

CH 7 : MOUVEMENT D'UN SYSTÈME

(Chapitre 12 du livre p 213)

(THÈME 2 : MOUVEMENT ET INTERACTIONS)

I - RELATIVITE DU MOUVEMENT

1 – Système

Le corps dont on étudie le mouvement est appelé système.

2 – Référentiel

Le mouvement d'un système est toujours décrit par rapport à un référentiel.

Un référentiel est un corps de référence associé à un système d'axes perpendiculaires entre eux (repère d'espace) et à une horloge (permettant un repérage des dates).

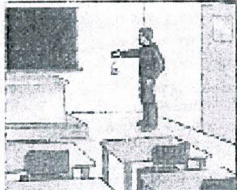
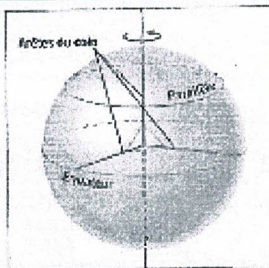
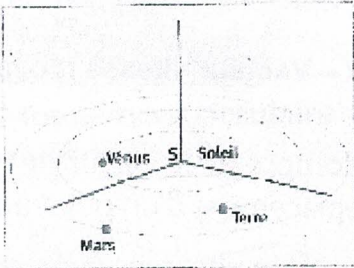
L'association du repère et de l'horloge constitue le référentiel.

On ne peut donc pas décrire un mouvement sans définir un corps de référence ou **référentiel**.

3 – Choix du référentiel

Tout corps peut être choisi comme référentiel. Mais certains référentiels sont plus adaptés que d'autres à l'étude de certains mouvements dans l'Univers.

- Le référentiel terrestre : c'est le référentiel constitué par la Terre. On le choisit en général pour étudier des mouvements à la surface de la Terre.
- Le référentiel géocentrique : constitué par le centre de la Terre (la Terre privée de son mouvement de rotation sur elle-même) et de trois axes orthogonaux (dirigés vers 3 étoiles lointaines). Utile pour le mouvement de la Lune ou des satellites artificiels de la Terre.
- Le référentiel héliocentrique : possède comme corps de référence le Soleil. Il permet l'étude du mouvement de tous les objets du système solaire (planètes, comètes, sondes spatiales...).

Le référentiel terrestre	Le référentiel géocentrique	Le référentiel héliocentrique
Il est constitué par la Terre ou tout corps fixe par rapport à la terre.  Le mouvement de la balle par rapport à la table est décrit par rapport à un repère de référence qui est par défaut du référentiel terrestre.	 Le solide de référence attaché au référentiel géocentrique est matérialisé par les trois arêtes en rouge. L'une des arêtes est confondue avec l'axe polaire.	 Le solide de référence attaché au référentiel héliocentrique est matérialisé par les trois arêtes en rouge.

Pour étudier le mouvement d'un corps, appelé système, il faut toujours préciser le référentiel choisi.

4 – La trajectoire

Dans un référentiel donné, la trajectoire d'un corps (système) mobile est l'ensemble des positions successivement occupées par ce corps lors de son mouvement. Elle dépend du référentiel choisi. C'est la relativité du mouvement.

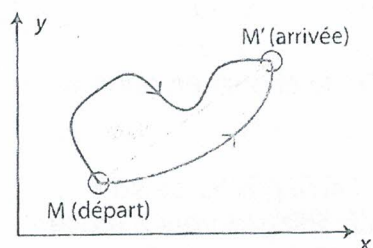
- Si la trajectoire d'un corps en mouvement est une droite, le mouvement est dit **rectiligne**.
- Si la trajectoire est un cercle, le mouvement est **circulaire**.
- Si la trajectoire est une parabole, le mouvement est **parabolique**.
- Si la trajectoire est une courbe complexe, le mouvement est **curviligne**.

La trajectoire dépend du référentiel choisi.

II – VITESSE, VECTEUR VITESSE ET VECTEUR VARIATION DE VITESSE

1 – Vecteur déplacement

Vecteur déplacement
du système



Que le système suive la trajectoire 1 ou la trajectoire 2 entre M et M', le vecteur déplacement entre ces deux points est toujours $\overrightarrow{MM'}$.

Lorsqu'un système se déplace entre deux positions notées M et M', on peut définir un vecteur déplacement que l'on note $\overrightarrow{MM'}$.

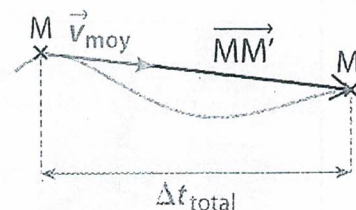
Ce vecteur a pour :

- direction : la droite (MM') ;
- sens : celui du mouvement (de M vers M') ;
- valeur : la distance séparant les points M et M'.

Le vecteur déplacement définit le plus court chemin d'un point à un autre. Cependant, ce chemin n'est pas toujours celui suivi par le système (schéma).

2 – Vecteur vitesse moyenne

Pour rendre compte de la valeur de la vitesse, de la direction et du sens de déplacement d'un point au cours de son mouvement, on définit le vecteur vitesse moyenne $\vec{v}_{\text{moy}}$ tel que $\vec{v}_{\text{moy}} = \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t_{\text{totale}}}$ avec $\overrightarrow{MM'}$ le vecteur déplacement sur l'ensemble du parcours et Δt_{totale} la durée totale du parcours (doc. 1).



Doc 1 Le vecteur vitesse moyenne $\vec{v}_{\text{moy}}$ est défini pour l'ensemble du parcours pendant sa durée totale.

3 – Valeur de la vitesse moyenne (ou vitesse moyenne)

Dans un référentiel donné, on appelle valeur de la vitesse moyenne (ou vitesse moyenne) d'un système en mouvement, le rapport : $v = d/\Delta t$

Où : d est la distance parcourue en m

Δt la durée du parcours en s

v est mesurée en m.s^{-1}

(dans la vie de tous les jours on utilise aussi le km.h^{-1})

La valeur de la vitesse dépend du référentiel choisi.

Ex : Un spationaute immobile dans la station spatiale internationale (ISS) :

Il est immobile par rapport à la station, sa vitesse est donc nulle dans le référentiel de la station. Dans le référentiel géocentrique, il tourne autour de la Terre à plusieurs centaines de m.s^{-1} .

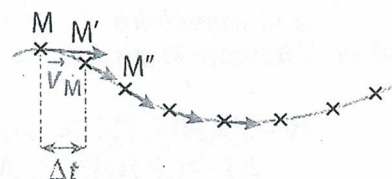
4 – Vecteur vitesse en un point

Entre deux positions successives, notées M et M' , à des instants voisins séparés de Δt , on définit le vecteur vitesse $\vec{v}_M$ du point M

tel que $\vec{v}_M = \frac{\overrightarrow{MM'}}{t' - t} = \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t}$.

Les caractéristiques du vecteur vitesse du point M sont (doc. 2) :

- sa direction : celle du segment $[MM']$;
- son sens : celui du mouvement ;
- sa norme proportionnelle, selon l'échelle choisie, à la valeur de la vitesse : $v = \frac{MM'}{\Delta t}$ (en m.s^{-1}).



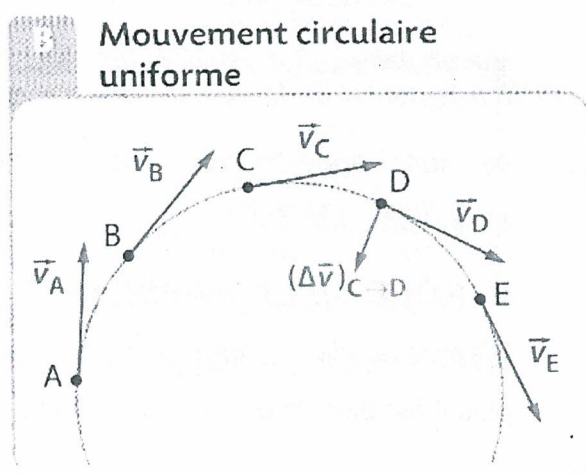
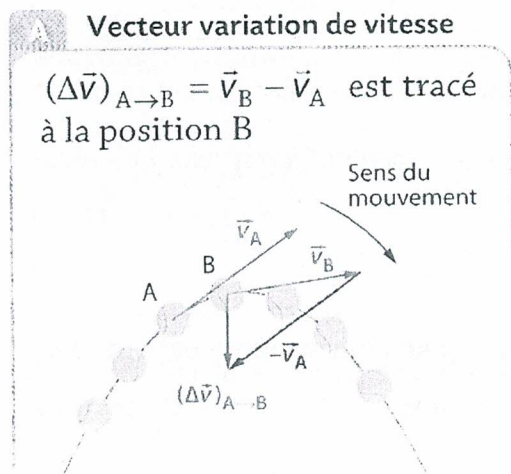
Doc. 2 Le vecteur vitesse $\vec{v}_M$ correspond au rapport du vecteur déplacement $\overrightarrow{MM'}$ de M à la position suivante M' par la durée entre ces deux positions.

5 – Vecteur variation de vitesse en un point

Lors d'un mouvement, le vecteur vitesse d'un système peut varier en **direction**, en **sens** ou en **valeur**.

La variation du vecteur vitesse $\vec{v}(t)$ du système, entre les positions successives M_i (à l'instant t) et M_j (à l'instant $t + \Delta t$), est : $(\Delta \vec{v})_{i \rightarrow j} = \vec{v}_j - \vec{v}_i$.

Exemples :



III- TRAJECTOIRE, VITESSE ET NATURE DU MOUVEMENT

- Si la valeur de la *vitesse* d'un système est *constante* (dans un référentiel donné) lors de son mouvement, celui-ci est *uniforme*.
- Si la valeur de la *vitesse* d'un système *augmente* (dans un référentiel donné) lors de son mouvement, celui-ci est *accélééré*.
- Si la valeur de la *vitesse* d'un système *diminue* (dans un référentiel donné) lors de son mouvement, celui-ci est *décélééré* ou *ralenti*.

La *nature du mouvement* d'un système, dans un référentiel donné, dépend de la trajectoire et de la valeur de la vitesse de ce corps au cours du mouvement.
On parle, ainsi, de mouvement rectiligne accéléré, mouvement circulaire uniforme...

Attention : Une vitesse peut être constante en valeur mais pas en direction. Dans un mouvement circulaire uniforme, la valeur de la vitesse est constante, mais pas la direction du vecteur vitesse qui est en permanence tangent à la trajectoire. Dans un tel mouvement le vecteur variation de vitesse n'est pas nul (schéma B page précédente).

IV- VARIATION DU VECTEUR VITESSE ET SOMME DES FORCES APPLIQUÉES À UN SYSTÈME

On a vu en classe de Seconde qu'une force peut modifier le vecteur vitesse d'un système, plus ou moins fortement selon la masse de ce système.

Dans un référentiel donné, si un système de masse m constante est soumis à une ou plusieurs forces constantes, le vecteur variation de vitesse $\Delta \vec{v}$ de ce système pendant la **durée très courte** Δt et la somme de ces forces $\Sigma \vec{F}$ sont reliés de façon approchée par :

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

Diagram illustrating the units and components of the equation:

- m en kg (mass)
- Valeur en newton N (force)
- Valeur en $m \cdot s^{-1}$ (velocity)
- Δt en s (time)

Ces deux vecteurs sont donc **colinéaires** et de même sens.

Vocabulaire : La relation précédente est la *deuxième loi de Newton* (ou *principe fondamental de la dynamique*). La somme des forces qui s'exercent sur un système est aussi appelée résultante des forces et $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ est l'accélération (dont la valeur s'exprime en $m \cdot s^{-2}$).

V- RÔLE DE LA MASSE DU SYSTÈME

D'après la relation approchée $\Sigma \vec{F} = m \times \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$, plus la masse d'un système est grande, plus il est difficile de modifier le mouvement de ce système.