

Variation du vecteur vitesse

Cours de sciences physiques - niveau 1re

Une balle lancée vers le haut ralentit, s'arrête un instant puis retombe de plus en plus vite : sa vitesse change à chaque instant, en valeur comme en direction. Pour décrire précisément cette évolution, la physique utilise un outil géométrique : la **variation du vecteur vitesse**. En première spécialité, on apprend à construire le vecteur vitesse, puis sa variation, à partir d'une simple chronophotographie, et à en déduire des informations sur les forces qui agissent sur le mobile.

Ce cours est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

Décrire un mouvement : référentiel, trajectoire, vitesse

Décrire un mouvement n'a de sens que par rapport à un **référentiel**, c'est-à-dire un objet de référence supposé fixe (le sol du laboratoire, par exemple), muni d'un repère d'espace et d'une horloge. Dans ce référentiel, le système étudié (assimilé à un point **M**, souvent son centre d'inertie) décrit une **trajectoire** : l'ensemble des positions successives occupées au cours du temps.

La vitesse moyenne entre deux positions est le quotient de la distance parcourue par la durée du parcours. Mais elle masque les variations : une voiture qui roule 100 km en 1 h a une vitesse moyenne de 100 km/h même si elle s'est arrêtée à un feu. Pour décrire le mouvement à chaque instant, on introduit le **vecteur vitesse**, qui précise non seulement « à quelle allure » mais aussi « dans quelle direction et dans quel sens » le point se déplace.

DÉFINITION

Le **vecteur vitesse** d'un point M à l'instant t est caractérisé par : son **origine** en M ; sa **direction** : la tangente à la trajectoire en M ; son **sens** : celui du mouvement ; sa **valeur** v (en m/s), la vitesse du point à cet instant.

Construire le vecteur vitesse sur une chronophotographie

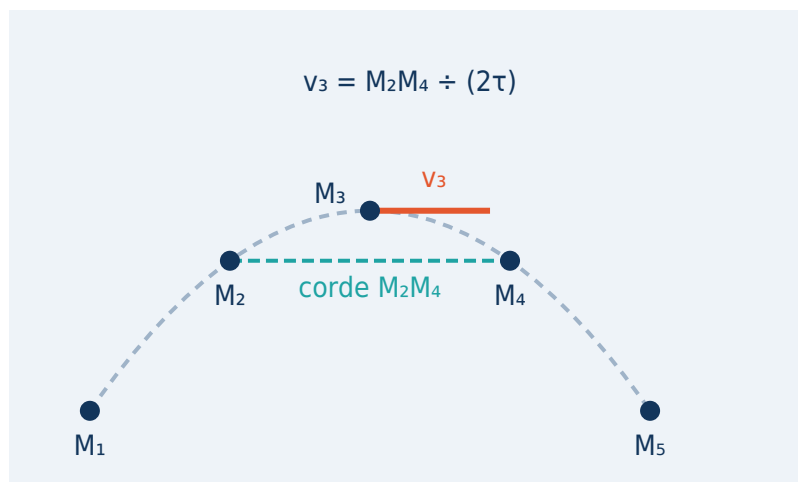
Une chronophotographie (ou un pointage vidéo) donne les positions $M_0, M_1, M_2 \dots$ du point à des instants séparés par une durée constante τ . On ne peut pas mesurer une vitesse « instantanée » exacte, mais on l'approche par la vitesse moyenne sur un intervalle très court centré sur l'instant considéré.

FORMULE À RETENIR

$$v_i = M_{i-1}M_{i+1} \div (2\tau)$$

$M_{i-1}M_{i+1}$: distance réelle entre les positions voisines, en mètres (m) ; τ : durée entre deux positions successives, en secondes (s) ; v_i : valeur de la vitesse en M_i , en m/s.

Le vecteur $\mathbf{v}_i$ est tracé en M_i , parallèle à la corde $M_{i-1}M_{i+1}$ et orienté dans le sens du mouvement. Sa longueur est proportionnelle à v_i selon une échelle choisie, par exemple 1 cm pour 0,20 m/s.



Le vecteur vitesse en M_3 est parallèle à la corde M_2M_4 (en pointillés) et tangent à la trajectoire.

APPLICATION NUMÉRIQUE

Un mobile glisse sur une table, on relève sa position toutes les $\tau = 0,050$ s. Positions mesurées sur la règle, en cm : M_0 à 0 ; M_1 à 1,0 ; M_2 à 3,0 ; M_3 à 6,0 ; M_4 à 10,0 ; M_5 à 15,0. Pour M_2 : $M_1M_3 = 6,0 - 1,0 = 5,0$ cm = 0,050 m, donc $v_2 = 0,050 \div (2 \times 0,050) = \mathbf{0,50 \text{ m/s}}$. De même $v_1 = 0,30$ m/s, $v_3 = 0,70$ m/s et $v_4 = 0,90$ m/s.

Le vecteur variation de vitesse $\Delta \mathbf{v}$

Quand le vecteur vitesse change (de valeur, de direction ou des deux), on mesure ce changement par un nouveau vecteur : la différence entre le vecteur vitesse « après » et le vecteur vitesse « avant ».

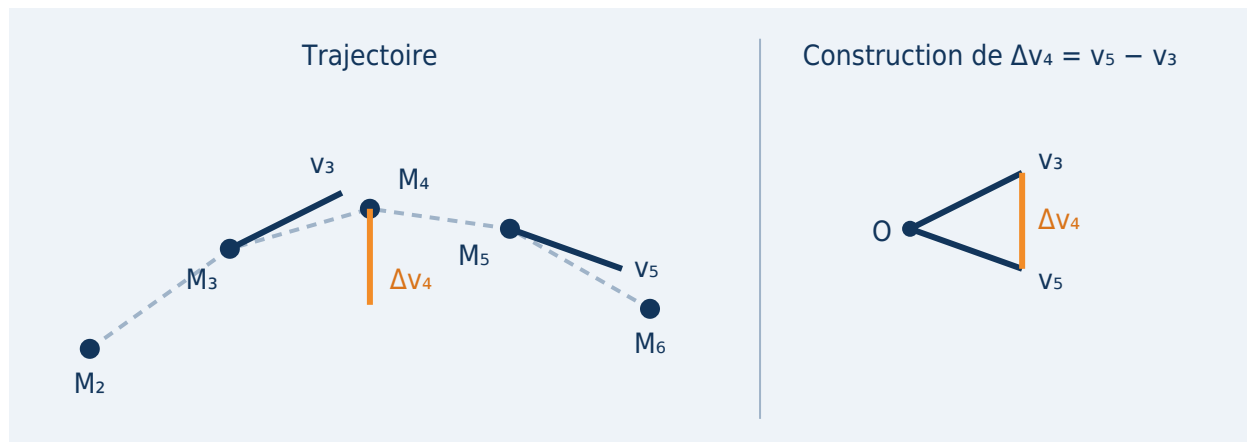
DÉFINITION

Le **vecteur variation de vitesse** au point M_i est $\Delta \mathbf{v}_i = \mathbf{v}_{i+1} - \mathbf{v}_{i-1}$. Il est tracé en M_i . Il s'exprime en m/s, comme la vitesse. Il correspond à une durée 2τ entre les deux instants considérés.

MÉTHODE

Fiche en ligne : sciences-physiques-pdf.fr/variation-du-vecteur-vitesse-cours-sciences-premiere/ · Cours, exercices, TP et contrôles corrigés de sciences physiques sur sciences-physiques-pdf.fr · page 2/5

Pour construire Δv_i : (1) tracer v_{i-1} et v_{i+1} en respectant l'échelle ; (2) les reporter à partir d'une même origine O ; (3) joindre l'extrémité de v_{i-1} à l'extrémité de v_{i+1} : cette flèche est Δv_i ; (4) la tracer en M_i et mesurer sa longueur pour en déduire sa valeur.



Δv_4 est la flèche qui relie l'extrémité de v_3 à l'extrémité de v_5 ; ici elle est dirigée vers le bas, du côté où la trajectoire est creuse.

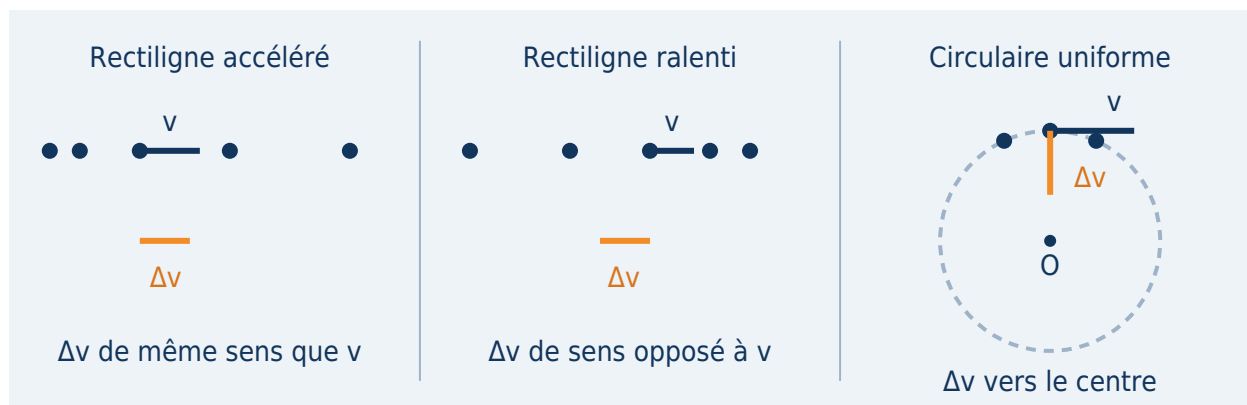
EXEMPLE

Pour le mobile précédent, le mouvement est rectiligne : $\Delta v_2 = v_3 - v_1 = 0,70 - 0,30 = \mathbf{0,40 \text{ m/s}}$, dirigé dans le sens du mouvement. On obtient la même valeur pour $\Delta v_3 = v_4 - v_2 = 0,90 - 0,50 = 0,40 \text{ m/s}$: la variation de vitesse est identique à chaque pas.

Variation du vecteur vitesse et nature du mouvement

L'aspect de Δv renseigne directement sur le mouvement. Trois situations sont à connaître, et le tableau suivant les résume.

Mouvement	Vecteur vitesse	Vecteur Δv
Rectiligne uniforme	Constant (direction, sens et valeur)	Nul : $\Delta v = 0$
Rectiligne accéléré	Même direction, valeur qui augmente	Même direction et même sens que v
Rectiligne ralenti	Même direction, valeur qui diminue	Même direction, sens opposé à v
Circulaire uniforme	Valeur constante, direction qui tourne	Non nul, dirigé vers le centre du cercle



Selon le mouvement, Δv (en orange) a le même sens que v , le sens opposé, ou pointe vers le centre de la trajectoire.

Lien avec les forces : ce que dit Δv

Le vecteur Δv ne se contente pas de décrire : il renseigne sur la cause du changement de mouvement. Le **principe d'inertie** affirme que, dans un référentiel galiléen, un système soumis à des forces qui se compensent est soit au repos, soit en mouvement rectiligne uniforme. Autrement dit, $\Delta v = 0$ lorsque la somme des forces est nulle. Réciproquement, si Δv n'est pas nul, les forces ne se compensent pas.

PROPRIÉTÉ

Dans un référentiel galiléen, le vecteur Δv_i a **la même direction et le même sens que la somme des forces ΣF** qui s'exercent sur le système en M_i . $\Delta v = 0 \Leftrightarrow \Sigma F = 0$ (pour un système de masse constante).

Cette propriété est qualitative : la direction et le sens de Δv donnent ceux de la force résultante, mais pas sa valeur. Pour relier les valeurs, il faudra introduire la masse (deuxième loi de Newton, chapitre suivant). Quand on connaît la durée 2τ , le quotient $\Delta v_i \div (2\tau)$ mesure la rapidité du changement de vitesse : il s'exprime en m/s^2 .

APPLICATION NUMÉRIQUE

Un mobile décrit un cercle de rayon $R = 0,50 \text{ m}$ à la vitesse constante $v = 1,0 \text{ m/s}$, avec $\tau = 0,10 \text{ s}$. Entre deux positions successives, il tourne de $v\tau \div R = 0,20 \text{ rad}$. Les vecteurs v_{i-1} et v_{i+1} , de même valeur $1,0 \text{ m/s}$, forment donc un angle de $0,40 \text{ rad}$. Le triangle isocèle donne $\Delta v = 2 \times 1,0 \times \sin(0,20) \approx \mathbf{0,40 \text{ m/s}}$, dirigé vers le centre du cercle. Alors $\Delta v \div (2\tau) = 0,40 \div 0,20 \approx \mathbf{2,0 \text{ m/s}^2}$, valeur égale à $v^2 \div R = 1,0 \div 0,50 = 2,0 \text{ m/s}^2$. Une force dirigée vers le centre est donc nécessaire pour maintenir le mouvement circulaire, même à vitesse constante.

ERREUR FRÉQUENTE

Une vitesse de valeur constante ne signifie pas $\Delta v = 0$: dans un virage pris à 50 km/h constants, le vecteur vitesse change de direction, donc $\Delta v \neq 0$ et une force résultante

s'exerce. Autre erreur : tracer Δv le long de la trajectoire au lieu de le construire par la différence de deux vecteurs vitesse.

L'essentiel à retenir

- Le vecteur vitesse en M_i est tangent à la trajectoire, dans le sens du mouvement ; sa valeur est $v_i = M_{i-1}M_{i+1} \div (2\tau)$.
- Le vecteur variation de vitesse est $\Delta v_i = v_{i+1} - v_{i-1}$, tracé en M_i ; on le construit par différence de deux vecteurs placés à la même origine.
- Mouvement rectiligne uniforme : $\Delta v = 0$; accéléré : Δv de même sens que v ; ralenti : Δv de sens opposé à v .
- Mouvement circulaire uniforme : Δv n'est pas nul, il est dirigé vers le centre du cercle.
- Δv a la direction et le sens de la somme des forces ΣF ; $\Delta v = 0$ si les forces se compensent.
- Le quotient $\Delta v \div (2\tau)$ s'exprime en m/s^2 et prépare la deuxième loi de Newton.