

## 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 :

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

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

$$V = \frac{d}{\Delta t} \quad \text{avec } d = \text{distance parcourue par le système (en m) pendant la durée } \Delta t \text{ (en s)}$$

Dans le système international la vitesse s'exprime en  $\text{m.s}^{-1}$

Dans la vie courante on peut rencontrer d'autres unités comme le  $\text{km.h}^{-1}$

Conversions : montrer que  $1 \text{ m.s}^{-1} = 3,6 \text{ km.h}^{-1}$  et que  $1 \text{ km.h}^{-1} = \frac{1}{3,6} \text{ m.s}^{-1}$ .

--	--

**La vitesse instantanée** du système est la vitesse du système à un instant précis. Pour un véhicule, c'est la vitesse qu'affiche le compteur de vitesse ou celle mesurée par un radar.

Pour la calculer, on peut l'approximer 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 la vitesse instantanée 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).

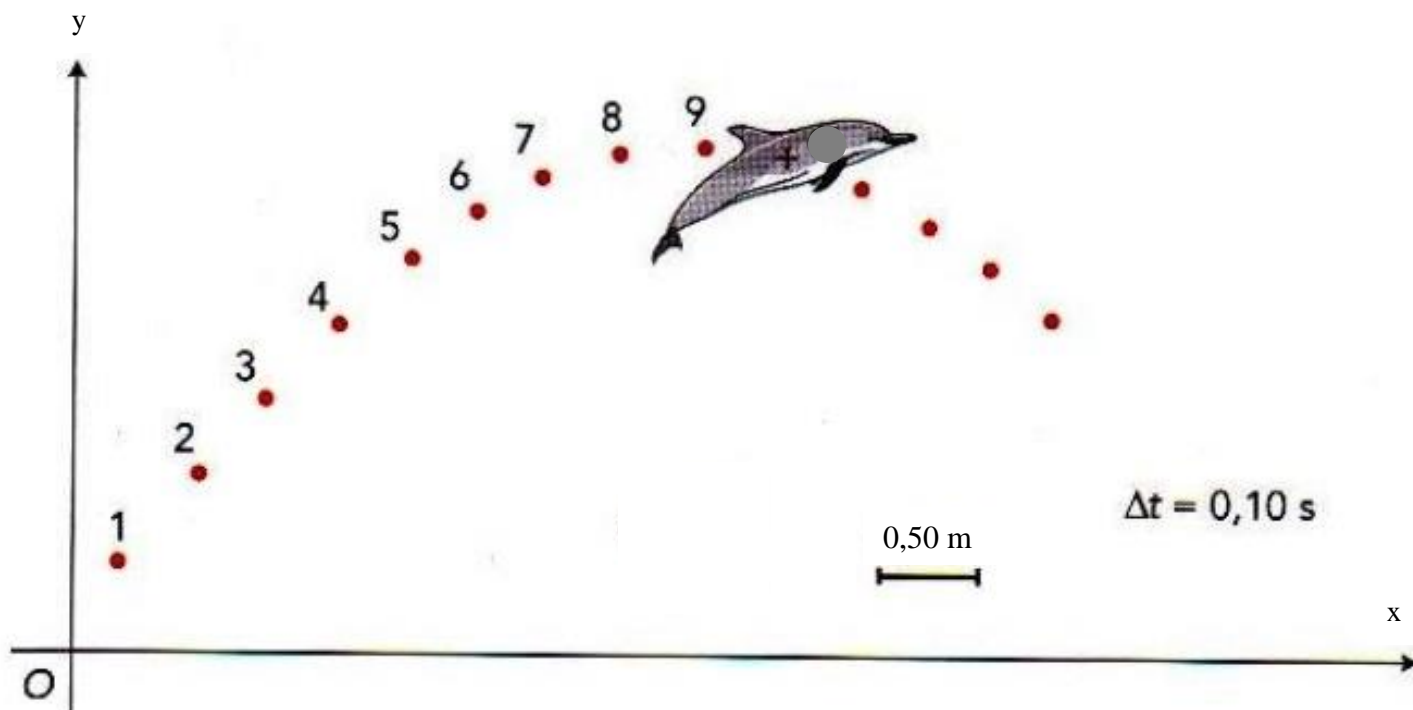
Application : On dispose d'un pointage du saut d'un dauphin hors de l'eau,  $\Delta t$  étant la durée entre 2 points consécutifs.

On admet que l'on calcule la vitesse instantanée d'un système au point  $M_i$  en calculant sa vitesse moyenne pour aller

$$\text{du point } M_i \text{ au point } M_{i+1} : \vec{V}_i = \frac{M_i M_{i+1}}{t_{i+1} - t_i}$$

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  $\vec{V}_3$  et  $\vec{V}_8$  en utilisant l'échelle 1cm pour 2 m.s<sup>-1</sup>.



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. Variation du vecteur vitesse $\Delta\vec{V}$ .

### 1) Présentation.

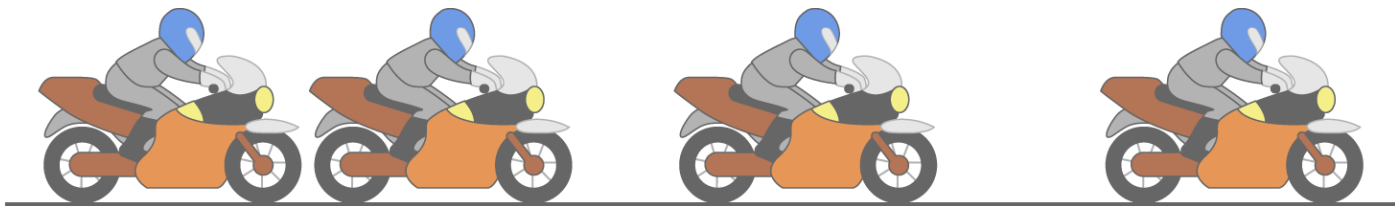
**Définition :** le vecteur variation du vecteur vitesse, noté  $\Delta\vec{V}$  permet de rendre compte de l'évolution du vecteur vitesse entre deux points successifs  $M_i$  et  $M_{i+1}$ .

C'est la **différence vectorielle** des vecteurs vitesses des points  $M_i$  et  $M_{i+1}$  :  $\Delta\vec{V}_{i+1} = \vec{V}_{i+1} - \vec{V}_i$ .

**Attention :** le vecteur  $\Delta\vec{V}$  est une différence entre **deux vecteurs**, c'est donc **une différence vectorielle !**  
Ce ne sont pas les valeurs des vitesses qu'il faut soustraire, il faut réaliser une **construction vectorielle !**

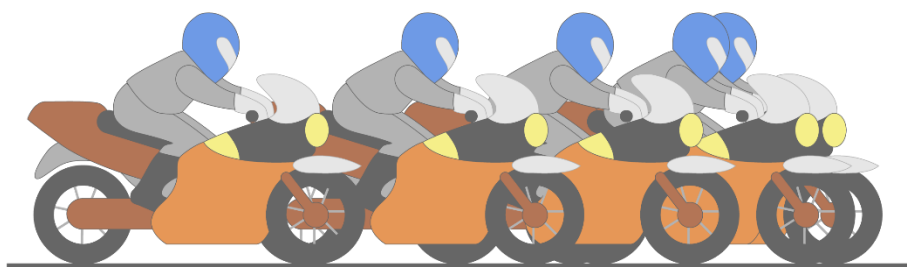
### 2) Variation du vecteur vitesse dans le cas des mouvements rectilignes.

Exemple a) :



1. Sans calcul, caractériser le mouvement du système {motard + moto} dans le référentiel terrestre.
2. Indiquer comment évoluent
  - a) la vitesse ?
  - b) le vecteur vitesse au cours du mouvement ?
3. Sans souci d'échelle, construire ci-dessus un vecteur variation de vitesse  $\Delta\vec{V}_3$  entre deux points successifs de ce mouvement. Comparer le sens de  $\Delta\vec{V}_3$  avec celui du mouvement.

Exemple b) : Mêmes questions pour la chronophotographie suivante.



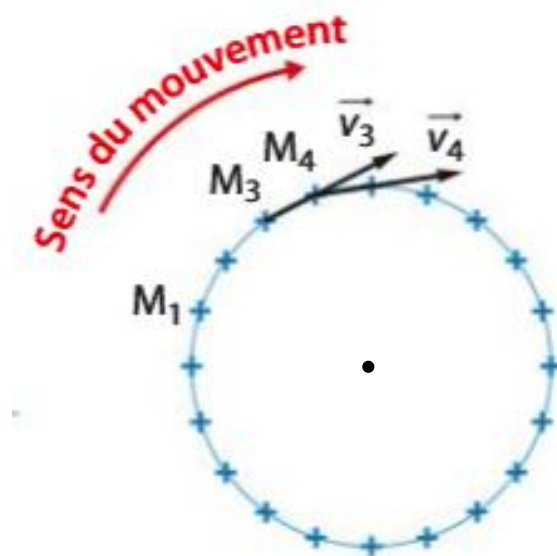
Exemple c) : Que peut-on dire du vecteur  $\Delta\vec{V}$  lorsque le mouvement est rectiligne uniforme ? Justifier.



3) Vecteur 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, caractériser le mouvement. Justifier.
2. Indiquer comment évoluent la vitesse et le vecteur vitesse au cours du mouvement ?



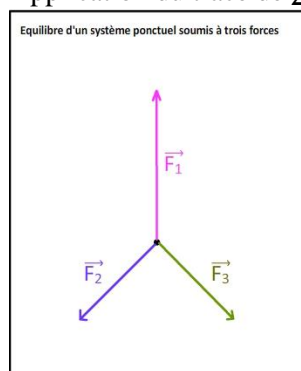
3. Construire avec précision le vecteur variation de vitesse au point 4 :  $\Delta\vec{V}_4 = \vec{V}_4 - \vec{V}_3$ . Commenter votre résultat.

### III. Lien entre le vecteur variation du vecteur vitesse et la 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  $\sum \vec{F}_{ext}$  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.



## 2) Relation approchée de la 2<sup>ème</sup> 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 1<sup>ère</sup>, on ne peut écrire qu'une version approchée de cette loi :

**Relation à connaître :**  $\sum \vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$  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  $\sum \vec{F}$   
 $\Delta t$  la petite durée de l'étude (en s)

### Analyse de la relation :

\*\* en faisant une analyse dimensionnelle, trouver quelle autre unité correspond au Newton.

\*\* montrer que l'on retrouve le principe d'inertie :

\*\* justifier le fait que l'on retrouve que  $\sum \vec{F}$  et  $\Delta \vec{v}$  ont donc même direction et même sens.

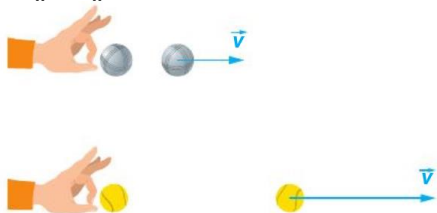
\*\* la 2<sup>ème</sup> loi de Newton **en norme** s'écrit :  $\|\sum \vec{F}\| = m \cdot \frac{\|\Delta \vec{v}\|}{\Delta t}$

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  $\|\sum \vec{F}\| = \text{cte}$ ,  $m \cdot \|\Delta \vec{v}\| = \text{cte}$  donc  $+ m \downarrow, + \|\Delta \vec{v}\| \uparrow$



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

