

Première Partie :
Travail mécanique et

L'énergie

Unité 3

5H - 6 H

Travail et l'énergie cinétique

الشغل والطاقة الحركية



1^{er} Bac Sciences
Physique

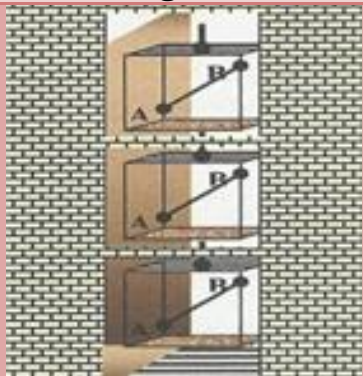
I – L'énergie cinétique d'un corps solide en mouvement de translation :

1 – Mouvement de translation :

On dit qu'un **corps solide** possède un **mouvement de translation** si le **vecteur $\overrightarrow{AB}$** (avec **A** et **B** deux points du corps) **maintient** la **même direction** et le **même sens** tout au long de la **durée du mouvement** : $\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{Cte}$.

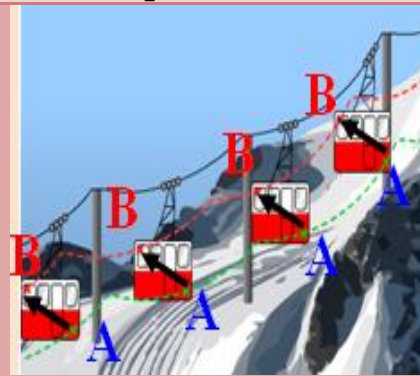
Translation rectiligne :

Les **trajectoires** de **chaque point** du corps sont des **lignes droites**.



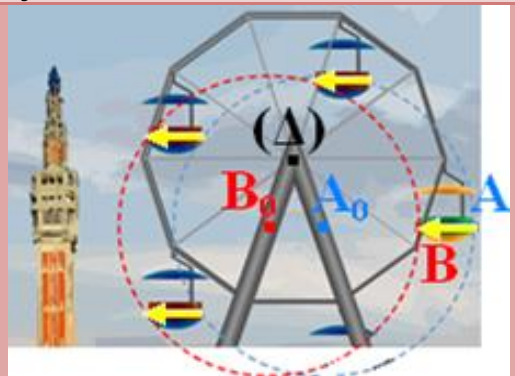
Translation curviligne :

les **trajectoires** de **chaque point** du corps sont des **courbes parallèles**.



Translation circulaire :

Les **trajectoires** de **chaque point** du corps sont des **cercles** ont le **même rayon** mais des **centres différents**.



2 – Mouvement de la chute libre :

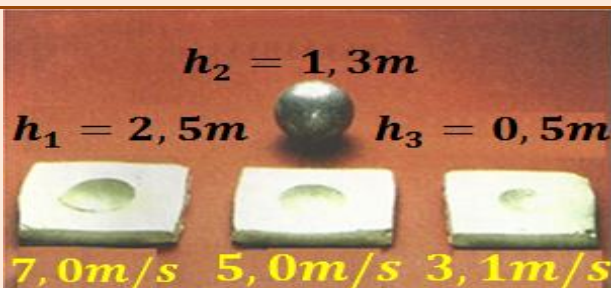
On dit qu'un corps est en **mouvement de la chute libre** s'il n'est soumis qu'à l'action de **son poids seulement**.

Remarque : On utilise le **tube de Newton** pour se débarrasser de l'effet de l'air, de sorte que les **corps matériels** tombent dans le **vide** et au **même endroit**, selon le **même mouvement**.

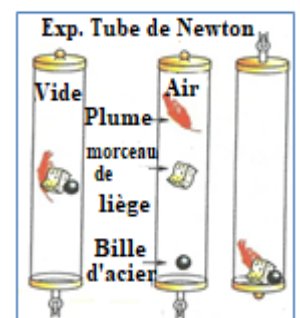
3 – L'énergie cinétique :

3-1 – Activité :

On lâche la **même balle** de **différentes hauteurs**, Elle tombe chaque fois sur un nouveau morceau de pâte, et on observe la **croissance de l'impact** de la balle sur les morceaux de pâte à cause de la **croissance de la hauteur** de la chute de la balle.



Sur la **même hauteur**, On libère **trois balles différentes** pour tomber à chaque fois sur un nouveau morceau de pâte, et on observe la **croissance de l'impact** des balles sur les morceaux de pâte à cause de la **croissance de sa masse**.



a- Comment varie la **valeur** de la **vitesse** de la **balle**, immédiatement avant qu'elle frappe le **morceau de pâte**, avec le changement de la **hauteur** de la **chute** de la **balle** ?
Plus la hauteur h est élevée, plus la valeur de la vitesse V de la balle est élevée.

b- Comparer entre la **vitesse** de la **balle** immédiatement avant qu'elle frappe le **morceau de pâte** et le **degré** de sa **déformation**.

On observe la **croissance** de la **déformation** de la **pâte** à cause de la **croissance** de la **vitesse V** .

c- Comparer entre la **masse** de la **balle** et le **degré** de **déformation** du **morceau de pâte**.

On observe la **croissance** de la **déformation** de la **pâte** à cause de la **croissance** de sa **masse m** .

d- Lors de la **chute de la balle**, son **poids** réalise un **travail $W(\vec{P})$** , ce qui lui fait **acquérir** une **énergie** qui **déforme** le **morceau de pâte**. Déduire, qualitativement, le relation entre l'**énergie gagnée** par la **balle** immédiatement avant qu'elle frappe le **morceau de pâte** et sa **masse** et sa **vitesse**.

L'**énergie gagnée** par la **balle** est **proportionnelle** à sa **masse** et sa **vitesse**.

1-2 - Conclusion :

On appelle **l'énergie cinétique** d'un **corps solide** en **mouvement** de **translation**, sa **masse m** et sa **vitesse V** par rapport un **référentiel**, la **quantité** : $E_C = \frac{1}{2} m \cdot V^2$ son unité en (S.I) est : **Joule J**

II – L'énergie cinétique d'un corps solide en mouvement de rotation autour un axe fixe :

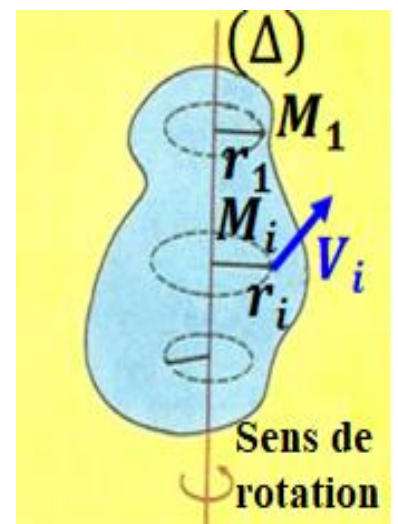
On considère un **corps solide** en **mouvement** de **rotation** autour d'un **axe fixe (Δ)** avec une **vitesse angulaire ω** .

On considère le point M_i du **corps solide**, sa **masse m_i** est située à une **distance $r_i = OM_i$** de l'axe (Δ) et tourné par une **vitesse V_i** où $V_i = r_i \cdot \omega$. Alors, ce point possède une **énergie cinétique $E_{Ci} = \frac{1}{2} m_i \cdot V_i^2$** c-à-d $E_{Ci} = \frac{1}{2} m_i \cdot r_i^2 \cdot \omega^2$.

On déduit que l'**énergie cinétique** du **corps solide** est :

$$E_C = \sum E_{Ci} = \sum \frac{1}{2} m_i \cdot r_i^2 \cdot \omega^2$$

On pose $J_\Delta = \sum m_i \cdot r_i^2$, il s'appelle le **moment d'inertie** du corps par rapport l'axe (Δ) , et il dépend de la **masse m_i** et de **rayon r_i** et de la **distribution** de sa **matière** autour de l'axe (Δ) , son unité en (S.I) est **$kg \cdot m^2$** . Donc $E_C = \frac{1}{2} J_\Delta \cdot \omega^2$.



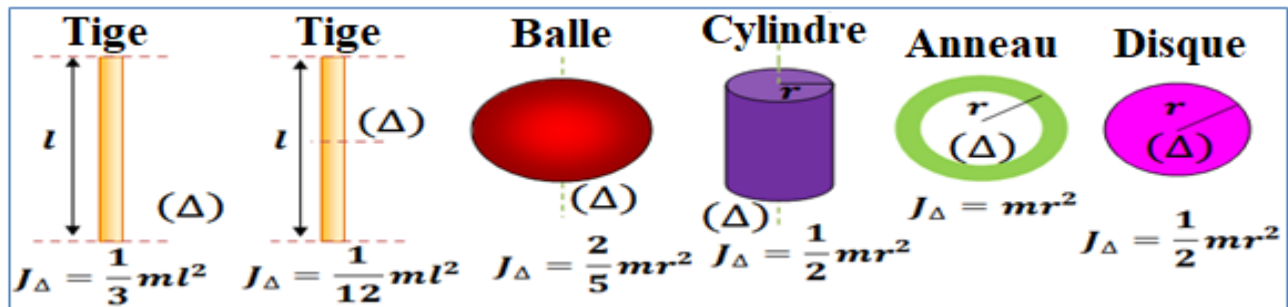
Définition

L'**énergie cinétique** d'un **corps solide** en **rotation** autour d'un **axe fixe (Δ)**

est égale la **quantité** : $E_C = \frac{1}{2} J_\Delta \cdot \omega^2$.

avec ω est la **vitesse angulaire instantanée** du **corps solide**

et J_Δ est **son moment d'inertie** par rapport l'axe (Δ) .

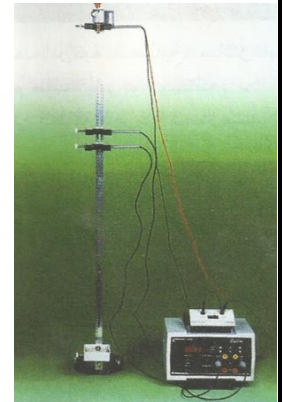


III – Le théorème de l'énergie cinétique :

1 – Cas d'un corps solide en chute libre sans vitesse initiale :

1-1 - Activité :

L'électro-aimant maintient la **bille** (de masse $m = 24 \text{ g}$) dans la **position supérieure** et lorsque l'interrupteur est **ouvert**, la **bille** avance et tombe sans aucune **vitesse initiale** devant la **règle verticale graduée**. Le **chronomètre** commence lorsque l'**extrémité inférieure** de la **bille** coupe le **rayon lumineux** de la **cellule photovoltaïque** et



s'arrête lorsque l'**extrémité supérieure** de la **bille** dépasse ce **rayon**. Ainsi, On peut déterminer la **durée Δt** qui prend le **passage** de la **bille** devant la **cellule**.

Alors on peut calculer sa **vitesse** par la **relation $V = \frac{d}{\Delta t}$** avec

$d = 1,8 \text{ cm}$ le **diamètre** de **bille**.

On choisit le **point M_1** tel que la **vitesse V_1** à ce **point** ne soit pas **nulle**.

On varie la **hauteur** de la **chute h_i** en changeant la **position** de la **cellule photovoltaïque**.

a- Compléter le **tableau suivant** tel que $E_{ci} = \frac{1}{2} m \cdot V_i^2$ et le **travail de poids** de

bille $W_{A_1 \rightarrow A_i}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot A_1 A_i = m \cdot g \cdot (h_i - h_1)$ lorsque son **centre de gravité** se déplace de la **position A_1** à la **position A_i** avec $g = 10 \text{ N/kg}$

La position A_i	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7
La hauteur $h_i(m)$	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40
$\Delta t(ms)$	8,70	6,38	5,18	4,48	4,05	3,70	3,48
$V_i(m/s)$	2,07	2,82	3,47	4,02	4,44	4,86	5,17
$E_{ci}(J)$	0,051	0,095	0,144	0,194	0,237	0,283	0,321
$W_{A_1 \rightarrow A_i}(\vec{P})(J)$	0	0,048	0,096	0,144	0,192	0,240	0,288

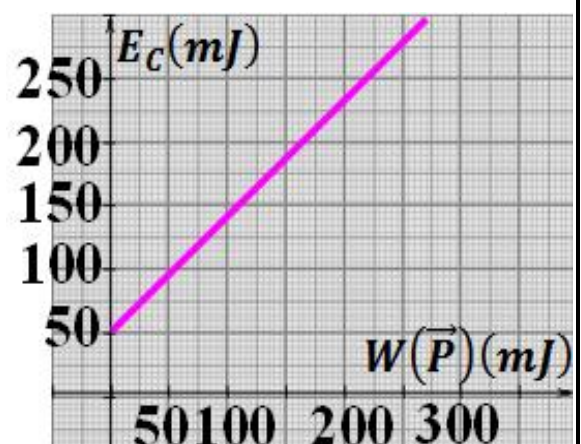
b- Tracer la **courbe $E_c = f(W(\vec{P}))$** qui

représente la **variation** de l'**énergie cinétique** de **bille** en fonction de **travail** de son **poids**.

Voir la **courbe** ci-contre.

c- Que représente le **coordonnée** à l'**origine** de la **droite** obtenue ?

Le **coordonnée** à l'**origine** représente E_{c1} l'**énergie cinétique** de la **bille** lorsqu'elle traverse la **position A_1** .



d- Déterminer **graphiquement**, la **valeur** du **coefficient directeur** de la **courbe**.

La **courbe** est une **fonction affine** écrite **sous la forme** : $E_c = \alpha \cdot W(\vec{P}) + \beta$

pour $W(\vec{P}) = 0$ on a $E_c(0) = E_{c1} = \alpha \times 0 + \beta = \beta$ donc $\beta = E_{c1} = 0,051 \text{ J}$

et on a $\alpha = \frac{E_c - E_{c1}}{W(\vec{P})} = \frac{0,095 - 0,051}{0,048} \approx 1$ donc $E_c = W(\vec{P}) + E_{c1}$

e- Dédire la **relation** entre la **variation** de l'**énergie cinétique** ΔE_c de **bille** et le **travail** de son **poids** $W(\vec{P})$.

On a $E_c = W(\vec{P}) + E_{c1}$ d'où $E_c - E_{c1} = W(\vec{P})$ alors $\Delta E_c = W(\vec{P})$

1-2 - Conclusion :

La variation l'énergie cinétique d'un **corps solide** lors de sa **chute libre** sans **vitesse initiale**, entre **deux instants** t_1 et t_2 , égale **le travail de la seule force** (son **poids** $\vec{P}$) appliquée à ce **corps** entre les **deux instants** : $\Delta E_c = \frac{1}{2} m \cdot V_2^2 - \frac{1}{2} m \cdot V_1^2 = W_{1 \rightarrow 2}(\vec{P})$

2 - Cas d'un corps solide en translation rectiligne :

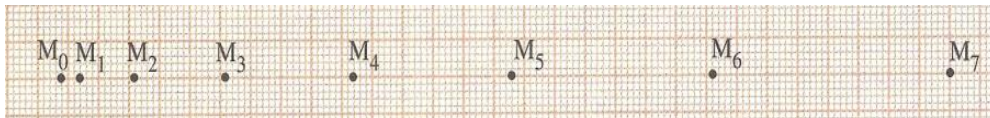
2-1 - Activité :

On pose un **autoporteur** de **masse** $m = 732 \text{ g}$ au-dessus d'un **coussin d'air**

incliné d'un **angle** $\alpha = 10^\circ$ par rapport au **plan horizontal**.

On lance l'**autoporteur** sans **vitesse initiale** et on enregistre les **positions** du **centre d'inertie** sur des **durées égales** et

successives $\tau = 60 \text{ ms}$.

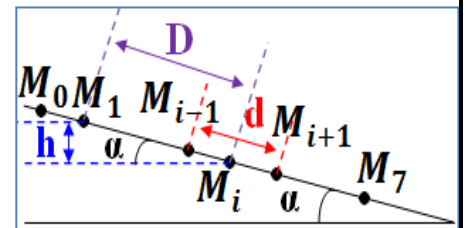


On choisit le **point** M_1 de la **trajectoire** de sorte que la **vitesse** V_1 à ce point soit **non nulle**.

a- Faire le **bilan de forces** appliquées à l'**autoporteur**.

Le **système étudié** : { l'**autoporteur** }

Le **bilan de forces** : $\vec{P}$ son **poids** et $\vec{R}$ la **réaction du plan**.



b- Calculer la **valeur** de la **vitesse** V_1 et déduire l'**énergie cinétique** E_{c1} .

On a $V_1 = \frac{M_0 M_1}{2\tau} = \frac{1,2 \cdot 10^{-2}}{2 \times 60 \cdot 10^{-3}} = 0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Donc $E_{c1} = \frac{1}{2} m \cdot V_1^2 = \frac{1}{2} \times 0,732 \times (0,1)^2 = 3,66 \cdot 10^{-3} \text{ J}$

c- Trouver l'**expression** de l'**énergie cinétique** E_{ci} du **mobile** en fonction de la **distance** $d = M_{i-1} M_{i+1}$.

On a $E_{ci} = \frac{1}{2} m \cdot V_i^2 = \frac{1}{2} m \cdot \left(\frac{M_{i-1} M_{i+1}}{2\tau} \right)^2 = \frac{1}{2} m \cdot \left(\frac{d}{2\tau} \right)^2$

d- Trouver l'**expression** de **travail** du **poids** de l'**autoporteur** $W_{M_1 \rightarrow M_i}(\vec{P})$ du **mobile** en fonction de la **distance** $D = M_1 M_i$.

On a $W_{M_1 \rightarrow M_i}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_1 - z_i) = m \cdot g \cdot h = m \cdot g \cdot D \cdot \sin \alpha$

e- Dédire $\sum W_{M_1 \rightarrow M_i}(\vec{F})$ la somme des **travaux** des **forces** appliquées à l'**autoporteur**.

Puisque les **frottements** sont **négligeables**, on a $W_{M_1 \rightarrow M_i}(\vec{R}) = 0$

donc $\sum W_{M_1 \rightarrow M_i}(\vec{F}) = W_{M_1 \rightarrow M_i}(\vec{P})$

f- Compléter le remplissage du tableau suivant .

La position M_i	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6
La distance $d(10^{-2}m)$	1,2	2,4	3,6	4,7	5,9	7,2
La distance $D(10^{-2}m)$	0	0,9	2,4	4,5	7,1	10,4
$E_{C_i}(10^{-3}J)$	3,66	14,64	32,94	56,14	88,47	131,76
$W_{M_1 \rightarrow M_i}(\vec{P})(10^{-3}J)$	0	11,44	30,51	57,20	90,25	132,19

g- Représenter la courbe $E_C = f(W(\vec{P}))$ et écrire son équation puis déduire la relation entre la variation de l'énergie cinétique ΔE_C et $\sum W_{M_1 \rightarrow M_i}(\vec{F})$.

Voir la courbe ci-contre. La courbe est une fonction affine écrite sous la forme :

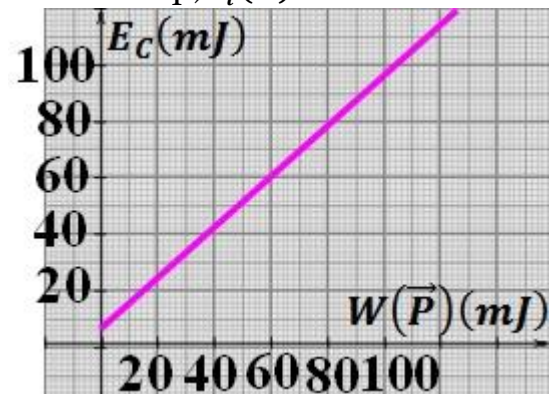
$$E_C = \alpha \cdot W(\vec{P}) + \beta \quad \text{pour } W(\vec{P}) = 0$$

$$\text{on a } E_C(0) = E_{C_1} = \alpha \times 0 + \beta = \beta$$

$$\text{et } \alpha = \frac{E_C - E_{C_1}}{W(\vec{P})} = \frac{14,64 - 3,66}{11,44} \approx 1$$

$$\text{Donc } E_C = W(\vec{P}) + E_{C_1} \text{ d'où } E_C - E_{C_1} = W(\vec{P})$$

$$\text{alors } \Delta E_C = W(\vec{P}) \text{ donc } \Delta E_C = \sum W_{M_1 \rightarrow M_i}(\vec{F}).$$



2-2 - Conclusion :

Dans un repère galiléen, La variation de l'énergie cinétique d'un corps solide en translation rectiligne, entre deux instants t_1 et t_2 , égale la somme des travaux de toutes les forces extérieures appliquées à ce corps entre ces deux instants, ce résultat est exprimé dans le cas du déplacement du centre d'inertie du corps solide de la position A à la position B par la relation : $\Delta E_C = \frac{1}{2} m \cdot V_B^2 - \frac{1}{2} m \cdot V_A^2 = \sum W_{A \rightarrow B}(\vec{F}_{ext})$

3 - Cas d'un corps solide en rotation autour d'un axe fixe :

Le résultat précédent est également vérifié si un corps solide est en rotation autour d'un axe fixe, tel que la variation de l'énergie cinétique, égale la somme algébrique des travaux de toutes les forces appliquées à ce corps.

Ce résultat est exprimé dans le cas de la transition de la vitesse angulaire de la valeur ω_1 à la valeur ω_2 par la relation : $\Delta E_C = \frac{1}{2} J_{\Delta} \cdot \omega_2^2 - \frac{1}{2} J_{\Delta} \cdot \omega_1^2 = \sum W_{1 \rightarrow 2}(\vec{F}_{ext})$

4 - Enoncé du théorème de l'énergie cinétique :

Dans un repère galiléen, la variation l'énergie cinétique d'un corps solide indéformable en translation ou en rotation autour d'un axe fixe, entre deux instants t_1 et t_2 , égale la somme algébrique des travaux de toutes les forces extérieures appliquées à ce corps entre ces deux instants. Ce théorème est exprimé par la relation suivante : $\Delta E_C = E_{C_2} - E_{C_1} = \sum W_{1 \rightarrow 2}(\vec{F}_{ext})$

Remarque : Lors de l'application du théorème de l'énergie cinétique, il faut suivre les étapes suivantes :

- ✚ Déterminer le référentiel (repère galiléen).
- ✚ Déterminer l'état initial et l'état final de déplacement.
- ✚ Faire le bilan des forces appliquées au système étudié lors de déplacement.
- ✚ Calculer le travail de chaque force lors de déplacement.
- ✚ Appliquer le théorème de l'énergie cinétique considérant le cas du mouvement de système étudié (translation ou rotation).