

Comment l'homme explique-t-il et relie-t-il les variations temporelles des grandeurs relatives à un système mécanique ?

I Eléments de cinématique

1) Introduction

(Re)lire « L'évolution des idées en physique » d'Einstein et Infeld p 5 à p 38

a) Le « mouvement » et son étude (ses causes notamment) font appel à deux notions bien distinctes, lesquelles ?

b) p 15 : quelle critique pouvez-vous faire du vocabulaire employé dans la phrase « Dans un cas, la force agit... Direction opposée » ?

c) Pourquoi un vecteur vitesse à une date t, pour un mobile donné, renferme tous les renseignements sur son mouvement à cette date ?

d) p 23 et suivante : quelles sont les caractéristiques d'un vecteur vitesse relativement à la trajectoire d'un mobile à une date t (propriété que vous avez déjà vue en SI l'année dernière) ?

e) p 21 et p 25 : comment qualifier scientifiquement les vecteurs en pointillés des dessins de ces pages ? Comment les construire ?

f) En divisant ces vecteurs en pointillés par un scalaire égal à Δt , durée mise pour « passer » d'un vecteur vitesse n°1 à un vecteur vitesse n°2, on obtient un nouveau vecteur colinéaire à celui en pointillé (puisque'on l'a multiplié par un scalaire). Quel nom pourrait-on donner à ce nouveau vecteur ?

g) En p 27 on parle de calcul infinitésimal. Vers quoi tend le vecteur de la question précédente quand l'intervalle de temps Δt devient « infinitésimal » (tend vers 0) ? Comment est appelé ce nouveau vecteur ?

2) Position d'un objet, trajectoire

a) Référentiel

Le mouvement d'un objet est déterminé par les différentes positions de cet objet à différentes dates (à une date donnée correspond une position).

Pour étudier le mouvement de l'objet, il faut choisir un solide de référence par rapport auquel on va étudier ce mouvement ainsi qu'une date de départ. On munit alors l'espace d'un repère d'espace (une origine, 3 axes gradués en m dans le SI) dans lequel l'objet de référence est fixe et qui permet d'obtenir les positions de l'objet étudié à un moment donné (par 3 coordonnées spatiales). On munit le temps d'un repère de temps (une origine des dates, c'ad un temps $t=0s$ et un axe temporel gradué en s dans le SI).

Choisir un repère d'espace et un repère de temps consiste à choisir un

Doc 1, doc A

b) Position d'un objet

La position d'un objet à une date est la donnée des trois coordonnées de l'espace du point position M (x, y, z) de cet objet à cette date.

Doc 1 : en prenant $t = 0 s$ en M_1 , quelle est la position de M à 600 ms ? (attention à l'échelle : 1,0 cm sur le dessin correspond à 1,4 cm dans la réalité)

Doc A

Les fonctions x(t), y(t) et z(t) sont les équations horaires du mouvement de l'objet.

La donnée des positions de l'objet équivaut à la donnée des coordonnées du vecteur position \overrightarrow{OM} de cet objet.

M a pour coordonnées (x(t), y(t), z(t)) donc \overrightarrow{OM}

Doc 1 : représenter en bleu les vecteurs \overrightarrow{OM}_{13} et \overrightarrow{OM}_{15}

Les coordonnées du vecteur position s'expriment en

c) Trajectoire

La trajectoire d'un objet est l'ensemble des positions prises par cet objet au cours du temps.

Doc 1

Doc A

3) Vecteur vitesse

a) Approche géométrique

Le vecteur position \overrightarrow{OM} varie au cours du temps.

Autour du point M_{14} , du point M_{13} au point M_{15} , le vecteur position a varié d'une quantité :

C'est la variation du vecteur position au point M_{14} . On représente ce vecteur avec son origine en M_{14} (doc 1)

$\overrightarrow{OM_{13}}$ et $\overrightarrow{OM_{15}}$ ont des coordonnées en m. Donc également. La norme de ce vecteur vaut :

En divisant _____ par _____ où _____ correspond à la durée mise par le vecteur position \overrightarrow{OM} pour varier de $\overrightarrow{OM_{13}}$ à $\overrightarrow{OM_{15}}$ on obtient un nouveau vecteur correspondant à la variation du vecteur position par unité de temps, dont les coordonnées s'expriment par

et ont pour unité $m.s^{-1}$.

Doc 1 : dessiner en vert _____ au point 14. Il faut d'abord calculer sa valeur :

Puis choisir une unité : $1cm = 7,5.10^{-2} m.s^{-1}$.

Ce nouveau vecteur est une approche du vecteur vitesse au point 14 noté \vec{v}_{14} .

Autre méthode plus rapide et à retenir afin d'obtenir le vecteur vitesse au point M_i : il faut remarquer que, d'après la relation de

Chasles, $\overrightarrow{OM_{20}} - \overrightarrow{OM_{18}} = \overrightarrow{M_{18}M_{20}}$

Doc 1 : calculer les vitesses instantanées aux points M_{19} et M_{21}

M_i	M_{19}	M_{21}
$M_{i-1}M_{i+1}$ (m)		
$v_i =$ (m.s ⁻¹)		

Dessiner en vert les vecteurs vitesses correspondants \vec{v}_{19} et \vec{v}_{21} en utilisant la même unité en utilisant le fait que

b) Définition

Le vecteur _____ a été obtenu précédemment en prenant deux points très proches de M_{14} . Pour avoir la meilleure précision possible, il faudrait que ces deux points soient encore plus proches de M_{14} , c'est-à-dire que les positions M_{13} , M_{14} et M_{15} aient été enregistrées avec un écart de temps encore plus faible entre elles. On obtient, quand cet écart de temps tend vers 0, le vecteur vitesse en M_{14} :

Le vecteur vitesse au point M correspond à la variation instantanée du vecteur position par unité de temps et est défini par

Pour le point M_{14} ,

On note

_____ est un vecteur.

On montre que dans un repère fixe du temps, si \overrightarrow{OM} a pour coordonnées

Doc A : calculer les coordonnées du vecteur vitesse en fonction du temps. Calculer ses coordonnées aux différentes dates et faire figurer ce vecteur sur la figure de la trajectoire en vert en utilisant une unité adaptée.

c) Propriétés et définitions

(voir Doc A et doc 1)

La vitesse du solide à la date t correspond à

- Ainsi, vecteur vitesse :
- sa norme.....
 - sa direction est à la trajectoire au point considéré.
 - son sens correspond

4) Vecteur quantité de mouvement

(voir aussi introduction en TP)

On définit pour un point matériel de masse m et de vecteur vitesse \vec{v} un vecteur « quantité de mouvement » noté \vec{p} et égal à

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

Le vecteur quantité de mouvement d'un système est égal à la somme des vecteurs quantité de mouvement des points matériels qui le constituent.

En particulier, on montre que le vecteur quantité de mouvement d'un solide (constitué d'une multitude de points matériels) de masse m_{solide} et de centre d'inertie G est égal à

$$\vec{p}_{\text{solide}} = m_{\text{solide}} \cdot \vec{v}_G$$

De la même façon, si un système est formé par exemple de deux solides 1 et 2, alors le vecteur quantité de mouvement du système total est la somme des vecteurs quantité de mouvement des deux solides :

$$\vec{p}_{\text{systeme}} = \vec{p}_{\text{solide1}} + \vec{p}_{\text{solide2}} = m_1 \cdot \vec{v}_{G1} + m_2 \cdot \vec{v}_{G2}$$

Les coordonnées des vecteurs quantité de mouvement s'expriment en dans le SI.

5) Vecteur accélération

a) Approche géométrique

Le vecteur vitesse \vec{v} varie au cours du temps.

Autour du point M_{20} , du point M_{19} au point M_{21} , le vecteur vitesse a varié d'une quantité :

C'est la variation du vecteur vitesse au point M_{20} . On représente ce vecteur avec son origine en M_{20} (doc 1)

\vec{v}_{19} et \vec{v}_{21} ont des coordonnées en $m \cdot s^{-1}$. Donc les coordonnées de s'expriment également en $m \cdot s^{-1}$. La norme de ce vecteur vaut :

En divisant par où correspond à la durée mise par le vecteur vitesse \vec{v} pour varier de \vec{v}_{19} à \vec{v}_{21} , on obtient un nouveau vecteur correspondant à la variation du vecteur vitesse par unité de temps, dont les coordonnées s'expriment par

et ont pour unité

Doc 1 : dessiner en rouge au point 20. Il faut d'abord calculer sa valeur :

Puis choisir une unité : $1 \text{ cm} = 0,20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Ce nouveau vecteur est une approche du vecteur accélération au point 20.

b) Définition

Le vecteur a été obtenu précédemment en prenant deux points très proches de M_{20} . Pour avoir la meilleure précision possible, il faudrait que ces deux points soient encore plus proches de M_{20} , c'est-à-dire que les positions M_{19} , M_{20} et M_{21} aient été enregistrées avec un écart de temps encore plus faible. On obtient alors deux vecteurs vitesse \vec{v}_{19} et \vec{v}_{21} puis le vecteur accélération \vec{a}_{20} en M_{20} :

Le vecteur accélération au point M correspond à la variation instantanée du vecteur vitesse par unité de temps et est défini par

Pour le point M_{20} ,

On note

..... est un vecteur.

On montre que dans un repère fixe du temps, si \vec{OM} a pour coordonnées

Doc A : calculer les coordonnées du vecteur accélération en fonction du temps. Calculer ses coordonnées aux différentes dates et faire figurer ce vecteur sur la figure de la trajectoire en rouge en utilisant une unité adaptée.

6) Différents mouvements

a) Mouvement instantané du mobile en

Le mouvement en un point est caractérisé par :

-
-
-

Le mouvement en un point de la trajectoire du mobile est donc entièrement caractérisé par la donnée du vecteur vitesse car :

La direction de la tangente à la trajectoire est

Le sens de parcourt est

La valeur de la vitesse correspond à

b) Définitions et propriétés

Un mouvement est dit plan si

Un mouvement est dit rectiligne si

Un mouvement est dit uniforme si

Un mouvement est dit accéléré si

Un mouvement est dit décéléré si

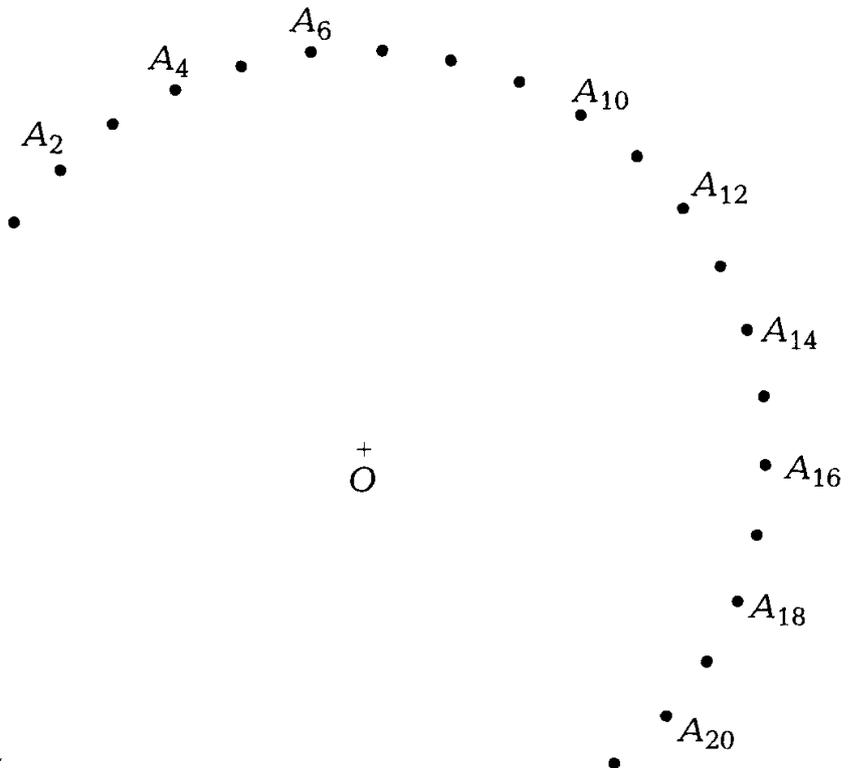
Un mouvement qui est rectiligne est dit, de plus, uniformément varié si

Exemples de mouvements

Document 2 à l'échelle 1 ($\tau = 40$ ms)



Document 3 à l'échelle 1 ($\tau = 20$ ms)



a) Qualifier les mouvements correspondant aux documents 2 et 3 précédents.

b) Dessiner les vecteurs vitesse aux points A_6 et A_8 pour les documents 2 et 3 en utilisant une échelle adaptée pour les vecteurs vitesse. Puis construire et faire figurer les vecteurs accélération au point A_7 sur les deux documents avec une échelle adaptée.

c) Que dire du vecteur accélération d'un mobile ayant un mouvement circulaire et uniforme ?