



UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA

FACULTE DES SCIENCES DE LA TERRE

DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

UET1, Matière : Physique



Enseignante : A. HARAT

e-mail : aharat@gmail.com

Cours 3 :

Le travail et l'énergie

العمل و الطاقة

Année universitaire 2021 / 2022

Semestre 1

Semestre 1

- **CHAPITRE 1 : Notions générales et unités de mesure** : le système international SI
- **CHAPITRE 2 : Les forces et la statique des solides** : forces et forces statiques :
équilibre, composition décomposition ; Polygone des forces et polygone funiculaire ;
Statique analytique ; La statique des solides : les conditions d'équilibre des corps
solides (analytiquement et graphiquement) pour différentes forces.
- **CHAPITRE 3 : Le travail et l'énergie** : la quantité de mouvement, travail, énergie
cinétique, énergie potentielle, énergie mécanique totale.
- **CHAPITRE 4 : Vibration et ondes** : Vibration, ondes, périodes et forces d'inertie.



Travail d'une force

عمل قوة

Au sens commun « travailler » c'est déplacer des forces (pousser une brouette, soulever des tubes, fileter, percer un mur...) c'est aussi le sens physique du travail :

Joule : J

$$W = F \cdot d$$

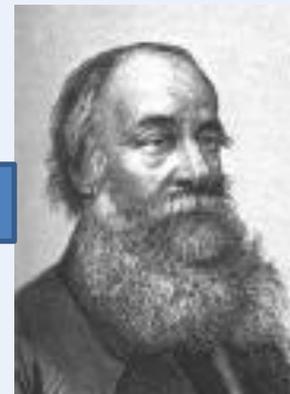
Pour déplacer une force F de 1 Newton d'une distance d de 1m, on effectue un travail W de 1 Joule.

Le Joule est l'unité légale du travail et est égal à 1 N.m.

Dans cette formule la force et le déplacement ont la même direction

Pour effectuer un travail, il faut de l'énergie,
en effectuant le travail, on consomme de l'énergie,
on consomme autant d'énergie que l'on a effectué de travail.

L'énergie et le travail ont donc la même unité, le Joule (J)



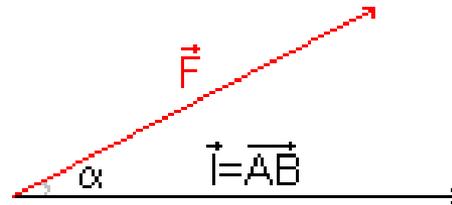
James Prescott JOULE
(1818 – 1889)

CHAPITRE 3 : Le travail et l'énergie

De façon générale si la force fait un angle α avec le déplacement alors le travail est le produit scalaire de la force par le déplacement :

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB}$$

$$W_{AB}(\vec{F}) = F \cdot AB \cdot \cos(\alpha)$$



W_{AB} travail (joule) ; AB (déplacement (m))

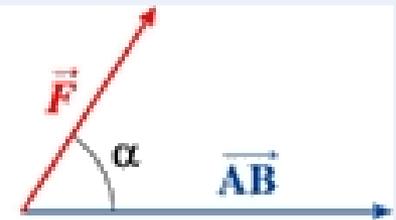
Une force ne travaille pas si:

- Son point d'application ne se déplace pas ($AB=0$).
- Sa direction est perpendiculaire au déplacement ($\alpha=90^\circ$).

عمل محرك

Travail moteur

$W > 0$



عمل مقاوم

Travail résistant

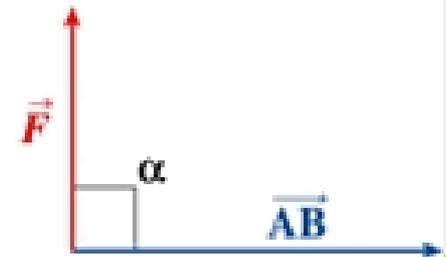
$W < 0$



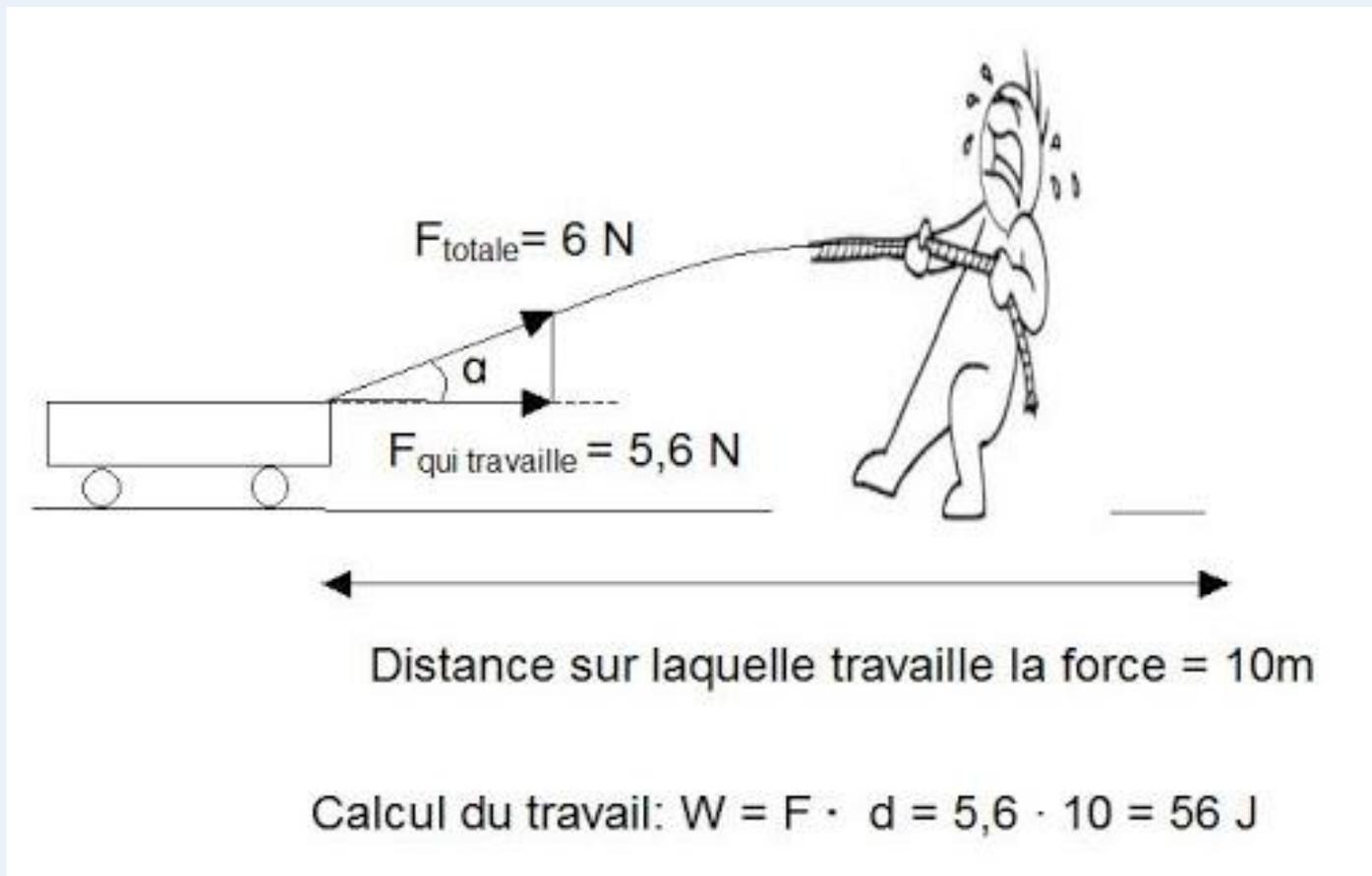
عمل معدوم

Travail nul

$W = 0$



CHAPITRE 3 : Le travail et l'énergie



Exemples de travail moteur et travail résistant

The diagram shows a block on an inclined plane starting from point O and moving towards point A. The displacement vector is \vec{OA} . The angle of the incline with the horizontal is $\alpha = 30^\circ$. The angle between the force vector \vec{F} and the displacement vector \vec{OA} is $\beta = 60^\circ$. Other forces shown are weight \vec{P} acting vertically downwards, reaction force \vec{R} acting perpendicular to the incline, and velocity \vec{V} acting up the incline. A coordinate system with unit vectors \vec{i} and \vec{j} is shown at point O.

Travail moteur عمل محرك

$(\vec{F}, \vec{OA}) = -60^\circ$ aigu avec $\cos(-60^\circ) = +0,50$

$(\vec{P}, \vec{OA}) = +120^\circ$ obtus avec $\cos(120^\circ) = -0,50$

(\vec{R}, \vec{OA}) obtus avec $\cos(\vec{R}, \vec{OA}) < 0$

Travail résistant عمل مقاوم

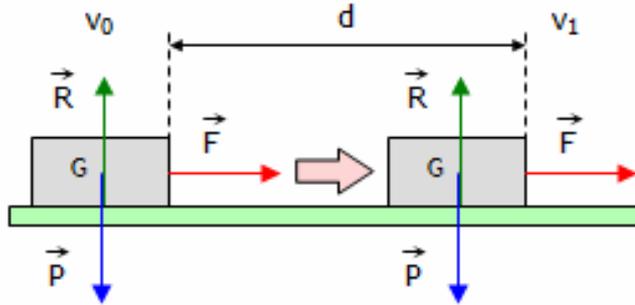
Théorème de l'énergie cinétique

La variation de l'énergie cinétique $E_{cB} - E_{cA}$, entre deux positions A et B d'un solide, dans un référentiel donné, est égale à la somme $\sum W_{AB}(\vec{F})$ des travaux des forces appliquées au solide :

$$E_{cB} - E_{cA} = \frac{1}{2} \times m \times v_B^2 - \frac{1}{2} \times m \times v_A^2 = \sum W_{AB}(\vec{F})$$

Un objet de masse m se déplace sur une trajectoire rectiligne à la vitesse v_0 .

Tracté par la **force motrice** \vec{F} , il est accéléré pendant un certain temps et sa vitesse devient v_1 .



On applique le théorème de l'énergie cinétique entre l'instant t_0 (la vitesse est v_0) et l'instant t_1 (la vitesse est v_1).

$$E_{c1} - E_{c0} = W(\vec{P}) + W(\vec{R}) + W(\vec{F})$$

Le **poids** \vec{P} et la **réaction** du sol \vec{R} sont perpendiculaires au déplacement donc $W(\vec{P}) = 0$ et $W(\vec{R}) = 0$.

$$E_{c1} - E_{c0} = W(\vec{F})$$

Le travail de la force \vec{F} est **moteur** (> 0).

$$\frac{1}{2} m \times v_1^2 - \frac{1}{2} m \times v_0^2 = F \times d$$

| Grandeur | | Unité | |
|--------------|-----------------------------|---------|-------|
| Symbole | Nom | Symbole | Nom |
| E_c | énergie cinétique | J | joule |
| $W(\vec{F})$ | travail de la force motrice | J | joule |

L'énergie potentielle

الطاقة الكامنة

énergie potentielle de pesanteur

L'énergie potentielle d'un solide dépend de sa masse, de l'accélération de la pesanteur et de la hauteur de chute libre.

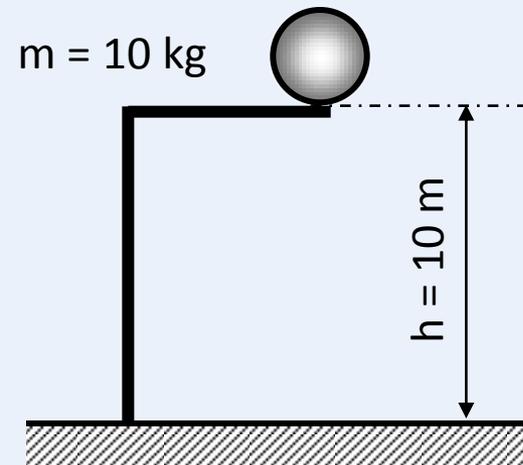
$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Diagram illustrating the formula $E_p = m \cdot g \cdot h$ with units in boxes:

- E_p is associated with **Joules (J)**.
- m is associated with **kg**.
- g is associated with **m/s²**.
- h is associated with **m**.

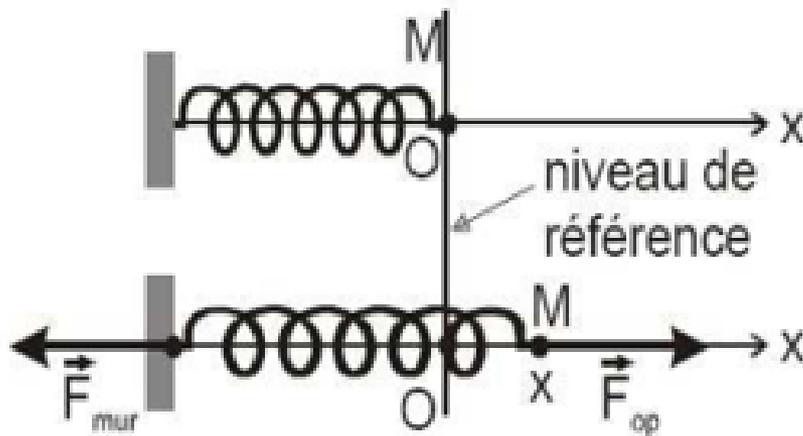
Exemple :

$$E_p = 10 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ m} = \underline{981 \text{ J}}$$



énergie potentielle élastique

Cas d'un ressort



L'énergie potentielle d'un ressort de raideur K tendu ou comprimé d'une longueur x (repéré à partir du niveau de référence lequel correspond à son état libre) est :

$$\text{joule (J)} \leftarrow E_{pe} = \frac{1}{2} k \cdot x^2 \rightarrow x : \text{mètre (m)}$$

\downarrow
 newton par mètre ($\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$)

k : constante de raideur du ressort ثابت مرونة النابض

L'énergie cinétique

الطاقة الحركية

L'énergie cinétique d'un solide en mouvement dépend de sa masse et de sa vitesse.

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

m en kg, v en m/s, E_c en Joules

Exemple : Energie cinétique d'un véhicule



$$v = 108 \text{ km/h}$$

$$m = 1000 \text{ kg}$$

$$v = 108 \text{ 000 m/h} / 3600 \text{ s/h} = 30 \text{ m/s}$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot 1000 \text{ kg} \cdot 30 \text{ m/s} \cdot 30 \text{ m/s}$$

$$E_c = 450 \text{ 000 J} = \underline{\underline{450 \text{ kJ}}}$$

L'énergie Totale (mécanique)

الطاقة الكلية

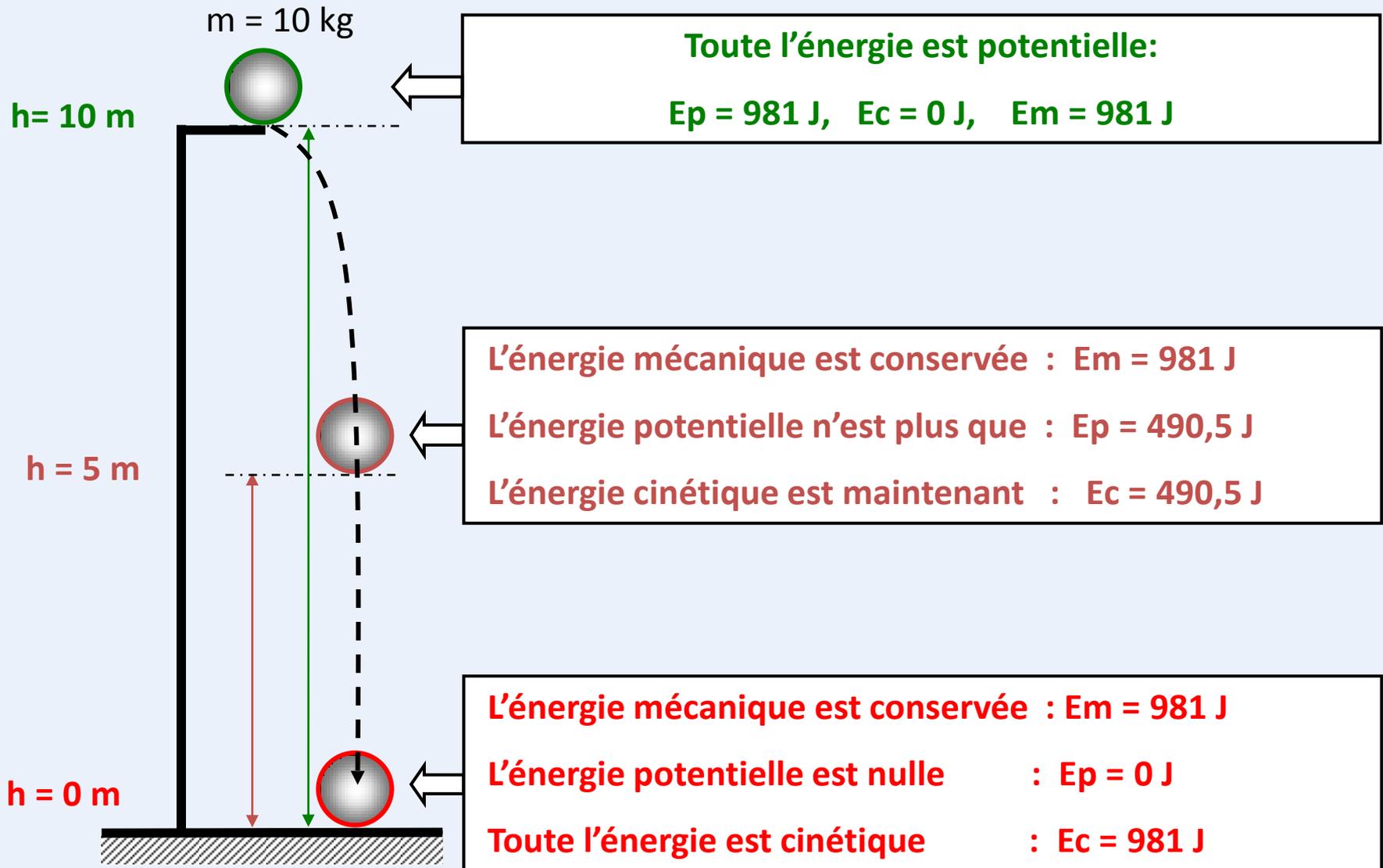
L'énergie mécanique d'un solide est la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de ce solide.

$$E_m = E_c + E_p$$

Tant qu'aucun travail n'a été effectué, l'énergie **est conservée**

Le solide conservera donc la totalité de son énergie mécanique

CHAPITRE 3 : Le travail et l'énergie



La puissance

الاستطاعة

Le travail qui est effectué dans un certain temps, ou le temps qui est nécessaire pour effectuer un travail, dépendent de la puissance utilisée.

On peut donc définir la puissance (P) comme le rapport du travail effectué (W) sur le temps (t).

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

Watt : W

W : travail en Joules

t : temps en seconde

Une machine capable d'effectuer un travail de 1 Joule en 1 seconde a une puissance de 1 Watt.



James Watt
(1736 – 1819)

Quantité de mouvement

Tout corps en mouvement possède de façon intrinsèque une quantité de mouvement: en effet, tout corps, de par sa nature même, possède une masse m (en kilogramme) et, s'il est en mouvement, une vitesse v (en mètre/seconde).

$$\vec{P} = m \vec{v}$$

Calculez la quantité de mouvement d'un chariot de 8,8 kg se déplaçant à une vitesse de 1,24 m/s?

$$p = ?? \quad 8,8 \text{ kg} = \text{masse} \quad 1,24 \text{ m/s} = \text{vitesse}$$

$$\begin{aligned} p &= m \times v \\ &= 8,8 \text{ kg} \times 1,24 \text{ m/s} \\ &= 10,912 \text{ kg m/s} \\ &= 10,9 \text{ kg m/s} \end{aligned}$$

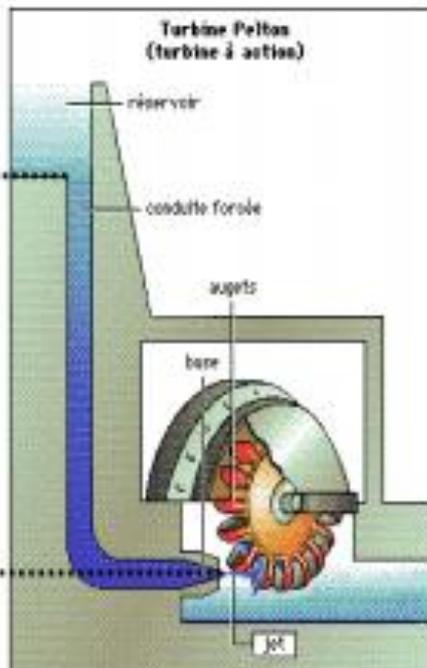
Exercice 1

En vous basant sur la diapo 12, résoudre le problème suivant :

Une bille masse $m=15,0\text{g}$ est en chute libre sans vitesse initiale. Elle a été lâchée d'un balcon au 6ème étage situé à une hauteur $h=18,0\text{m}$.

1. Représenter les forces s'exerçant sur la bille.
2. Déterminer le travail du poids de la bille au cours de la chute.
3. Déterminer l'énergie cinétique de la bille lorsqu'elle arrive au sol.
4. En déduire la vitesse de son centre d'inertie.

Exercice 2



Une application importante de l'énergie potentielle gravitationnelle est le barrage hydroélectrique. On place une turbine sous le niveau d'un réservoir d'eau afin de transformer l'énergie potentielle de l'eau en énergie de mouvement capable de faire tourner la turbine qui produira de l'électricité. Quelle énergie, en kilojoules, peuvent fournir 10 l d'eau (1 l d'eau pèse 1 kg) dans une centrale électrique si la turbine est disposée 70 m sous le niveau du réservoir d'eau?

Exercice 3

Un enfant tire un cartable à roulettes sur une distance de 200 m. Il exerce sur celui-ci une force de 50 N d'intensité. Si le cartable est incliné de 40° par rapport au sol, quel travail est produit par la force exercée par l'enfant ?



CHAPITRE 3 : Le travail et l'énergie

Terminology of key words in English

