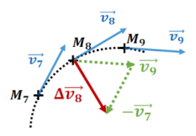
	Première Spécialité	Thème : Mouvement et interactions	Cours
	Chapitre 12 : **Mouvement d’un système**		

I Description d’un mouvement

1) Le système

Le <u>système</u> 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 <u>modèle du point matériel</u>.

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.

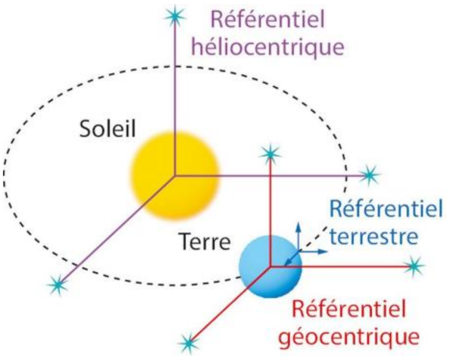
2) Le référentiel

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 <u>référentiel</u> 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 » :

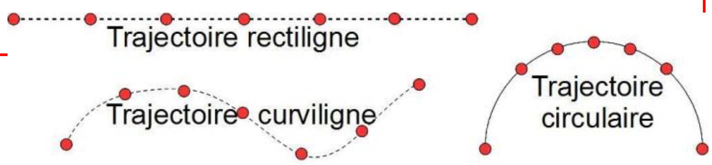
- <u>Le référentiel terrestre</u>, lié à la surface de la Terre, adapté à l’étude des mouvements d’objets sur la Terre.
- <u>Le référentiel géocentrique</u>, lié au centre de la Terre, adapté à l’étude des mouvements de la Lune ou de satellites artificiels.
- <u>Le référentiel héliocentrique</u>, lié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



3) La trajectoire

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

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

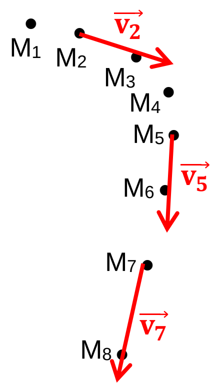


II Le vecteur vitesse

1) Valeur du vecteur vitesse

On peut décomposer la trajectoire d’un point en une succession de positions M_1, M_2, … , M_{i-1}, M_i, M_{i+1}, … On obtient sa **chronophotographie**.

La vitesse en chaque point peut être différente et est assimilée à la vitesse moyenne du système entre deux points les plus proches possibles : le point M_{i-1} « juste avant M_i » et le point M_{i+1} « juste après M_i ».



La durée entre deux points est constante sur une chronophotographie. On la note Δt. Entre les points M_{i-1} et M_{i+1}, il s’écoule la durée : $\mathbf{2 \times \Delta t}$.

La <u>valeur de la vitesse</u> v_i au point M_i se calcule par :

$$v_i = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{2 \times \Delta t}$$

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

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

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

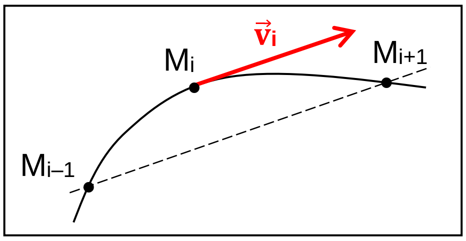
<u>Remarque</u> : la vitesse est toujours positive. Si on utilise la méthode des coordonnées, il faut suivant les cas utiliser une valeur absolue dans la soustraction des coordonnées.

<u>Exemple</u> : La vitesse au point M_5 se calcule par : $v_5 = \frac{M_4M_6}{2 \times \Delta t} = \frac{|h_6 - h_4|}{2 \times \Delta t}$

2) <u>Caractéristiques du vecteur vitesse</u>

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

Le <u>vecteur vitesse</u> $\vec{v}_i$ au point M_i est défini par : $\vec{v}_i = \frac{\overrightarrow{M_{i-1}M_{i+1}}}{2 \times \Delta t}$



Il a les caractéristiques suivantes :

- <u>Point d'application</u> : le point M_i.
- <u>Direction</u> : la droite parallèle à $(M_{i-1}M_{i+1})$ et passant par M_i, il s'agit de la tangente à la trajectoire au point M_i.
- <u>Sens</u> : celui du mouvement.
- <u>Norme</u> (longueur de la flèche en **cm**) : proportionnelle à la valeur de la vitesse (en **$m.s^{-1}$**). Il faut donc utiliser une échelle des vitesses pour représenter ce vecteur vitesse.

III <u>Le vecteur variation de vitesse</u>

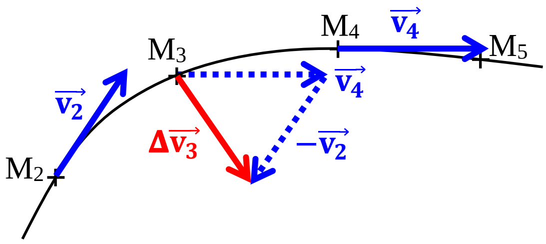
Lors d'un mouvement, le vecteur vitesse $\vec{v}$ d'un système peut varier en direction, en sens ou en valeur. Pour traduire cette variation, on peut construire le **vecteur variation de vitesse** $\Delta\vec{v_i}$ au point M_i, en utilisant la vitesse $\overrightarrow{v_{i-1}}$ au point M_{i-1} et la vitesse $\overrightarrow{v_{i+1}}$ au point M_{i+1}. Ce vecteur s'applique au point M_i.

Le <u>vecteur variation de vitesse</u> $\Delta\vec{v}_i$ d'un système entre les positions M_{i-1} et M_{i+1} est défini par :

$$\Delta\vec{v}_i = \overrightarrow{v_{i+1}} - \overrightarrow{v_{i-1}}$$

<u>Exemple</u> : Pour représenter $\Delta\vec{v_3} = \vec{v_4} - \vec{v_2} = \vec{v_4} + (-\vec{v_2})$ par construction géométrique, il faut :

- Tracer les vecteurs vitesse $\vec{v_2}$ et $\vec{v_4}$ aux points M_2 et M_4.
- Recopier le vecteur $\vec{v_4}$ en partant du point M_3.
- En partant de l'extrémité du vecteur $\vec{v_4}$, tracer le vecteur $-\vec{v_2}$ en « retournant » le vecteur $\vec{v_2}$.
- Le vecteur $\Delta\vec{v_3}$ se trouve entre le point de départ du vecteur $\vec{v_4}$ et l'extrémité du vecteur $-\vec{v_2}$.
  Attention : il faut bien tracer le vecteur $\Delta\vec{v_3}$ au point M_3.



IV Relation entre forces et variation du vecteur vitesse

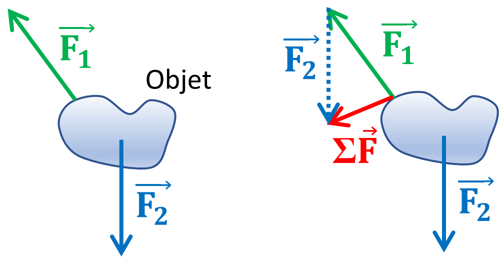
1) Somme des forces appliquées à un système

Un système soumis à plusieurs forces se comporte comme s'il ne subissait qu'une force unique.
La somme des forces est notée **$\Sigma\vec{F}$**. « Σ » 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 :

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

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 se 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

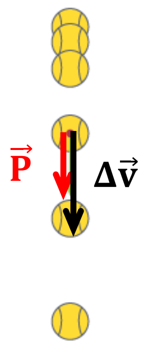
Une force appliquée sur un système peut modifier son vecteur vitesse.

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 Δt et la somme des forces $\Sigma\vec{F}$ sont reliés de façon approchée par :

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

ΣF : valeur en newton (N)
m : masse en kilogramme (kg)
Δv : valeur en mètre par seconde ($m.s^{-1}$)
Δt : intervalle de temps en seconde (s)

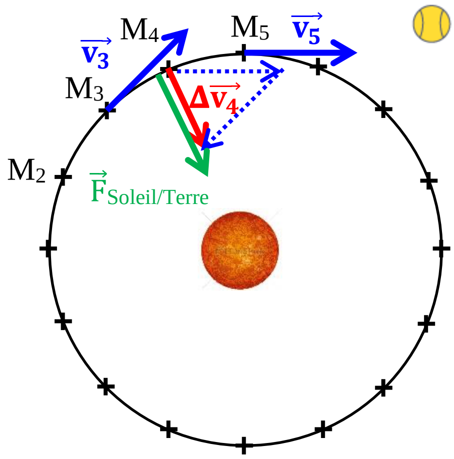
Les vecteurs $\Sigma\vec{F}$ et $\Delta\vec{v}$ ont la **même direction** et le **même sens** (car la masse est positive). Les valeurs de ΣF et de Δv sont proportionnelles.



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, la somme des forces $\Sigma\vec{F}$ est égale à la force d'attraction gravitationnelle $\vec{F}_{Soleil/Terre}$ **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

- Du mouvement aux forces

Lorsque le mouvement du système est connu, la variation du vecteur vitesse permet d'estimer la somme des forces appliquées au système, en connaissant leur direction, leur sens et leur valeur.

- Du mouvement aux forces

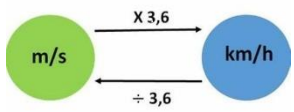
Quand on connaît les forces qui s'appliquent sur le système, on peut en déduire leur somme $\Sigma\vec{F}$, puis estimer la variation du vecteur vitesse. En effet, on peut écrire la relation sous la forme :

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

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}.

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

V Le rôle de la masse du système

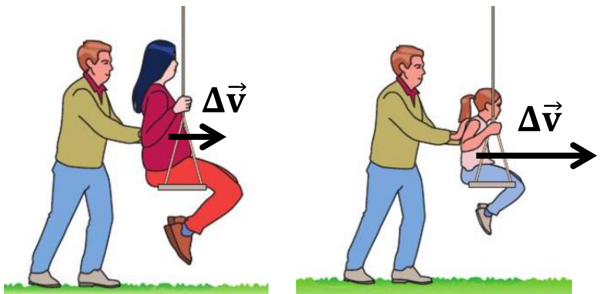
On définit l'inertie comme la tendance d'un corps à conserver sa vitesse.

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