C 12 : Mouvements d'un système.

I. Mouvement et vecteur vitesse.

1) Rappels.

Pour décrire un mouvement, il faut :

- définir le système étudié
- définir le référentiel d'étude
- caractériser la trajectoire du système
- caractériser l'évolution de la vitesse instantanée du système au cours du mouvement

Pour un même système, **vitesse et trajectoire dépendent du référentiel choisi**, c'est la relativité du mouvement.

Exemples :

a) Un train démarre en gare de Matabiau. Décrire le mouvement d'un passager assis dans le train en se plaçant dans le référentiel terrestre.

b) Décrire le mouvement d'un passager assis dans le train en se plaçant dans le référentiel du train.

c) Un manège d'enfant est en train de fonctionner ; décrire le mouvement d'un enfant assis dans une petite voiture du manège dans le référentiel terrestre.

2) Calcul de vitesse instantanée et tracé du vecteur vitesse.

Sur une durée assez longue, on a l'habitude de calculer la **vitesse moyenne** d'un système.

$V = \frac{d}{\Delta t}$ avec d = distance parcourue par le système pendant la durée Δt

Dans le système international la vitesse s'exprime en $m.s^{-1}$
Dans la vie courante on peut rencontrer d'autres unités comme le $km.h^{-1}$

Conversion : $1\ m.s^{-1} = 3{,}6\ km.h^{-1}$; $1\ km.h^{-1} = \frac{1}{3{,}6}\ m.s^{-1}$.

La vitesse instantanée du système est la vitesse du système à chaque instant. Pour un véhicule, c'est la vitesse qu'affiche le compteur de vitesse ou celle mesurée par un radar.
Pour la calculer, on peut considérer qu'elle est égale à la vitesse moyenne sur une très petite distance ou pendant une durée la plus courte possible.

- Ainsi un compteur de vitesse de vélo calcule v pour chaque tour de roue.

Dans les exercices de mécanique, on calculera v sur la durée séparant deux points voisins d'un enregistrement (pointage, chronophotographie).

Le vecteur vitesse :

Pour rendre compte simultanément de la trajectoire, du sens du mouvement et de la valeur de la vitesse instantanée, on utilise un outil mathématique : le vecteur vitesse.

Caractéristiques du vecteur vitesse :

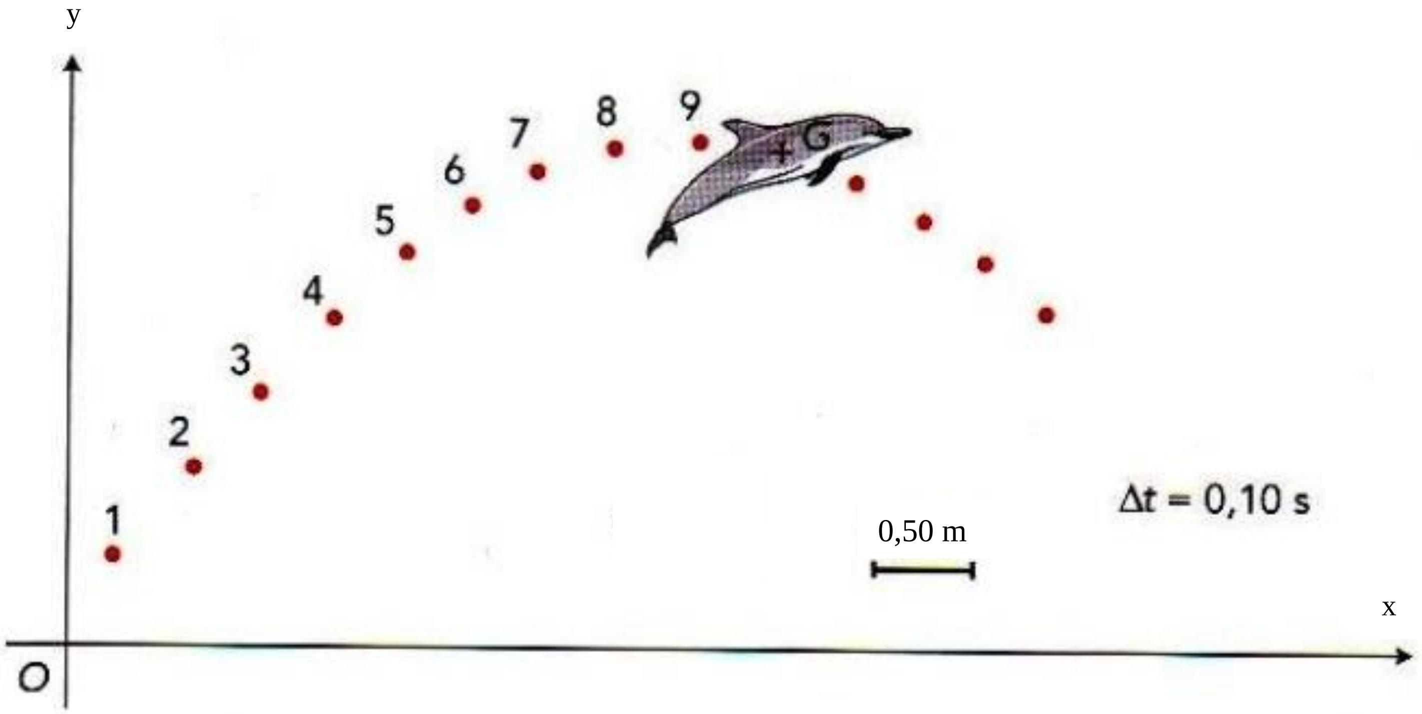
- Point d'application : point étudié
- Direction : tangente à la trajectoire
- Sens : celui du mouvement
- Norme : longueur proportionnelle à la valeur de la vitesse (utilisation d'une échelle).

Application : On dispose d'un pointage du saut d'un dauphin hors de l'eau, Δt étant la durée entre 2 points consécutifs.

On admet qu'on calcule la vitesse instantanée d'un système au point M_i en calculant sa vitesse moyenne pour aller du point M_i au point M_{i+1} : $V_i = \frac{M_iM_{i+1}}{t_{i+1}-t_i}$

1. Calculer la vitesse instantanée du dauphin au point n°3 et au point n°8.

2. Tracer sur le schéma les deux vecteurs vitesses $\overrightarrow{V_3}$ et $\overrightarrow{V_8}$ en utilisant l'échelle 1cm pour 2 m.s^{-1}.



Remarque : en traçant tous les vecteurs vitesses, on peut facilement retrouver les caractéristiques du mouvement (trajectoire, sens de déplacement et évolution de la valeur de la vitesse).

II. Vecteur variation du vecteur vitesse.

1) Présentation.

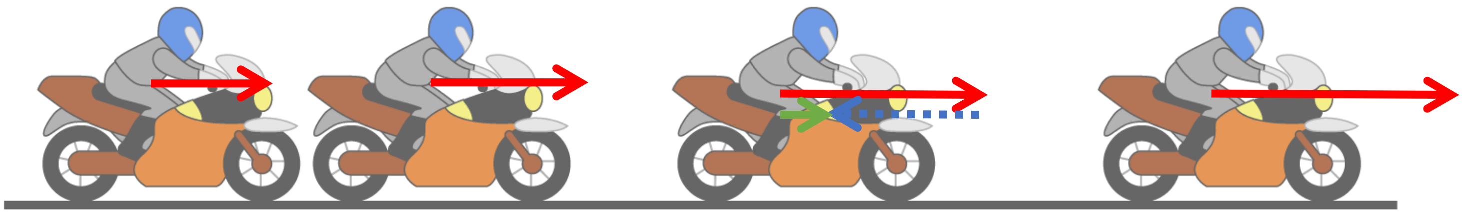
Définition : le vecteur variation de vitesse (ou variation du vecteur vitesse), noté $\Delta\overrightarrow{V}$ permet de rendre compte de **l'évolution du vecteur vitesse** et donc de l'évolution du mouvement entre deux points successifs M_i et M_{i+1}. C'est la **différence vectorielle** des vecteurs vitesses des points M_i et M_{i+1} : $\Delta\overrightarrow{V}_{i+1} = \overrightarrow{V}_{i+1} - \overrightarrow{V}_i$.

Attention : le vecteur variation de la vitesse est une différence entre **deux vecteurs**, c'est donc **une somme vectorielle** ! Ce ne sont pas les valeurs des vitesses qu'il faut soustraire, il faut réaliser une **construction vectorielle** !

→cf point maths p 223 du livre.

2) Variation du vecteur vitesse dans le cas des mouvements rectilignes.

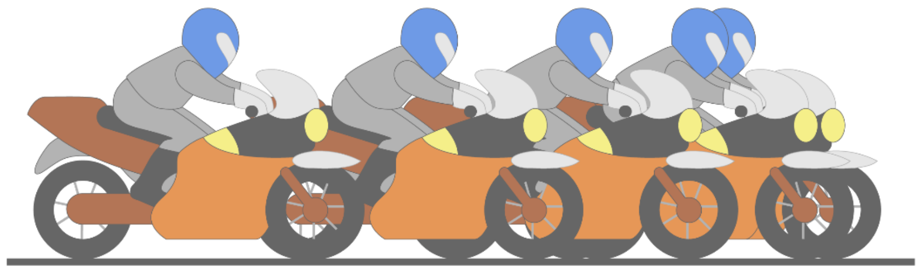
Exemple a) : construction : vecteur somme = de la base du 1er vecteur à l'extrémité du 2nd



1. Sans calcul, indiquer quel est le type de mouvement dans le référentiel terrestre. Justifier. MRa

2. Indiquer comment évoluent la vitesse et le vecteur vitesse au cours du mouvement ? V augmente et le vecteur vitesse a même direction, même sens mais une norme croissante.
3. Sans souci d'échelle, construire ci-dessous un vecteur variation de vitesse $\Delta\vec{V}$ entre deux points successifs de ce mouvement. $\Delta\vec{V}$ est dirigé vers la droite (donc dans le sens du mvt→ accélération). Puisque $\vec{V}$ ne change pas de direction/sens, ce vecteur traduit uniquement la variation de la norme (qui augmente donc qd S se déplace vers la droite).

Exemple b) : Mêmes questions pour la chronophotographie suivante.



MRralenti ; V diminue et le vecteur vitesse a même direction, même sens mais une norme décroissante ; $\Delta\vec{V}$ est dirigé vers la gauche donc dans le sens contraire au mvt (→ décélération). Puisque $\vec{V}$ ne change pas de direction/sens, ce vecteur traduit uniquement la variation de la norme (qui augmente donc qd S se déplace vers la gauche donc ralentissement).

Exemple c) : Que peut-on dire du vecteur $\Delta\vec{V}$ lorsque le mouvement est rectiligne uniforme ? Justifier.

Si le mvt est rectiligne et uniforme, alors les vecteurs vitesse sont tous égaux ; dans ce cas, $\vec{V} = \overrightarrow{cte}$ et $\Delta\vec{V} = \vec{0}$.

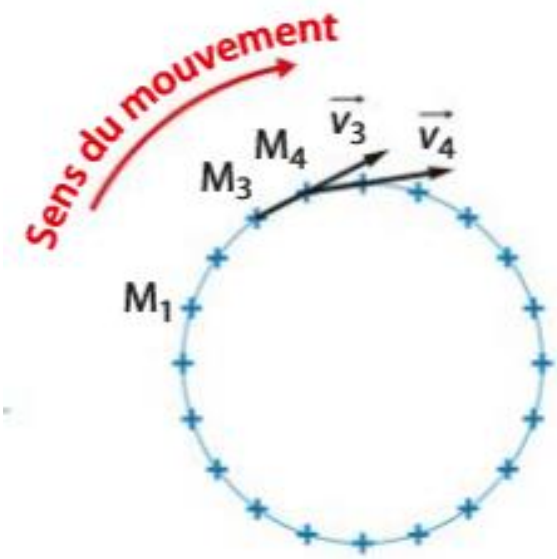
3) Variation du vecteur vitesse dans le cas des mouvements non rectilignes.

On dispose ci-contre, du pointage d'un mouvement sur lequel deux vecteurs vitesses sont tracés.

1. Sans calcul, indiquer quel est le type de mouvement. Justifier. MCU

2. Indiquer comment évoluent la vitesse et le vecteur vitesse au cours du mouvement ? v = cte mais $\vec{V} \neq \overrightarrow{cte}$

3. Construire avec précision le vecteur variation de vitesse au point 4 : $\Delta\vec{V}_4 = \vec{V_4} - \vec{V_3}$. Lors d'un MCU, le vecteur $\overrightarrow{\Delta V}$ est dirigé vers le centre de rotation, on dit qu'il est **centripète.** Puisque V = cte, $\overrightarrow{\Delta V} \neq \vec{0}$ est dû au changement de direction du vecteur vitesse.

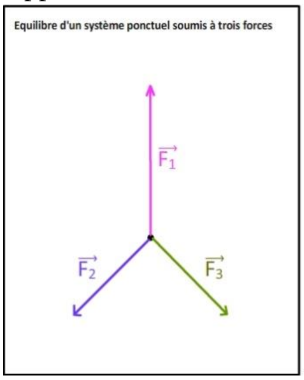


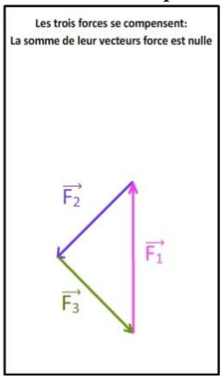
III. Lien entre variation du vecteur vitesse et résultante des forces extérieures appliquées au système.

1) La résultante des forces extérieures.

On appelle la résultante des forces extérieures, ou somme vectorielle des forces extérieures, le vecteur somme vectorielle de toutes les forces extérieures appliquées au système étudié. On la note $\sum \overrightarrow{F_{ext}}$ ou plus simplement $\sum \vec{F}$.

Application du tracé de $\sum \vec{F}$: montrer que le système ponctuel considéré est soumis à des forces qui se compensent.





$\sum \vec{F} = \vec{0}$

A retenir : le vecteur $\Sigma\vec{F}$ et le vecteur $\Delta\vec{V}$ ont même direction (colinéaires) et même sens.

2) Relation approchée de la 2ème loi de Newton.

Newton a énoncé plusieurs lois de mécanique. La première a été étudiée en seconde, c'est **le principe d'inertie** (si un corps est soumis à des forces qui se compensent, alors soit il est au repos soit il est animé d'un MRU).
La deuxième loi de Newton fait le lien entre la somme vectorielle des forces appliquées à un système et son accélération.
L'accélération est la variation de la vitesse du système sur un petit intervalle de temps.
Avec les outils mathématiques de 1ère, on ne peut écrire qu'une version approchée de cette loi :

Relation à connaître : $\sum \vec{F} = m.\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ avec
$\sum \vec{F}$ la résultante des forces extérieures s'exerçant sur le système
$\Delta\vec{V}$ la variation du vecteur vitesse sur une courte durée
m la masse du système (en kg) sur lequel s'exerce $\sum \vec{F}$
Δt la petite durée de l'étude (en s)

Analyse de la relation :

** en faisant une analyse dimensionnelle, trouver quelle autre unité correspond au Newton.
N = kg x (m.s^{-1}) / s = kg.m.s^{-2}.

** montrer que l'on retrouve le principe d'inertie :
Si $\sum \vec{F} = \vec{0}$, alors m.$\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$; or, m ≠ 0 et Δt petit (donc ne tend pas vers l'infini) ; on a $\sum \vec{F} = \vec{0}$ qui implique que $\overrightarrow{\Delta V} = \vec{0}$.
Or, $\overrightarrow{\Delta V} = \vec{0}$ implique que $\vec{V} = \overrightarrow{cte}$ càd que le S est animé d'un MRU (ou qu'il est immobile si la cte vaut 0).

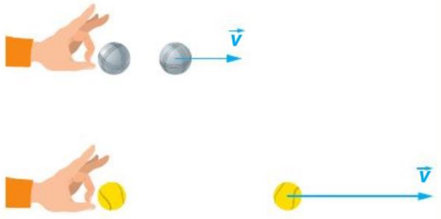
** justifier le fait que l'on retrouve que $\sum \vec{F}$ **et** $\Delta\vec{V}$ **ont donc même direction et même sens.**
La relation vectorielle de Newton est de la forme $\vec{u}$ = k. $\vec{v}$ avec k > 0 donc $\vec{u}$ et $\vec{v}$ sont bien colinéaires de même sens.

** la 2ème loi de Newton **en norme** s'écrit : $\left\|\sum \vec{F}\right\| = m.\frac{\|\Delta\vec{V}\|}{\Delta t}$
Dans le cas où le mouvement est rectiligne (et uniquement dans ce cas-là), on pourra écrire que $\|\Delta\vec{V}\| = |V_f - V_i|$.

Effet de la masse :

La masse du système a un effet sur la valeur de la variation du vecteur vitesse :

- Pour une même durée considérée, si $\|\Sigma\vec{F}\|$ = cte, m.$\|\Delta\vec{v}\|$ = cte donc + m $\downarrow$, + $\|\Delta\vec{V}\|\uparrow$



En appliquant la même résultante des forces à deux systèmes de masse différente, c'est le système le plus léger qui subir une plus grande variation de vitesse.

- Pour une même durée considérée, si on impose une variation constante de $\|\Delta\vec{V}\|$, + m$\uparrow$, + $\|\Sigma\vec{F}\|\uparrow$.

Si l'on veut faire subir la même variation de vitesse à deux systèmes de masse différente, alors il faudra exercer une résultante des forces supérieure pour le système le plus lourd.