Rappels de Première : travail et énergies

Rappel – Terminale spécialité Physique-Chimie

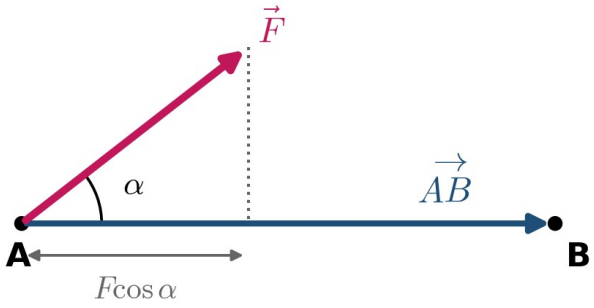
Au programme de ce rappel :

- Le **travail d'une force** et son signe ; le travail du **poids**, de la **réaction** et des **frottements**.
- Les énergies **cinétique**, **potentielle de pesanteur** et **mécanique**.
- Le **théorème de l'énergie cinétique** et le **théorème de l'énergie mécanique**.

1 Le travail d'une force

En français	Quand une force s'applique sur un système qui se déplace, elle lui **transfère de l'énergie** : c'est le **travail** de la force, noté W, qui s'exprime en **joules (J)**. Pour une force $\vec{F}$ **constante** dont le point d'application se déplace en ligne droite d'un point A vers un point B, le travail est le **produit scalaire** de la force par le vecteur déplacement $\vec{AB}$. Il dépend de la valeur de la force, de la distance AB et de l'**angle α entre $\vec{F}$ et $\vec{AB}$**.
En formules	$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \times AB \times \cos\alpha$$

F en newtons (N) ; AB en mètres (m) ; W en joules (J) ; α = angle entre le vecteur force $\vec{F}$ et le vecteur déplacement $\vec{AB}$.



Signe du travail

En français	Le signe du travail indique si la force **aide** ou **gêne** le déplacement. Il dépend uniquement de l'angle α, donc du signe de cos α.

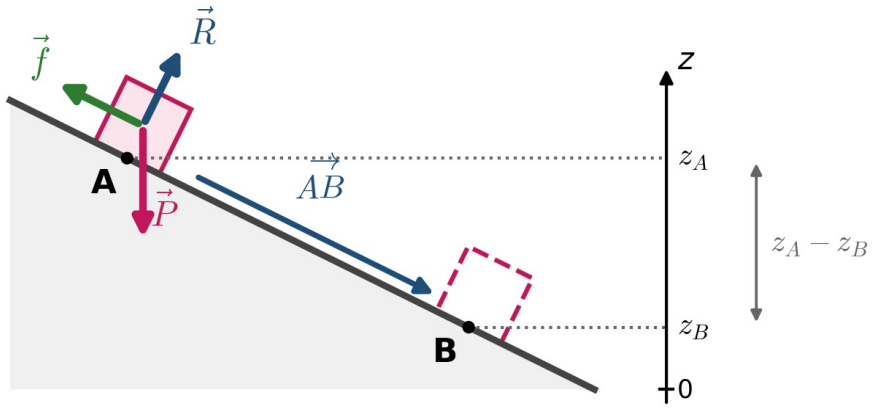
Angle α	cos α	Travail	Nature
0° ≤ α < 90°	cos α > 0	W > 0	**moteur** : la force favorise le déplacement
α = 90°	cos α = 0	W = 0	la force **ne travaille pas**
90° < α ≤ 180°	cos α < 0	W < 0	**résistant** : la force gêne le déplacement

Force conservative

Une force est **conservative** quand son travail **ne dépend pas du chemin suivi** : seuls comptent le point de départ A et le point d'arrivée B. C'est le cas du **poids**. Ce n'est **pas** le cas des **frottements**, dont le travail dépend de la longueur du trajet.

2 Travail du poids, de la réaction et des frottements

Situation : un solide glisse sur un plan incliné d'un point A vers un point B. Il est soumis à son **poids** $\vec{P}$, à la **réaction** $\vec{R}$ du support et à une force de **frottement** $\vec{f}$. On étudie le travail de chacune de ces forces pour le déplacement de A vers B.



Le poids

En français	Le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$ est **vertical** et dirigé **vers le bas**. Son travail ne dépend que de la **différence d'altitude** entre le point de départ et le point d'arrivée, pas du chemin suivi. Dans la formule, **z représente l'altitude** (axe vertical orienté vers le haut), z_A est l'altitude **initiale** et z_B l'altitude **finale**. Si le solide **descend** ($z_A > z_B$), le travail du poids est **positif** (moteur). S'il **monte** ($z_A < z_B$), il est **négatif** (résistant).
En formules	$$W_{AB}(\vec{P}) = m\,g\,(z_A - z_B)$$

La réaction du support

En français	La réaction normale $\vec{R}$ du support est **perpendiculaire au support**, donc **perpendiculaire au déplacement** qui se fait le long du support : l'angle α vaut 90° et cos 90° = 0. **Le travail de la réaction est nul** : elle ne travaille pas.
En formules	$$W_{AB}(\vec{R}) = R \times AB \times \cos 90^\circ = 0$$

Les frottements

En français	La force de frottement $\vec{f}$ **s'oppose toujours au mouvement** : elle est de **sens contraire au déplacement**. L'angle α vaut donc **toujours 180°** et cos 180° = −1. Le travail est **négatif** : c'est un travail **résistant**. Pour une force de frottement de valeur f constante, il vaut −f × AB. (Si la trajectoire n'est pas rectiligne, AB est la **longueur du trajet** parcouru.)
En formules	$$W_{AB}(\vec{f}) = f \times AB \times \cos 180^\circ = -f \times AB$$

Force	Angle α	Travail de A vers B	Nature
Poids $\vec{P}$	variable	$m \times g \times (z_A - z_B)$	moteur si descente, résistant si montée
Réaction $\vec{R}$	90°	0	ne travaille pas
Frottements $\vec{f}$	180°	$-f \times AB$	résistant

3 Les énergies

En français	**Énergie cinétique :** énergie que possède un corps **du fait de sa vitesse**. Elle dépend de la masse et du **carré** de la vitesse : si la vitesse double, l'énergie cinétique est multipliée par 4. **Énergie potentielle de pesanteur :** énergie que possède un corps **du fait de son altitude** par rapport à une référence choisie (ici E_{pp} = 0 à z = 0). Elle est d'autant plus grande que le corps est haut. **Énergie mécanique :** c'est la **somme** de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur.
En formules	$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$ $$E_{pp} = m g z$$ $$E_m = E_c + E_{pp}$$

m en kg ; v en m·s^{-1} ; g = 9,81 N·kg^{-1} ; z en m ; énergies en joules (J).

En français	Entre A et B, la variation d'énergie potentielle de pesanteur est l'**opposée du travail du poids**. Quand le solide descend, le poids travaille positivement : l'énergie potentielle **diminue**.
En formules	$$\Delta E_{pp} = E_{pp}(B) - E_{pp}(A) = m g (z_B - z_A) = - W_{AB}(\vec{P})$$

4 Les deux théorèmes

Théorème de l'énergie cinétique

En français	Dans un référentiel galiléen, la **variation d'énergie cinétique** d'un système entre A et B est égale à la **somme des travaux de toutes les forces extérieures** qui s'exercent sur lui, **poids compris**. Si cette somme est positive, le système accélère ; si elle est négative, il ralentit.
En formules	$$\Delta E_c = E_c(B) - E_c(A) = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 = \sum W_{AB}(\vec{F}_{ext})$$

Théorème de l'énergie mécanique

En français	La **variation de l'énergie mécanique** entre A et B est égale à la **somme des travaux des forces non conservatives** (frottements, force motrice...). Le poids est déjà pris en compte dans E_{pp} : il n'apparaît pas dans cette somme. Les forces qui ne travaillent pas, comme la réaction $\vec{R}$, n'y contribuent pas non plus.
En formules	$$\Delta E_m = E_m(B) - E_m(A) = \sum W_{AB}(\vec{F}_{\text{non conservatives}})$$

En français	**Sans forces non conservatives** (chute libre, glissement sans frottements), l'énergie mécanique **se conserve**. **Avec des frottements**, l'énergie mécanique **diminue** : l'énergie est dissipée, notamment sous forme d'énergie thermique.
En formules	$$\sum W_{AB}(\vec{F}_{\text{non conservatives}}) = 0 \implies \Delta E_m = 0 \iff E_m(A) = E_m(B)$$ $$\Delta E_m = W_{AB}(\vec{f}) = -f \times AB < 0$$

D'où vient le théorème de l'énergie mécanique ?

En français	On part du théorème de l'énergie cinétique en séparant le travail du poids des autres travaux. On utilise ensuite $\Delta E_{pp} = -W_{AB}(\vec{P})$: le travail du poids s'annule dans la somme $\Delta E_c + \Delta E_{pp}$.
En formules	$$\Delta E_c = W_{AB}(\vec{P}) + \sum W_{AB}(\text{autres forces})$$ $$\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_{pp} = \sum W_{AB}(\text{autres forces})$$

Quel théorème choisir ?

- **Théorème de l'énergie cinétique :** toujours utilisable. On compte le travail de **toutes** les forces, poids compris, et on obtient la vitesse ou la variation de vitesse.
- **Théorème de l'énergie mécanique :** très pratique quand il n'y a que le poids et des forces qui ne travaillent pas (conservation), ou pour calculer l'effet des **frottements** sur l'énergie mécanique.

À RETENIR

Travail d'une force : **$W = F \times AB \times \cos\alpha$**. Poids : **$m\,g\,(z_A - z_B)$**. Réaction : **0**. Frottements : **$-f \times AB$**. Théorème de l'énergie cinétique : **$\Delta E_c = \Sigma W$(forces extérieures)**. Théorème de l'énergie mécanique : **$\Delta E_m = \Sigma W$(forces non conservatives)**.