Chapitre 10 : Mouvements d'un système

Extrait Programme 1spé

Vecteur variation de vitesse.
 	
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.
 	
Rôle de la masse.
	- 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 ;
	  - pour en déduire une estimation des forces appliquées au système, le comportement cinématique étant connu.
	- *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.*
	- *Tester la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées au système.*
	- 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.

À faire à la maison : LIRE LES RÉVISIONS de 2^{nde} p 240
Exercices en autonomie : n°3, 4, 5 et 8 p 241

I- Décrire un mouvement

1- *Le référentiel d'étude*

Afin de décrire un mouvement, il faut définir le système étudié ainsi que le référentiel d'étude. Le référentiel est un objet par rapport auquel on repère les positions successives du système étudié (on peut dire que c'est le point de vue selon lequel on se place).
On attribue au référentiel un repère d'espace et de temps :

- Pour le repère d'espace, on choisit un point d'origine O lié au référentiel ainsi que des vecteurs unitaires $\vec{\imath}$, $\vec{\jmath}$ (et éventuellement $\vec{k}$ si on travaille en 3 dimensions).

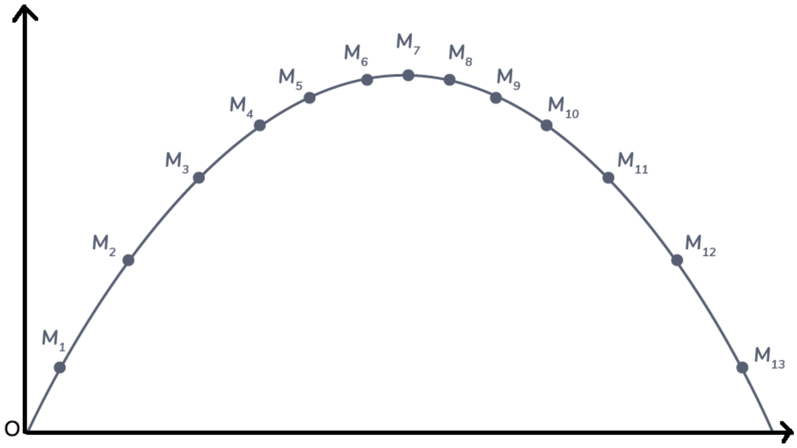
- Pour le repère de temps, on choisit une origine des dates t_0 au début de l'expérimentation et une unité de mesure du temps (seconde, minute, heure, etc.)

Un même mouvement peut être décrit de façon complètement différente suivant le référentiel que l'on choisit : un élève assis sur sa chaise en classe est immobile dans le référentiel terrestre, mais en mouvement dans le référentiel héliocentrique.

2- *Rappel : le vecteur vitesse instantanée*

Rappels sur les vecteurs : Voir manuel p 434 Fiche méthode sur les vecteurs

Pour simplifier la description du mouvement d'un système, on étudie le mouvement de l'un de ses points.
Soit un point M, dans un repère (O, $\vec{\imath}$, $\vec{\jmath}$) qui décrit une trajectoire curviligne.
Chaque point M_i correspond à la position du point M au temps t_i. La durée entre deux instants voisins est $\Delta t = t_{i+1} - t_i$ (= 0,1 s dans cet exemple.)



Le vecteur vitesse instantanée au point M_i a pour expression approchée : $\vec{v_i} \approx \frac{\overrightarrow{M_iM_{i+1}}}{\Delta t}$.
- Direction : tangent à la trajectoire
- Sens : celui du mouvement
- Origine : le point M_i
- Valeur : $v_i \approx \frac{M_iM_{i+1}}{\Delta t}$

Remarque : Le vecteur vitesse tel que donné ci-dessus ne correspond pas à la définition du vecteur vitesse instantanée (qui sera vue en classe de Terminale).
D'autres méthodes approchées peuvent être utilisées pour calculer le vecteur vitesse, comme la méthode centrée. Dans ce cas-là, $\vec{v_i} \approx \frac{\overrightarrow{M_{i-1}M_{i+1}}}{2\,\Delta t}$
Cette méthode donne de meilleurs résultats expérimentalement lorsque l'on souhaite tracer les vecteurs vitesse dans certaines situations.

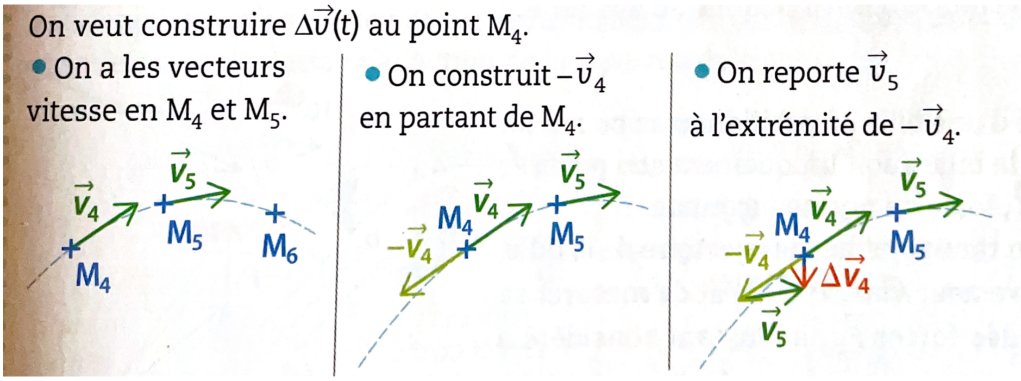
POINT MÉTHODE : Comment tracer le vecteur vitesse au point M_i ?
- Mesurer la distance M_iM_{i+1} en m (**Attention à l'échelle éventuelle)**
- Déterminer Δt en s
- Calculer la norme de v_i par la formule
- Dessiner $\vec{v_i}$ tangent à la trajectoire au point M_i avec une échelle des vitesses (ex : 1 cm → 0,05 $m.s^{-1}$)

Exemple : Sur le schéma ci-dessus, tracer les vecteur vitesse $\overrightarrow{v_2}$, $\overrightarrow{v_3}$ et $\overrightarrow{v_4}$.
Lorsque la vitesse du point M augmente au cours du mouvement, on dit que celui-ci est accéléré.
Lorsque la vitesse du point M diminue au cours du mouvement, on dit que celui-ci est ralenti.
Lorsque la vitesse du point M est constante au cours du mouvement, on dit que celui-ci est uniforme.

3- *Le vecteur variation de vitesse*

Pour étudier de façon plus quantitative l'évolution de la vitesse d'un système, on utilise le vecteur variation de vitesse $\Delta\overrightarrow{v_i}$ défini par : $\Delta\overrightarrow{v_i} = \overrightarrow{v_{i+1}} - \overrightarrow{v_i}$
L'origine de $\Delta\overrightarrow{v_i}$ se trouve au point M_i.
Attention ! Le vecteur Δv_i n'a pas pour valeur $v_{i+1} - v_i$: on fait la différence de deux vecteurs, pas de leur norme !

POINT MÉTHODE : Comment tracer le vecteur variation de vitesse au point M_i ?
- Construire les vecteurs vitesses $\vec{v}_{i+1}$et $\vec{v}_i$
- Construire le vecteur – $\vec{v}_i$ **en M_i**
- Reporter $\vec{v}_{i+1}$ à l'extrémité de – $\vec{v}_i$
- Construire le vecteur $\Delta\vec{v}_i$ au point M_i par la méthode des parallélogrammes.



Exemple : sur le schéma du paragraphe ci-dessus, construire les vecteurs $\Delta\overrightarrow{v_2}$ et $\Delta\overrightarrow{v_3}$.

Applications : n°30 et 31 p 254 (vrai ou faux)
Applications en autonomie : n°19 p 250 (corrigé détaillé manuel), n°37 et 38 p 255 (la correction de ces deux derniers exercices est sur le site).

II- Le vecteur somme des forces

Lorsqu'un système est soumis à plusieurs forces, on peut considérer que cela correspond à une situation où il est soumis à une force unique, somme de toutes les forces appliquées.

Un système peut être soumis à plusieurs forces. On définit alors le vecteur somme des forces comme étant :

$$\Sigma\vec{F} = \vec{F}_{tot} = \overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2} + \overrightarrow{F_3} + \cdots$$

Remarques :

- Ce vecteur est obtenu en additionnant vectoriellement toutes les forces appliquées au système.
- Lorsque le système est soumis à des forces dont la somme est nulle, on dit que les forces se compensent.

III- La relation approchée de la 2ème loi de Newton

Newton a exposé trois lois, qui sont le fondement de la mécanique.
Deux de ces lois ont déjà été vues en 2nde : c'est le principe d'inertie (1ère loi de Newton) et le principe des actions réciproques (3ème loi de Newton).

La deuxième loi de Newton est vue de façon approchée en classe de 1ère, puis de façon exacte en classe de Terminale.

La relation approchée de la 2ème loi de Newton (ou Principe Fondamental de la Dynamique) instaure un lien entre la somme des forces exercée sur un système $\vec{F}_{tot}$ (en N) et la variation de son vecteur vitesse $\Delta\vec{v}$

$$\Sigma\vec{F} = \vec{F}_{tot} = m \times \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

Avec m la masse du système étudié (en kg) et Δt la durée entre deux instants voisins (en s)

La variation du vecteur vitesse $\Delta\vec{v}$ a même sens et même direction que le vecteur somme des forces $\vec{F}_{tot}$.

Remarque : L'unité d'une force est le Newton. Grâce à la relation approchée de la deuxième loi de Newton, et par analyse dimensionnelle, on peut retrouver l'unité de la force dans le système international.

D'après la deuxième loi de Newton, on a :

$$[F] = \left[m \times \frac{\Delta v}{\Delta t}\right] = [m] \times \frac{[\Delta v]}{[\Delta t]} = M \times \frac{L/T}{T} = M \times \frac{L}{T^2}$$

Ainsi, la dimension d'une force est égale à une masse × une longueur / temps^2
Soit 1 N = 1 kg.m.s^{-2}.

1- *Un cas particulier : le principe d'inertie*

Lorsqu'un système est soumis à des forces qui se compensent, alors $\vec{F}_{tot} = \vec{0}$.
D'après la 2ème loi de Newton, alors $m \times \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \vec{0}$, soit $\Delta\vec{v} = \vec{0}$.
Il n'y a pas de vecteur variation de vitesse : le vecteur vitesse est constant (en direction, sens et norme). Cela correspond à deux situations : le système est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme.

Remarque : La même démonstration fonctionne bien entendu de façon réciproque.

Application en autonomie : n°24 p 253

2- *Utiliser la loi pour trouver les forces*

Voir TP : Vecteurs vitesses et forces appliquées

Lorsque le mouvement d'un système est connu, on peut :

1) Calculer le vecteur variation de vitesse (ou le construire)
2) Appliquer la 2ème loi de Newton
3) En déduire le vecteur somme des forces

3- *Utiliser la loi pour pour estimer la variation de vitesse*

Lorsque les forces exercées sur un système sont connues, on peut :

1) Calculer le vecteur somme des forces (ou le construire)
2) Appliquer la 2ème loi de Newton
3) En déduire le vecteur variation de vitesse par la relation $\Delta\vec{v} = \frac{\Delta t}{m} \times \vec{F}_{tot}$

L'intérêt est de simuler l'évolution du mouvement du système lorsque les observations expérimentales ne peuvent être menées en temps réel par exemple.

Applications : n°25 p 253, n°27 p 253, n°32 p 254, n°36 p 253, n°44 p 256
Applications en autonomie : n°21 p 251 (corrigé détaillé manuel), n°22 p 252

4- *L'influence de la masse*

Pour une même force totale appliquée, la variation du vecteur vitesse est d'autant plus grande que la masse du système est petite.

Exemple : dans une balançoire, avec une même force de poussée, l'effet est plus grand si la masse de la personne sur la balançoire est plus petite.

Applications : n°29 p 253, n°33 p 253 (à l'oral)
Résolution de problème (en autonomie) : n°49 p 258 (voir vidéo de correction sur le site)

Application interactive : QCM de cours http://hatier-clic.fr/pc1249