

Chapitre 8 : Cinématique et dynamique newtoniennes

Connaissances et compétences :

- Choisir un référentiel d'étude.
- Définir et reconnaître des mouvements (rectiligne uniforme, rectiligne uniformément varié, circulaire uniforme, circulaire non uniforme) et donner dans chaque cas les caractéristiques du vecteur accélération.
- Définir la quantité de mouvement \vec{p} d'un point matériel.
- Connaître et exploiter les trois lois de Newton.
- Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour étudier un mouvement.
- Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour interpréter un mode de propulsion par réaction à l'aide d'un bilan qualitatif de quantité de mouvement.

I. Référentiel d'étude

⇒ Activité documentaire 5 p135 : « Galiléen or not galiléen »

Le référentiel est le **solide de référence** par rapport auquel on étudie le mouvement d'un point.

A un référentiel sont associés un repère d'espace et un repère de temps.

Par définition, un référentiel est dit **galiléen** si le **principe d'inertie**, appelé aussi première loi de Newton, est **vérifié** dans ce référentiel.

Le référentiel héliocentrique est considéré comme galiléen. Le référentiel géocentrique est galiléen si l'étude ne dépasse pas quelques heures. Le référentiel terrestre est galiléen si l'étude ne dépasse pas quelques minutes.

⇒ Activités expérimentales 2 p131 + 3 p132 + 4 p134

II. Décrire quelques mouvements

1. Vecteur position

Dans un référentiel donné, à toute date t , un point M est repéré dans le repère ($O ; \vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$) par son vecteur position :

$$\vec{OM}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$$

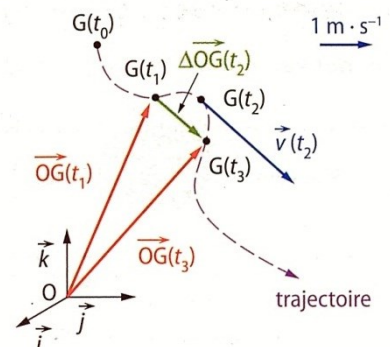
2. Vecteur vitesse

Dans un référentiel donné, à toute date t , le vecteur vitesse instantanée d'un point M est égal à la dérivée par rapport au temps du vecteur position un point \vec{OM} :

$$\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt}$$

Ce vecteur vitesse \vec{v} est caractérisé par :

- sa direction, la tangente à la trajectoire au point considéré ;
- son sens, celui du mouvement à l'instant t ;
- sa valeur v , qui s'exprime en mètre par seconde ($m \cdot s^{-1}$).



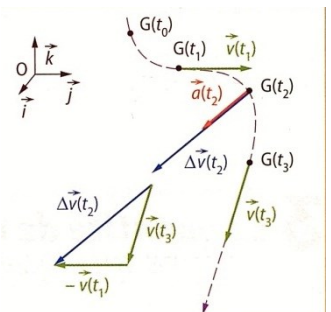
3. Vecteur accélération

Dans un référentiel donné, à toute date t , le vecteur accélération instantanée d'un point M est égal à la dérivée par rapport au temps du vecteur vitesse instantanée \vec{v} :

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Ce vecteur accélération \vec{a} est caractérisé par son sens et sa direction, qui sont identiques à ceux du vecteur variation de vitesse $\Delta\vec{v}(t)$ et par sa valeur

$$a = \frac{\Delta v(t)}{\Delta t}, \text{ qui s'exprime en } m \cdot s^{-2}.$$



4. Mouvements rectiligne et circulaire

Dans un référentiel donné, un système a un mouvement **rectiligne uniforme** si son vecteur vitesse \vec{v} est constant. Son vecteur accélération \vec{a} est alors égal, à chaque instant au vecteur nul.

Dans un référentiel donné, un système a un mouvement **rectiligne uniformément varié** si son vecteur accélération \vec{a} est constant.

Dans un référentiel donné, un système a un mouvement **circulaire uniforme** si sa trajectoire est une portion de cercle de rayon R et si la valeur de sa vitesse est constante. Le vecteur accélération \vec{a} est alors **centripète**, de valeur a constante :

$$a = \frac{v^2}{R}$$

Dans un référentiel donné, un système a un mouvement **circulaire non uniforme** si sa trajectoire est une portion de cercle de rayon R et si la valeur de son accélération n'est pas constante. A chaque instant, le vecteur accélération \vec{a} se décompose en deux vecteurs : $\vec{a} = \vec{a}_N + \vec{a}_T$.

\vec{a}_N est l'accélération **normale** : elle est **centripète**, de valeur $a_N = \frac{v^2}{R}$.

\vec{a}_T est l'accélération **tangentielle** : elle est **tangente** à la trajectoire, orientée dans le sens du mouvement, de valeur $a_T = \frac{dv}{dt}$.

III. Quantité de mouvement et lois de Newton

1. Vecteur quantité de mouvement

Le vecteur quantité de mouvement $\vec{p}(t)$ d'un objet à l'instant t est le produit de sa **masse** m par le **vecteur vitesse** \vec{v} de son centre d'inertie :

$$\vec{p}(t) = m \cdot \vec{v}(t)$$

Son intensité p s'exprime en $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

2. Première loi de Newton ou principe d'inertie

Dans un référentiel galiléen, si un système assimilé à un point matériel n'est soumis à aucune force (système isolé) ou s'il est soumis à un **ensemble de forces qui se compensent** (système pseudo-isolé), alors il est **immobile** ou animé d'un **mouvement rectiligne uniforme**.

Le **vecteur quantité de mouvement** de ce système est donc **constant**.

3. Deuxième loi de Newton ou principe fondamental de la dynamique

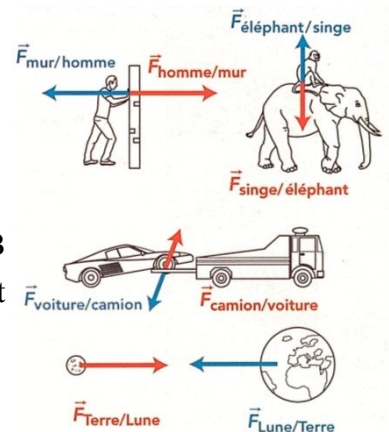
Dans un référentiel galiléen, si un système assimilé à un point matériel est soumis à une ou plusieurs **forces extérieures**, alors la somme vectorielle de ces forces notée $\sum \vec{F}$ est égale à la **dérivée** par rapport au temps de son **vecteur quantité de mouvement** :

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

4. Troisième loi de Newton ou principe des actions réciproques

Si un système A exerce sur un système B une force $\vec{F}_{A/B}$, alors le système B exerce également sur le système A une force $\vec{F}_{B/A}$. Ces deux forces ont même direction, même valeur et sont de sens opposés. On écrit :

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



5. Application à la propulsion par réaction

La **conservation de la quantité de mouvement** permet d'expliquer la **propulsion par réaction**. En effet, si dans un référentiel galiléen un système isolé ou pseudo-isolé se sépare en deux parties en interaction, on a alors : $\sum \vec{F} = \vec{0}$ et donc $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{0}$.