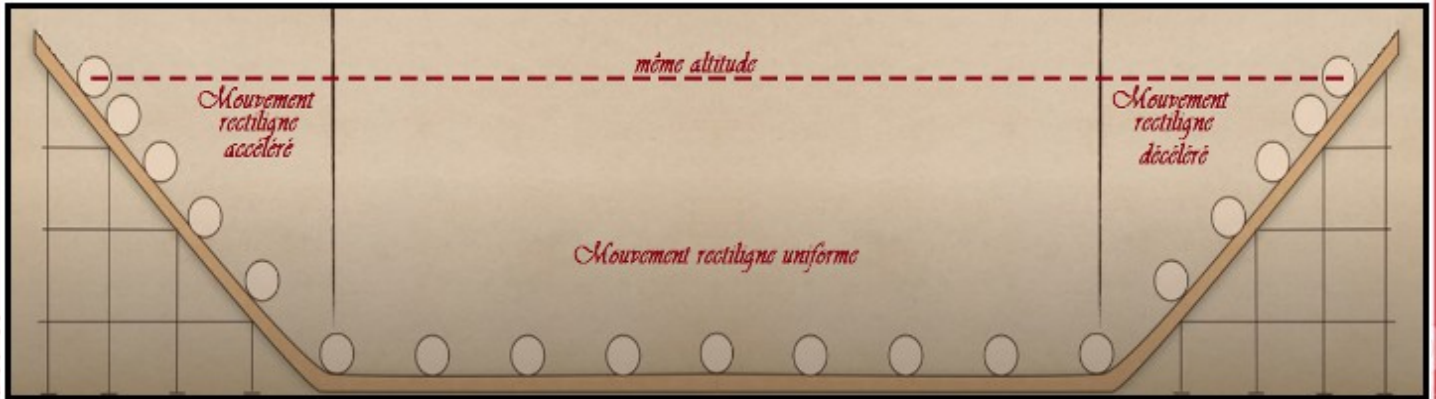


Partie 1 : Mécanique

Séquence 5 : Principe d'inertie

Pendant des siècles, on a cru que la force était nécessaire pour maintenir un mouvement rectiligne uniforme, jusqu'à ce que l'italien Galileo Galilée se rende compte que cette croyance était fausse et que le mouvement d'un objet solide au-dessus d'un plan horizontal lisse n'avait pas besoin de force pour le maintenir en mouvement.



Il a expliqué qu'en l'absence de frottements, la balle continue à se déplacer indéfiniment sur le plan de déplacement avec la même vitesse.

Ce paragraphe vise à donner quelques principes et relations entre les forces et le mouvement des objets solides.

I. Le principe d'inertie

I. 1. Système isolé et système pseudo-isolé

Dans un référentiel galiléen, lorsqu'un solide est soumis à des actions extérieures qui se compensent on dit qu'il est pseudo-isolé, c'est-à-dire, la somme vectorielle de forces extérieures que subit le solide est nulle

$$\sum \vec{F}_i = \vec{0} .$$

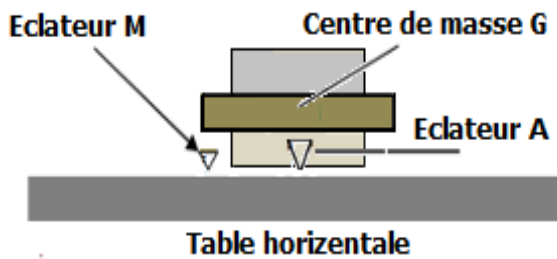
Un solide qui ne subirait aucune action extérieure serait dit isolé, ce serait approximativement le cas d'un solide perdu, très très loin de toute étoile ou planète, dans l'espace interstellaire.

Remarque :

Pour le physicien un principe est une loi qu'on ne peut pas démontrer et qui est vérifiée par l'expérience. Par contre un principe sert ensuite à démontrer d'autres lois appelées théorèmes.

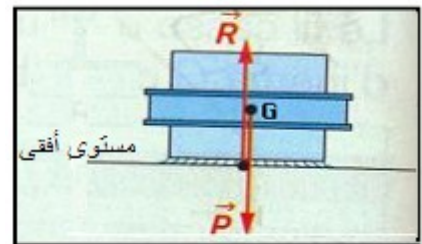
1. 2. Centre d'inertie

a. Expérience (table à coussin d'air)



1 cas : Le mobile autoporteur est immobile sur la table à coussin d'air horizontale :

Les forces appliquées au mobile autoporteur ont la même direction, sens opposées et la même intensité. On dit que ses forces se compensent, on écrit donc :



$$\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$$

2 cas : On lance le mobile autoporteur sur la table à coussin (posée sur plan horizontal), puis on enregistre le mouvement des points A et M à des intervalles de temps égaux.



Les marques laissées par les points A et M sont toujours espacées de la même distance et sont alignées. Le mouvement est dit un mouvement de translation rectiligne uniforme.

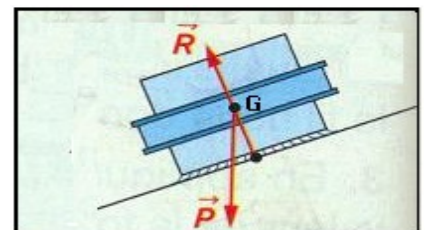
Les forces ont même direction, sens opposées et de même intensité. On dit qu'elles se compensent

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$$

3 cas : Table à coussin d'air sur plan incliné

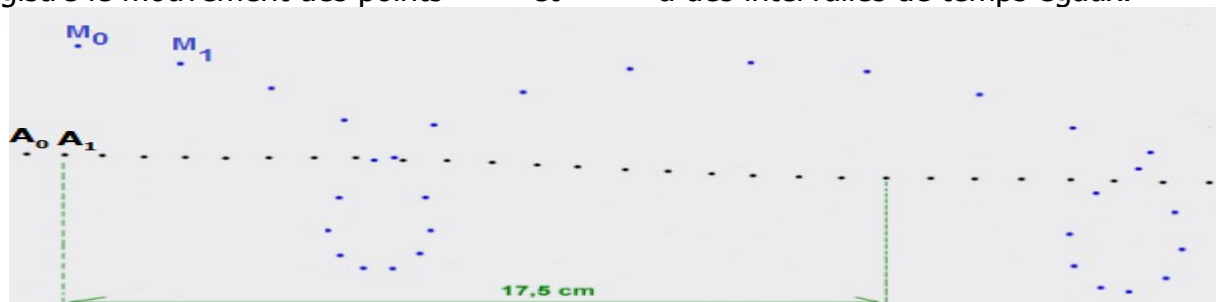
L'autoporteur est soumis à deux forces : Les forces n'ont pas la même direction On dit qu'elles ne se compensent pas.

$$\vec{P} + \vec{R} \neq \vec{0}$$



Le mouvement du mobile autoporteur est en mouvement de translation rectiligne non uniforme $\vec{V}_G \neq cste$. Les forces ne se compensent pas : $\sum \vec{F}_{ext} \neq \vec{0}$.

4 cas : Le mobile autoporteur est lancé de manière à ce qu'il tourne autour de lui-même et on enregistre le mouvement des points A et M à des intervalles de temps égaux.



Le mouvement du point A est toujours rectiligne uniforme par contre dans ce cas le point M a un mouvement curviligne par rapport au référentiel terrestre.

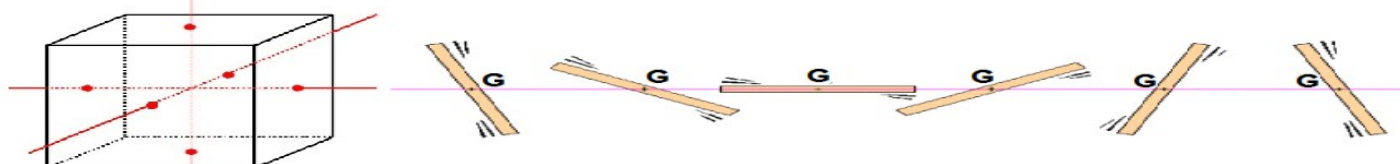
On peut dire que lorsqu'un solide est en mouvement, l'un de ses points décrit généralement une trajectoire plus simple que celle des autres points : c'est le centre d'inertie du solide, noté G .

* Pour un solide géométrique homogène, le centre d'inertie se trouve au centre géométrique de l'objet.

* Lorsque le mouvement d'un solide est quelconque et complexe, on se contente de décrire le mouvement de son centre d'inertie.

b. Définition de centre d'inertie

Le centre d'inertie ou centre de masse d'un solide noté G est le point central de toutes les masses. Il est confondu avec le centre de gravité si on admet que le champ de pesanteur est localement constant.



II. Énoncé du principe d'inertie :

Dans un référentiel Galiléen:

Tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent.

On peut aussi écrire :

Dans un référentiel terrestre, si un solide sur lequel s'exercent des forces qui se compensent alors on a :

$\vec{v}_G = \vec{0}$, alors le solide reste immobile.

$\vec{v}_G \neq \vec{0}$, alors le centre d'inertie du solide a un mouvement rectiligne uniforme à la vitesse

v_{mi}

Remarque:

Ce principe n'est valable que dans certains référentiels dits référentiels galiléens ou d'inertie :

Par définition un référentiel galiléen est un référentiel dans lequel l'expérience vérifie les conséquences du principe d'inertie.

Le référentiel du laboratoire (référentiel terrestre) est à peu près galiléen (en réalité il ne l'est pas exactement du fait de la rotation de la Terre sur elle-même).

Tout référentiel en mouvement rectiligne uniforme par rapport au référentiel terrestre est lui aussi galiléen.

Comment utiliser le principe d'inertie ?

Le principe d'inertie peut être utilisé pour prévoir le type de mouvement dont est animé un corps. Si le bilan des forces permet de montrer que les forces exercées sur un corps s'annulent alors il est possible de conclure à l'immobilité ou au mouvement rectiligne uniforme.

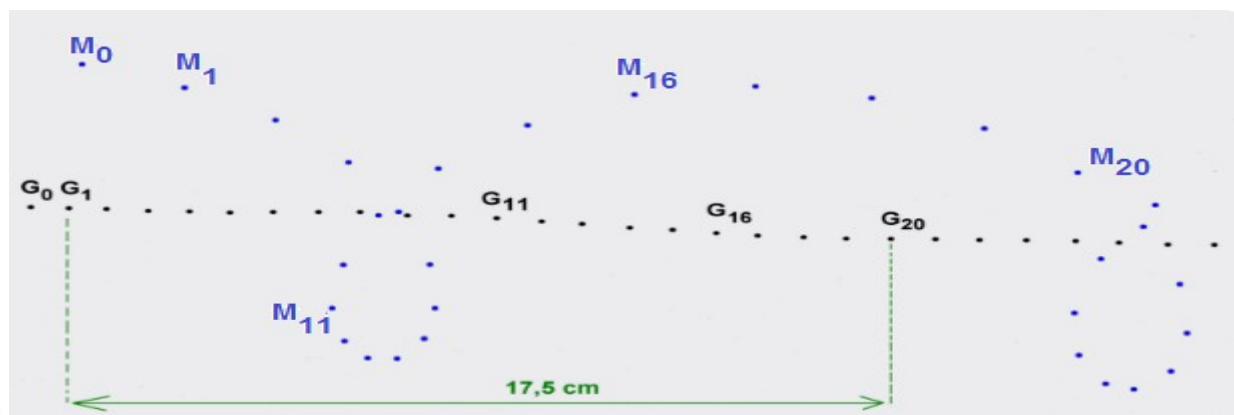
Inversement si l'on sait qu'un corps est en mouvement rectiligne uniforme alors il est possible d'en déduire que les forces qu'il subit se compensent (Il est alors possible de trouver les caractéristiques d'une force inconnues à partir des autres).

III. Mouvement total et mouvement spécial du corps solide

Définition :

Le mouvement global d'un objet solide s'appelle le mouvement du centre de gravité. Le mouvement des autres points correspond au mouvement spécial.

Lorsque nous lançons un autoporteur sur une table horizontale, nous obtenons l'enregistrement suivant :

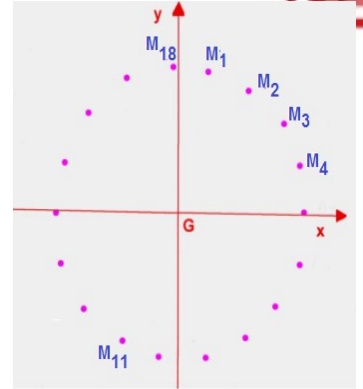


Trajectoire de M

le point G est le barycentre du système. On va étudier le mouvement du point M dans le référentiel barycentrique.

Méthode :

- ① pour cela, il faut pouvoir immobiliser le point G sur une feuille de papier calque.
- ② Placer au centre un point G et représenter un repère orthonormé ayant pour origine.



③ Faire coïncider le point G de la feuille de papier calque avec le point G_0 de l'enregistrement et noter la position du point A_0 sur la feuille de papier calque.

④ Faire glisser la feuille de papier calque parallèlement afin de faire coïncider G et G_0 et noter la position A_1 ainsi de suite.

Conclusion :

Le mouvement du point M dans le référentiel barycentrique est un mouvement circulaire (mouvement spécial) et le mouvement global de l'autoporteur est un mouvement rectiligne uniforme

VI. Centre de masse et centre d'inertie d'un système matériel

Définition de centre de masse

Le centre de masse d'un système matériel est le barycentre de tous les points matériels formant ce système.

Considérons un ensemble des points matériels pondérés G_i de masses m_i . Leur centre de masse noté G est défini par la relation :

$$\sum m_i \times \vec{GG_i} = \vec{0} \Leftrightarrow m_1 \vec{GG_1} + m_2 \vec{GG_2} + \dots + m_i \vec{GG_i} = \vec{0}$$

Relation barycentrique :

Le centre de masse G d'un système composé des corps solides homogènes (S_i) de centre de masse G_i et de masse m_i est donné par la relation :

$$\vec{OG} = \frac{\sum m_i \vec{OG_i}}{\sum m_i} \quad (O \text{ point quelconque dans l'espace})$$