

1 Système et référentiel

► Notion de système

Le terme généralement employé pour définir l'objet dont on étudie le mouvement est **système**.

EXEMPLE Si on étudie le mouvement d'un parachutiste au cours de sa chute, le système est le parachutiste.

► Échelles caractéristiques

Pour décrire le mouvement d'un système, il faut pouvoir repérer à chaque instant sa position, le but étant de savoir si cette position évolue dans le temps.

Pour décrire le mouvement d'un système, il faut identifier une **échelle spatiale** et une **échelle temporelle** adaptées.

EXEMPLE Pour suivre le déplacement d'un avion, les contrôleurs aériens le repèrent à l'aide de ses coordonnées géographiques (latitude et longitude), ainsi que par son altitude. Sa position est mise à jour toutes les secondes (FIG. 1).

► Référentiel

L'objet de référence par rapport auquel on étudie un mouvement est appelé **référentiel**.

Attention : le choix du référentiel doit être adapté au mouvement que l'on veut étudier.

APPROFONDISSEMENT SCIENTIFIQUE

Pour des mouvements de courtes durées qui se déroulent sur Terre, ou à son voisinage, on utilise des objets qui sont fixes par rapport à la surface terrestre. On les nomme **référentiels terrestres**.

Pour des mouvements s'effectuant autour de la Terre, on choisit le **référentiel géocentrique**, qui est lié au centre de la Terre.

► Relativité du mouvement

Pour illustrer cette notion, on considère un système constitué par une personne assise dans un train qui démarre. Elle est immobile par rapport au train, mais en mouvement par rapport à un observateur resté sur le quai (FIG. 2).

Le mouvement d'un système dépend du référentiel.

Si le référentiel est animé d'un mouvement de translation par rapport au système étudié, la description du mouvement en sera modifiée.

EXEMPLE

Au cinéma, le travelling est un déplacement de la caméra au cours de la prise de vues, on peut ainsi suivre un sujet parallèlement à son mouvement. Cette technique est aussi utilisée lors de la retransmission d'épreuves sportives pour accompagner les joueurs dans leur déplacement (FIG. 3).



FIG. 1 Localisation d'un avion dans l'espace aérien.



A Référentiel : le train.
► Le système est immobile.



B Référentiel : le quai.
► Le système est en mouvement.

FIG. 2 Relativité du mouvement (le système est une personne assise dans un train en mouvement).



FIG. 3 Mouvement de translation d'une caméra sur rails.

2 Modélisation du système

► Notion de point matériel

Lorsqu'un système se déplace, tous les points qui le constituent sont également en mouvement. L'étude du mouvement de l'objet peut devenir rapidement très complexe.

Pour simplifier, on réduit généralement cette étude à celle d'un **point particulier** du système mobile, appelé **point matériel**, puisque l'on lui associe la masse m du système.

EXEMPLE

Dans le cas d'un ballon ou d'une balle, le point choisi pour modéliser le mouvement est son centre.

La modélisation d'un système par un point peut toutefois faire perdre des informations sur le mouvement.

EXEMPLE

Pour un marteau qui tourne sur lui-même au cours de son mouvement, le réduire à un point fait perdre l'information de l'existence de cette rotation.

► Coordonnées du point matériel

Pour analyser le mouvement d'un point matériel, il faut pouvoir identifier à différents instants la position de ce point (FIG. 4).

La position d'un point mobile est définie par ses **coordonnées** dans un **repère d'espace** gradué à l'aide d'une **échelle spatiale adaptée**.

EXEMPLE

Pour un mouvement plan, le repère d'espace est orthonormé, il est constitué de deux axes gradués en mètre. Les coordonnées du point matériel sont alors x et y .

Pour pouvoir localiser à différents instants le point matériel en mouvement, il faut aussi définir un repère de temps.




Dans un **repère de temps**, on associe aux coordonnées du point mobile un instant t compté à partir d'une **échelle temporelle adaptée** et d'une **origine** choisie où $t = t_0 = 0$.

► Trajectoire d'un point matériel

Les traces de pas laissées dans le sable mouillé (FIG. 5) renseignent sur la trajectoire effectuée par le marcheur, c'est-à-dire sur le sens et la direction de la marche.

La **trajectoire** d'un point matériel en mouvement est une courbe orientée qui indique le sens et la direction du mouvement. Cette courbe traduit l'ensemble des positions successives occupées par ce point au cours de son mouvement.

EXEMPLES

Trajectoire rectiligne	Trajectoire circulaire	Trajectoire curviligne
Le point décrit une droite .	Le point décrit un cercle .	Le point décrit une courbe .
		

POUR VISUALISER



Une animation sur le mouvement de deux points d'un marteau (il y a perte d'information).

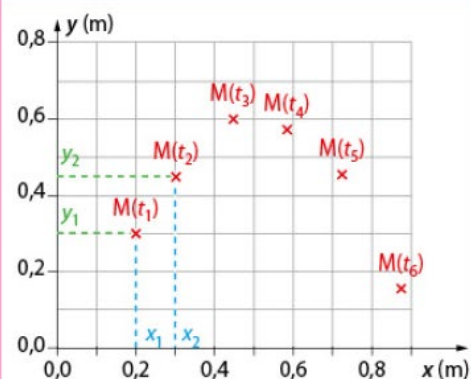


FIG. 4 Le point matériel M est repéré par ses coordonnées x et y à différents instants t .



FIG. 5 Trajectoire d'un marcheur.

3 Déplacement et vitesse

► Vecteur déplacement d'un point

Lorsqu'un point se déplace d'une position de départ, notée M, vers une position d'arrivée M', le **vecteur déplacement** $\overrightarrow{MM'}$ se représente par un segment orienté qui relie le point de départ et le point d'arrivée.



FIG. 6 Représentation d'un vecteur déplacement $\overrightarrow{MM'}$.

EXEMPLE

Pour un randonneur qui va d'un point M à un point M', le vecteur déplacement qui relie M et M', renseigne sur le déplacement effectué globalement (FIG. 6).

► Vecteur vitesse moyenne d'un point

On considère M et M' les positions respectives d'un point au départ du parcours et à son arrivée.

La **vitesse moyenne** v de ce point correspond au quotient de la distance moyenne d parcourue par la durée Δt du parcours :

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{MM'}{\Delta t}$$

En représentation vectorielle, le vecteur déplacement $\overrightarrow{MM'}$ permet de définir le **vecteur vitesse moyenne** \vec{v} (FIG. 7).

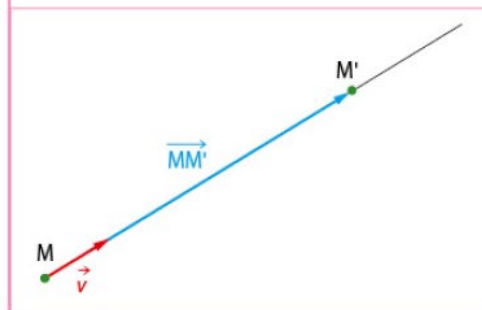


FIG. 7 Représentation du vecteur vitesse moyenne d'un point.

vecteur vitesse (en $m \cdot s^{-1}$) $\rightarrow \vec{v} = \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t}$ ← vecteur déplacement (en m)
 ← durée du parcours (en s)

► Vecteur vitesse d'un point

Si on décompose la trajectoire d'un point en une succession de positions $M_0, M_1, \dots, M_i, M_{i+1}$ (avec $\overrightarrow{M_i M_{i+1}}$ comme vecteur déplacement), le **vecteur vitesse** \vec{v}_i en M_i est défini par :

vecteur vitesse au point M_i $\rightarrow \vec{v}_i = \frac{\overrightarrow{M_i M_{i+1}}}{\Delta t}$ ← vecteur déplacement (en m)
 ← durée du parcours (en s)

► Mouvement rectiligne et variation du vecteur vitesse

Pour décrire le mouvement d'un objet, il faut connaître sa trajectoire, ainsi que l'évolution de sa vitesse. Il est donc nécessaire de vérifier si le vecteur vitesse varie en sens, direction et norme au cours du mouvement de l'objet.

Dans le cas d'une trajectoire rectiligne, si le **vecteur vitesse ne varie pas**, le mouvement est **rectiligne uniforme**. Par contre, si le **vecteur vitesse varie**, le mouvement est **rectiligne non uniforme**.

EXEMPLE

L'évolution de la distance entre deux positions successives d'un point d'un objet, ou entre deux images prises à intervalle de temps régulier, renseigne sur l'évolution de la vitesse.

Le vecteur vitesse conserve la direction du mouvement, mais sa norme peut augmenter ou diminuer au cours du temps (FIG. 8).

UN PONT VERS LES MATHS

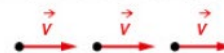
Représenter un vecteur vitesse

Le segment fléché qui représente la vitesse est un objet mathématique appelé **vecteur**.

En mathématiques, le vecteur vitesse \vec{v} est caractérisé par :

- son origine (correspondant au point d'application) ;
- sa direction (la tangente à la trajectoire) ;
- son sens (celui du mouvement) ;
- sa norme (correspondant à sa valeur exprimée en $m \cdot s^{-1}$).

A Le vecteur vitesse ne varie pas.
Le mouvement est rectiligne uniforme.



B Le vecteur vitesse diminue.
Le mouvement est rectiligne non uniforme.



C Le vecteur vitesse augmente.
Le mouvement est rectiligne non uniforme.



FIG. 8 Différents mouvements rectilignes d'un point.

1 Système et référentiel

- ▶ L'objet dont on étudie le mouvement est appelé **système**.
- ▶ Pour décrire le mouvement d'un système, il faut identifier une **échelle spatiale** et une **échelle temporelle** adaptées.



Échelle spatiale :
l'unité astronomique
Échelle temporelle :
le mois

Échelle spatiale :
le mètre
Échelle temporelle :
la seconde

- ▶ L'étude d'un mouvement doit être associée à un objet de référence appelé **référentiel**. Le mouvement d'un système dépend du référentiel.



Référentiel : le sol
L'avion est en mouvement.



Référentiel : le ravitailleur
L'avion est immobile.

2 Modélisation du système

- ▶ Lorsqu'un système se déplace, tous les points qui le constituent sont également en mouvement.
- ▶ Pour simplifier l'étude du mouvement, on réduit le système à un point particulier appelé **point matériel**. La position d'un point matériel est définie par ses **coordonnées** dans un **repère d'espace**, gradué à l'aide d'une échelle spatiale adaptée.
- ▶ La **trajectoire** d'un système est l'ensemble des positions successives occupées par le point matériel modélisant le système. Il existe plusieurs types de trajectoire, les plus simples sont **rectilignes**, **circulaires** ou **curvilignes**.



Trajectoire rectiligne	Trajectoire circulaire	Trajectoire curviligne
Le point décrit une droite .	Le point décrit un cercle .	Le point décrit une courbe .

3 Déplacement et vitesse

- ▶ On définit le **vecteur déplacement** $\overrightarrow{MM'}$ d'un point lorsque celui-ci se déplace d'une position M à une autre M'.
- ▶ La **vitesse moyenne** d'un point peut être représentée par un **vecteur** \vec{v} défini par :

vecteur vitesse (en $m \cdot s^{-1}$) $\rightarrow \vec{v} = \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t}$

$\overrightarrow{MM'}$: vecteur déplacement (en m)
 Δt : durée du parcours (en s)

- ▶ Le **vecteur vitesse** \vec{v}_i en un point M_i pour un vecteur déplacement $\overrightarrow{M_i M_{i+1}}$ s'écrit :

vecteur vitesse au point M_i $\rightarrow \vec{v}_i = \frac{\overrightarrow{M_i M_{i+1}}}{\Delta t}$

$\overrightarrow{M_i M_{i+1}}$: vecteur déplacement (en m)
 Δt : durée du parcours (en s)

Il se représente ainsi :



- ▶ Dans le cas d'une **trajectoire rectiligne** :

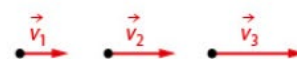
- si le vecteur vitesse ne varie pas, le mouvement est dit **rectiligne uniforme** ;



- si le vecteur vitesse varie, le mouvement est dit **rectiligne non uniforme**.



le vecteur vitesse diminue



le vecteur vitesse augmente