

Mouvement et quantité de mouvement

1 Choix d'un référentiel

Assis dans un TGV roulant à 320 km/h, suis-je immobile ou en mouvement ?

Immobile par rapport à mon siège, mais en mouvement par rapport aux rails !

La nécessité d'écrire "par rapport à " montre très bien que le mouvement est relatif.

Définition

La position ou le mouvement d'un objet doivent toujours être décrits par rapport à un autre objet de référence appelé **référentiel**.

Définition

Un référentiel est un repère d'espace associé à un repère de temps.

Il existe une infinité de référentiels différents, mais seulement trois nous seront utiles.

→ Référentiel terrestre

Propriété

C'est un repère orthonormé dont l'origine est fixée au sol terrestre auquel est associé un repère de temps

→ Référentiel géocentrique

Propriété

C'est un repère orthonormé dont l'origine est fixée au centre de la Terre et les trois axes dirigés vers des étoiles fixes, auquel est associé un repère de temps.

→ Référentiel héliocentrique

Propriété

C'est un repère orthonormé dont l'origine est fixée au centre du Soleil et les trois axes dirigés vers des étoiles fixes, auquel est associé un repère de temps

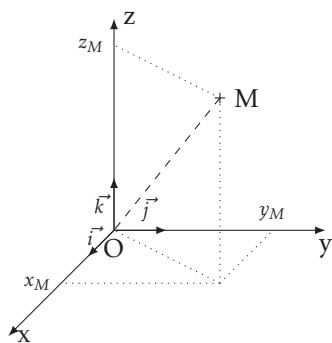
2 Vecteurs position, vitesse et accélération

Définition

Un vecteur possède quatre caractéristiques :

- Une direction : droite sur laquelle repose le vecteur
- Un sens : deux sens possibles par direction
- Une origine : point d'où part le vecteur
- Une valeur : c'est aussi sa norme

a Vecteur position

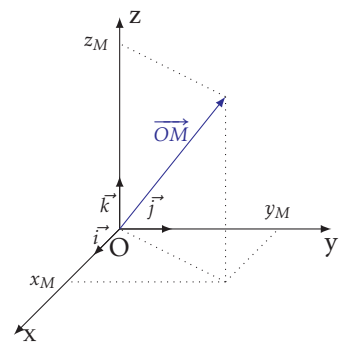


Dans le référentiel et pour une date t , la position d'un point M est repérée par ses coordonnées x_M, y_M, z_M

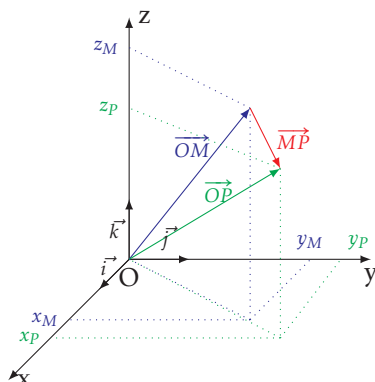
On définit le vecteur position \vec{OM} par :

$$\vec{OM} = x_M \cdot \vec{i} + y_M \cdot \vec{j} + z_M \cdot \vec{k}$$

$$\text{et } \|\vec{OM}\| = \sqrt{x_M^2 + y_M^2 + z_M^2}$$



b Vecteur vitesse



Si le point M se déplace, sa position varie au cours du temps. On peut ainsi repérer le vecteur variation de position du point M entre deux dates (\vec{MP}).

Mais cette position varie-t-elle vite ou pas ?

Définition

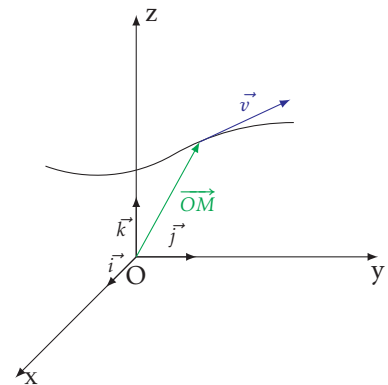
Le vecteur vitesse est défini comme étant le vecteur déplacement \overrightarrow{MP} par unité de temps, soit :

$$\vec{v} = \frac{\overrightarrow{MP}}{\Delta t} = \frac{\Delta \overrightarrow{OM}}{\Delta t}$$

Propriété

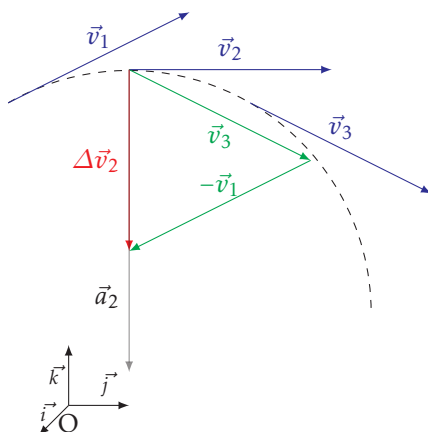
Le vecteur vitesse est caractérisé par :

- Sa direction tangente à la trajectoire.
- Le même sens que le mouvement.
- L'origine au point considéré.
- Une valeur en m.s^{-1}



c Vecteur accélération

Dans la vie courante, accélérer signifie augmenter sa vitesse. Mais pour le physicien :



Définition

Le vecteur accélération correspond à la variation du vecteur vitesse par rapport au temps.

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Propriété

Il est caractérisé par :

- Sa direction parallèle au vecteur $\Delta \vec{v}$
- Le même sens que le vecteur variation de vitesse.
- L'origine au point considéré.
- Une valeur en m.s^{-2}

Pour le physicien, il y a accélération dès que le vecteur vitesse varie :

- soit en valeur.
- soit en direction.

3 Quelques mouvements particuliers

Pour toutes les figures suivantes, la durée entre deux points successifs est constante.

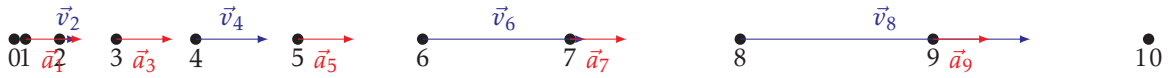
1 Mouvement rectiligne

Comme son nom l'indique plutôt bien, le mouvement a lieu en ligne droite ! Mais il peut être :

- Uniforme : le vecteur vitesse \vec{v} se conserve au cours du temps et la distance entre deux points successifs est identique.



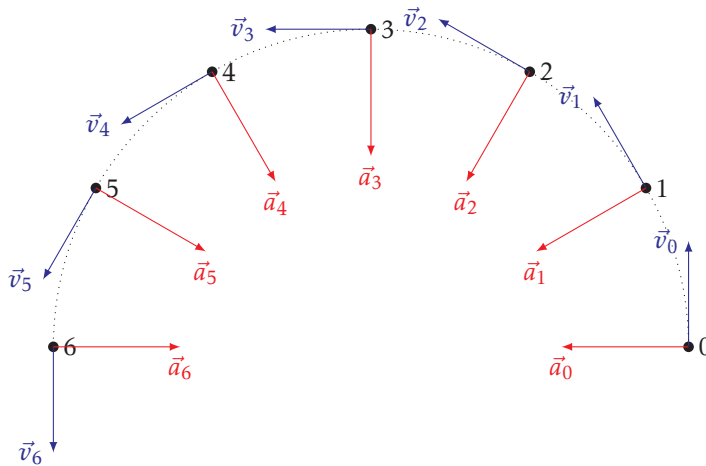
- Accélééré : la valeur du vecteur vitesse \vec{v} augmente au cours du temps, mais sa direction est conservée. L'écart entre deux points successifs augmente.



Ici, le vecteur accélération \vec{a} est invariant : on dit que le mouvement est **uniformément accéléré**.

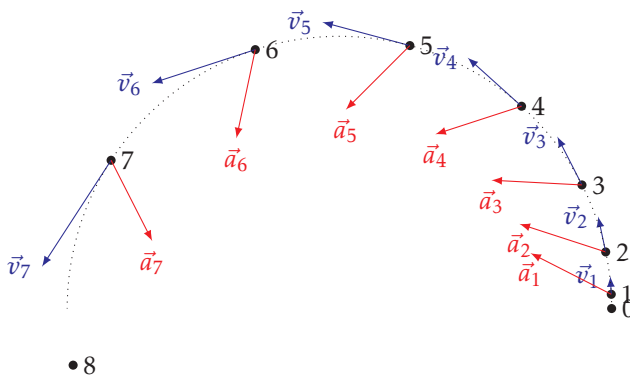
2 Mouvement circulaire

- Uniforme : la valeur (longueur) du vecteur vitesse reste constante ; seule sa direction change.



Le vecteur vitesse varie (sa direction),
il y a donc accélération !

- Accélééré : dans le sens usuel, c'est à dire que la valeur de la vitesse varie (en plus de sa direction).



Le vecteur vitesse varie (direction et valeur),
il y a donc vraiment accélération !

4 Vecteur quantité de mouvement

1 Effets d'une force.

Comment se fait-il que le mouvement d'un objet puisse changer au cours du temps ?

On pourrait aussi se demander :

Qu'est-ce qu'un mouvement qui ne change pas ? Et pourquoi ne change-t-il pas ?

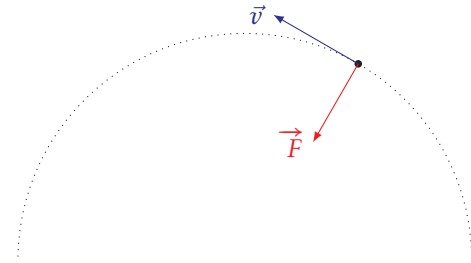
Pour que le mouvement soit modifié, il faut une action extérieure appelée **force**.

Cette force peut avoir deux effets différents :

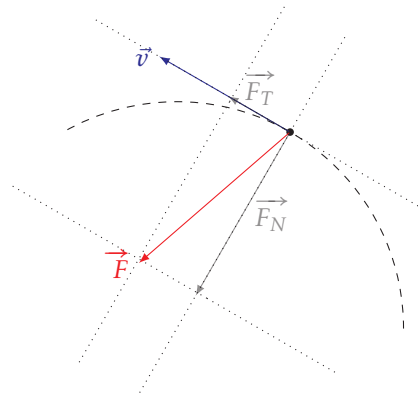
- Modifier la valeur de la vitesse. (voir le mouvement rectiligne accéléré)
Les vecteurs force et vitesse sont colinéaires.
S'ils sont de même sens, le mouvement est accéléré, sinon il est freiné.
- Modifier la direction du vecteur vitesse.

$$\vec{F} = \vec{F}_T + \vec{F}_N$$

Les vecteurs force et vitesse doivent être orthogonaux.
Le vecteur force n'a pas de composante (coordonnée) suivant le vecteur vitesse.
Seule la direction est modifiée, pas la valeur de la vitesse.



- Ou les deux.



$$\vec{F} = \vec{F}_T + \vec{F}_N$$

La composante \vec{F}_T fait varier la valeur de la vitesse, alors que la composante \vec{F}_N dévie le solide de sa trajectoire rectiligne.

2 Système isolé.

On appellera **système**, l'objet ou l'ensemble d'objets **choisi** pour l'étude du mouvement.

Un système est isolé, s'il n'est soumis à aucune force.

Inutile de dire qu'il n'en existe aucun à la surface de la Terre ! En existe-t-il d'ailleurs ?

Un système est **pseudo-isolé**, si toutes les forces extérieures agissant sur lui se compensent.

C'est déjà beaucoup plus courant !

3 Quantité de mouvement.

Définition

On appelle vecteur quantité de mouvement \vec{p} d'un système de masse m , le produit de sa masse par le vecteur vitesse \vec{v} de son centre d'inertie.

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

Il s'exprime en $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Ne pas confondre avec le poids noté \vec{P} (avec une majuscule).

4 Principe de l'inertie. (première loi de Newton)

En seconde :

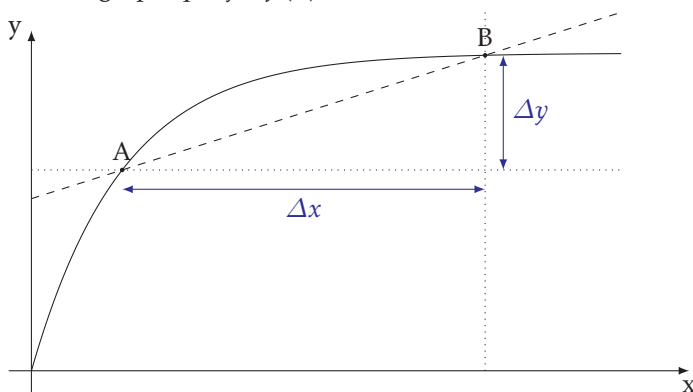
Dans un référentiel galiléen, le centre d'inertie d'un système pseudo-isolé persévère dans un mouvement rectiligne uniforme et réciproquement.

En terminale :

Définition
 Dans un référentiel galiléen, le vecteur quantité de mouvement d'un système pseudo-isolé se conserve et réciproquement.

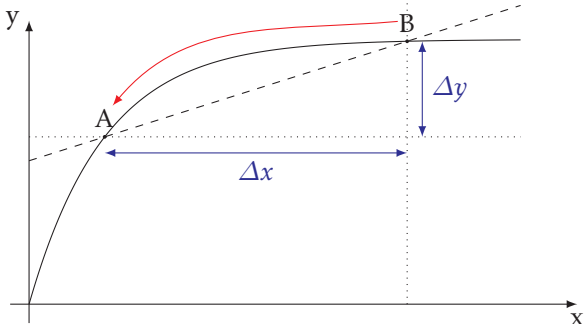
Notion de dérivée.

Soit une grandeur y variant en fonction d'une autre grandeur x et deux points **A** et **B** appartenant à la représentation graphique $y = f(x)$

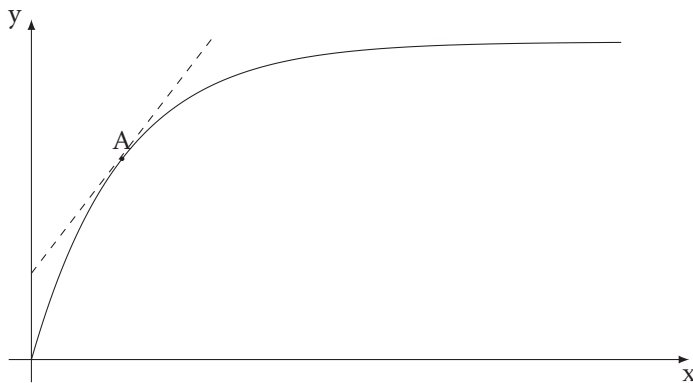


La grandeur y évolue entre les points **A** et **B**.
 En moyenne, elle varie de $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$

Que se passe-t-il quand le point **B** se rapproche de **A** ?
 Quand x_B tend vers x_A ?
 Quand Δx tend vers zéro ?



La droite (AB) tend vers la tangente à la courbe au point **A**.
 Que devient la pente de cette tangente ?
 c'est-à-dire l'évolution de la grandeur y en fonction de x au point **A** ?



Que devient la pente $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ quand Δx tend vers zéro ?

C'est-à-dire, que devient : $\lim_{x_B \rightarrow x_A} \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$ ou encore $\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right)_A$?

Tout le monde l'aura reconnu !

Il s'agit de la dérivée de la grandeur y en fonction de la variable x au point A !

- Si la grandeur y est la position d'un point en fonction du temps, alors la variation de la position au cours du temps (appelée vitesse) s'écrit :

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta OM}{\Delta t} \right)_A = \left(\frac{dOM}{dt} \right)_A = v_A$$

- Si la grandeur y est la vitesse d'un point en fonction du temps, alors la variation de la vitesse au cours du temps (appelée accélération) s'écrit :

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)_A = \left(\frac{dv}{dt} \right)_A = a_A$$

$\left(\frac{dv}{dt} \right)_A$ se lit : dérivée de la vitesse en fonction du temps au point A .