



## Chapitre 4 : Les lois de Newton

### Introduction :

Nous avons vu dans les chapitres précédents les différents mouvements que pouvait avoir un solide, et les forces qui peuvent s'exercer sur un solide.

Comment relier ces deux chapitres, c'est ce que nous allons voir ici :

### La 1<sup>ère</sup> loi de Newton : le principe d'inertie :

#### 1) Qu'appelle-t-on solide isolé ou pseudo isolé ?

Un solide isolé est un solide soumis à aucune force de la part de l'extérieur.

*Questions élèves : Est-ce possible ? Pourquoi ?*

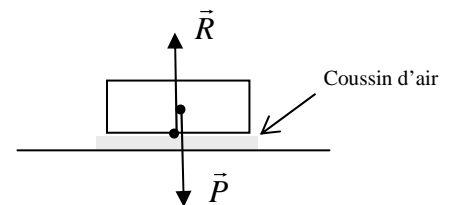
Ce n'est pas possible car tout objet est automatiquement soumis à une force gravitationnelle : sur la terre, c'est le poids, dans l'espace ce sera l'attraction d'un autre astre.

*Questions élèves : Qu'appelle-t-on alors solide pseudo isolé ?*

Un solide est dit **pseudo isolé** lorsque la **somme vectorielle des forces** qui lui sont appliquées est **nulle**.

Soit  $\vec{F}_1, \vec{F}_2 \dots$  les forces appliquées au solide, on note  $\Sigma \vec{F} = \vec{0}$

Exemple : Le mobile autoporteur sur coussin d'air :



#### 2) Énoncé du principe d'inertie :

Par rapport à certains référentiels, appelés référentiels **galiléens**, le centre d'inertie G d'un **solide pseudo isolé** :

- reste immobile ( $\vec{v}_G = \vec{0}$ ) ;
- ou est animé d'un mouvement rectiligne uniforme ( $\vec{v}_G = \vec{cte}$ )

Galilée (1564-1642) Newton (1642-1727)
---

#### 3) Référentiels galiléens ou non galiléens ?

C'est le principe de l'inertie qui permet de les distinguer :

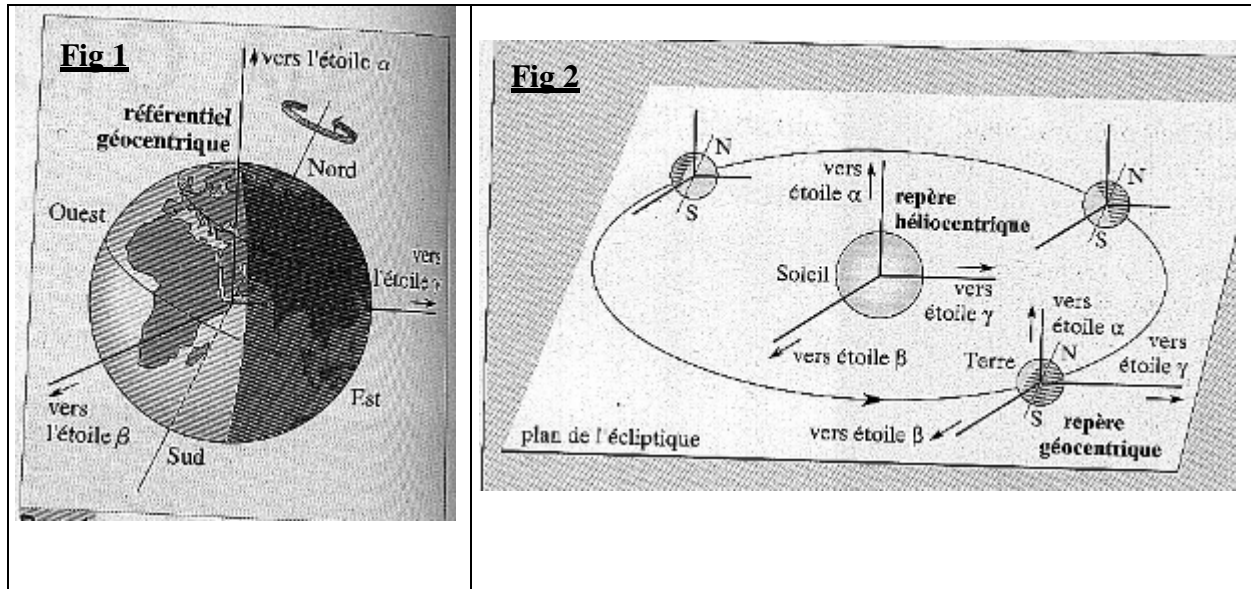
**Un référentiel dans lequel le principe de l'inertie est vérifié est dit galiléen.**

Les référentiels galiléens sont en **translation rectiligne uniforme** les uns par rapport aux autres ( $\vec{v} = \vec{cte}$ ).

Exemple de référentiels galiléens : *fiche élève 1*

- Dans le **référentiel terrestre**, le principe d'inertie est vérifié : le référentiel terrestre est considéré comme galiléen pour des expériences dont la **durée n'excède pas quelques minutes**. (question élève : Pourquoi une notion de durée?)  
Rq : un référentiel terrestre est défini par tout solide lié à la terre.

- Le **référentiel géocentrique** est un référentiel galiléen pour l'étude des mouvements dont la **durée n'excède pas quelques heures**.
- Le **référentiel héliocentrique** est un référentiel galiléen. (Etude des planètes le montre)



Exemples de référentiels non galiléens :

Posons un **mobile autoporteur à coussin d'air sur une table horizontale et placée sur un chariot**. Si nous secouons la table au cours de l'enregistrement, le mouvement n'est plus rectiligne uniforme. Le principe d'inertie n'est plus vérifié. Le référentiel de la table en mouvement quelconque par rapport au référentiel terrestre n'est donc pas galiléen.

Application : *fiche élève 2*

Le dessin humoristique ci-contre est-il réaliste et conforme aux lois de la physique ?

Les tartes placées initialement sur leur support sont soumises à l'action du support et à leur poids : ces deux forces se compensent. Dans le référentiel galiléen de la route, les centres d'inertie sont animés d'un mouvement rectiligne uniforme (première loi de Newton). Lorsque le véhicule s'arrête sous l'effet du choc, les tartes doivent continuer en ligne droite sur leur lancée et donc être précipitées vers l'avant et non projetées vers l'arrière comme sur le dessin.



Exercices n°13, 14, 19 et 24 p 74

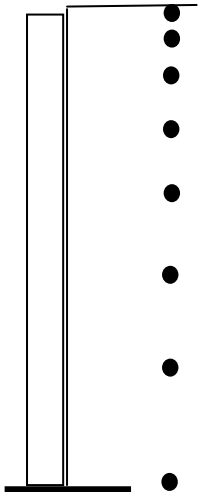
**DANS TOUT PROBLEME DE MECANIQUE, ON COMMENCERA PAR DONNER LE REFERENTIEL DE TRAVAIL, LE SYSTEME ETUDIE ET LE BILAN DES FORCES EXTERIEURES S'EXERÇANT SUR LE SYSTEME.**



## II La deuxième loi de Newton :

### 1) Le solide non pseudo isolé, exemple de la chute libre :

➤ Expérience : *fiche élève 3*



On a représenté ici la chronophotographie d'une chute libre. Les positions sont relevées toutes les 33 ms.

Les positions relatives du centre d'inertie G de la bille sont alignées mais pas équidistantes.

Donc son vecteur vitesse garde le même sens, la même direction, mais a à chaque instant une valeur différente :  $\vec{v}_G \neq \vec{cte}$

L'expérience étant faite dans le référentiel terrestre, supposé galiléen, **si le solide était pseudo isolé**, son centre d'inertie G aurait un **mouvement rectiligne uniforme**.

**Ce n'est pas le cas donc le solide n'est pas pseudo isolé.**

En effet la bille est soumise à son poids et à la résistance de l'air mais qui est négligeable dans ce cas.

Donc on a  $\sum \vec{F} = \vec{P}$  et  $\sum \vec{F} \neq \vec{0}$

➤ Conclusion :

Dans un référentiel galiléen, si le vecteur vitesse du centre d'inertie d'un solide varie ( $\vec{v}_G \neq \vec{cte}$ ) alors le solide n'est pas pseudo isolé et  $\sum \vec{F} \neq \vec{0}$

➤ Remarque :

Imaginons que l'on lance une bille vers le haut. Lorsque elle aura fini son ascension, elle va s'immobiliser ( $\vec{v}_G = \vec{0}$ ) puis elle va retomber. Le fait qu'elle s'immobilise ne veut pas dire que la somme des forces qui s'exercent sur elle est nulle puisque elle est toujours soumise à son propre poids.

**Il ne suffit donc pas que le vecteur vitesse du centre d'inertie d'un solide s'annule à un instant pour conclure que le solide est pseudo isolé.**

### 2) La deuxième loi de Newton :

➤ Exemple : (voir TP)

➤ Enoncé :

Dans un **référentiel galiléen** :

- Si la **résultante des forces**  $\vec{F}$  s'exerçant sur un solide est **différente de  $\vec{0}$** , alors la **vitesse**  $\vec{v}_G$  de son centre d'inertie **varie** ;
- La **variation**  $\Delta \vec{v}_G$ , entre deux instants, du vecteur vitesse  $\vec{v}_G$  et la **résultante**  $\vec{F}$  des forces, appliquées entre ces deux instants, ont la **même direction et le même sens**.

Exercices n° 9,13 et 18 p 88 et 89



### III Troisième loi de Newton :

#### 1) Qu'est-ce qu'une interaction ?

Deux corps A et B sont en interactions si l'état de mouvement ou de repos de l'un dépend de l'existence de l'autre. Une interaction entre deux corps A et B se traduit toujours par deux actions réciproques et simultanées : celle de A sur B et celle de B sur A.

#### 2) Énoncé de la loi :

On l'appelle aussi **Principe des actions réciproques** :

Soit A et B deux corps en interaction, la force  $\vec{F}_{A/B}$  exercée par A sur B et la force  $\vec{F}_{B/A}$  exercée par B sur A vérifient toujours l'égalité vectorielle :

$$\vec{F}_{A/B} = - \vec{F}_{B/A}$$

Elles ont donc même direction (même droite support), même valeur, mais des sens opposés.

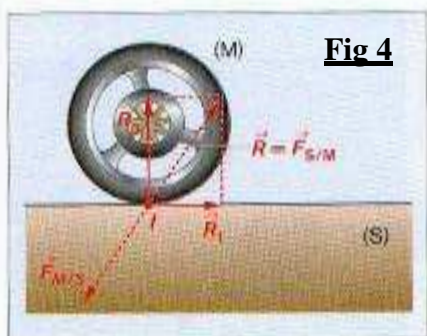
#### 3) Exemples : *fiche élève 4*

- Les forces traduisant les interactions électrostatiques et gravitationnelles illustrent ce principe.
- Coureur et marche :



**Fig 3**

Le coureur est soumis à son poids et à la réaction du sol. Il exerce une force  $\vec{R}'$  sur le sol et donc le sol exerce sur le coureur la force  $\vec{R}$ . La composante  $\vec{N}$  empêche le marcheur de s'enfoncer dans le sol tandis que la composante  $\vec{F}$  propulse le marcheur vers l'avant. Cette composante n'existe que sur des surfaces rugueuses (essayer de marcher sur une patinoire !) : **Les forces de frottement servent à avancer.**



**Fig 4**

De même ici, la roue de la moto exerce sur la route une force dirigée vers le bas  $\vec{F}_{M/S}$ . Par le principe des interactions, le sol exerce une force  $\vec{F}_{S/M}$  (réaction du sol) dirigée vers le haut.

Sa **composante tangentielle (force de frottement)** est dirigée dans le sens du mouvement et **permet à la moto d'avancer.**

▲ Fig. 12 Composantes normale et tangentielle de la réaction.

Exercice n° 16 p 89