Lien entre forces et mouvement

1. Rappels : Mouvement et vecteur vitesse

1.1. Rappels

Pour décrire un mouvement on doit

- Définir le système étudié
- Définir le référentiel d'étude
- Indiquer le nom de la trajectoire du système
- Indiquer 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.

Exemple : Situation : Un train démarre en gare de Matabiau. Un passager est assis dans ce train.

1.2. Calcul de vitesse instantanée et tracé du vecteur vitesse

La vitesse moyenne d'un système : vitesse sur une durée ou un déplacement assez long.

$v = \frac{d}{\Delta t}$ avec d = distance parcourue par le système et Δt durée du parcours

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

La vitesse instantanée du système est sa vitesse 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.
Dans les exercices de mécanique, on calculera v sur le déplacement d'un point au suivant sur un enregistrement (pointage, chronophotographie). La durée entre ces deux points est souvent notée τ .

On a donc $\mathbf{v_i} = \frac{\mathbf{M_iM_{i+1}}}{\boldsymbol{\tau}}$ avec

- v_i : valeur de la vitesse en un point i (en $m.s^{-1}$)
- M_iM_{i+1} : longueur du déplacement entre deux points i et i+1 consécutifs (en m)
- τ : durée du déplacement (en s)

Le vecteur vitesse : ***Voir TP « Etude d'un mouvement – vitesse et variation de la vitesse »***

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

Vecteur vitesse : $\vec{\mathbf{v}}_{\mathbf{i}} = \frac{\overrightarrow{\mathbf{M_iM_{i+1}}}}{\boldsymbol{\tau}}$ avec

- $\vec{v}_i$: vecteur vitesse en un point i
- $\overrightarrow{M_iM_{i+1}}$: vecteur déplacement entre deux points consécutifs
- τ : durée du déplacement (en s)

Caractéristiques du vecteur vitesse :

- Point d'application ; origine sur le point étudié
- Direction : tangent à la trajectoire (on assimile la droite reliant le point étudié au point suivant comme étant la tangente à la trajectoire)
- Sens : dans le sens du mouvement
- Norme : longueur proportionnelle à la valeur de la vitesse, utilisation possible d'une échelle.

2. Vecteur variation de la vitesse

2.1. Présentation

Définition : Le vecteur variation de la vitesse, noté $\overrightarrow{\Delta v}$ permet de rendre compte de l'évolution du vecteur vitesse et donc de l'évolution du mouvement entre deux points successifs A et B.

C'est la différence vectorielle des vecteurs vitesses aux points A et B

$$(\overrightarrow{\Delta v})_{A \to B} = \overrightarrow{v_B} - \overrightarrow{v_A} \text{ qui peut s'écrire } (\overrightarrow{\Delta v})_{A \to B} = \overrightarrow{v_B} + (-\overrightarrow{v_A})$$

$(\overrightarrow{\Delta v})_{A \to B}$ est un vecteur, on le placera sur un schéma avec son origine au point B

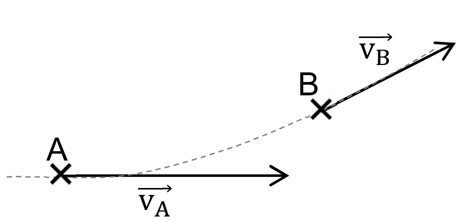
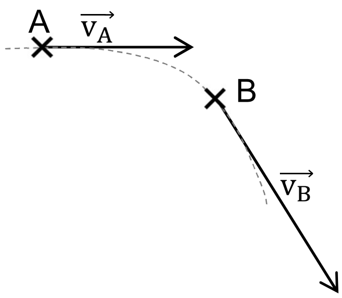
Attention : point maths p 223 et vidéo p 218 (ou vidéo du netboard = QRcode):

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

C'est-à-dire qu'on doit construire la somme du vecteur $\overrightarrow{v_B}$ et du vecteur $-\overrightarrow{v_A}$

Mise en pratique : Pour chaque cas ci-dessous

- **Construire** le vecteur variation de la vitesse au point B : $(\overrightarrow{\Delta v})_{A \to B} = \overrightarrow{v_B} - \overrightarrow{v_A}$
- **PUIS**, **le mesurer** et donner ses trois caractéristique (direction, sens et valeur)

Situation 1 :	Situation 2 :
Valeurs des vitesses en A et en B : $V_A = 3{,}0$ m.s^{-1} et $v_B = 2{,}0$ m.s^{-1}	Valeurs des vitesses en A et en B : $V_A = 2{,}0$ m.s^{-1} et $v_B = 3{,}0$ m.s^{-1}
Type de mouvement ?	Type de mouvement ?
Échelle : 1cm pour 1m.s^{-1}	*Échelle : 1cm pour 1m.s^{-1}*
	
Mesure de la longueur du vecteur $(\overrightarrow{\Delta v})_{A \to B}$:	Mesure de la longueur du vecteur $(\overrightarrow{\Delta v})_{A \to B}$:
Caractéristiques de $(\overrightarrow{\Delta v})_{A \to B}$ • • •	Caractéristiques de $(\overrightarrow{\Delta v})_{A \to B}$ • • •

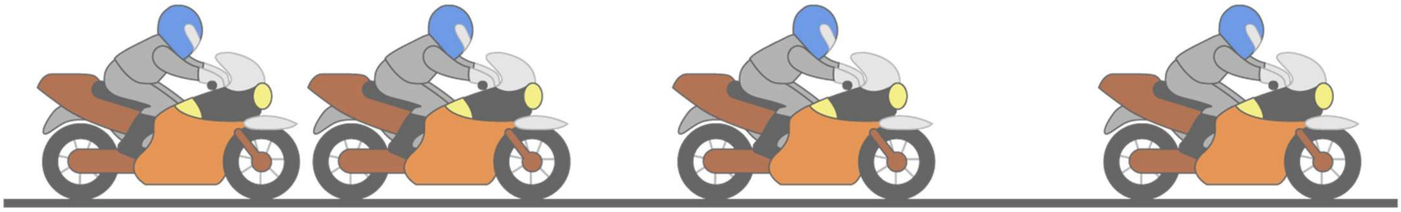
Conclusion : La somme ou la différence de deux vecteurs dépend de l'angle que les vecteurs font entre eux.

Dans le cas général le mouvement n'est pas rectiligne et les vecteurs vitesse ne sont pas colinéaires.

Quand les vecteurs vitesses ne sont pas colinéaires, la valeur du vecteur variation de la vitesse, ne se calcule pas simplement. En première, souvent, on la mesure après avoir fait une construction vectorielle à l'échelle.

2.2. Variation de vitesse dans le cas particulier des mouvements rectilignes

Exemple 1 :

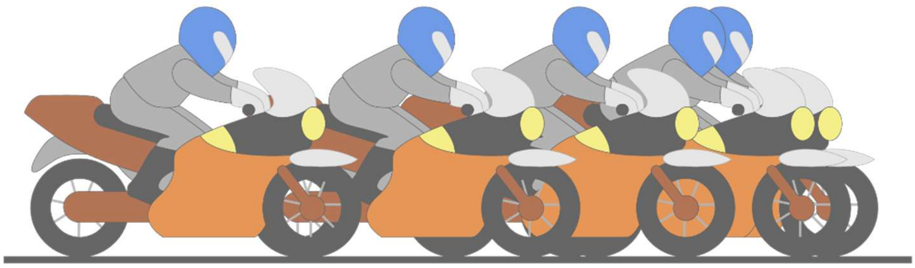


1. Sans calcul, pour la chronophotographie ci-dessus, indiquer quel est le type de mouvement dans le référentiel terrestre. Justifier

2. Indiquer comment évoluent la vitesse et le vecteur vitesse au cours du mouvement ? Tracer deux vecteurs vitesses successif, sans souci d'échelle (mais cohérents avec la question 1).

3. A partir des vecteurs précédents, construire ci-dessous un vecteur variation de vitesse $\overrightarrow{\Delta v}$ entre deux points successifs de ce mouvement et le décrire

Exemple 2 : Mêmes questions pour la chronophotographie suivante



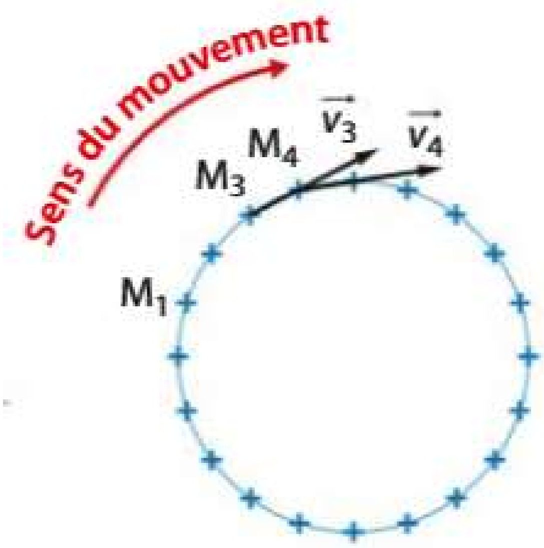
Exemple 3 : Que peut-on dire du vecteur $\overrightarrow{\Delta v}$ lorsque le mouvement est rectiligne uniforme ? Justifier

Conclusion :

2.3. Construction du vecteur variation de la vitesse pour un mouvement non rectiligne

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

1. Sans calcul, indiquer quel est le type de mouvement. Justifier.
   Donner un exemple de système ayant ce mouvement dans un référentiel à préciser.



2. Indiquer comment évoluent la vitesse et le vecteur vitesse au cours du mouvement ?

3. Construire avec précision le vecteur variation de vitesse entre les points 3 et 4 en plaçant son origine au point 4 :
   $(\overrightarrow{\Delta v})_{3\rightarrow 4} = \vec{v_4} - \vec{v_3}$
   Le décrire

3. Lien entre variation du vecteur vitesse et bilan des forces

3.1. La résultante des forces

On appelle la résultante des forces, ou somme vectorielle des forces notée $\vec{F}$ ou $\sum \vec{F}$, le vecteur obtenu par la somme vectorielle de toutes les forces appliquées au système étudié.

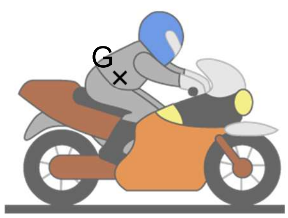
Attention : Là aussi, il s'agit d'une **somme vectorielle**, il ne faut pas additionner les intensités des forces, mais construire le vecteur somme des forces et, si besoin, en mesurer ensuite sa taille. (voir vidéo QRcode)

Application : Tracer les forces puis construire la résultante des forces $\sum \vec{F}$ au centre G du système dans les deux cas suivants

Situation 1 : la moto freine

Valeurs des forces : P = 2000 N ; R_N = 2000 N
Force de freinage F = 1500 N

Échelle : 1cm pour 1000 N



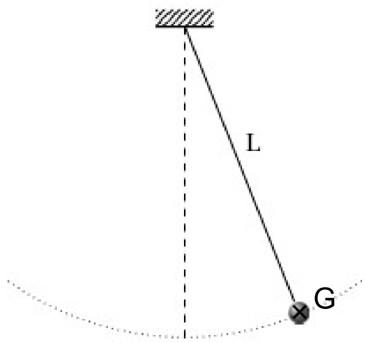
Caractéristiques de $\sum \vec{F}$

-
-
-

Situation 2 : Un pendule oscille

Valeur des forces : P = 2,0 N et T = 2,0 N

Échelle : 1cm pour 1 N



Caractéristiques de $\sum \vec{F}$

-
-
-

3.2. Relation approchée de la $2^{ème}$ loi de Newton

Newton a énoncé plusieurs lois de mécanique. La première, le principe d'inertie, a été étudiée en seconde.
La deuxième loi de Newton fait le lien entre les forces appliquées à un système et son accélération, l'accélération étant la variation de la vitesse du système sur un petit intervalle de temps.

Rappel de la première loi de Newton (ou principe d'inertie)

> *Lorsque les forces appliquées à un système se compensent alors celui-ci est soit immobile, soit en mouvement rectiligne et uniforme.*

Réécrire la première loi de Newton en utilisant les terme "résultante des forces" et de "variation de la vitesse".

Deuxième loi de Newton (qui englobe la première)

On a vu plusieurs exemples (cours ou TP) montrant un lien entre la résultante des forces s'exerçant sur le système et le vecteur variation de la vitesse du système.

Rappeler ces résultats et Indiquer quel est ce lien.

Énoncé (approché) **de la deuxième loi de Newton** (version $1^{ère}$ elle sera améliorée en terminale)

Relation à connaître

Cette relation met en jeu 4 termes, connaissant 3 d'entre eux on peut trouver le $4^{ème}$

Exemples :

Effet de la masse sur le mouvement :

À l'aide de la deuxième loi de Newton, on peut confirmer un résultat très intuitif : la masse du système a un effet sur le mouvement et donc sur la modification du vecteur vitesse.

Rappel de la relation : $\sum \vec{F} = m \times \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$

- Pour obtenir une certaine variation de vitesse $\overrightarrow{\Delta v}$ sur une durée Δt, plus la masse m est élevée, plus la résultante des forces à appliquer $\sum \vec{F}$ doit être importante.

  Exemple : on souhaite démarrer un chariot de supermarché pour lui faire atteindre une vitesse v = 1m.s^{-1} en une durée Δt = 0,50 s

  Si le chariot est très rempli, la force de poussée à exercer est plus ………………………..…. que si le chariot est vide

- Pour une même résultante des forces exercées $\sum \vec{F}$ pendant la même durée Δt, plus la masse m est importante, plus la variation du vecteur vitesse $\Delta \vec{v}$ est faible.

  Ce qui se comprend bien en isolant $\Delta \vec{v} = \frac{\sum \vec{F} \times \Delta t}{m}$

  Exemple : le chariot de supermarché. En le poussant avec la même force pendant le même temps, la vitesse atteinte sera plus ……………………. si le chariot est plus lourd.

  Ainsi, en exerçant la même force, il est plus difficile de modifier le mouvement d'un objet de masse élevée, que ce soit pour modifier sa trajectoire (le faire tourner) ou sa vitesse (difficulté à accélérer ou à freiner). C'est ce qu'on appelle communément "l'inertie" du système.

  Voir la vidéo https://youtu.be/7LKsJYKRGT8

- Cas particulier de la chute libre. Rappel : qu'appelle-t-on une chute libre ?

  Ecrire la 2ème loi de Newton quand le système est en chute libre.

  Que remarque-t-on ?

  En effet, au cours d'une chute libre, la modification de la masse m du système n'entraine aucune modification du mouvement de chute.
  Quelle que soit leur masse, tous les objets en chute libre ont le même mouvement.

  Ce résultat est contre-intuitif car, sur Terre, l'action de l'air n'est pas négligeable et les chutes ne sont pas libres.

  Des vidéos pour s'en convaincre :

  https://youtu.be/vb2GDgTGa3g

  https://youtu.be/2brWh39hExk

  (Attention, la chute est passée au ralenti, elle est bien plus rapide en réalité)

  https://youtu.be/gXChY3LI9o4

  Lorsque l'action de l'air n'est pas négligeable mais qu'elle a la même valeur pour deux corps de masses différentes, on a là aussi des chutes non libres mais identiques.