

Chapitre 11 : Le principe de l'inertie

I) Aspect historique

A) Qui était Isaac Newton ?

Isaac Newton voit le jour à Woolsthorpe en 1642. Jeune passionné des sciences, il effectue de brillantes études qui le mènent à intégrer l'université de Cambridge en 1661. Sa scolarité est toutefois interrompue par la grande peste qui sévit dans la région. Il rejoint alors sa ville natale et connaît ses premières interrogations sur l'attraction universelle. La chute d'une pomme à ses pieds en serait à l'origine.

Il reprend finalement ses études à Cambridge en 1667, met au point le premier télescope et enseigne les mathématiques l'année suivante. Par la suite, Newton se consacre à l'étude de l'optique (il décompose la lumière blanche grâce à un prisme de verre) (*Optique*, publié seulement en 1704) et de la mécanique. En 1687, il publie les *Principes mathématiques de philosophie naturelle* (*Principia Mathematica*). Il y expose ses découvertes en mécanique sur l'attraction universelle des corps et sur la gravitation (Il trouve la formule de la force gravitationnelle et énonce 3 lois qui portent son nom).

NEWTON RACCONTERA UN JOUR À L'UN DE SES AMIS QUE C'EST EN REGARDANT TOUBER UNE POMME DANS UN VERGER QU'IL EUT CONSCIENCE DE LA GRAVITATION UNIVERSELLE !



Isaac Newton s'éteint en 1727, laissant dans son sillage des travaux qui serviront souvent de base aux scientifiques.

Quelles sont les principales découvertes de Newton ?

Une unité porte son nom. De quelle grandeur physique s'agit-il ?

B) Enoncé historique du principe de l'inertie (ou 1^{ère} loi de Newton)

Le principe d'inertie fût en grande partie établi par le savant italien Galilée mais sa première formulation complète est proposée par Isaac Newton dans son ouvrage « *Philosophiae naturalis principia mathematica* » publié en 1687:

« Tout corps persévere dans l'état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui, et ne le contraine à changer d'état »

II) Énoncé actuel du principe d'inertie (1^{ère} loi de Newton)

1) Enoncé du principe d'inertie

L'énoncé actuel du principe d'inertie adopte une formulation modernisée mais le sens en reste le même :

Si les forces qui s'exercent sur un objet se compensent (= la somme vectorielle des forces est nulle) ou s'il n'est soumis à aucune force, alors l'objet est soit immobile, soit en mouvement rectiligne uniforme.

Ce principe peut également s'écrire de la façon suivante :

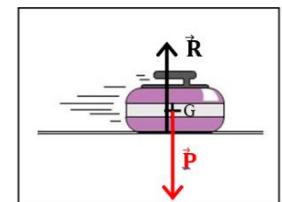
« Si les forces qui s'exercent sur un objet se compensent (ou s'il n'est soumis à aucune force), alors le vecteur vitesse ne varie pas ($D\vec{v} = \vec{0}$ ou \vec{v} =vecteur constant). »

Remarques

- *l'absence totale de force n'est pas possible pour un système terrestre qui, en raison de sa masse, est toujours au moins soumis à son propre poids.*
- *d'une manière plus générale l'absence totale de force est une situation idéale qui pourra être approchée (ou approximée) mais pas atteinte.*
- *on dit que des forces se compensent si leurs somme vectorielle est nulle.*
- *le mouvement ou l'immobilité d'un système dépend du référentiel considéré par conséquent l'application du principe d'inertie dépend aussi du référentiel. Les référentiels où son application est possible sont qualifiés de galiléen.*
- *Dans le langage courant le terme « inertie » désigne la capacité à résister au changement. Exemple : un matériau qui à une bonne inertie thermique désigne un matériau dont la température ne varie que très peu lors des échanges de chaleurs.*

Exemple : Si on néglige les frottements, la pierre de curling n'est soumise pendant son déplacement sur la glace qu'à son poids \vec{P} et à la réaction du support \vec{R} . Ces forces se compensent : $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$.

On en déduit, d'après le principe d'inertie, qu'elle aura un mouvement rectiligne uniforme.



2) Réciproque du principe d'inertie

Un peu de « logique » :

On considère l'implication :
cas), s'écrit :

« Si A, alors B ». Sa **réciproque**, qui n'est pas toujours vraie (cela dépend des « Si B, alors A »).

Exemple : « **S'il pleut, alors je prends mon parapluie** ».

La réciproque sera : « **Si je prends mon parapluie, alors il pleut** ». On constate que la réciproque dans ce cas est fausse. Ce n'est pas parce que je décide de prendre mon parapluie pour sortir, qu'il va se mettre à pleuvoir.

Dans le cas du principe d'inertie, la réciproque est vraie et elle s'écrit de la manière suivante :

Réciproque du principe d'inertie :

Si un objet est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme, alors les forces qui s'exercent sur lui se compensent (ou il n'est soumis à aucune force).

Exemple : sur une piste de bowling, une fois lancée, la boule a un mouvement rectiligne uniforme. On en déduit que les forces qui s'exercent sur elle se compensent.

Exercices :

Un skieur remonte en téléski une pente rectiligne et à vitesse constante.

- 1) Quel est le système étudié ?
- 2) Dans quel référentiel le mouvement est-il étudié ?
- 3) Faire le bilan des forces $\vec{F}_{\text{acteur/receveur}}$ qui s'exercent sur l'objet étudié.

- 4) Représenter ces forces sur le schéma sans souci des valeurs numériques.
- 5) Les forces se compensent-elles ? Justifier.



Un skieur descend sur une piste rectiligne. Sa vitesse augmente.

- 1) Quel est le système étudié ?
- 2) Dans quel référentiel le mouvement est-il étudié ?
- 3) Faire le bilan des forces $\vec{F}_{\text{acteur/receveur}}$ qui s'exercent sur l'objet étudié.

- 4) Représenter ces forces sur le schéma sans souci des valeurs numériques.
- 5) Les forces se compensent-elles ? Justifier.



3) Contraposée du principe d'inertie

Un peu de « logique » :

On considère l'implication :

« Si A, alors B ».

Sa **contraposée**, qui est toujours vraie, quelques soit les cas, s'écrit :

« Si non B, alors non A ».

Exemple : « Si un passager peut prendre son avion, alors son passeport est en règle ».

La contraposée sera : « Si le passeport de ce passager n'est pas en règle, alors il ne peut pas prendre son avion ». Elle sera vraie également.

La contraposée du principe d'inertie est donc vraie aussi et s'écrit de la manière suivante :

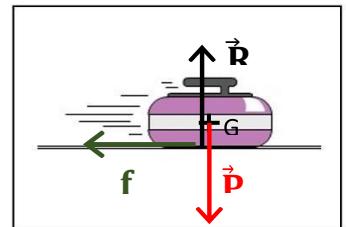
- **Contraposée du principe d'inertie** :

Si un objet n'est ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme, alors les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas.

Ce principe peut également s'écrire de la façon suivante :

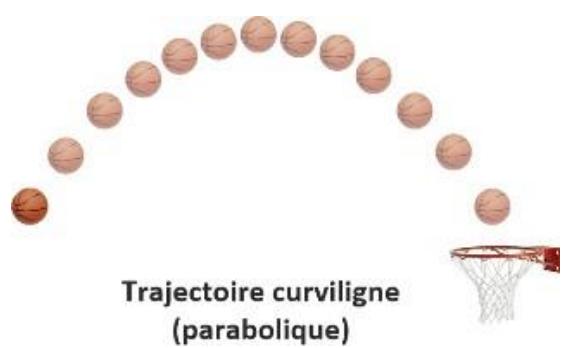
« Si le vecteur vitesse \vec{v} d'un objet varie, alors les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas ».

Exemple 1 : Si on ne néglige pas les frottements quand on lance la pierre de curling, celle-ci a un mouvement rectiligne **ralenti** et elle finit par s'arrêter. Elle n'a donc pas un mouvement rectiligne uniforme. On en déduit que les forces (poids \vec{P} , réaction du support \vec{R} et force de frottements f) qui s'exercent sur elles ne se compensent pas. En effet $\vec{P} + \vec{R} + f$ n'est pas égal à $\vec{0}$.



Exemple 2 : On lance un ballon de basket en l'air, il a un mouvement parabolique qui n'est donc pas rectiligne uniforme. Si on néglige les frottements de l'air, le ballon n'est soumis après le lancer qu'à une seule force **non compensée** : son poids.

La contraposée du principe d'inertie est donc vérifiée.



Exercice :

- 1) Faire le bilan des forces sur le bloc de glace quand le camion est immobile.



- 2) Que se passe-t-il au démarrage du camion ? Expliquer pourquoi.

- 3) Que se passe-t-il si le camion roule avec le bloc de glace puis freine brutalement avant l'arbre ? Expliquer pourquoi.

III) La variation du vecteur vitesse

a. Comment peut varier un vecteur vitesse ?

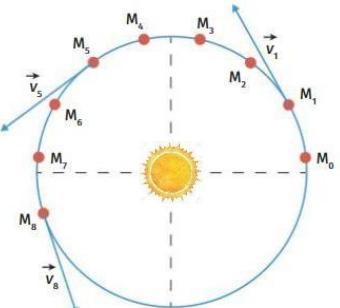
On considère un objet en mouvement. Sa chronophotographie permet de tracer les vecteurs vitesse de chaque point. Chaque vecteur vitesse est caractérisé par sa **direction**, son **sens** et sa **norme** (longueur).

Au cours de la trajectoire, si l'une des trois caractéristiques du vecteur vitesse change (direction, sens et norme), la contraposée du principe d'inertie permet de déduire que les forces exercées sur l'objet ne se compensent pas.

Exemple : Mouvement de la Terre autour du Soleil : il s'agit d'un mouvement où les vecteurs vitesse ont la même norme (même longueur), mais leur direction change.

On en déduit que la Terre est soumise à des forces qui ne se compensent pas.

Elle n'est en effet soumise qu'à la force d'interaction gravitationnelle exercée par le Soleil qui n'est pas compensée par une autre force.



b. Cas de la chute libre

Un objet est en chute libre si, pendant la chute, il n'est soumis qu'à une seule force : son poids \vec{P} .

Remarque n°1 :

Si l'on veut être exact, on ne peut pas étudier la chute libre dans l'air. En effet, si un objet chute, son poids s'exerce (la Terre l'attire) mais des **forces de frottements dues à l'air** s'exercent également sur lui et le ralentissent dans sa chute. Il y a donc deux forces qui agissent, et pas seulement le poids.

L'étude précise de la chute libre ne peut avoir lieu **que dans le vide** dans lequel les forces de frottement dues à l'air disparaissent.

On étudie la chute libre dans l'air seulement **si on peut négliger les forces de frottement** exercées par l'air sur l'objet, par rapport au poids de l'objet.

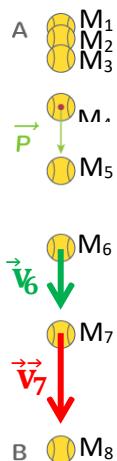
Remarque n°2 : une chute libre verticale peut avoir lieu sans vitesse initiale (on lâche une balle de tennis) ou avec une vitesse initiale (on lance la balle de tennis en l'air, à la verticale).

La chronophotographie suivante est celle d'une balle de tennis que l'on lâche. Les vecteurs vitesse \vec{v}_6 et \vec{v}_7 des points M₆ et M₇ sont tracés.

On constate que les deux vecteurs vitesse ont la même direction (la verticale), même sens (vers le bas), mais leur norme (leur longueur) varie.

Le vecteur vitesse \vec{v} varie entre deux instants voisins. La balle n'est pas en mouvement rectiligne uniforme puisqu'elle accélère.

On en déduit que la balle est soumise à des forces qui ne se compensent pas. En effet, elle n'est soumise qu'à son poids, exercé par la Terre.



On peut tracer le vecteur variation de vecteur vitesse $\Delta\vec{v} = \vec{v}_7 - \vec{v}_6 = \vec{v}_7 + (-\vec{v}_6)$.



Cet espace correspond à $\Delta\vec{v}$.



Le vecteur variation de vitesse n'est pas égal à $\vec{0}$. On constate par ailleurs que la direction (horizontale) et le sens (vers le bas) de ce vecteur variation de vitesse sont identiques à ceux du poids, seule force qui s'exerce sur l'objet.