



Chapitre 13 : Comment relier les forces appliquées à un système et son vecteur vitesse ?

I. Rappels de seconde.

1) Le vecteur force.

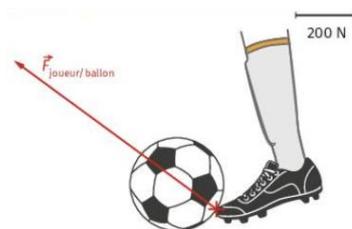
On parle d'action mécanique lorsqu'un objet agit sur un autre objet.

Une interaction exercée **par** un objet 1 (acteur) **sur** un objet 2 (receveur) peut être représenté par une force.

La force est représentée par un vecteur force (direction/sens/norme) et son point d'application.

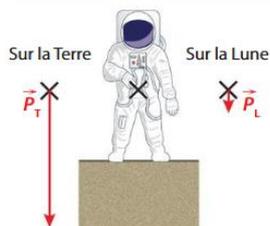
On modélise une telle **action mécanique** par une force $\vec{F}_{A/B}$ représentée par un vecteur qui possède les trois caractéristiques suivantes :

- une **norme** notée $F_{A/B}$. Il s'agit de la **valeur** de la force, qui s'exprime en newton (N) ;
- une **direction** ;
- un **sens**.



Exemple de vecteur force au foot.

En mécanique du point, le système étudié (ici, le corps B) est **modélisé** par un unique point ; c'est le modèle du point matériel.

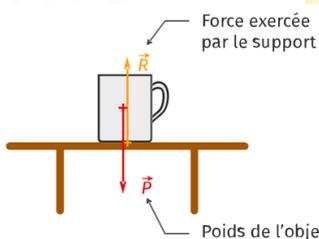


> La masse de l'astronaute est la même sur la Terre et sur la Lune, mais la valeur de son poids est différente puisque $g_T \neq g_L$.

- Le **poids** \vec{P} d'un système de masse m est : $\vec{P} = m\vec{g}$. \vec{g} est le vecteur associé à la pesanteur sur l'astre où se trouve le système ; il est vertical et dirigé vers le bas.
- \vec{P} et \vec{g} ont la même direction (la verticale du lieu) et le même sens (vers le bas). Ils dépendent du lieu où se trouve le système. Leurs valeurs sont liées par :

$$P \text{ en N} \quad \rightarrow \quad P = m \times g \quad \leftarrow \quad g \text{ en N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

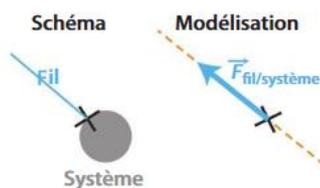
m en kg



Résultante des forces F exercées par un support :

$$R = P$$

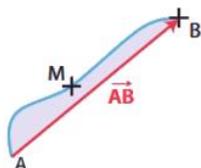
pour un objet immobile, soumis à \vec{R} et \vec{P} uniquement.



a Le fil exerce une action sur le système. Sans cette action, le système chuterait.

2) Vecteur vitesse.

• Lorsqu'au cours de son mouvement, un point M se déplace entre deux positions A et B, on définit le vecteur déplacement comme le vecteur \vec{AB} , quelle que soit la nature de la trajectoire réellement suivie par le point M.



> Déplacement d'un point M de A vers B

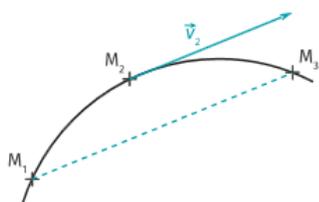
- Un point M peut se déplacer selon différentes directions, dans différents sens et plus ou moins rapidement. Le vecteur vitesse regroupe ces informations.
- Le vecteur vitesse \vec{v} d'un point a pour :
 - direction : la tangente à la trajectoire ;
 - sens : celui du mouvement ;
 - valeur : celle de la vitesse en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Thème 2 : Interactions et mouvements.

Le vecteur vitesse \vec{v}_2 d'un système au point M_2 entre deux dates t_1 et t_3 a pour expression :

$$\vec{v}_2 = \frac{\overrightarrow{M_1M_3}}{t_3 - t_1}$$

Il est parallèle au segment M_1M_3 .



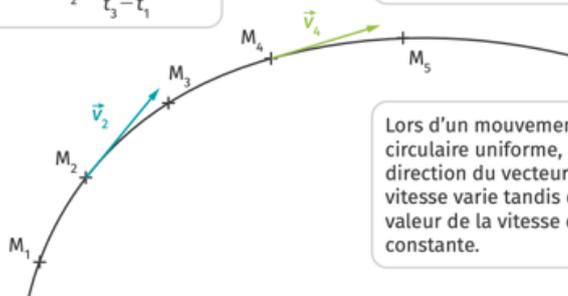
Pour tracer le vecteur vitesse au point M_2 :

1. Mesurer la distance réelle entre les points M_1 et M_3 puis, grâce à une échelle de distance, en déduire la valeur de la vitesse.
2. Choisir une échelle de représentation (exemple : 1 cm sur le schéma correspond à 10 m·s⁻¹ en réalité).
3. Tracer le vecteur \vec{v}_2 , à partir du point M_2 et parallèle au segment M_1M_3 .

Le **vecteur vitesse** au point M_2 permet de décrire la direction, le sens et la valeur de la vitesse à l'instant t_2 .

Expression : $\vec{v}_2 = \frac{\overrightarrow{M_1M_3}}{t_3 - t_1}$

Le système est modélisé par un **point matériel** M. L'ensemble des points successivement occupés par le point matériel forme la **trajectoire**.



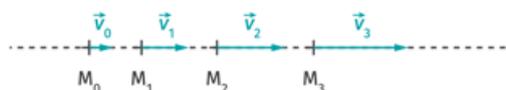
Lors d'un mouvement circulaire uniforme, la direction du vecteur vitesse varie tandis que la valeur de la vitesse est constante.

Cas d'un mouvement rectiligne :

- \vec{v} a une direction constante.

Mouvement rectiligne accéléré :

- la valeur de \vec{v} augmente.



Mouvement rectiligne décéléré :

- la valeur de \vec{v} diminue.



II. Quelle technologie pour étudier un mouvement ?

- Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie d'un système modélisé par un point matériel en mouvement pour construire les vecteurs variation de vitesse.
- Capacité expérimentale : mettre en œuvre un dispositif expérimental permettant de collecter des données sur un mouvement (vidéo, chronophotographie, etc.).

1) Chronophotographie.

La **chronophotographie** est le terme historique qui désigne une technique photographique qui permet de prendre une succession de vues à **intervalle de temps fixé** en vue d'étudier le mouvement de l'objet. Elle permet donc d'observer sur un même cliché la trajectoire de l'objet étudié.

La chronophotographie donne la trajectoire d'un point du solide (système étudié)



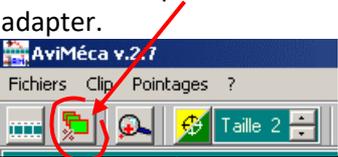
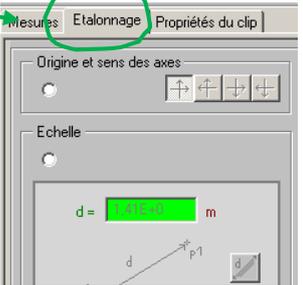
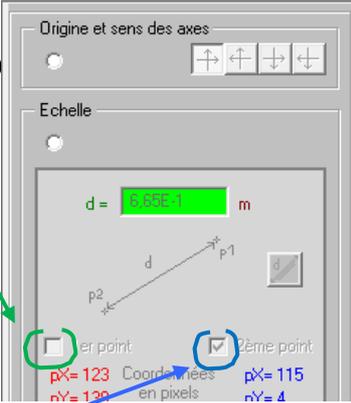
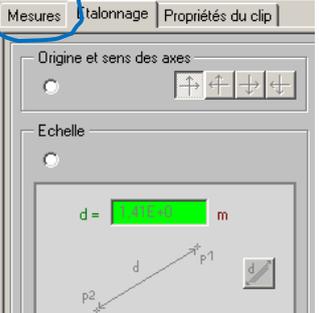
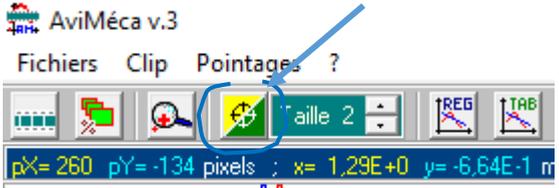
Connaissant le temps entre 2 prises de vue, on peut calculer la vitesse.

Thème 2 : Interactions et mouvements.

2) Vidéo.

On filme un objet sans bouger la camera perpendiculaire au plan du mouvement de l'objet. La camera est centrée afin de n'avoir aucun problème de parallaxe.

On utilise un logiciel de pointage de type Avimeca (gratuit:) ou Latispro.

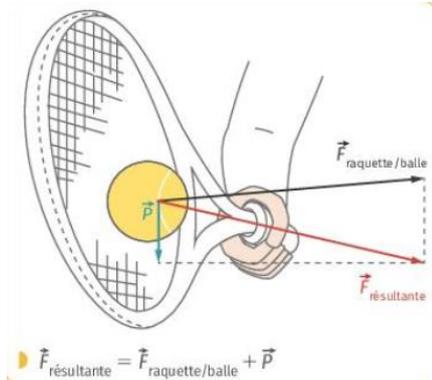
<p>1) Fichier / Ouvrir un clip vidéo : chercher le fichier</p> 	<p>2) Adapter votre vidéo à l'écran en cliquant sur adapter.</p> 	<p>3) Afficher la loupe</p> 										
<p>4) Cliquer sur Etalonnage</p> 	<p>5) Placer un repère adéquat</p> 											
<p>6a) Régler l'échelle : Cliquer sur échelle et entrer la distance connue.</p>												
<p>6b) Cliquer la position du 1^{er} point</p> 	<p>puis cliquer sur le haut du pneu</p> 											
<p>6c) Cliquer 2^{ème} point puis cliquer le bas pneu</p>												
<p>7) Cliquer sur mesure pour revenir au tableau.</p> 	<p>8) Régler la base des temps afin d'avoir un temps nul (t=0s) pour la première image.</p> <table border="1" data-bbox="1074 1485 1353 1675"> <tr><td>0,000</td><td></td></tr> <tr><td>0,040</td><td></td></tr> <tr><td>0,080</td><td></td></tr> <tr><td>0,120</td><td></td></tr> <tr><td>0,160</td><td></td></tr> </table> <p>Origine des dates (t = 0) : image n° 5</p> 		0,000		0,040		0,080		0,120		0,160	
0,000												
0,040												
0,080												
0,120												
0,160												
<p>9) Changer la couleur du pointeur si nécessaire.</p> 	<p>10) Pointer la balle avec précision jusqu'à l'image finale.</p>											

III. Comment relier vecteur vitesse et forces ?

- Tester la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées au système.

1) Somme des forces appliquées.

Lorsque plusieurs forces sont appliquées à un système, on définit le vecteur résultante des forces \vec{F}_r ou $\sum \vec{F}$



En seconde nous avons vu la première loi de Newton :

En l'absence de force, ou si les forces se compensent, le système est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme. C'est la première loi de Newton, appelée aussi principe d'inertie.

Si $\sum \vec{F} = \vec{0}$, alors $\Delta \vec{v} = \vec{0}$.

Ainsi, une force a pour effet de modifier la trajectoire et/ou la valeur de la vitesse d'un objet.

Un ensemble de forces dont la résultante $\sum \vec{F}$ est non nulle est responsable de la variation du vecteur vitesse \vec{v} du système.

Si $\sum \vec{F} \neq \vec{0}$, alors $\Delta \vec{v} \neq \vec{0}$.



Roger Federer, champion de tennis, avril 2008. Lors d'un service, la force exercée par le joueur sur la balle modifie la direction et la valeur de sa vitesse.

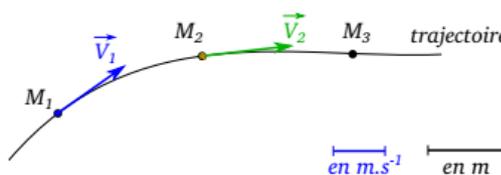
2) Vecteur variation de vitesse.

- Capacité mathématique : Sommer et soustraire des vecteurs.

Le vecteur variation de vitesse est la différence entre deux vecteurs vitesses consécutifs : $\overrightarrow{\Delta V}_i = \vec{V}_i - \vec{V}_{i-1}$

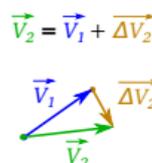
Méthode graphique

1. On trace en deux point consécutifs les vecteurs vitesse \vec{V}_{i-1} et \vec{V}_i

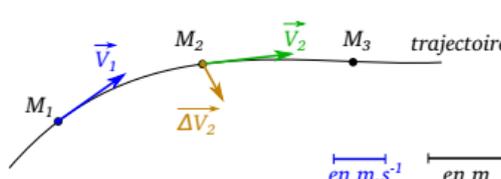


2. on fait la construction géométrique de la somme vectorielle

$$\vec{V}_i = \vec{V}_{i-1} + \overrightarrow{\Delta V}_i$$



3. le vecteur $\overrightarrow{\Delta V}_i$ est tracé sur le schéma, au niveau du point M_i .



Thème 2 : Interactions et mouvements.

3) Lien entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci.

Lorsque la somme des forces n'est pas nulle, on utilise la deuxième loi de Newton.

a) Relation approchée de la deuxième loi de Newton :

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

avec $\Sigma \vec{F}$ en N, Δv en $m \cdot s^{-1}$, Δt en s et m en kg.

Vocabulaire

• **Point matériel** : point modèle contenant la masse du système, situé en son centre de gravité.

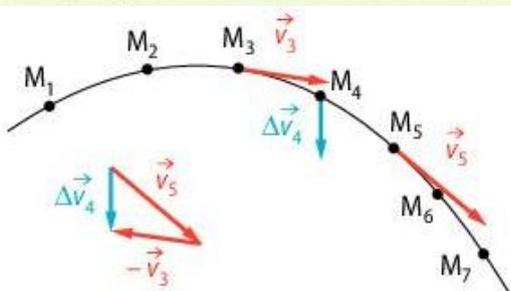
→ $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ s'exprime en $(m \cdot s^{-1}) \cdot s^{-1}$ donc en $m \cdot s^{-2}$.
D'après la relation approchée de la deuxième loi de Newton, la valeur de la force résultante qui s'exprime en N peut aussi s'exprimer en $kg \cdot m \cdot s^{-2}$.
Ces unités sont donc équivalentes. $1 N = 1 kg \cdot m \cdot s^{-2}$.

→ t_2 et t_1 sont des dates tandis que τ est une durée. La durée est définie comme le temps séparant deux dates, par exemple : $\Delta t = t_2 - t_1$.
→ La durée séparant deux positions sur une chronophotographie est souvent notée τ .

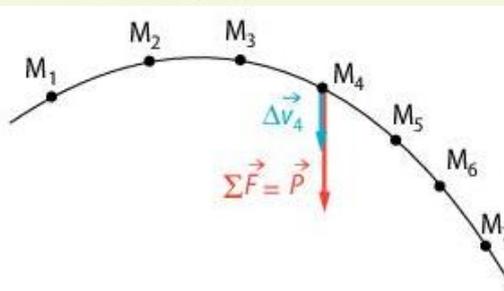
b) Utilisons la variation de vitesse.

– Utiliser la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci pour en déduire une estimation des forces appliquées au système, le comportement cinématique étant connu.

Le vecteur $\Delta \vec{v}$ a même direction et même sens que le vecteur $\Sigma \vec{F}$. Sa valeur est proportionnelle à la valeur de la somme des forces.



Variation du vecteur vitesse au point M_3



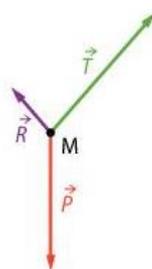
Force modélisant l'action qui s'exerce sur le snowboardeur

c) Utilisation de la somme des vecteurs forces.

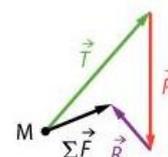
– Utiliser la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci pour en déduire une estimation de la variation de vitesse entre deux instants voisins, les forces appliquées au système étant connues ;



Skieur au départ d'un tire-fesse

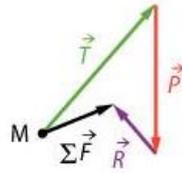
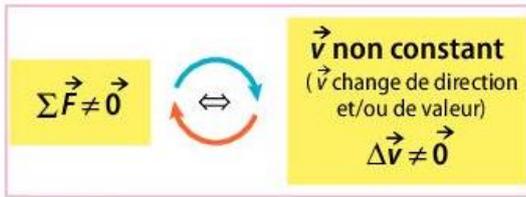


Forces qui modélisent les actions mécaniques qui agissent sur le skieur

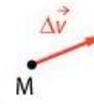


Somme des forces qui modélisent les actions mécaniques qui agissent sur le skieur

Thème 2 : Interactions et mouvements.



Somme des forces qui modélisent les actions mécaniques qui agissent sur le skieur

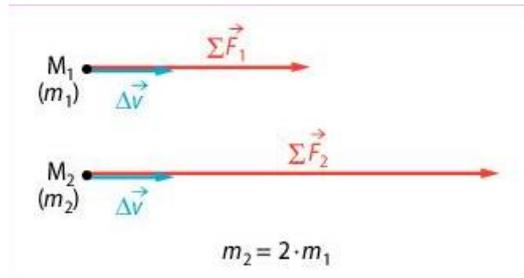


Variation du vecteur vitesse

d) Rôle de la masse.

La force qui modélise l'action requise pour modifier la vitesse d'un système est proportionnelle à la masse de ce système

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



Pour une variation de vitesse égale, l'action doit être plus importante sur l'objet le plus lourd.

Capacité numérique : Utiliser un langage de programmation pour étudier la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci.