| Première Spécialité Physique-Chimie | Thème : Mouvements et interactions | M.KUNST-MEDICA | |
|---|---|---|---|
| ***Chapitre 13 : Mouvements d'un système*** | | Cours livre p 218 à 220 | |

# Objectifs et trame du chapitre

## I. Description d'un mouvement

## II. Le vecteur vitesse

## III. Le vecteur variation de vitesse

## IV. Relation entre forces et variation du vecteur vitesse

**Activité expérimentale n°13.1 : Saut d'un gymnaste et patinage artistique**

*Capacités visées :*

- **Utiliser la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci :**
  **- pour en déduire une estimation de la variation de vitesse entre deux instants voisins, les forces appliquées au système étant connues ;**
  **-pour en déduire une estimation des forces appliquées au système, le comportement cinématique étant connu.**
- **Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie d'un système modélisé par un point matériel en mouvement pour construire les vecteurs variation de vitesse. Tester la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées au système.**
- **Capacité mathématique : Sommer et soustraire des vecteurs**

**Exercices d'application à faire après l'activité :** 2-3-4-5-6-7 p 225

**Devoir maison : Activité numérique : Roue arrière - cahier python p 52**

*Capacités visées :*

- **Capacité numérique : Utiliser un langage de programmation pour étudier la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci.**
- **Capacité mathématique : Sommer et soustraire des vecteurs**

## V. Le rôle de la masse du système

**Exercices d'application à faire après le cours :** 8-9 p 225

# Bilan des activités :

## Tracé d'un vecteur variation de vitesse.

https://youtu.be/YkekeZ3piGk

## I Description d'un mouvement

### 1) Le système

**Le système est l'objet dont on étudie le mouvement. Pour simplifier l'étude, on modélise le système par un point de même masse, situé au centre de gravité de l'objet. C'est le modèle du point matériel.**

Les différents points d'un système n'ont pas tous le même mouvement. En réduisant le système à un point, certaines informations sont donc perdues. Cela permet toutefois de décrire le déplacement global de l'objet.

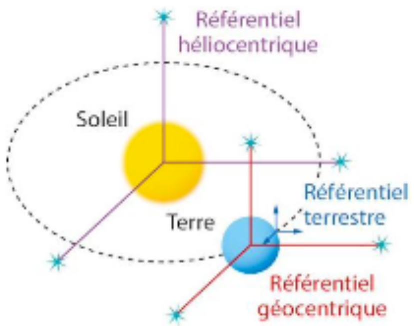
### 2) Le référentiel

Le mouvement d'un système ne peut être défini que par rapport à un point que l'on prend comme référence : le référentiel. La notion de mouvement est relative à l'objet par rapport auquel on l'étudie.

**Un référentiel est un objet de référence par rapport auquel on étudie le mouvement d'un système. La description du mouvement dépend du référentiel choisi.**

Il existe des référentiels particuliers et « pratiques » :

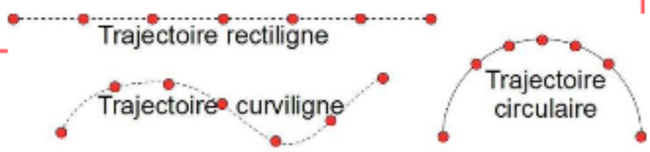
- Le référentiel terrestre, lié à la surface de la Terre, adapté à l'étude des mouvements d'objets sur la Terre.
- Le référentiel géocentrique, lié au centre de la Terre, adapté à l'étude des mouvements de la Lune ou de satellites artificiels.
- Le référentiel héliocentrique, lié au centre du Soleil, adapté à l'étude des mouvements des planètes.




### 3) La trajectoire

**La trajectoire d'un point est la courbe formée par l'ensemble des positions successives occupées par le point au cours du mouvement.**

Une trajectoire peut être rectiligne (droite), circulaire (cercle) ou curviligne (ni une droite ni un cercle).



# II Le vecteur vitesse

## 1) Valeur du vecteur vitesse

On peut décomposer la trajectoire d'un point en une succession de positions $M_0$, $M_1$, $M_2$, … , $M_i$, $M_{i+1}$. La vitesse en chaque point peut être différente et est assimilée à la vitesse moyenne du système entre deux positions très proches $M_i$ et $M_{i+1}$.

**La valeur de la vitesse $v_i$ au point $M_i$ se calcule par :**

$$v_i = \frac{M_iM_{i+1}}{\Delta t}$$

**$v_i$ : vitesse au point $M_i$ en mètre par seconde ($m.s^{-1}$)**
**$M_iM_{i+1}$ : distance entre les points $M_i$ et $M_{i+1}$ en mètre (m)**
**$\Delta t$ : intervalle de temps séparant les deux positions $M_i$ et $M_{i+1}$ en seconde (s)**

Pour calculer la distance entre les points $M_i$ et $M_{i+1}$ (longueur du segment $[M_iM_{i+1}]$), on peut :

- la mesurer directement sur la chronophotographie, en tenant bien sûr compte de l'échelle ;
- utiliser les coordonnées des différentes positions (voir TP).

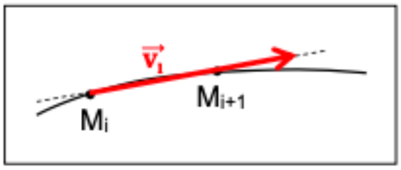
*Remarque* : la vitesse est toujours positive. Si on utilise la méthode des coordonnées, il faut suivant les cas utiliser une valeur absolue dans la soustraction des coordonnées.

*Exemple* : La vitesse au point $M_5$ se calcule par : $v_5 = \frac{M_5M_6}{\Delta t} = \frac{|h_6 - h_5|}{\Delta t}$.

## 2) Caractéristiques du vecteur vitesse

La vitesse de chaque point $M_i$ est représentée par un vecteur appelé **vecteur vitesse, noté $\vec{v_i}$**.

**Le vecteur vitesse $\vec{v_i}$ au point $M_i$ est défini par : $\vec{v_i} = \frac{\overrightarrow{M_iM_{i+1}}}{\Delta t}$**




Il a les caractéristiques suivantes :

- Point d'application : le point $M_i$.

- Direction : tangente à la trajectoire, dirigé suivant $\overrightarrow{M_iM_{i+1}}$

En effet, la relation précédente peut également s'écrire : $\vec{v_i} = \frac{1}{\Delta t} \times \overrightarrow{M_iM_{i+1}}$. Cela implique que les vecteurs $\vec{v_i}$ et $\overrightarrow{M_iM_{i+1}}$ sont colinéaires (ils ont la même direction), puisqu'il existe une relation entre eux du type : $\vec{u} = k \times \vec{v}$.

- Sens : celui du mouvement.

- Norme (longueur de la flèche) : proportionnelle à la valeur de la vitesse. Il faut donc utiliser une échelle de vitesse pour représenter ce vecteur vitesse.

# III Le vecteur variation de vitesse

Lors d'un mouvement, le vecteur vitesse $\vec{v}$ d'un système peut varier en direction, en sens ou en valeur.

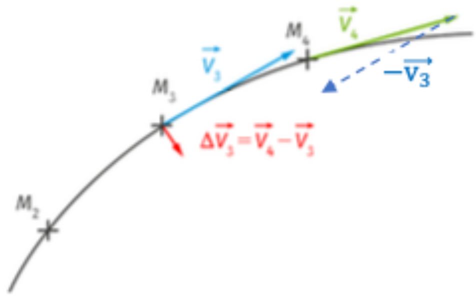
**Le vecteur variation de vitesse $\Delta\vec{v_i}$ d'un système entre les positions $M_i$ et $M_{i+1}$ est défini par :**

$$\Delta\vec{v_i} = \vec{v_{i+1}} - \vec{v_i}$$

Ce vecteur s'applique au point $M_i$.

*Exemple* : Pour représenter $\Delta\overrightarrow{v_3} = \overrightarrow{v_4} - \overrightarrow{v_3} = \overrightarrow{v_4} + (-\overrightarrow{v_3})$ par construction géométrique, il faut :

- Tracer les vecteurs vitesse $\overrightarrow{v_3}$ et $\overrightarrow{v_4}$.
- A l'extrémité du vecteur $\overrightarrow{v_4}$, tracer le vecteur $-\overrightarrow{v_3}$ en « retournant » le vecteur $\overrightarrow{v_3}$.
- Le vecteur $\Delta\overrightarrow{v_3}$ se trouve entre le point de départ du vecteur $\overrightarrow{v_4}$ et l'extrémité du vecteur $-\overrightarrow{v_3}$.
- Attention, il faut bien tracer le vecteur $\Delta\overrightarrow{v_3}$ au point $M_3$.




# IV Relation entre forces et variation du vecteur vitesse

## 1) Somme des forces appliquées à un système

Un système soumis à plusieurs forces se comporte comme s'il ne subissait qu'une force unique.
La somme des forces est notée $\boldsymbol{\Sigma\vec{F}}$. « $\Sigma$ » est la lettre grecque sigma majuscule, elle représente la somme. « $\Sigma\vec{F}$ » se lit : « sigma des forces ».

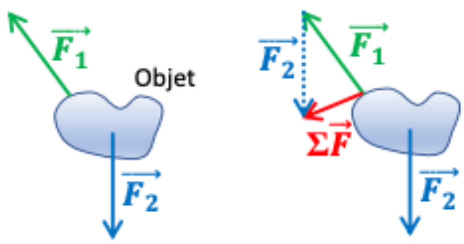
**La somme des forces $\Sigma\vec{F}$ se calcule en additionnant toutes les forces exercées sur le système :**

$$\Sigma\vec{F} = \vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{F_3} + \ldots$$

On construit géométriquement la somme des forces en mettant « bout à bout » tous les vecteurs représentant les forces exercées sur le système.

*Remarque* : La somme des forces ne nomme également « résultante des forces ».

Quand le système subit des forces dont la somme est nulle ($\Sigma\vec{F} = \vec{0}$), on dit que les forces subies par le système **se compensent**.




## 2) Expression approchée de la deuxième loi de Newton

Une force appliquée sur un système peut modifier son vecteur vitesse.

**Si un système de masse $m$ est soumis à une ou plusieurs forces, le vecteur variation de vitesse $\Delta\vec{v}$ de ce système pendant la durée $\Delta t$ et la somme des forces $\Sigma\vec{F}$ sont reliés de façon approchée par :**

$$\Sigma\vec{F} = m\,\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

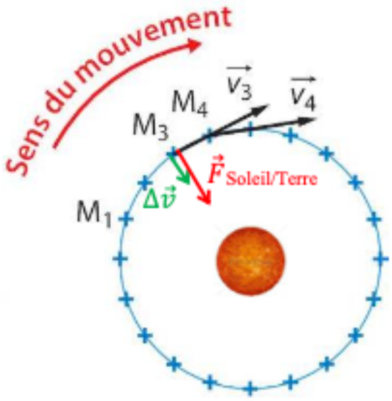
**$\Sigma\vec{F}$ : valeur en newton (N)**
**m : masse en kilogramme (kg)**
**$\Delta\vec{v}$ : valeur en mètre par seconde ($m.s^{-1}$)**
**$\Delta t$ : intervalle de temps en seconde (s)**

Les vecteurs $\Sigma\vec{F}$ et $\Delta\vec{v}$ sont colinéaires (même direction) et de même sens (car la masse est positive).

*Exemples* :

- Lors du mouvement de chute libre d'une balle, la somme des forces $\Sigma\vec{F}$ est égale au poids $\vec{P}$ de direction verticale et orienté vers le bas. Le vecteur variation de vitesse $\Delta\vec{v}$ de la balle est alors lui aussi vertical et orienté vers le bas.

- Lors du mouvement circulaire et uniforme de la Terre autour du Soleil, $\Sigma\vec{F}$ est égale à la force d'attraction gravitationnelle $\vec{F}_{\text{Soleil/Terre}}$ dirigée vers le Soleil.
  Le vecteur variation de vitesse $\Delta\vec{v}$ de la Terre est alors lui aussi dirigé vers le Soleil.




*Remarque* : Cette relation aboutira à la deuxième loi de Newton vue en Terminale spécialité.

### 3) Utilisation de la relation

Connaissant la masse et le vecteur variation de vitesse d'un système à un instant donné, cette relation permet de déduire la direction, le sens et l'intensité de la résultante des forces qui s'appliquent à cet instant, et réciproquement.

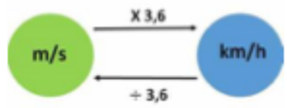
*Exercice* :
On étudie le mouvement d'un palet de hockey lors d'un tir. A l'instant initial, le palet est immobile. A l'issue du tir, la vitesse du palet est de 140 km.h$^{-1}$. La masse du palet est : m = 170 g.
La force exercée par le joueur sur le palet s'exerce pendant une durée Δt = 0,10 s. On néglige les forces de frottement et le poids du palet.
Déterminer la valeur de la force exercée par le joueur sur le palet lors du tir.

**On néglige les frottements et le poids, la seule force qui s'exerce sur le palet est donc celle exercée par le joueur, notée $\vec{F}$. La relation approchée de la deuxième loi de Newton s'écrit : $\vec{F} = m\,\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$.**

**La variation de vitesse aura la même direction que la force F. Par projection (on enlève les vecteurs), on obtient :**

$F = m\,\frac{\Delta v}{\Delta t} = m\,\frac{v_{final} - v_{initial}}{\Delta t}$ **Avec $v_{initial} = 0$ m.s$^{-1}$ et m = 170 g = 0,170 kg.**

**Il faut convertir la vitesse finale en m.s$^{-1}$ : $v_{final} = 140$ km.h$^{-1}$ $= \frac{140}{3,6} = 38,9$ m.s$^{-1}$.**




$F = m\,\frac{v_{final} - v_{initial}}{\Delta t} = 0,170 \times \frac{38,9 - 0}{0,10} = \underline{66\text{ N}}$.

## V Le rôle de la masse du système

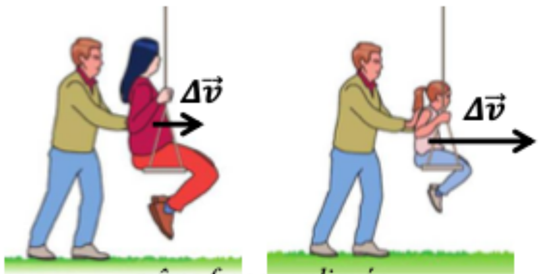
On définit l'inertie comme la tendance d'un corps à conserver sa vitesse.

**Plus la masse d'un objet est grande, plus son inertie est grande, plus il faudra fournir de force pour le mettre en mouvement.**

En effet, dans la relation précédente, la somme des forces $\Sigma\vec{F}$ qui s'appliquent à un système est proportionnelle à $\Delta\vec{v}$ mais également à la masse *m* du système.

Si on exerce une même force sur deux systèmes de masses différentes, plus la masse est grande, plus la valeur de son vecteur variation de vitesse est petite.

Pour obtenir la même variation de vitesse $\Delta\vec{v}$ pour deux systèmes de masses différentes, il faut exercer sur le système le plus lourd une somme des forces de plus grande valeur.



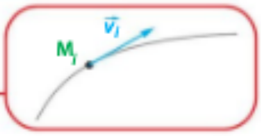
*même force appliquée*

# L'essentiel

## 1 Le vecteur vitesse

Vecteur vitesse du système $\vec{v}_i$ :

- Direction → La tangente à la trajectoire
- Sens → Celui du mouvement
- Valeur → Valeur moyenne de la vitesse du système entre deux instants très rapprochés, $t_i$ et $t_{i+1}$
  - $v_i = \dfrac{M_iM_{i+1}}{(t_{i+1} - t_i)}$ : $v_i$ en $m \cdot s^{-1}$ ; distance en m ; $t$ en s
- Exemple de tracé

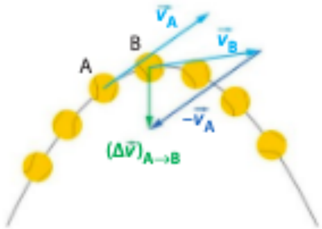



VIDÉO Tracé d'un vecteur variation de vitesse

## 2 Le vecteur variation de vitesse

Le vecteur variation de vitesse $\Delta\vec{v}$ d'un système en mouvement entre les positions $M_i$ et $M_{i+1}$, est défini par :

$$(\Delta\vec{v})_{i\to i+1} = \vec{v}_{i+1} - \vec{v}_i$$

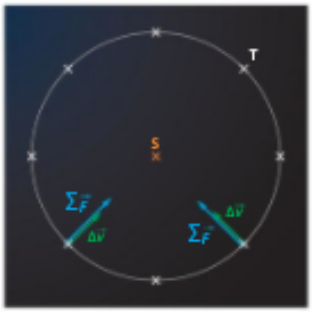



## 3 La somme des forces appliquées au système

Dans un référentiel donné :

$$\Sigma\vec{F} = m\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

- $m$ : Masse constante du système
- $\Sigma\vec{F}$ : Somme des forces appliquées au système
- $\Delta\vec{v}$ : Variation du vecteur vitesse du système
- $\Delta t$ : Durée entre deux instants voisins




**Conséquence** : $\Delta\vec{v}$ et $\Sigma\vec{F}$ sont colinéaires et de même sens.

## 4 Le rôle de la masse du système

D'après la relation approchée $\Sigma\vec{F} = m\dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ :

Plus la masse $m$ du système est élevée, plus la valeur de la somme des forces $\Sigma\vec{F}$ doit être élevée pour faire varier le vecteur $\vec{v}$.

Pour une même valeur de la somme des forces $\Sigma\vec{F}$ appliquées au système, la variation du vecteur vitesse est d'autant plus faible que la masse $m$ du système est élevée.