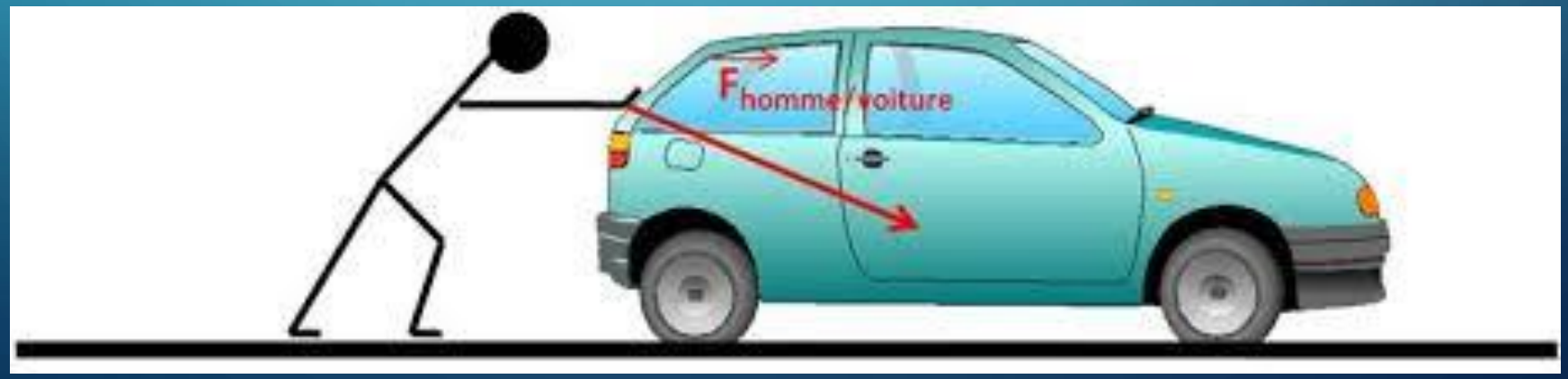
L'ÉNERGIE MÉCANIQUE

1. TRAVAIL D'UNE FORCE
1.1 TRANSFERT D'ÉNERGIE PAR TRAVAIL MÉCANIQUE

Le travail mécanique d'une force est l'énergie fournie au système qui la subit lorsqu'il se déplace, Il s'exprime en Joules(J).

Exemple :

Un automobiliste pousse une voiture en panne et lui confère une vitesse. La voiture acquiert de l'énergie cinétique quand l'homme perd de l'énergie biochimique. Ce transfert d'énergie est assuré par la force $\vec{F}$.



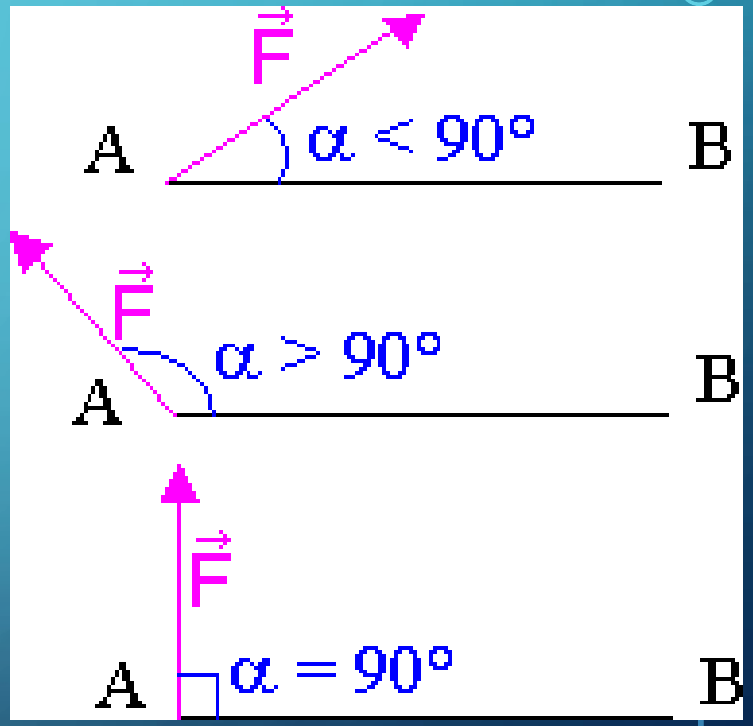
1.2 TRAVAIL D'UNE FORCE CONSTANTE

Le travail d'une force $\vec{F}$, constante sur un déplacement du système d'un point A vers un point B, est noté $W_{AB}(\vec{F})$. Il est égal au produit scalaire de la force par le vecteur déplacement.

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

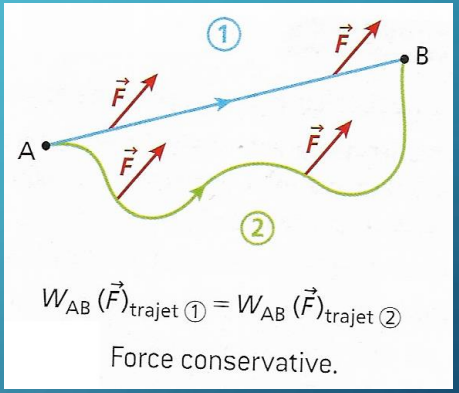
- $W_{AB}(\vec{F})$ est le travail en Joules (J).
- F est la valeur de la force en newtons (N).
- AB est la distance entre les points A et B en mètres (m)
- α est l'angle entre les vecteurs $\vec{F}$ et $\overrightarrow{AB}$.

- Si $0 \leq \alpha \leq 90°$ alors $W_{AB}(\vec{F})$ est positif, le travail est moteur, la force est motrice.
- Si $90° \leq \alpha \leq 180°$ alors $W_{AB}(\vec{F})$ est négatif, le travail est résistant, la force est résistante.
- Si $\alpha = 90°$ alors $W_{AB}(\vec{F})$ est nul, la force ne travaille pas.



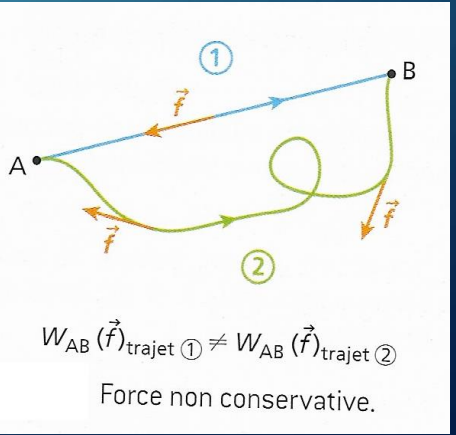
1.3 FORCES CONSERVATIVES OU NON CONSERVATIVES

Une force est dite **conservative** si son travail entre deux points A et B quelconques **ne dépend pas de la trajectoire suivie entre ces deux points.**



Exemples :

- Le poids est une force conservative.
- Une force de frottement est non conservative.



2. TRAVAUX DE QUELQUES FORCES

2.1 TRAVAIL DU POIDS

Soit le déplacement quelconque suivant de A à A18 :

On a le travail du poids :

On a $W(\vec{P}) = P.\ (\overrightarrow{AA1} + \overrightarrow{A1A2} + \overrightarrow{A2A3} + \ldots$

$= P.\ \overrightarrow{AA18}$

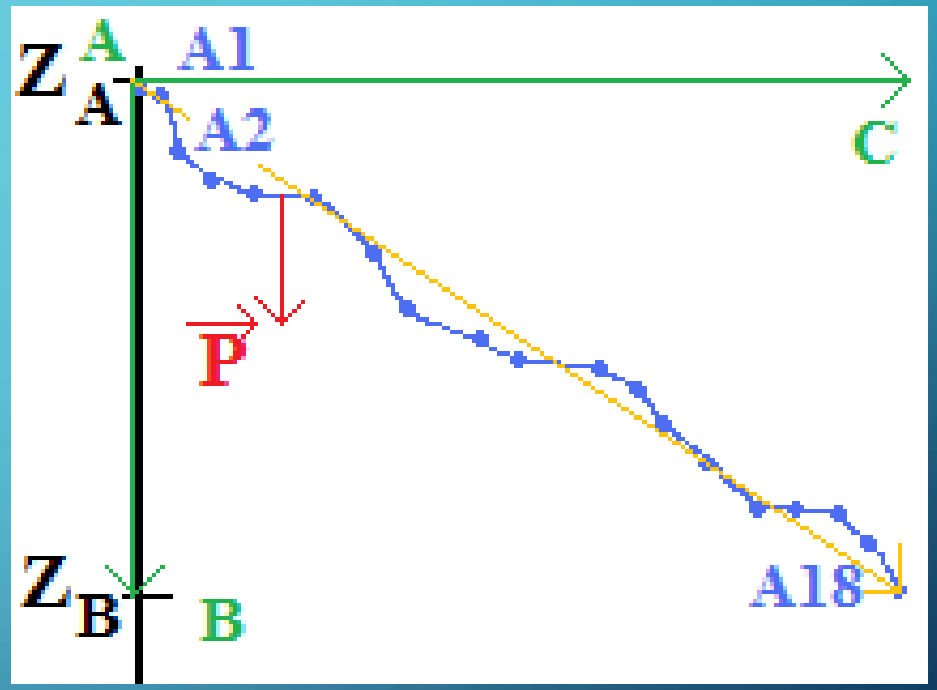
$= P.\ (\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{AC})$

$= P\ AB \cos 0 + P\ AC \cos 90$

$= P.\ AB$

$= P\ (Z_A - Z_B)$

$= m.g\ (Z_A - Z_B)$



Le travail du poids d'un objet de masse m entre un point A d'altitude Z_A et un point B d'altitude Z_B peut se calculer à l'aide de la relation : $W_{AB}(\vec{P}) = mg(Z_A - Z_B)$.

2.2 TRAVAIL D'UNE FORCE DE FROTTEMENT

Une force de frottements $\vec{f}$ n'est pas une force conservative, son travail dépend du chemin emprunté. Plus il est long, plus le système perd de l'énergie par transfert thermique vers l'extérieur.

Sur une trajectoire rectiligne, une force de frottement $\vec{f}$ d'intensité constante a même direction (celle du déplacement) et même sens (opposé au déplacement) à chaque instant : $\alpha = 180°$ et $\cos \alpha = -1$.

Le travail d'une force de frottements $\vec{f}$, d'intensité constante, sur un trajet rectiligne de A vers B vaut :

$$W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \overrightarrow{AB} = - f \times AB$$

Ce travail est négatif : il réalise un transfert thermique vers l'extérieur.

3. ENERGIE MÉCANIQUE
3.1 ENERGIE CINÉTIQUE

- Un système en mouvement possède une énergie cinétique E_c dans le référentiel d'étude.

L'énergie cinétique E_c d'un solide de masse m en mouvement de translation avec une vitesse de valeur v dans un référentiel d'étude est définie par :

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

- E_c s'exprime en Joules(J).
- m s'exprime en kilogrammes (kg).
- v s'exprime en mètres par seconde ($m \cdot s^{-1}$).

3.2 ENERGIE POTENTIELLE DE PESANTEUR

L'énergie potentielle de pesanteur E_{PP}, associée au poids $\vec{P}$ du système, est définie par sa variation lors du déplacement du système entre un point A et un point B. La variation d'énergie potentielle entre ces deux points est égale à l'opposé du travail du poids $\vec{P}$ sur le trajet allant de A à B. Cette définition de l'énergie potentielle est applicable à toutes les forces conservatives.

L'énergie potentielle de pesanteur étant définie par une différence, elle est connue à une constante près.

On peut donc définir l'énergie potentielle de pesanteur :

L'énergie potentielle de pesanteur E_{PP} d'un solide ponctuel de masse m, à l'altitude Z repérée sur un axe orienté vers le haut, par rapport à une référence de l'altitude et de l'énergie potentielle de pesanteur, est définie par :

$$E_{PP} = m \cdot g \cdot z$$

Unités : m est exprimé en kg; g = 9,81 $N \cdot kg^{-1}$; z est exprimé en mètres (m).

3.3 ENERGIE MÉCANIQUE

- L'énergie mécanique d'un système soumis à des forces conservatives est égale à la somme de son énergie cinétique E_c et de ses énergies potentielles E_p associées aux forces conservatives.
- Si l'on ne considère que le poids comme force conservative :

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

$$E_m = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot z$$

4. TRANSFERTS ÉNERGÉTIQUES AU COURS D'UN MOUVEMENT

4.1 THÉORÈME DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE

Théorème de l'énergie mécanique

La variation de l'énergie mécanique d'un système, en mouvement entre deux points A et B, est égale à la somme des travaux des forces non conservatives $\overrightarrow{F_1}$, $\overrightarrow{F_2}$ … qu'il subit sur le trajet allant de A à B :

- Si le système ne subit que des forces conservatives, son énergie mécanique est constante au cours du temps, elle est conservée : $\Delta E_m = E_m(B) - E_m(A) = 0$.

- Si le système subit au moins une force non conservative, son énergie mécanique n'est pas constante :

$$\Delta E_m = E_m(B) - E_m(A) = W_{AB}(\overrightarrow{F_1}) + W_{AB}(\overrightarrow{F_2}) + \ldots$$

EXERCICE 1 :

Un météore de masse 50 kg est en chute libre dans le vide au voisinage de la lune (g_l = 1,6 N·kg^{-1}). Il chute verticalement depuis l'altitude Z_A = 20,0 km jusqu'au sol Z_B = 0 km. Sa vitesse au point A est de 200 m·s^{-1}

1. Représenter le météore ainsi que toutes les forces qui s'exercent sur lui.
2. Déterminer l'énergie mécanique du météore en A.
3. Dans ce cas, l'énergie mécanique est-elle conservée?
4. En déduire l'énergie mécanique au point B.
5. Déterminer la vitesse de ce météore un instant avant qu'il n'entre en contact avec le sol lunaire (Z_B = 0).

EXERCICE 2:

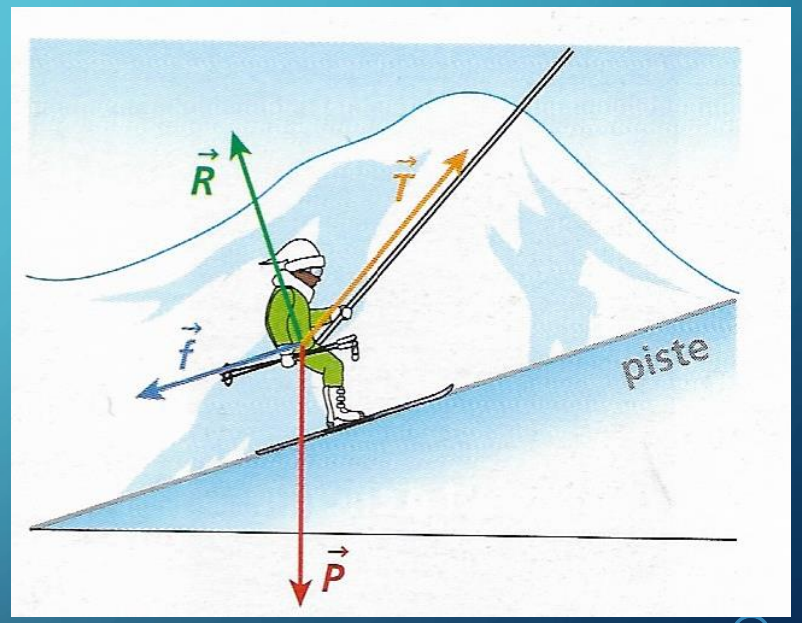
Un parachutiste (m = 90 kg) descend à vitesse constante (v = 2 $m \cdot s^{-1}$) sur une portion verticale de 200 m. Le sol sert d'origine pour l'altitude.

1. Représenter le parachutiste ainsi que toutes les forces qui s'exercent sur lui. Déterminer leurs intensités.
2. Déterminer l'énergie mécanique initiale du parachutiste.
3. Déterminer l'énergie mécanique finale du parachutiste (un instant avant de toucher le sol).
4. L'énergie mécanique est-elle conservée?
5. Calculer le travail de la force de frottement. Est-il moteur ou résistant?
6. Sous quelle forme l'énergie a-t-elle été dissipée?

4.2 ANALYSE D'UN TRANSFERT ÉNERGÉTIQUE

Exemple :

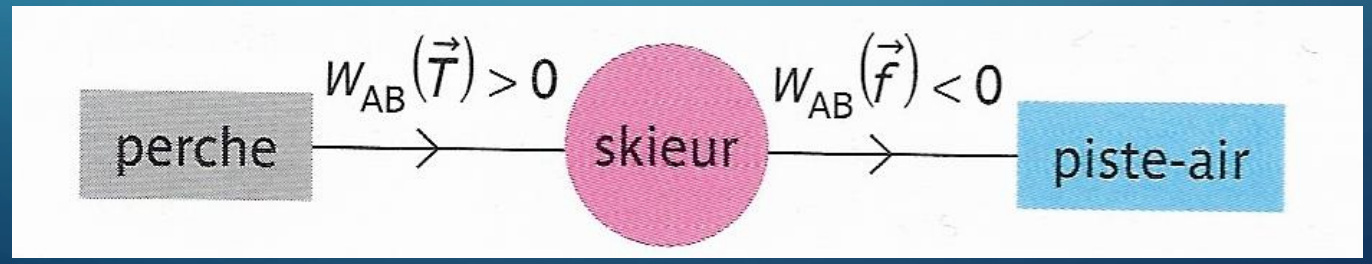
Un skieur de masse m monte, à vitesse constante, une piste rectiligne, inclinée par rapport à l'horizontale, à l'aide d'une perche de téléski.



Décrire les transferts d'énergie.

- La force $\vec{R}$ ne travaille pas car elle est perpendiculaire au mouvement.
- Le poids $\vec{P}$ est une force conservative.
- La force de frottements $\vec{f}$, ainsi que la tension de la perche $\vec{T}$, ne sont pas des forces conservatives.

- $W_{AB}(\vec{T}) > 0$ car $\vec{T}$ est une force motrice. Elle donne de l'énergie mécanique au système.
- $W_{AB}(\vec{f}) < 0$ car $\vec{f}$ est une force de frottement. Elle dissipe l'énergie mécanique sous forme thermique.
- Le théorème de l'énergie mécanique peut s'écrire : $\Delta E_m = W_{AB}(\vec{T}) + W_{AB}(\vec{f})$
- L'énergie cinétique est constante puisque la vitesse l'est également.
- L'énergie potentielle de pesanteur croit car l'altitude augmente.
- L'énergie mécanique augmente donc au cours du mouvement.
- Ainsi : $W_{AB}(\vec{T}) + W_{AB}(\vec{f}) > 0$
- On peut représenter les échanges d'énergie à l'aide d'une chaîne énergétique :



FIN