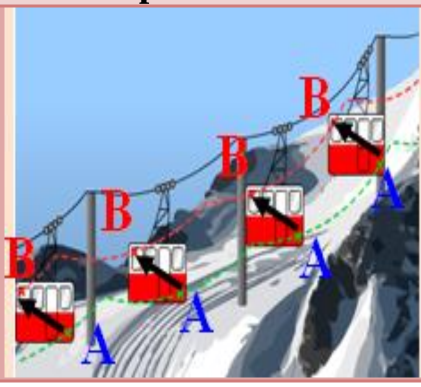
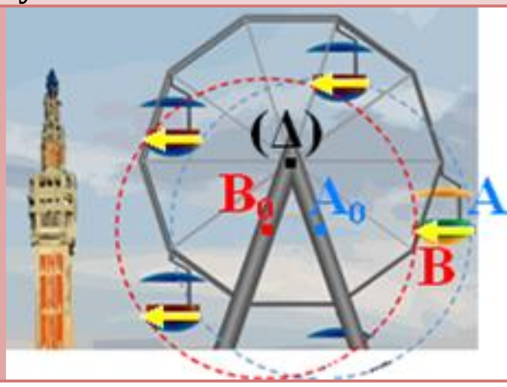
Première Partie : Travail mécanique et L'énergie Unité 3 5H - 6 H	Travail et l'énergie cinétique الشغل والطاقة الحركية	1^er Bac Sciences Physique

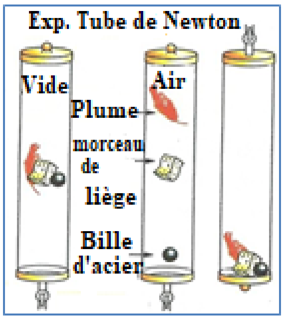
I – L'énergie cinétique d'un corps solide en mouvement de translation :

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 :

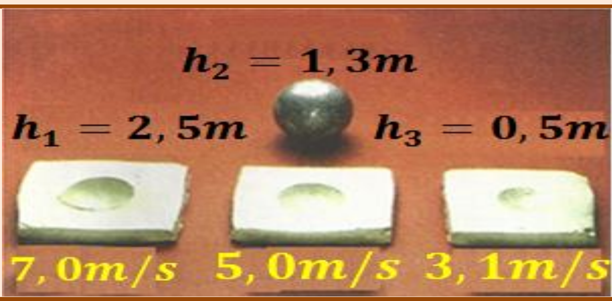


On dit qu'un corps est en **mouvement de la chute libre** s'il n'est soumis qu'à l'action de **son poids seulement**.

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** $\boldsymbol{m}$.

d- Lors de la **chute de la balle**, **son poids** réalise un **travail** $\boldsymbol{W(\vec{P})}$ **,** 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**.

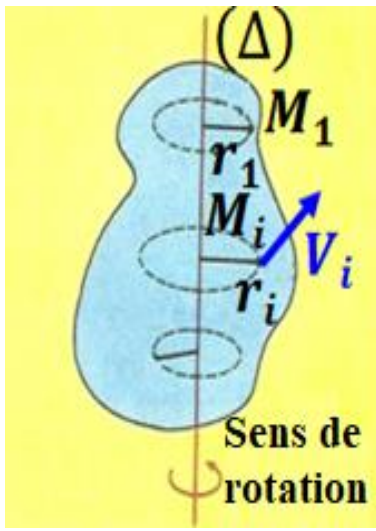
L'**énergie gagnée** par la **balle** est **proportionnelle** à **sa masse** et **sa vitesse**.

1-2 – Conclusion :

On appelle **l'énergie cinétique** d'un **corps solide** en **mouvement** de **translation**, **sa masse** $\boldsymbol{m}$ et **sa vitesse** $\boldsymbol{V}$ par rapport un **référentiel**, la **quantité :** $E_C = \frac{1}{2} m.V^2$ **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** $\boldsymbol{\omega}$.



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

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

$$\boldsymbol{E_C = \sum E_{C_i} = \sum \frac{1}{2} m_i.r_i^2.\omega^2}$$

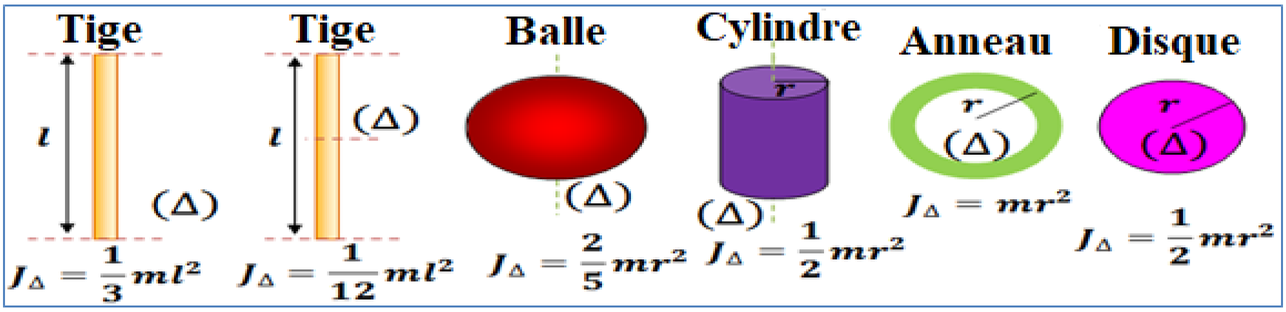
On **pose** $\boldsymbol{J_\Delta = \sum m_i.r_i^2}$, il s'appelle le **moment d'inertie** du corps par rapport l'**axe (Δ)**, et il dépend de la **masse** $\boldsymbol{m_i}$ et de **rayon** $\boldsymbol{r_i}$ et de la **distribution** de **sa matière** autour de l'**axe (Δ)**, **son unité** en (**S.I**)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

Définition

L'**énergie cinétique** d'un **corps solide** en **rotation** autour d'un **axe fixe (Δ)** est égale la **quantité** : $E_C = \frac{1}{2} J_\Delta.\omega^2$ **.**

avec $\boldsymbol{\omega}$ est la **vitesse angulaire instantanée** du **corps solide**

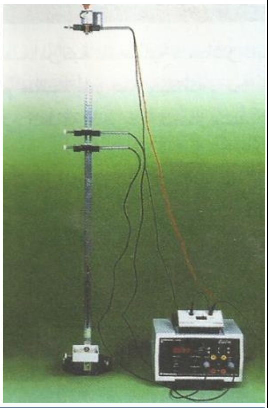
et J_Δ est **son moment d'inertie** par rapport l'**axe (Δ)**.



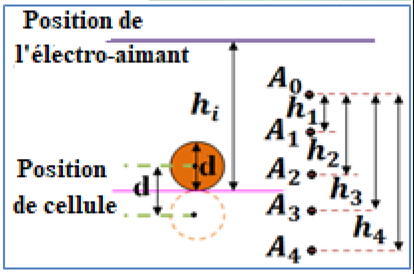
III – Le théorème de l'énergie cinétique :

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

1-1 - Activité :



L'**électro-aimant** maintient la **bille** (de **masse** $m = 24\ g$) 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 $d = 1,8\ cm$ le **diamètre** de **bille**.

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

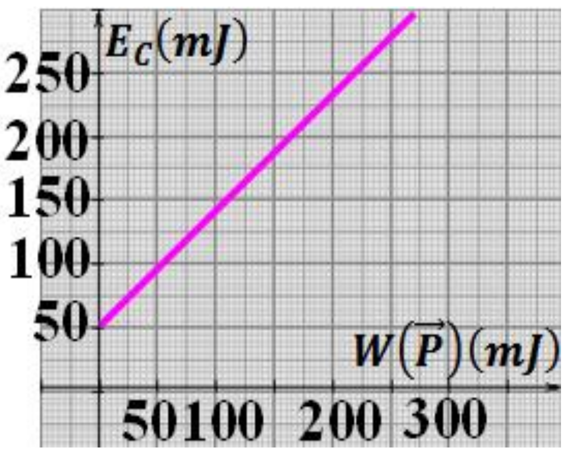
On varie la **hauteur** de la **chute** h_i en changeant la **position** de la **cellule photovoltaïque**.

a- Compléter le **tableau suivant** tel que $E_{C_i} = \frac{1}{2}m.V_i^2$ et le **travail de poids** de **bille** $W_{A_1\to A_i}(\vec{P}) = m.g.A_1A_i = m.g.(h_i - h_1)$ lorsque **son centre de gravité** se déplace de la **position** A_1 à la **position** A_i **avec** $g = 10\ N/kg$

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
$E_{C_i}(J)$	0,051	0,095	0,144	0,194	0,237	0,283	0,321
$W_{A_1\to A_i}(\vec{P})(J)$	0	0,048	0,096	0,144	0,192	0,240	0,288

b- Tracer la **courbe** $E_C = f\left(W(\vec{P})\right)$ 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_{C_1} 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** : $E_C = \alpha . W(\vec{P}) + \beta$

pour $W(\vec{P}) = 0$ on a $E_C(0) = E_{C_1} = \alpha \times 0 + \beta = \beta$ donc $\beta = E_{C_1} = 0,051\,J$

et on a $\alpha = \frac{E_C - E_{C_1}}{W(\vec{P})} = \frac{0,095-0,051}{0,048} \approx 1$ donc $E_C = W(\vec{P}) + E_{C_1}$

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

On a $E_C = W(\vec{P}) + E_{C_1}$ d'où $E_C - E_{C_1} = W(\vec{P})$ alors $\Delta E_C = W(\vec{P})$

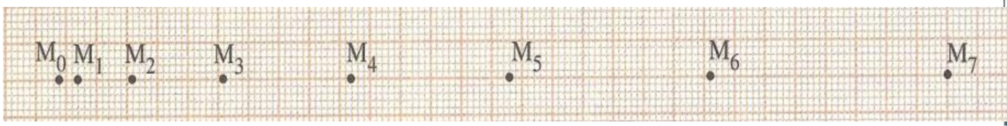
1-2 - Conclusion :

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** : $\Delta E_C = \frac{1}{2}m.V_2^2 - \frac{1}{2}m.V_1^2 = W_{1\to 2}(\vec{P})$

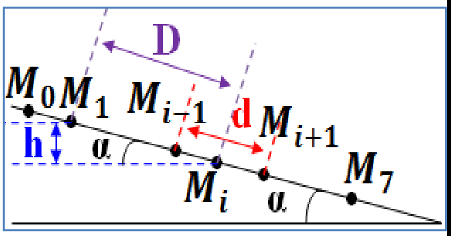
2 – Cas d'un corps solide en translation rectiligne :

2-1 - Activité :

On pose un **autoporteur** de **masse** $m = 732\,g$ au-dessus d'un **coussin d'air** incliné d'un **angle** $\alpha = 10°$ 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** $\tau = 60\,ms$.



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_{C_1}.

On a $V_1 = \frac{M_0M_1}{2\tau} = \frac{1,2.10^{-2}}{2\times 60.10^{-3}} = 0,1\,m.s^{-1}$

Donc $E_{C_1} = \frac{1}{2}m.V_1^2 = \frac{1}{2}\times 0,732 \times (0,1)^2 = 3,66.10^{-3}\,J$

c- Trouver l'**expression** de l'**énergie cinétique** E_{C_1} du **mobile** en fonction de la **distance** $d = M_{i-1}M_{i+1}$.

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

d- Trouver l'**expression** de **travail du poids** de l'**autoporteur** $W_{M_1\to M_i}(\vec{P})$ du **mobile** en fonction de la **distance** $D = M_1M_i$.

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

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

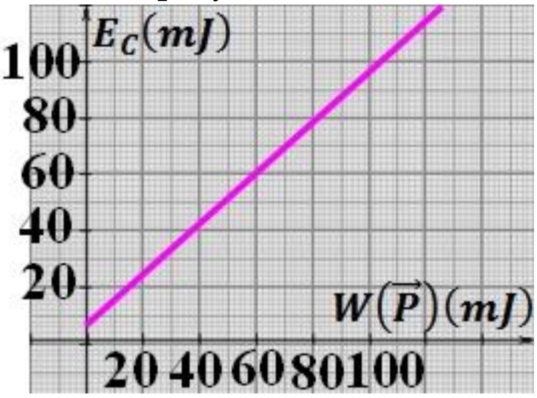
Puisque les **frottements** sont **négligeables**, on a $W_{M_1\to M_i}(\vec{R}) = 0$

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

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
$W_{M_1\to M_i}(\vec{P})(10^{-3}J)$	0	11,44	30,51	57,20	90,25	132,19

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



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

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

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

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

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

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

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** : $\Delta E_C = \frac{1}{2}m.V_B^2 - \frac{1}{2}m.V_A^2 = \sum W_{A\to B}(\vec{F}_{ext})$

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** : $\Delta E_C = \frac{1}{2}J_\Delta.\omega_2^2 - \frac{1}{2}J_\Delta.\omega_1^2 = \sum W_{1\to 2}(\vec{F}_{ext})$

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** : $\Delta E_C = E_{C_2} - E_{C_1} = \sum W_{1\to 2}(\vec{F}_{ext})$

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

- Déterminer le **système étudié**.
- 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**).