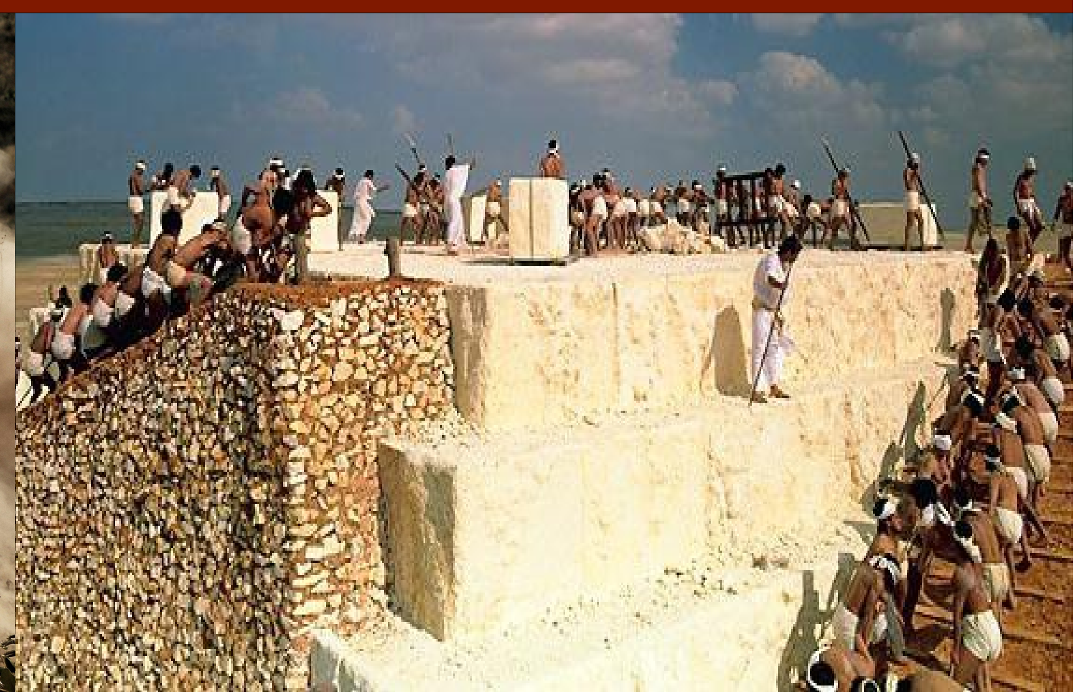
Chapitre 14 Aspects énergétiques en mécanique



Chapitre 14

Aspects énergétiques en mécanique

1 Théorème énergie cinétique

Energie cinétique

Travail d'une force

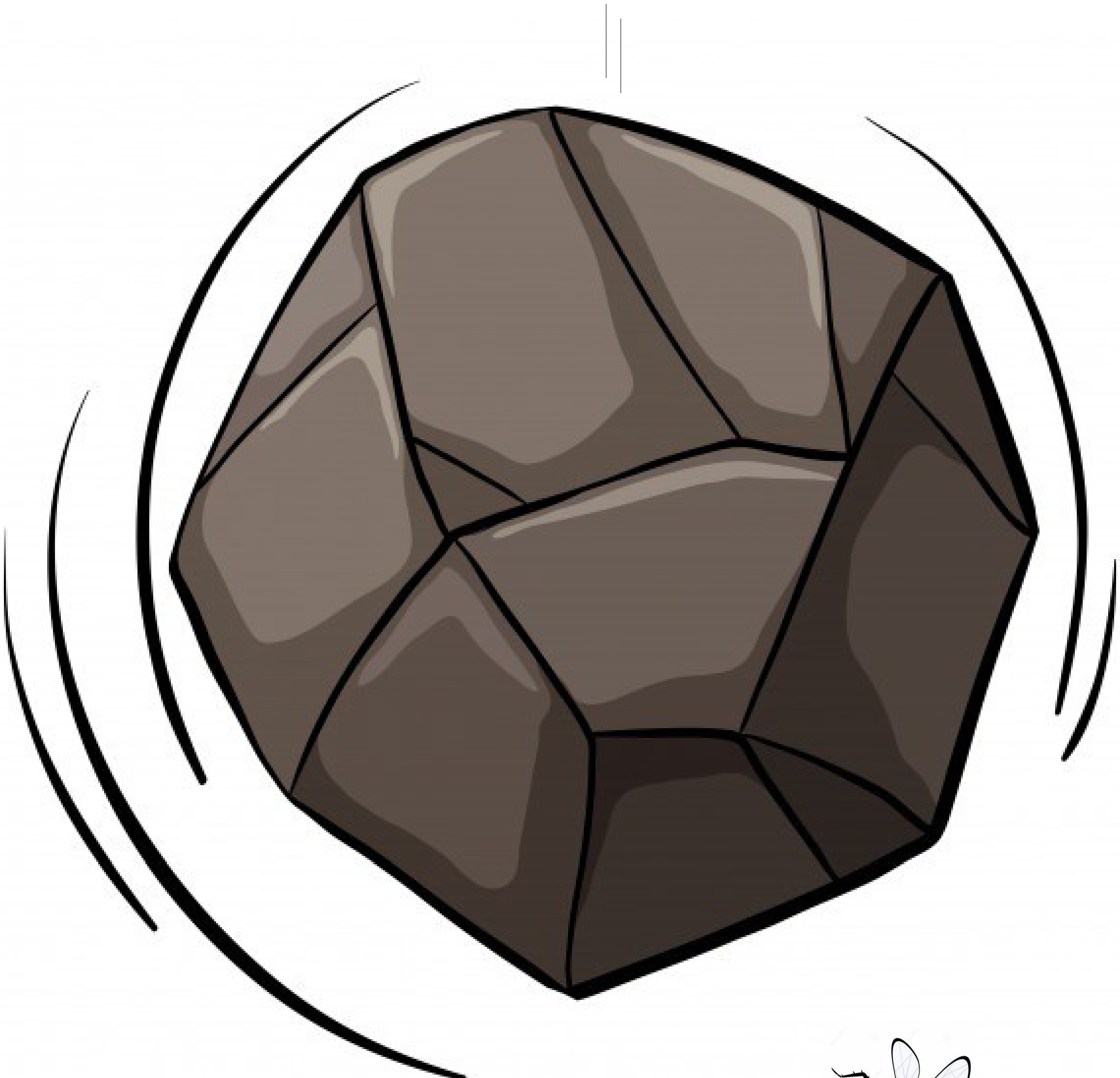
Théorème de l'énergie cinétique

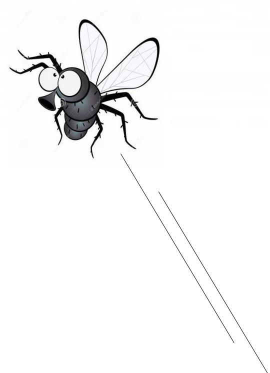
2 Théorème énergie mécanique

Forces conservatives

Energie potentielle

Théorème de l'énergie mécanique





Définition

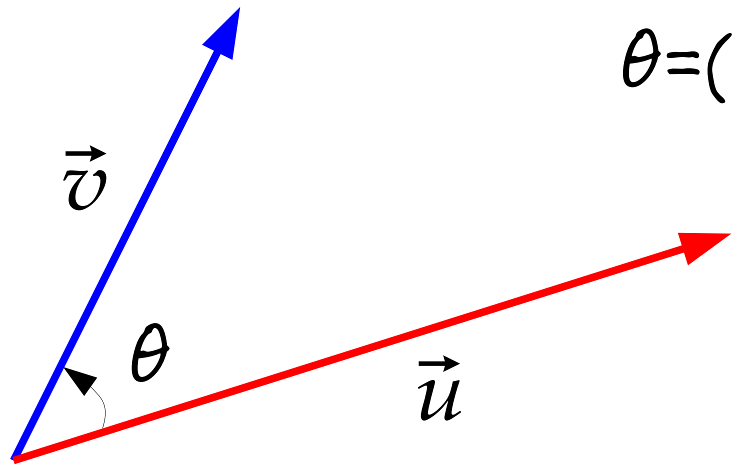
Energie cinétique Ec

Energie liée au mouvement (en J)

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

J

avec
m en kg
v en m/s



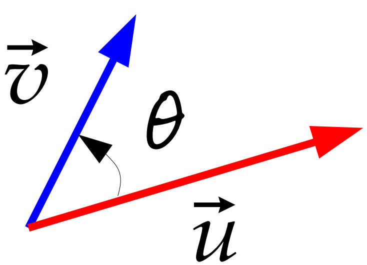
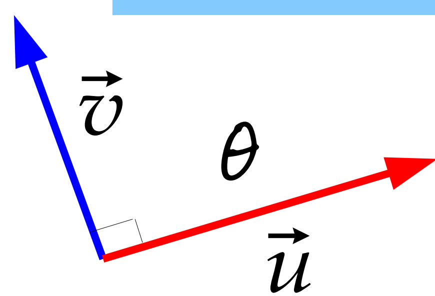
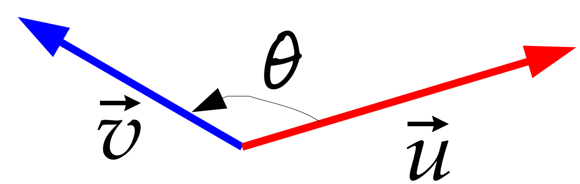
$$\theta = (\vec{u}, \vec{v})$$

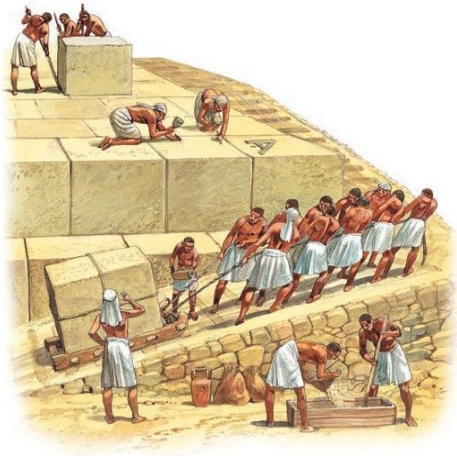
Point Maths

<u>Opération</u> qui à partir de 2 <u>vecteurs</u>…

$$\vec{u}\,.\,\vec{v} = \underbrace{\|\vec{u}\| \times \|\vec{v}\|}_{\text{Toujours positif}} \times \underbrace{\cos(\theta)}_{\text{ça dépend}}$$

… donne un <u>nombre réel</u> (scalaire)

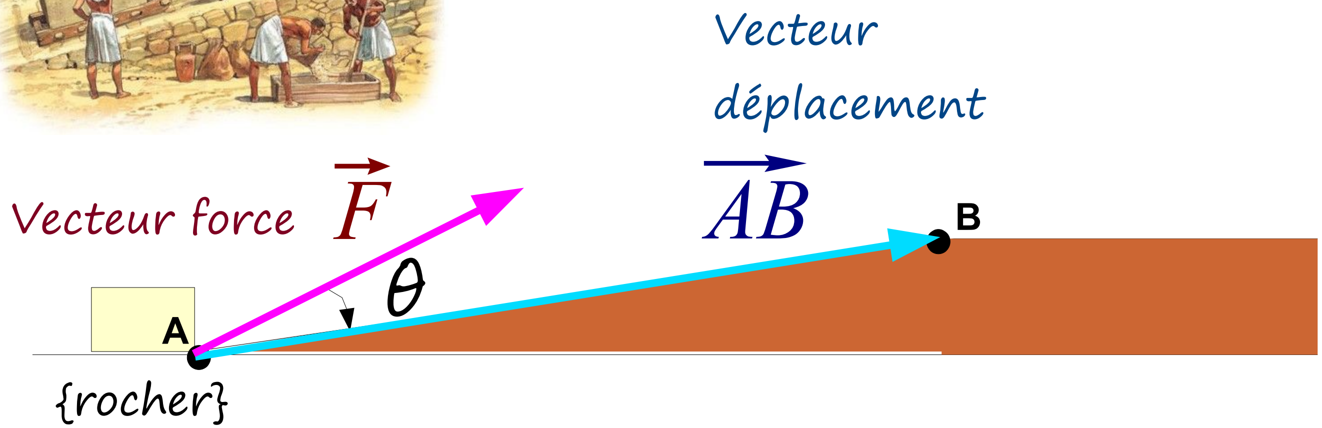
$-\pi/2 < \theta < \pi/2$	$\theta = \pm\,\pi/2$	$\pi/2 < \theta < 3\pi/2$
		
$\vec{u}\,.\,\vec{v} > 0$	$\vec{u}\,.\,\vec{v} = 0$	$\vec{u}\,.\,\vec{v} < 0$



Définition

Travail d'une force

Transfert d'énergie subi par un système lorsque le point d'application d'une force passe d'un point A à un point B.



W = « work »
En indice = le trajet
On peut aussi le noter
A ⟶ B

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

$$W_{AB}(\vec{F}) = \|\vec{F}\| \times \|\overrightarrow{AB}\| \times \cos(\theta)$$

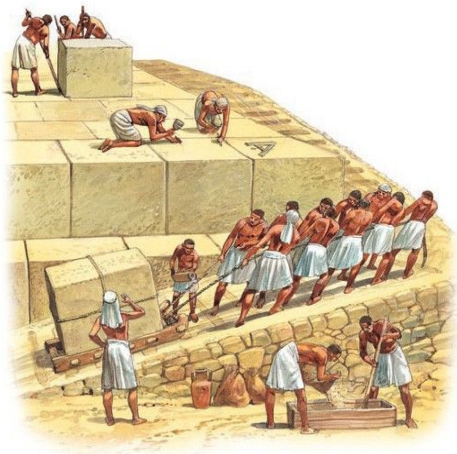
J

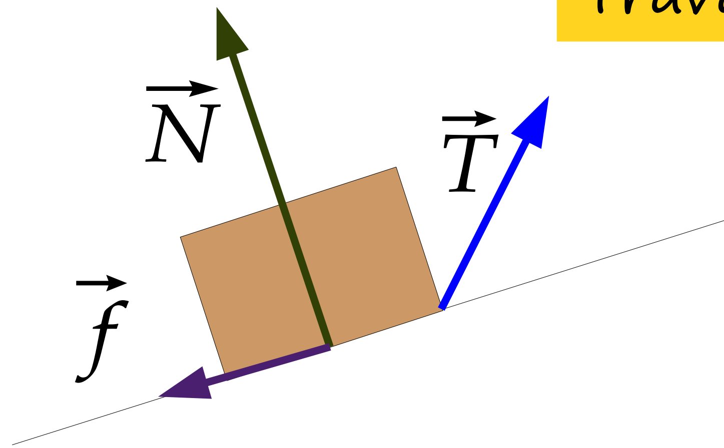
N

m

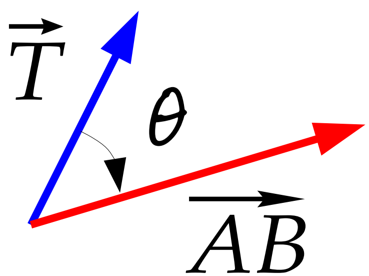
Pas d'unité

Travail moteur / résistant





Tension de la corde

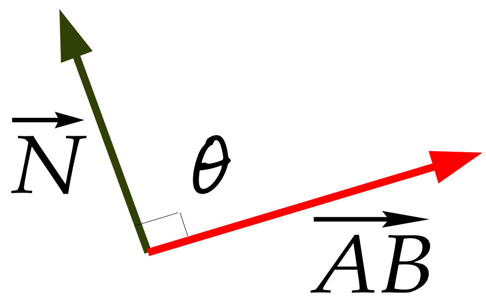


$W > 0$

Travail <u>moteur</u>

La force favorise le déplacement.
Le système reçoit de l'énergie.

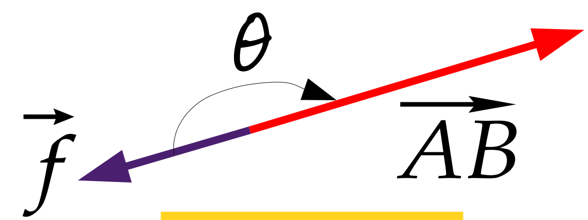
Réaction normale



$W = 0$

La force n'a pas d'effet du point de vue du mouvement

Forces de frottement



$W < 0$

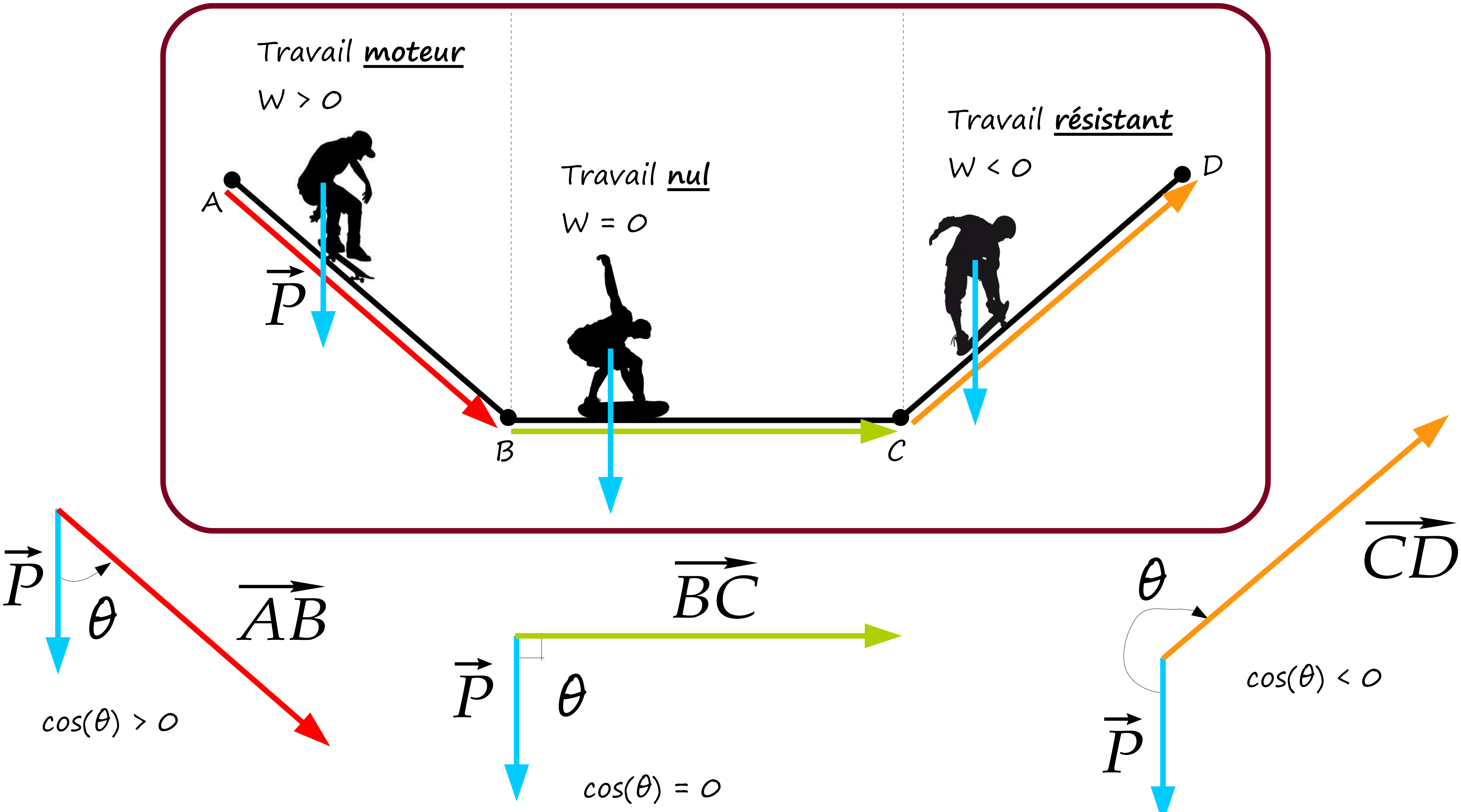
Travail <u>résistant</u>

La force ne favorise pas le déplacement.
Le système perd de l'énergie.

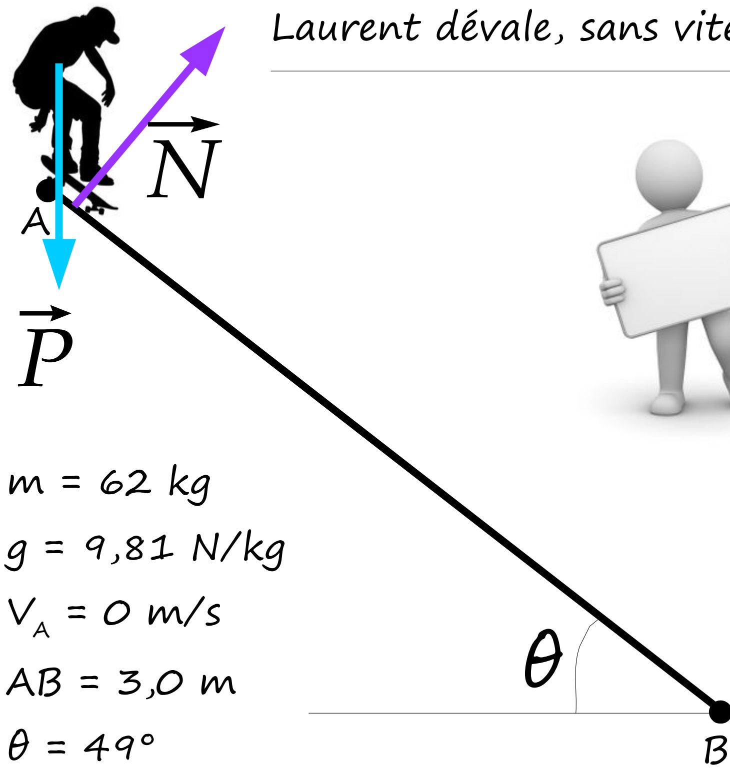
{skateur}

Travail moteur / résistant

Cas du Poids



{Laurent}



Laurent dévale, sans vitesse initiale, la pente AB en skate. Quelle sera sa vitesse en B?

$m = 62$ kg

$g = 9{,}81$ N/kg

$V_A = 0$ m/s

$AB = 3{,}0$ m

$\theta = 49°$

Théorème de l'énergie cinétique

La <u>variation d'énergie cinétique</u> sur un trajet de A à B est égale à la <u>somme des travaux</u> de toutes les forces extérieures s'exerçant sur le système sur le trajet de A à B :

$$E_c(B) - E_c(A) = \Sigma W_{AB}(\vec{F}_i)$$

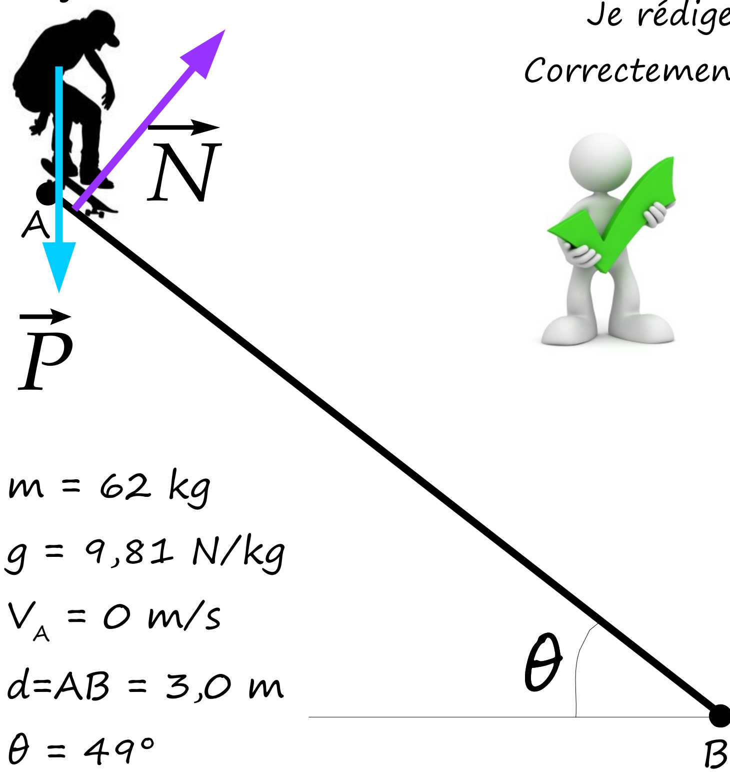
Je rédige Correctement

<u>Système</u> {Laurent} , assimilé à son centre d'inertie, et étudié dans un référentiel terrestre supposé galiléen.

<u>Bilan des forces extérieures s'exerçant sur Laurent entre A et B</u>

- le poids $\vec{P}$ (vertical, descendant, de valeur mg)
- la réaction normale $\vec{N}$ (perpendiculaire à la pente, ascendante, de valeur inconnue)
- on négligera toutes les actions de l'air et les frottements du sol

{Laurent}



m = 62 kg

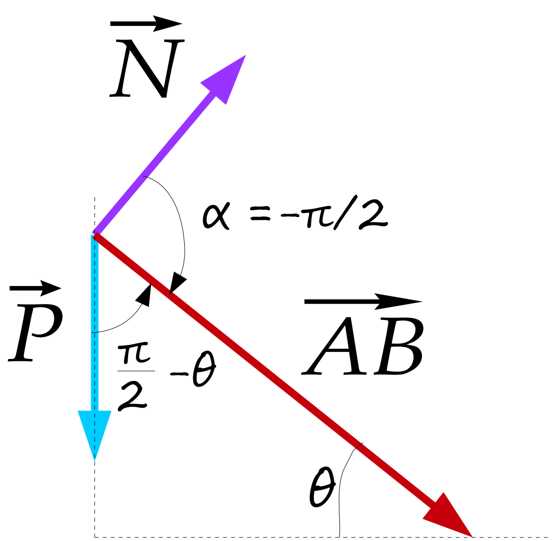
g = 9,81 N/kg

V_A = 0 m/s

d=AB = 3,0 m

θ = 49°

Je rédige Correctement



<u>Théorème de l'énergie cinétique</u>

La variation d'énergie cinétique entre A et B est égale à la somme des travaux des forces extérieures s'appliquant sur Laurent lors de son trajet entre A et B :

$$E_c(B)-E_c(A)=\Sigma W_{AB}(\vec{F}_i)$$

$$\frac{1}{2}mv_B^2-\frac{1}{2}mv_A^2=W_{AB}(\vec{P})+W_{AB}(\vec{N})$$

$$\frac{1}{2}mv_B^2-\underbrace{\frac{1}{2}mv_A^2}_{\text{Nul car } v_A=0}=\vec{P}.\vec{AB}+\vec{N}.\vec{AB}$$

$$\frac{1}{2}mv_B^2=P\times AB\times\cos\left(\frac{\pi}{2}-\theta\right)+\underbrace{N\times AB\times\cos\left(\frac{-\pi}{2}\right)}_{=0\text{ car le cos est nul}}$$

$$\frac{1}{2}mv_B^2=m\times g\times d\times\cos\left(\frac{\pi}{2}-\theta\right)$$

$$v_B=\sqrt{2\times g\times d\times\cos\left(\frac{\pi}{2}-\theta\right)}$$

<u>A.N. :</u> $v_B=\sqrt{2\times 9{,}81\times 3{,}0\times\cos(41°)}$

V_B = 6,7 m/s = 24 km/h

Chapitre 14

Aspects énergétiques en mécanique

1 Théorème énergie cinétique

Energie cinétique

Travail d'une force

Théorème de l'énergie cinétique

2 Théorème énergie mécanique

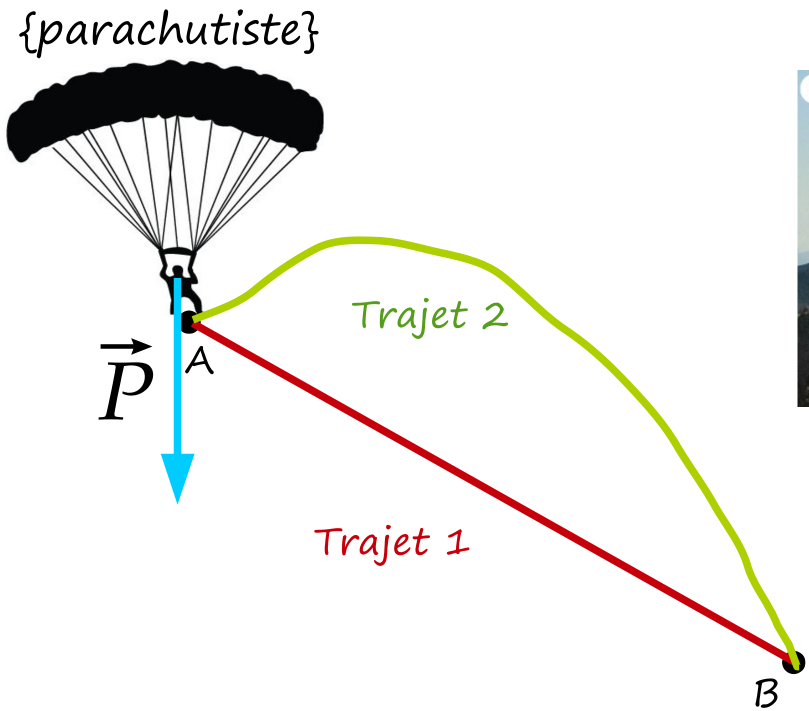
Forces conservatives

Energie potentielle

Théorème de l'énergie mécanique

Force conservative

Cas du Poids



Nancy saute en parachute et va passer du point A au point B

Force conservative

Se dit d'une force dont le travail <u>ne dépend pas</u> du trajet suivi.

On peut montrer que le travail du poids ne dépend pas du chemin suivi, mais uniquement <u>du point de départ et du point d'arrivée</u>. **Le poids est une force conservative.**

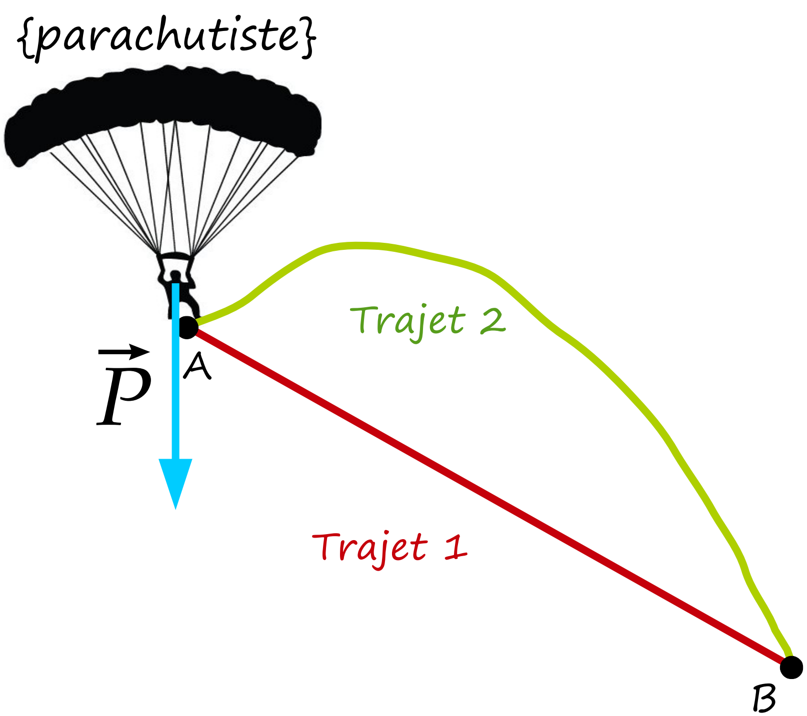
$$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \overrightarrow{AB}$$

$$W_{AB}(\vec{P}) = mg\underbrace{(z_A - z_B)}_{\text{Terme positif ou négatif (ça dépend des situations)}}$$

m

J kg N/kg

Terme positif ou négatif (ça dépend des situations)



Conséquence pour une force conservative

A toute <u>force conservative</u>, on pourra associer une <u>énergie potentielle</u>.

Donc pour le Poids

Energie potentielle de pesanteur Epp

Energie liée la position d'un corps situé dans un champ de pesanteur (en J)

$$E_{pp} = mgz$$

J

avec
m en kg
g en N/kg
Z en m

Si on pose $E_{pp}(O) = 0$

$$W_{AB}(\vec{P}) = mg(z_A - z_B)$$

$$W_{AB}(\vec{P}) = \underbrace{mgz_A}_{E_{pp}(A)} - \underbrace{mgz_B}_{E_{pp}(B)}$$

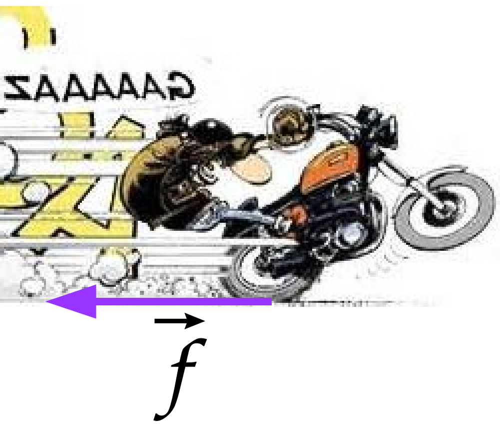
$$W_{AB}(\vec{P}) = E_{pp}(A) - E_{pp}(B)$$

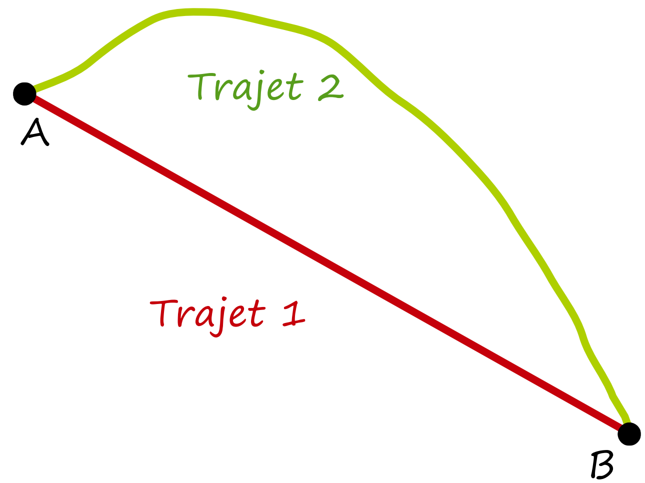
$$W_{AB}(\vec{P}) = -\Delta E_{pp}$$

Le travail du poids entre A et B est l'opposé de la variation d'énergie potentielle de pesanteur

Force non conservative

Cas des frottements



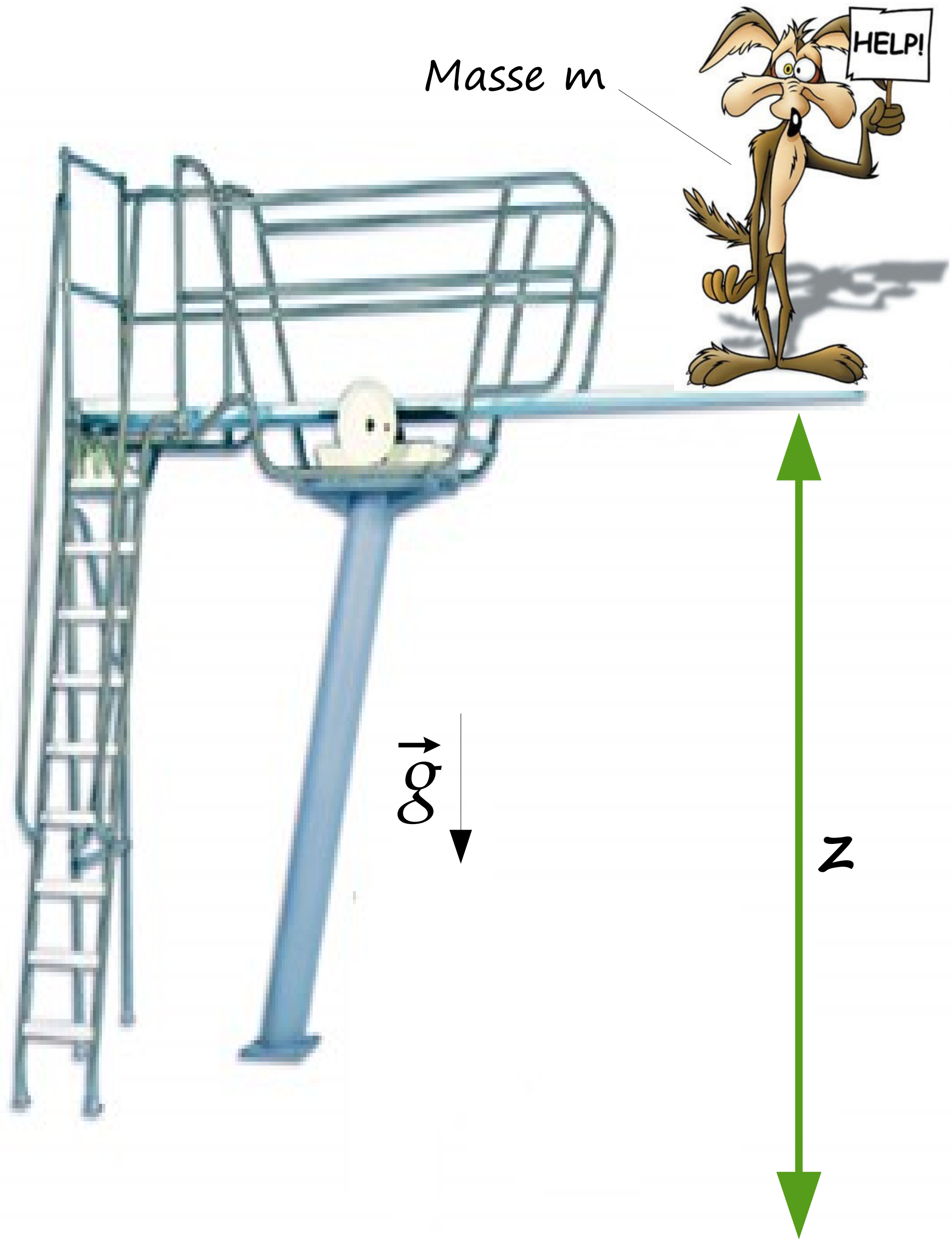


Force non conservative

Se dit d'une force dont le travail <u>dépend</u> du trajet suivi.

Si on considère que le travail des forces de frottements peut être relié à la consommation en essence de la moto, il ne sera pas choquant d'accepter l'idée que le trajet 2 (le plus long) consommera plus de carburant que le trajet 1, et que le travail des forces de frottements sera supérieur en valeur absolue.

Energie potentielle de pesanteur

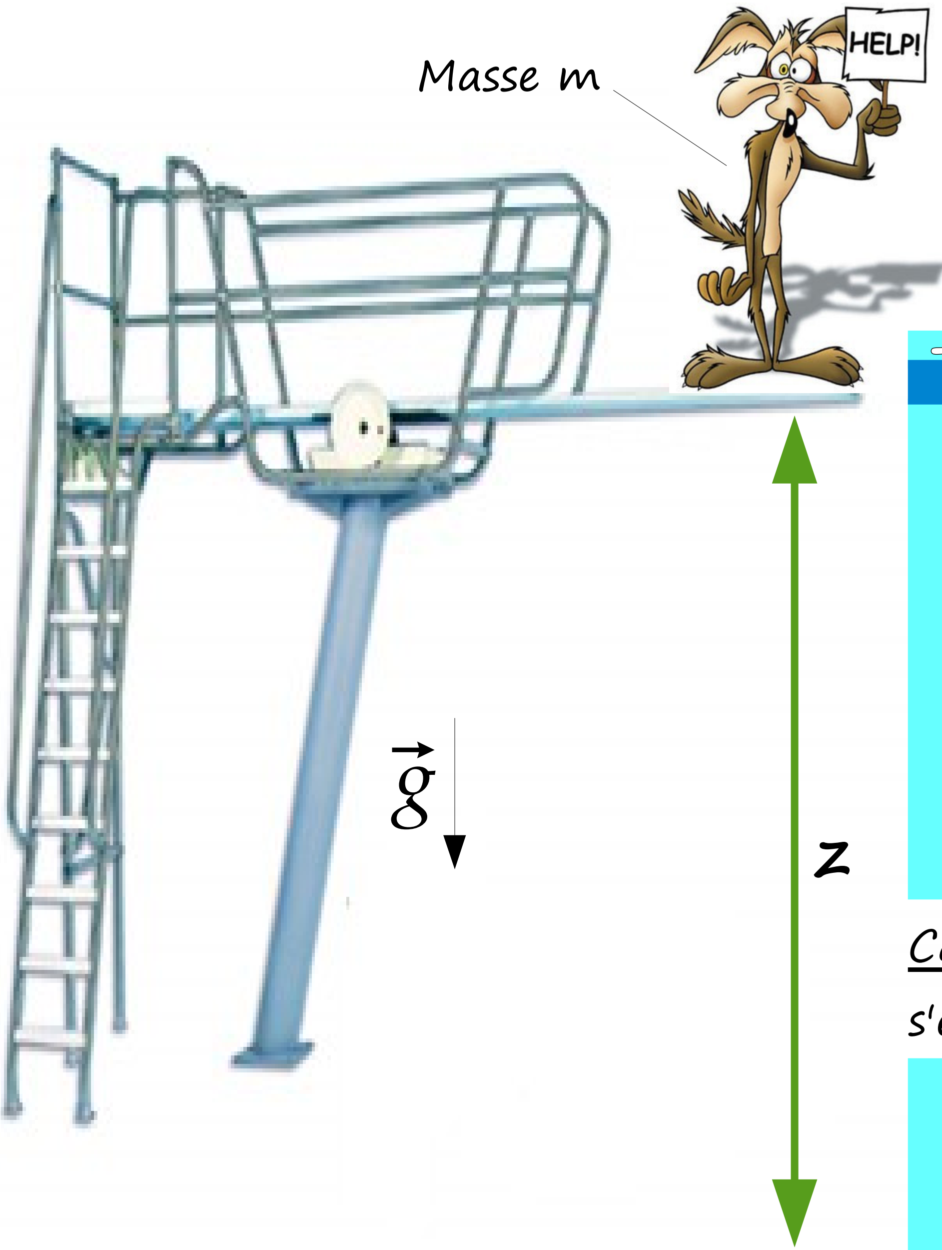


Energie Epp

Energie liée à la position (altitude).
S'exprime en J)

$$E_{pp} = m \times g \times z$$

avec m en kg
g en N/kg
z en m



Energie mécanique

Energie Em

$$E_m = E_c + E_{pp}$$

Théorème de l'énergie mécanique

La <u>variation d'énergie mécanique</u> sur un trajet de A à B est égale à la <u>somme des travaux</u> de toutes les forces extérieures <u>non conservatives</u> s'exerçant sur le système sur le trajet de A à B :

$$E_m(B) - E_m(A) = \Sigma W_{AB}(\overrightarrow{F_{nc}})$$

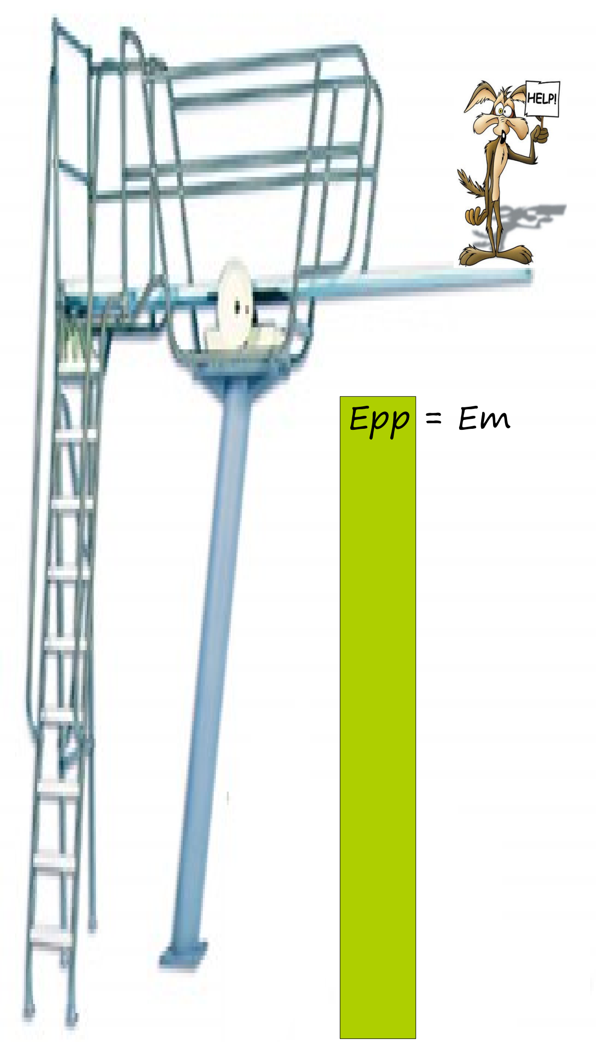
<u>Cas particulier</u> : aucune force non conservative ne s'exerce sur le système entre A et B :

$$E_m(B) - E_m(A) = 0$$

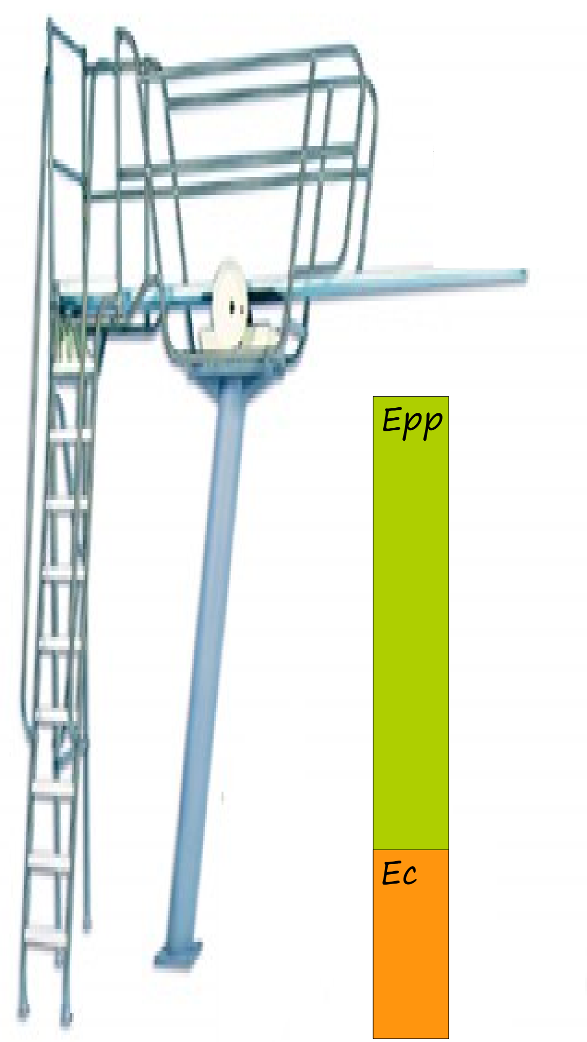
L'énergie mécanique se conserve entre A et B

Cas particulier. Conséquences.

Lors de la chute de {Vil coyote}, la seule force qui s'exerce sur lui est le poids (qui est conservative).



Ec = 0 car v = 0



Epp diminue car z diminue

Ec augmente car v augmente

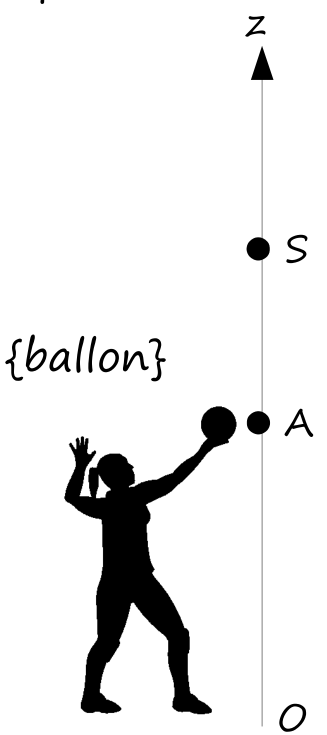
Mais Em reste constant

Epp = 0 car z = 0

Exemple 1 d'application

Je rédige Correctement

Eden va servir pour le match. Elle lance le ballon à la verticale, avec une vitesse de m/s à partir d'un point A situé à 1,70 m du sol. On néglige toute action de l'air. Jusqu'où va monter le ballon?



M = 0,25 kg

g = 9,81 N/kg

V_A = 4,9 m/s

Z_A = 1,70 m

Système : {ballon} étudié dans le référentiel terrestre galiléen auquel on aura attaché un repère (Oz).

La seule force extérieure s'appliquant sur le ballon pendant le lancer est le poids (force conservative).

Théorème de l'énergie mécanique.

La variation d'énergie mécanique entre A et S est égale à la somme des travaux des forces extérieures non conservatives s'appliquant sur le ballon entre A et S:

$$E_m(S) - E_m(A) = \Sigma W_{AS}(\overrightarrow{F_{nc}}) = 0$$

$$E_m(S) = E_m(A)$$

$$\underbrace{\frac{1}{2}mv_S^2}_{\text{Nul car } v_S = 0} + mgz_S = \frac{1}{2}mv_A^2 + mgz_A$$

$$\boxed{z_S = z_A + \frac{1}{2}\frac{v_A^2}{g}}$$

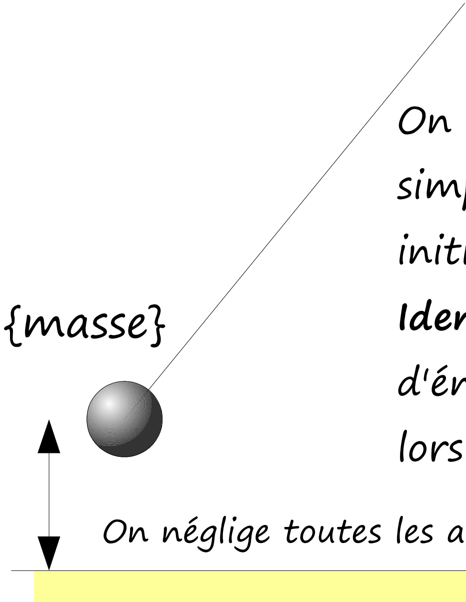
A.N. : Z_S = 2,92 m

Exemple 2 d'application

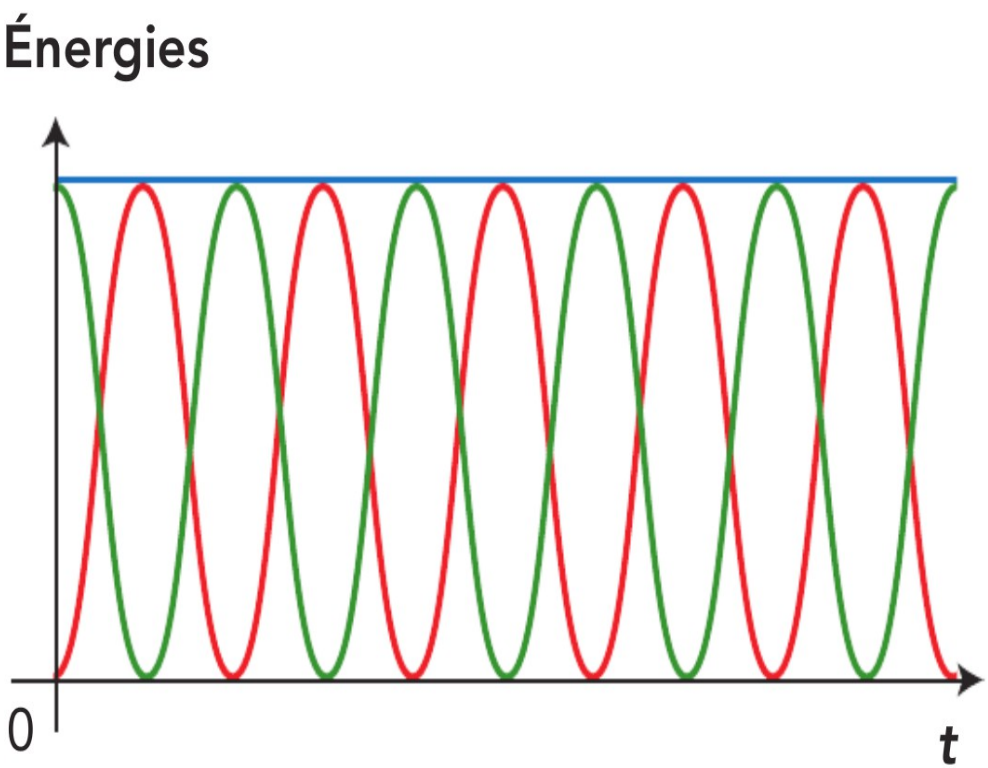
Je rédige
Correctement

On lâche un pendule simple sans vitesse initiale.

Identifiez les 3 courbes d'énergies enregistrées lors de cette expérience.



On néglige toutes les actions de l'air sur le système.



<u>Système</u> : {masse} étudié dans le référentiel terrestre galiléen

<u>Bilan des forces extérieures</u>

* le poids du système (force conservative)

* la tension du fil (dont le travail est nul car elle est à tout moment orthogonale à la trajectoire)

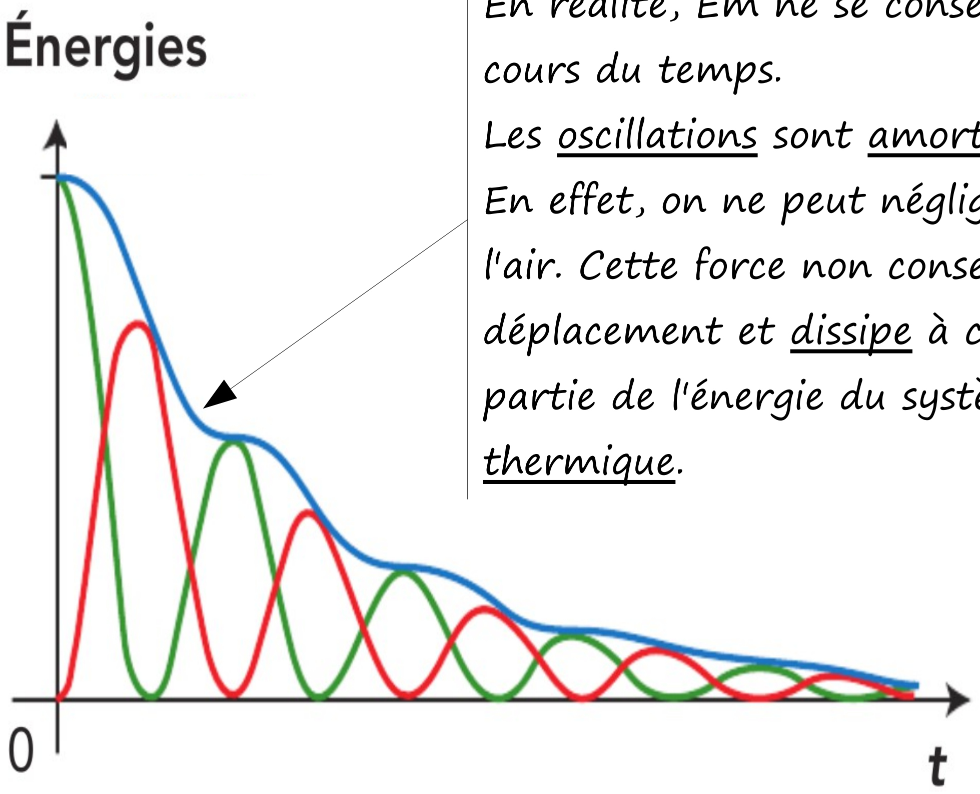
<u>Aucune force non conservative ne travaille</u> lors du mouvement, donc d'après le théorème de l'énergie mécanique, cette dernière se conserve.

Ainsi l'énergie mécanique Em correspond à la courbe bleue constante.

A l'instant initial, l'altitude du système est non nulle, donc son énergie potentielle de pesanteur non plus, donc Epp est forcément la courbe verte

Par conséquent, l'énergie cinétique Ec est la courbe rouge. En effet, le mouvement débute avec une vitesse et donc Ec nuls.

Exemple 2 d'application



En réalité, Em ne se conserve pas mais diminue au cours du temps.

Les oscillations sont amorties.

En effet, on ne peut négliger les frottements de l'air. Cette force non conservative travaille sur le déplacement et dissipe à chaque oscillation une partie de l'énergie du système sous forme thermique.

Travail d'une force constante

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

$$W_{AB}(\vec{F})=\|\vec{F}\|\times\|\overrightarrow{AB}\|\times\cos(\theta)$$

$$E_{pp}=m\times g\times z$$

$$E_m=E_c+E_{pp}$$

$$E_c=\frac{1}{2}mv^2$$

Théorème de l'énergie cinétique

$$E_c(B)-E_c(A)=\Sigma W_{AB}(\vec{F}_i)$$

Théorème de l'énergie mécanique

$$E_m(B)-E_m(A)=\Sigma W_{AB}(\overrightarrow{F_{nc}})$$

Cas particulier : aucune force non conservative ne s'exerce sur le système entre A et B :

$$E_m(B)-E_m(A)=0$$

L'énergie mécanique se conserve entre A et B