Chapitre 4 : Principe d'inertie TC

Savoirs – savoirs faire

- ***Connaitre et utiliser le principe d'inertie ;***
- ***Connaitre un corps pseudo-isolé, et un corps isolé mécaniquement.***
- ***Exploitation d'un enregistrement pour identifier le centre d'inertie ;***
- ***Connaitre position du centre d'inertie de quelques corps homogènes de formes géométries simples.***
- ***Connaitre de la relation du barycentre et l'appliquer pour identifier le centre d'inertie d'un système des corps solides.***

Exemples d'activités

- ***Réalisation des expériences pour montrer :***
  - ***L'effet d'un aimant sur une bille d'acier en mouvement ;***
  - ***Le changement de la trajectoire d'une bille lorsqu'elle heurte un obstacle ;***
  - ***L'existence des forces entre des corps chargés ;***
- ***Vérification expérimentale du principe d'inertie***
- ***Réalisation d'une expérience pour mettre en évidence le centre d'inertie, le mouvement global et le mouvement propre.***
- ***Réalisation d'une expérience pour identifier le barycentre de deux points équilibrés.***

Eléments du programme

I. Effet d'une force sur le mouvement d'un corps

II. Centre d'inertie d'un corps

1- Définitions

2- Centre d'inertie d'un solide

a- Activité 1

b- Activité 2

c- Conclusion

3- Enoncé de la loi d'inertie

III. le centre d'inertie d'un système

IV. Relation barycentrique

V. Centre d'inertie d'un système déformable

a-Activité 3

b- conclusion

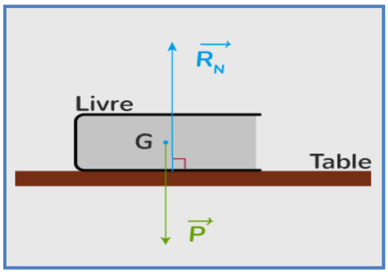
- **Exercices de synthèse**

Durée : Cour (4h) – Exercices (1h)

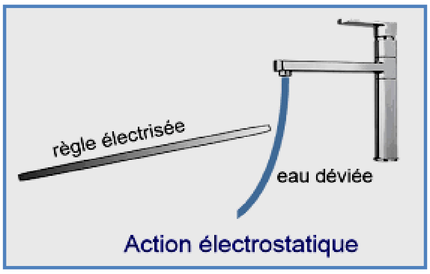
I. Effet d'une force sur le mouvement d'un corps :

- **Exemples :**

Doc1



Doc2



Doc3

- Une force qui s'exerce sur un corps peut le mettre en mouvement(Doc1), modifier sa trajectoire (Doc3), le mettre en équilibre (au repos)(Doc2) ,modifier sa trajectoire , modifier sa vitesse.

II. Centre d'inertie d'un corps :

1- Définitions :

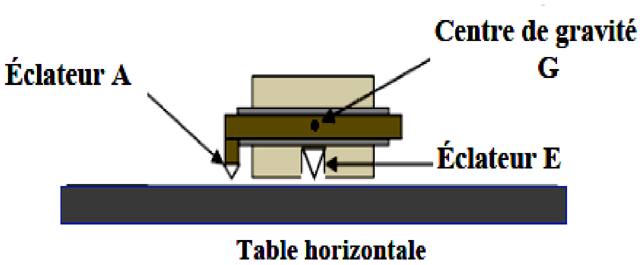
- **Système isolé :** Un système est mécaniquement isolé s'il n'est soumis à aucune force. Ce genre de système n'existe pas en pratique (il y a toujours le poids du système et des frottements).
- **Système pseudo-isolé :** Un système est pseudo-isolé si les effets des forces extérieures auxquelles il est soumis se compensent : $\sum_{i=1}^{n} \vec{F}_{ext} = \vec{0}$.

- **Exemple :**
un livre sur une table (Doc2) : la force de réaction de la table sur le livre compense le poids du livre.

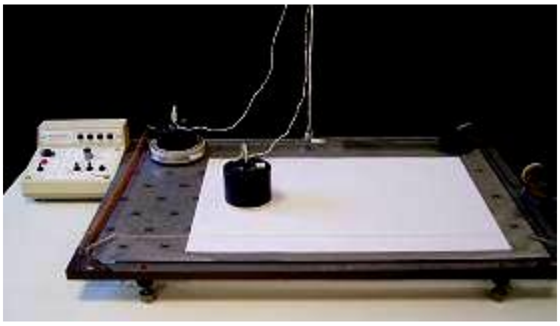
2- Centre d'inertie d'un solide :

a- Activité 1 :

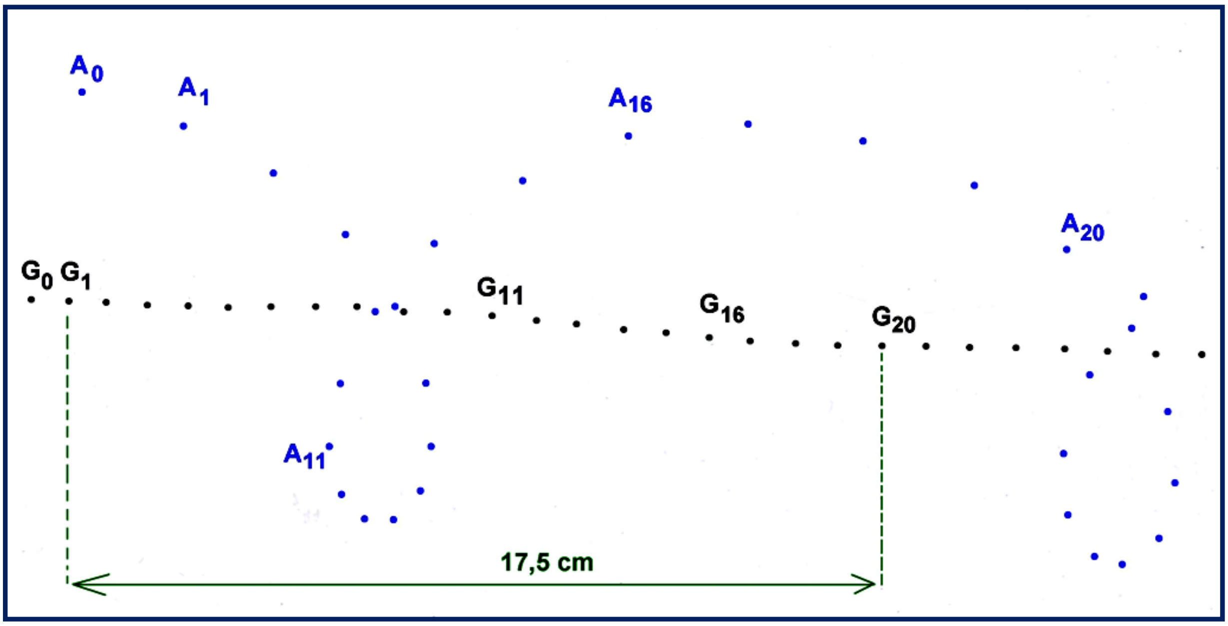
Sur la table à coussin d'air horizontale, On lance un autoporteur menu de deux éclateur, **E** sur le centre de son base et **A** à sa périphérie, en le faisant tourner sur lui même. On enregistre ces deux positions pendant des intervalles de temps successifs et égaux $\tau = 40ms$.
on obtient l'enregistrement ci-dessous figure(3):



Figure(1)



Figure(2)



Figure(3)

b- Exploitation :

Questions:

1- Faire un bilan des forces qui s'exercent sur le mobile autoporteur dans le référentiel terrestre.

2- En l'absence de frottements, quelle relation vectorielle y'a-elle entre les deux forces exercées au mobile autoporteur ?.

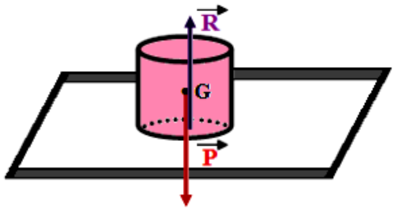
3- Quelle est la nature du mouvement de l'éclateur E (et donc du centre G) ? justifier.

4- Que peut on dire de la vitesse de l'éclateur E(et donc du centre G) ?

5- Quelle est la nature du mouvement du mobile autoporteur A ? justifier.

6- Conclure.

Réponse :



figure(4)

- Le mobile autoporteur est soumis à deux forces : son poids $\vec{P}$ et la réaction $\vec{R}$ du plan de la table.
- En l'absence du frottements on a :

$\vec{R} = \vec{R}_N \;\; et \;\; \vec{R}_T = \vec{0} \; (force \; de \; frottement)$

Donc La somme de ces forces est un vecteur nul car elles ont mêmes direction , de sens opposés et de même intensité. $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$ On dit que le système est **pseudo-isolé**

- On constate que :

– La trajectoire du **A** est curviligne tandis que la trajectoire du **E** et donc du point **G** est rectiligne.

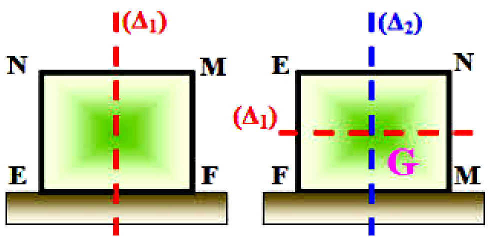
– Le mouvement de **G** est rectiligne uniforme : trajectoire rectiligne et les distances parcourues pendant les mêmes intervalles du temps sont équidistantes.

Donc $\vec{v}_G = \overrightarrow{Constante}$.

c- Activité 2 :

Supposons qu'un mobile autoporteur pouvant se déplacer sur ces différentes faces sur une table horizontale.

- Lorsque le mobile autoporteur se déplace sur la face EF, le mouvement des points de l'axe de symétrie verticale (Δ_1) est rectiligne uniforme

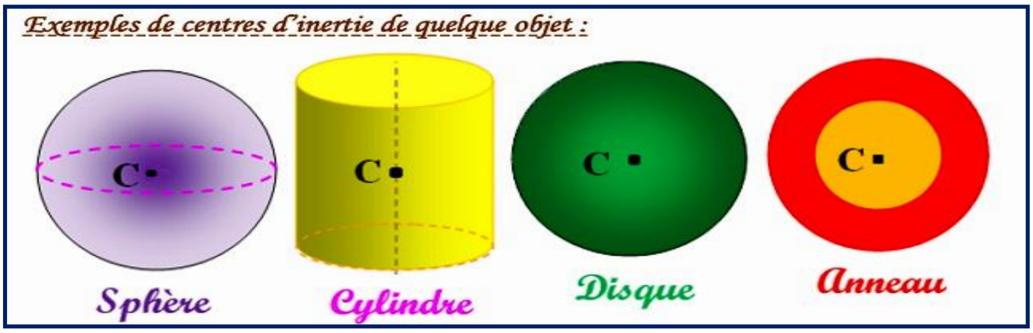


figure(5)

- lorsque l'autoporteur se déplace sur la face FM, le mouvement des points de l'axe de symétrie verticale (Δ_2) .
- Que remarquez-vous ?
- On remarque que le **point d'intersection** des axes (Δ_1) et (Δ_2) est le seul point dont le mouvement est toujours **rectiligne uniforme** quelle que soit la face sur laquelle se déplace le mobile autoporteur.

d- Conclusion :

- Chaque corps solide a un point spécial et unique appelé centre d'inertie du corps solide et noté **G** qui se distingue aux autres points par un mouvement spécial
- Lorsque ce corps est pseudo-isolé mécaniquement pour un référentiel terrestre, leur centre d'inertie **G** est en mouvement rectiligne uniforme.
- Le centre d'inertie est confondu avec le centre de gravite si le solide est homogène.



Figure(6)

3- Enoncé de la loi d'inertie :

« Un système persévère dans son état de repos ou du mouvement rectiligne uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent ou sont nulles. »

On peut aussi écrire :

Dans un référentiel galiléen, le centre d'inertie G d'un système isolé ou pseudo-isolé est :

- Soit immobile $\vec{v}_G = \vec{0}.$
- Soit en mouvement rectiligne uniforme $\vec{v}_G = \overrightarrow{Constante} \neq \vec{0}.$

REMARQUE :

- Le principe d'inertie n'est vrai que dans des référentiels particuliers appelé référentiels galiléens.
- Dans un référentiel galiléen, tout référentiel en translation rectiligne uniforme par rapport à celui ci est galiléen.
- Les référentiels terrestres sont considérés comme galiléens pour les mouvements de courtes durées.

III. le centre d'inertie d'un système :

Pour un solide homogène, Le centre d'inertie **C** est confondu avec le centre de gravité **G .**

Considérons un ensemble des points matériels $\mathbf{A_i}$, de masse $\mathbf{m_i}$. Leur centre d'inertie **G** est donné par la relation suivante :

$$\sum_i m_i\overrightarrow{GA_i} = \vec{0} \Leftrightarrow m_1\overrightarrow{GA_1} + \cdots . m_n\overrightarrow{GA_n} = \vec{0}$$

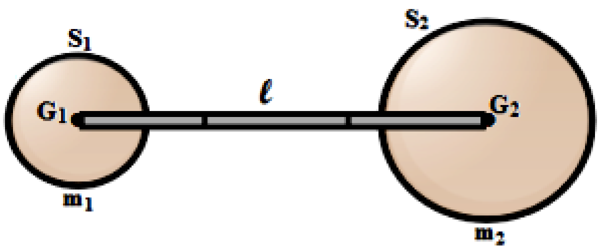
IV. Relation barycentrique :

Dans un repère (O, x, y, z), le centre d'inertie **G** d'un système quelconque constitué par plusieurs solides de centre d'inertie ($\mathbf{G_1}$, $\mathbf{G_2}$, ……., $\mathbf{G_n}$) et de masse respectivement ($\mathbf{m_1}$, $\mathbf{m_2}$, ….., $\mathbf{m_n}$) est donné par la relation barycentrique suivante :

$$(\sum_i m_i) \times \overrightarrow{OG} = \sum_i m_i\overrightarrow{OG_i} \Leftrightarrow \overrightarrow{OG} = \frac{\sum_i m_i \overrightarrow{OG_i}}{\sum_i m_i}$$

Remarque: dans le repère (O,x,y,z) on a :

$$\overrightarrow{OG} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \overrightarrow{OG_i} \cdot m_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i} \qquad \begin{cases} x_G = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_{G_i} \cdot m_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i} \\ y_G = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_{G_i} \cdot m_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i} \\ z_G = \frac{\sum_{i=1}^{n} z_{G_i} \cdot m_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i} \end{cases}$$



Exercice d'application :

On considère deux solides S_1 et S_2 de masse $m_1 = 100g$ et $m_1 = 300g$ et du centre d'inertie G_1 et G_2. Le système formé par ces deux solides est rigidement liés par une barre de masse négligeable, à pour centre d'inertie le point G appartenant au segment rectiligne G_1G_2, tel que $G_1G_2 = \boldsymbol{l} = 20$cm.

Exprimer puis calculer la position du centre d'inertie **G** de ce système (S_1 + S_2) par rapport au centre G_1?

Correction :

on applique la relation barycentrique pour les deux solides S_1 et S_2 :

$$\overrightarrow{OG} = \frac{m_1\overrightarrow{OG_1} + m_2\overrightarrow{OG_2}}{m_1 + m_2}$$

On prend $O \leftrightarrow G_1$

$$\overrightarrow{OG} = \frac{m_1\overrightarrow{OO} + m_2\overrightarrow{OG_2}}{m_1 + m_2} \Leftrightarrow \overrightarrow{OG} = \frac{m_2\overrightarrow{G_1G_2}}{m_1 + m_2}$$

$et\ puisque\ m_2 = 3m_1$ on a : $\overrightarrow{OG} = \frac{3m_1\overrightarrow{OG_2}}{4m_1} \Leftrightarrow \overrightarrow{G_1G} = \overrightarrow{OG} = \frac{3\overrightarrow{OG_2}}{4}$

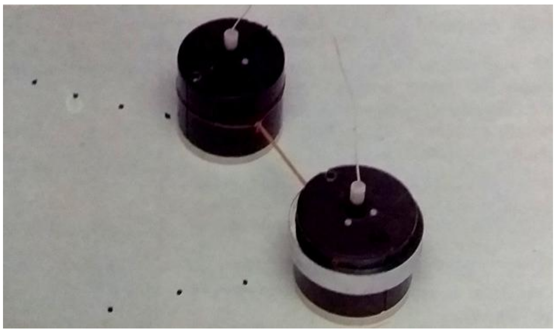
$$OG = \frac{3.l}{4} = \frac{3.20.10^{-2}}{4} = 15cm$$

C'est-à-dire que le centre d'inertie se trouve à une distance de 10cm du centre d'inertie du solide S_1

V. Centre d'inertie d'un système déformable

a- Activité 3 :

Deux mobiles autoporteurs S_A et S_B de masses respectives m_A et m_B , reliés par un fil élastique, sont lancés sue la table horizontale et fixe dans le laboratoire (figure 7)



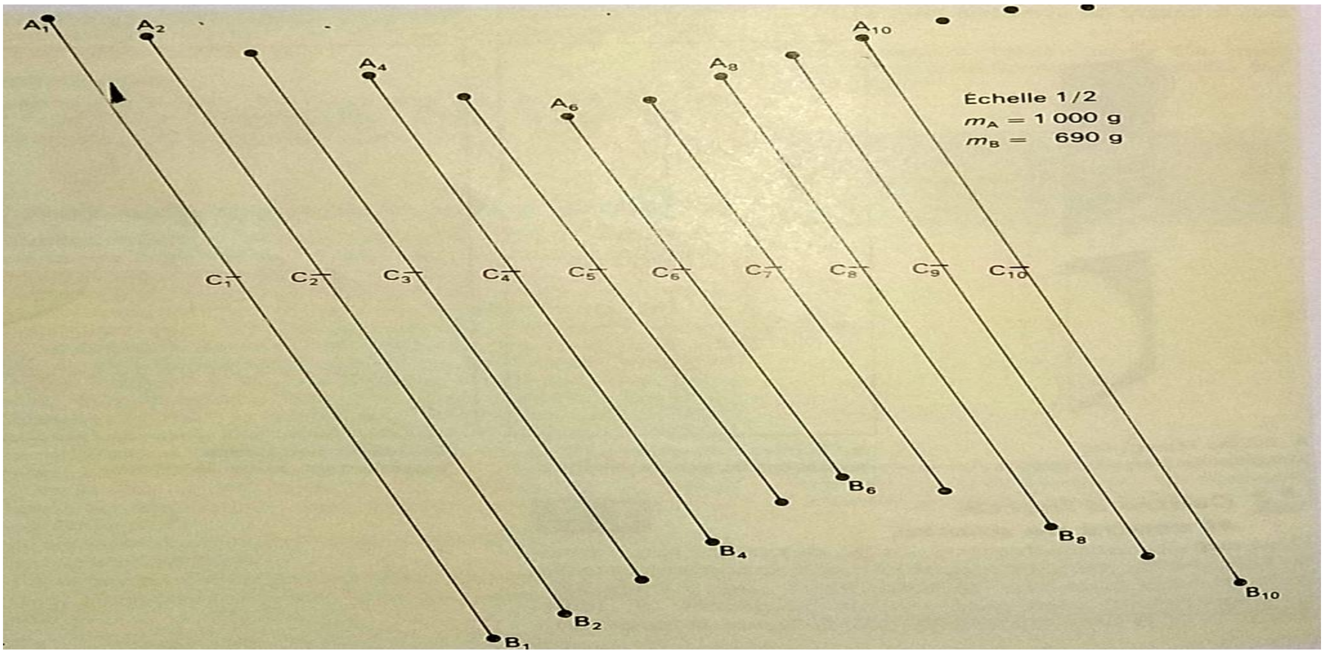
(figure 7)

Exploitation :

2) Sachant que le contact entre Le système $\{S_A, S_B\}$ et surface de la table se fait sans frottement, montrer que ce système et pseudo-isolé mécaniquement.
3) En utilisant la relation barycentrique, montrer que le centre de masse du système à comme expression :

$$\overrightarrow{CB} = \frac{m_A}{m_A+m_B}\overrightarrow{AB}$$

4) Pour chacune des positions du système , mesurer A_iB_i et calculer C_iB_i et placer le point du centre C_i sur l'enregistrement de la figure (8).
5) Quelle est la nature de mouvement du système $\{S_A, S_B\}$



Figure(8)

Le centre de masse (d'inertie) du système est le barycentre des points A et B affectés respectivement des masses m_A et m_B :

$$\text{On a } m_A\overrightarrow{CA} + m_B\overrightarrow{CB} = \vec{0} \quad \text{et } \overrightarrow{CA} = \overrightarrow{BA} - \overrightarrow{BC} \implies m_A(\overrightarrow{BA} - \overrightarrow{BC}) + m_B\overrightarrow{CB} = \vec{0}$$

$$\implies m_A\overrightarrow{BA} + (m_A + m_B)\overrightarrow{CB} = \vec{0}$$

$$\text{Donc : } \quad \overrightarrow{CB} = \frac{m_A}{m_A+m_B}\overrightarrow{AB}$$

Nous observons que , aux erreures experimentales près, les postions C_i sont alignées et equidistantes

Donc le centre de masse du système est rectiligne uniforme .

$\implies$ ***le centre de masse d'un systeme et aussi son centre d'inertie***

⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔⇔