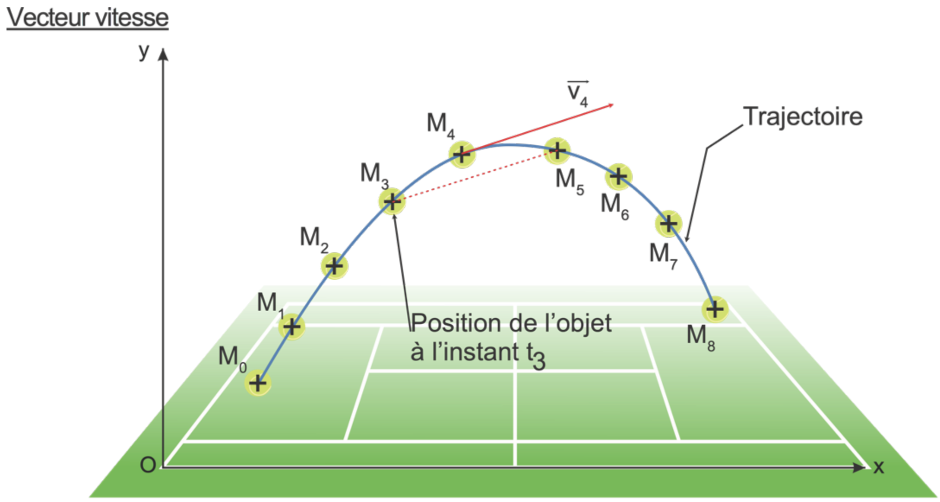
13. Mouvement d'un système

Variation du vecteur vitesse

Afin de visualiser à la fois la vitesse et la trajectoire d'un objet, on peut utiliser le vecteur vitesse $\vec{v}$.

Un vecteur est un objet mathématique qui possède :

- Un point d'application : ce sera le point pour lequel on étudie la vitesse (par exemple M_4 ci-dessous)
- Une direction : c'est la droite selon laquelle est tracée le vecteur, tangent à la trajectoire. Dans le cas d'une vitesse moyenne on peut prendre une droite située entre le point précédent le point considéré et celui qui le suit (M_3 et M_5 ci-dessous)
- Un sens : c'est le sens du mouvement
- Une norme (valeur ou intensité) : c'est la grandeur de la vitesse. Sur le graphique on pourra représenté la vitesse à l'échelle si on définit celle-ci (par exemple : 1cm représente $1 m.s^{-1}$)



Ainsi, dans l'exemple ci-dessus, le vecteur vitesse moyenne au point M_4, appelé $\overrightarrow{v_4}$, est défini par le vecteur déplacement $\overrightarrow{M_3M_5}$ par la relation suivante (qui découle de celle vue plus tôt) :

$$\overrightarrow{v_4} = \frac{\overrightarrow{M_3M_5}}{t_5 - t_3}$$

Et sa norme (sa valeur), sera calculée avec la relation :

$$v_4 = \frac{M_3M_5}{t_5 - t_3}$$

Avec :

- M_3M_5 : distance entre M_3 et M_5 en mètre (m)
- t_5-t_3 : intervalle de temps entre les instants t5 et t3 en seconde (s)
- v4 : vitesse en M4 en mètre par seconde ($m.s^{-1}$)

Variation du vecteur vitesse

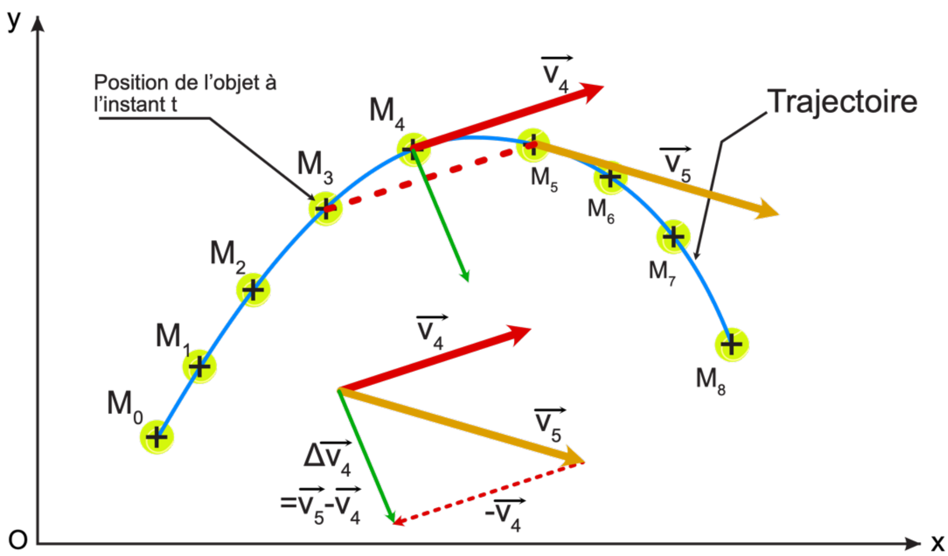
La représentation du vecteur vitesse permet d'avoir une information visuelle rapide sur l'évolution de la vitesse :

- si longueur des vecteurs vitesses augmentent, c'est que le mouvement est accéléré.
- si longueur des vecteurs vitesses diminue, c'est que le mouvement est ralenti.
- si la longueur des vecteurs vitesse reste la même c'est que le mouvement est uniforme.

De même, la direction du vecteur vitesse pourra nous donner une bonne idée de la trajectoire du mouvement pour savoir si le mouvement est rectiligne, circulaire ou curviligne.

Pour étudier le vecteur variation de vitesse en un point, on effectue la soustraction entre le vecteur en ce point et le vecteur vitesse suivant :

Vecteur variation de vitesse



Effet d'une force sur le mouvement

En classe de seconde nous avons vu la première loi de Newton : **en l'absence de forces ou si les forces se compensent, le système est immobile ou en mouvement rectiligne et uniforme**.

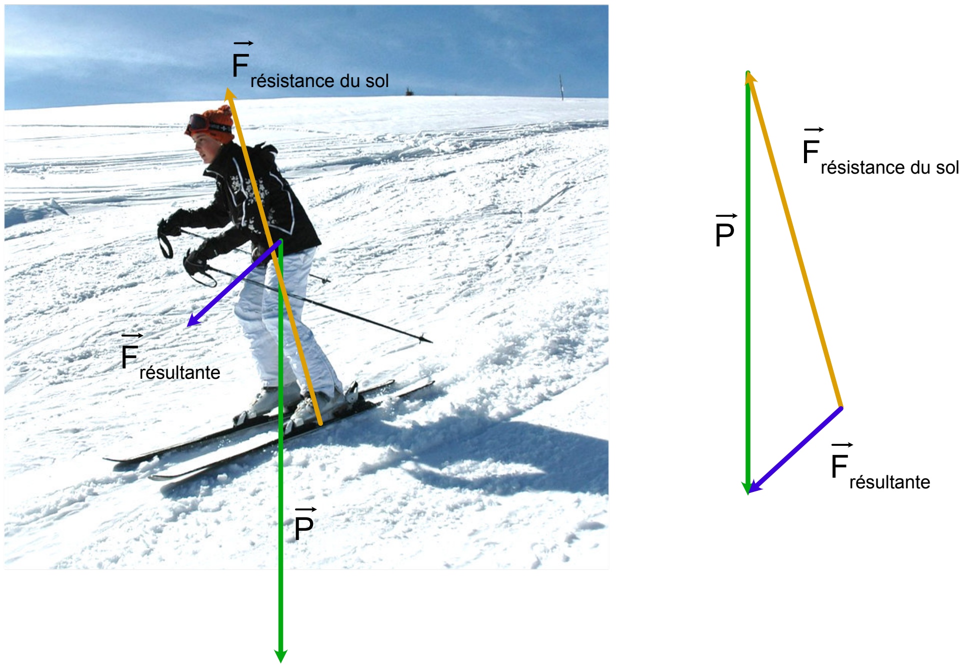
On considère ici toujours un système ponctuel.

Afin de savoir si les forces se compensent, on peut définir le vecteur forces résultantes qui est égal à la somme des forces appliquées au système.

On note cette somme des forces $\vec{F}_{résultante}$ ***ou*** $\sum \vec{F}$

C'est l'action d'une force qui permet de mettre en mouvement un objet, de modifier sa trajectoire ou sa vitesse. Donc une résultante des forces non nulle est responsable des variations de vitesses d'un système : si $\sum \vec{F} \neq 0$ $alors$ $\Delta\vec{v} \neq 0$

Somme des forces



Il est à noter que ces lois ne sont valables que dans des référentiels où le principe d'inertie est vérifié. On appelle ces référentiels des référentiels galiléens. Dans la pratique, c'est généralement le cas sur terre pour des vitesses d'objets usuels et des durées faibles par rapport à la période de rotation de la Terre.

Seconde loi de Newton

La résultante des forces d'un système peut être reliée à la variation de vitesse par rapport au temps selon la relation suivante :

$$\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = k \times \sum \vec{F}$$

Avec k, facteur de proportionnalité, un nombre réel positif.

Dans la pratique, il faut étudier la variation de vitesse entre deux dates très proches. Si on reprend l'exemple précédent avec la balle de tennis étudiée au point M_4 de la trajectoire, avec des vecteur vitesse v_4 et v_5 valant :

$$\overrightarrow{v_4} = \frac{\overrightarrow{M_3M_5}}{t_5 - t_3} \text{ et } \overrightarrow{v_5} = \frac{\overrightarrow{M_4M_6}}{t_6 - t_4}$$

$$\text{alors } \Delta\overrightarrow{v_4} = \overrightarrow{v_5} - \overrightarrow{v_4}$$

La variation de vitesse au point M_4 par rapport au temps est proportionnelle à la résultante des forces au point M_4 :

$$\frac{\Delta\overrightarrow{v_4}}{t_5 - t_4} = k \times \sum \vec{F}$$

La variation du vecteur vitesse $\Delta\overrightarrow{v_4}$ au point M_4 est de même direction et même sens que la résultante des forces à l'instant t_4.

Influence de la masse

Plus la masse de la boule est importante plus il sera difficile de l'envoyer loin

Nous avons tous déjà constaté qu'il était d'autant plus difficile de déplacer un objet que celui-ci était lourd. On définit **l'inertie** comme la faculté d'un corps à conserver sa vitesse (même si celle-ci est nulle). Plus la masse d'un objet est importante, plus son inertie est grande : **la force qu'il faut fournir pour passer d'une vitesse v_1 à une vitesse v_2 en un intervalle de temps donné est proportionnel à la masse de cet objet**.

On définit alors une relation approchée de la seconde loi de Newton de la façon suivante :

$$m \times \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \sum \vec{F} \text{ et donc en valeur } m \times \frac{\Delta v}{\Delta t} = \sum F$$

Avec :

- m : la masse de l'objet en kilogramme (kg)
- Δv : vitesse en mètre par seconde ($m.s^{-1}$)
- Δt : durée en secondes (s)
- ΣF : somme des forces en Newton (N)

On remarquera, par rapport à la relation précédente, que le facteur k est l'inverse de la masse : $k = \frac{1}{m}$

Chute libre

Dans le cas d'une chute libre, un objet est soumis uniquement à son poids (dans le vide ou en négligeant le frottement de l'air). La somme des forces est donc égale au poids $\sum \vec{F} = \vec{P}$ or nous savons que le poids se définit par $\vec{P} = m \times \vec{g}$ il en résulte que :

$$m \times \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = m \times \vec{g} \text{ donc } \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \vec{g}$$

La variation de vitesse par rapport au temps est donc égale au champ de pesanteur $\vec{g}$. Et la variation de vitesse en chute libre est verticale, dirigée vers le centre de la terre et sa valeur ne dépend pas de la masse.

Cela a été prouvé par l'astronaute David Scott lors de la mission Apollo 15 lorsqu'il a lâché un marteau de 1,32kg en aluminium et une plume de 30g qui sont descendus à la même vitesse vers le sol.

Remarque : la variation de vitesse par rapport au temps, $\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ est aussi appelée accélération, notée a, et s'exprime en mètre par seconde au carré (m.s^{-2}). Ainsi la seconde loi de Newton est plus connue sous la forme $\sum \mathrm{F} = m \times \mathrm{a}$