de la mécanique

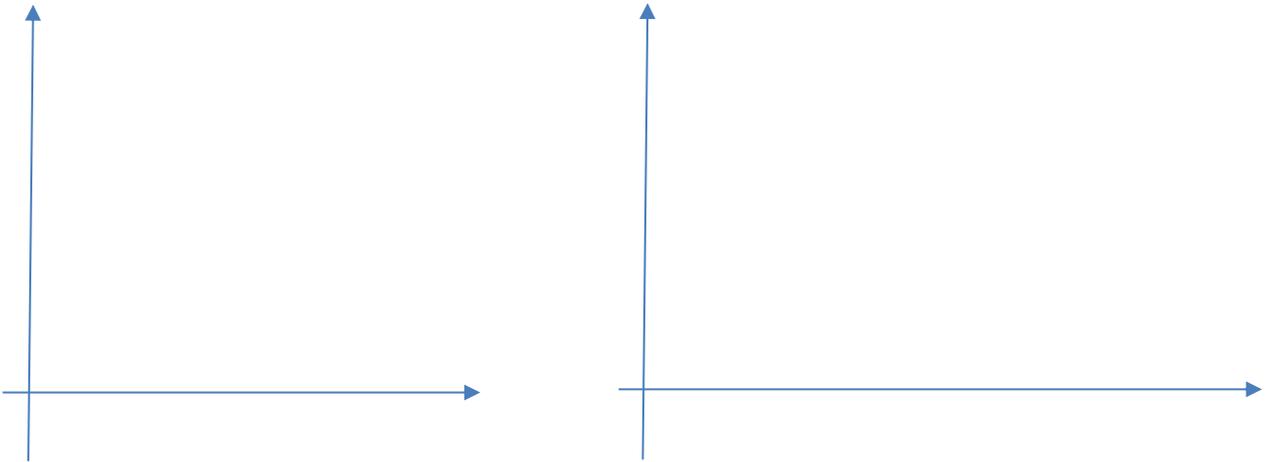
Pour économiser des forces, il faut parcourir un chemin plus long.

Pour réduire le chemin sur lequel une force s'applique, il faut augmenter l'intensité de la force. Le travail $W= F \cdot d = \text{constant}$.

Le produit de la force par le chemin parcouru, donc le travail effectué, est constant (sans frottement).

4.4. Diagramme de Travail

Méthode graphique pour force parallèle constante ou variable



4.5. Différents types de travaux

a) Travail de levage (= - Travail du poids)

$$W = m \cdot g \cdot h$$

Si on soulève un corps d'une masse de 102g (p.ex. chocolat avec emballage) d'une hauteur de 1m.

$$W = \quad \quad \quad = 1 \text{ J.}$$

Noter que la valeur nutritionnelle s'exprime aussi en J.
Pour 100g de chocolat on a 2400kJ.



Question: Le rendement musculaire correspond au rapport du travail mécanique musculaire par rapport à la valeur en énergétique consommée et vaut env. 15 à 20%. Sur combien d'étages de 3m vous pouvez monter avec le travail musculaire disponible d'une *tablette de chocolat*.

b) Travail d'accélération

Le travail sert à augmenter la vitesse d'un corps

c) Travail de déformation (ou tenseur)

Le travail sert à déformer ou tendre un corps. (ex. ressort, élastique, arc)

d) Travail de frottement

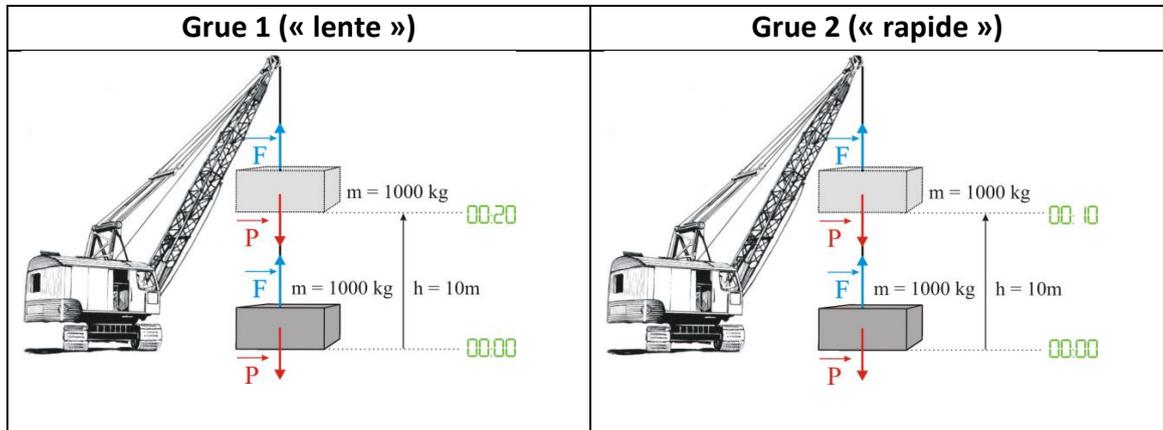
Le travail sert à déplacer un corps sur un support et produit de la chaleur

5 Puissance mécanique

5.1. Définition de la puissance mécanique

Exemple :

Sur un chantier, une grue monte des matériaux de construction de 1000 kg de 10 m en 20 s. Un modèle plus récent est capable de réaliser la même tâche en 10 s. (on prendra $g = 10 \text{ N/kg}$). On dit que la 2^e grue est plus « puissante » si sa « vitesse de travail » est plus élevée.



Définition :

La puissance P est le quotient du travail effectué W par le temps nécessaire t .

$$P = \frac{W}{t}$$

Unités: W en J, t en s et P en $\text{J/s} = \text{W}$ (Watt)

Simple physics : <https://www.youtube.com/watch?v=A12cWikDrsc>

Application : Calculer le travail et la puissance pour les 2 grues indiquées.

Remarque:

1. Ne pas confondre l'unité: W (Watt) et la grandeur W (travail)!! De même distinguer le poids \vec{P} et la puissance P .
2. S'il y a plusieurs possibilités on doit indiquer la force F pour laquelle on calcule le travail resp. la puissance. Si on considère le signe : $W(\vec{F}) = -W(\vec{P})$

Expérience 1:

Travail et puissance de levage d'un moteur électrique (différentes tension en Volt)

Expérience 2:

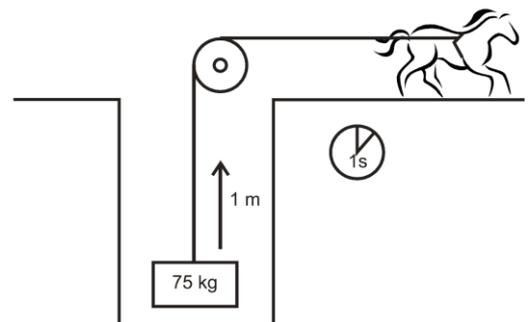
Travail et puissance de pompage d'une pompe à eau (différentes hauteur de pompage)

Expérience 3 :

Travail et puissance de levage lors d'un sprint dans l'escalier (2 élèves de masses différentes)

Cheval vapeur (CV) = Pferdestärke (PS)

Pour montrer la supériorité de sa machine à vapeur par rapport au cheval, **James Watt** a mesuré qu'un cheval pouvait soulever lors d'un effort continu une charge de 75 kg au rythme de un mètre en une seconde. En utilisant $g=9,81\text{N/kg}$ on obtient : **1PS = 1CV = 736 W**



5.2. Relation entre puissance, force et vitesse.

Si un mobile se déplace à la vitesse v sous l'effet d'une force motrice F (qui s'oppose aux forces de frottements), la puissance mécanique s'écrit:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot x}{t} = F \cdot v$$

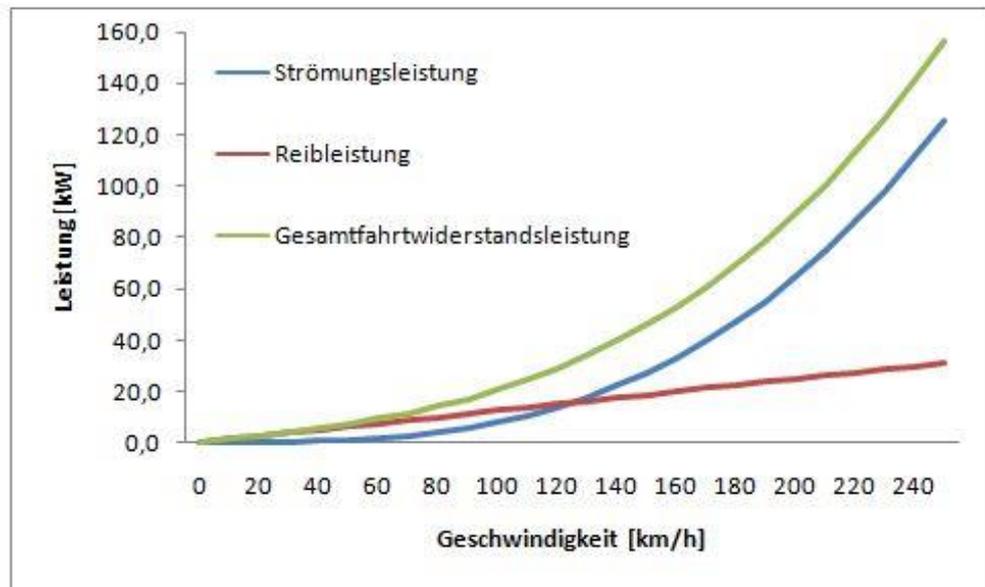
Unités: F en N, v en m/s et P en W

En effet le quotient trajet x sur temps t correspond à la vitesse v en m/s.

Conversion d'unités: $1\text{km/h} = \frac{1}{3,6}\text{ m/s}$ et $1\text{m/s} = 3,6\text{ km/h}$

5.3. Puissance de voitures et rendement

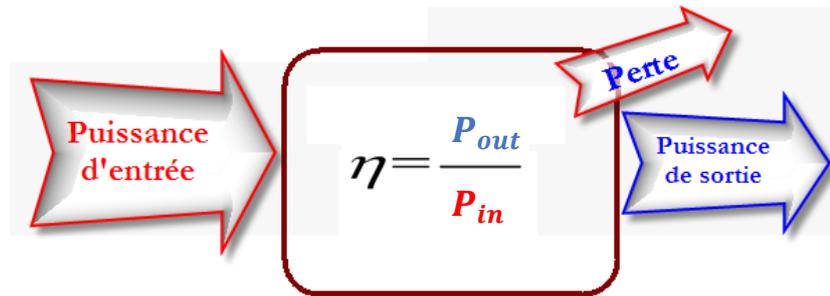
Voici une discussion fortement simplifiée de la puissance d'une voiture, souvent indiquée en cheval-vapeur (CV, PS). Les valeurs exactes dépendent bien sûr de la masse, la forme (aérodynamique, porte-bagages sur le toit,...), condition de la route. Le diagramme permet néanmoins d'avoir une idée des ordres de grandeurs pour des voitures „moyennes“



- „Strömungsleistung“ correspond à la puissance des forces de frottement résultant du contact entre la voiture et l'air (→ résistance de l'air)
- „Reibleistung“ correspond à la puissance des forces de frottement résultant du contact entre les pneus et le sol. Elle est surtout due aux déformations des pneus illustrées ci-contre.
- La troisième courbe représente la somme et indique que la puissance requise (et la consommation d'essence) augmente fortement avec la vitesse.
- Dans le diagramme on n'a pas tenu compte du rendement (Wirkungsgrad) de la voiture. En effet la puissance indiquée dans le diagramme vaut approx. 25% de la puissance dégagée lors de la combustion. Le reste est perdu surtout sous forme de chaleur.



Le rendement η



Le rendement η (êta) d'une machine est défini par le quotient de la puissance utile fournie par la machine P_{out} divisée par la puissance totale consommée par la machine P_{in} . Le rendement est sans unité et ne peut être supérieur à 1. On l'exprime souvent en %

Exemples :

1) Pour un moteur à essence $\eta=0,25 = 25\%$ signifie que 75% de la puissance sont dissipés sous forme de chaleur.

2) Que vaut la puissance de cette voiture (exprimée en ch) ? [163 ch]

A	Numéro d'immatriculation	19781	K	N° de réception	e1*2009/18*0287*09	S	Nombre de places	S.1 avant	S.1 arrière	S.2 debout
E	VIN		J	Catégorie	VOITURE (M1)	L	Nombre d'essieux	simples	tandem	tridem
Proj			D.1	Marque	BMW	(Z.6)	Dimensions des pneus	essieu 1	essieu 2	essieu 3
C.2.	G	Masse en service			1425 kg	S	Masse en service			
C.2.	P.1	Cylindrée			1995 cm ³	P.1	Cylindrée			
C.2.	P.2	Puissance			120 kw	P.2	Puissance			
Dét	P.3	Carburant			DIESEL	F	Carburant			
C.3.						Q	Puissance fiscale			
C.3.3						Dates de référence				
	CP-Localité	XXXXXXXXXX	(Z.5)	point d'attelage	75 kg	B	1 ^{re} mise en circu.	25.10.2006		
						I	Immatriculation	22.10.2009		
						H	Expiration certificat			

3) Quelques puissances :

Mécanisme d'une montre	0,001 W
Homme en travail continu	70 W
Homme en puissance maximale	1400 W
Auto de classe moyenne	60 kW
Camion	320 kW
Train (TGV)	7 MW
Centrale nucléaire	1 GW
Fusée lunaire	70 GW