

Thème 2 : Mouvement et interactions

Chapitre 1 : Décrire un mouvement

I - La relativité du mouvement

Avant d'étudier un mouvement, il faut préciser l'objet dont on étudie le mouvement et la position de l'observateur.

1) Définition d'un système

Exemple :

Les extrémités de la planche et de la voile n'ont pas les mêmes mouvements.

La description du mouvement d'un corps peut être complexe, les différents points de ce corps ayant chacun une évolution propre dans l'espace.

C'est pourquoi il faut au préalable définir le système d'étude.



Remarque :

Lors de l'étude du mouvement d'une planète, on étudie seulement le mouvement du centre de cette planète.

2) Nécessité d'un référentiel

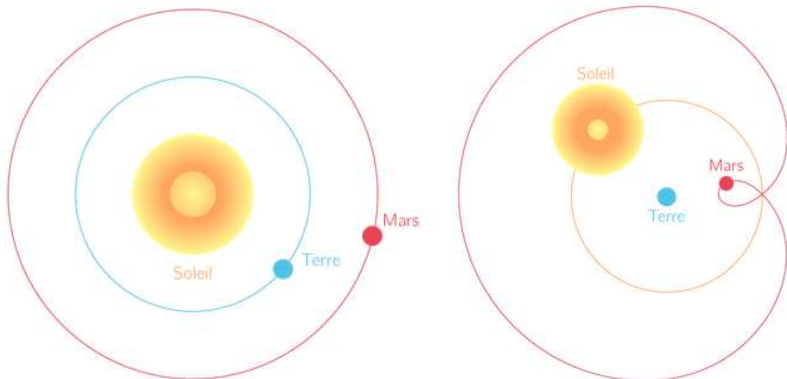
a) Qu'est-ce qu'un référentiel ?

Exemple :

On considère le système « Soleil-Terre-Mars »

On remarque qu'en fonction du point d'observation, la description du mouvement n'est pas la même dans les deux situations.

Il faut donc préciser par rapport à quoi on étudie le mouvement.



Pour étudier le mouvement d'un corps, il faut préciser le solide choisi comme référence que l'on appelle référentiel.

Il faut également ajouter à ce référentiel :

- un **repère** afin de connaître les **coordonnées** du système étudié ;
- une **horloge** afin de connaître les **dates** des positions occupées par le système en mouvement.

b) Exemples de référentiels

i) Référentiel terrestre

Un référentiel terrestre est constitué d'un objet fixe par rapport à la Terre.

Cet objet permet de définir les axes du repère associé au référentiel.

Ce référentiel est utilisé pour l'étude des mouvements à la surface de la Terre.

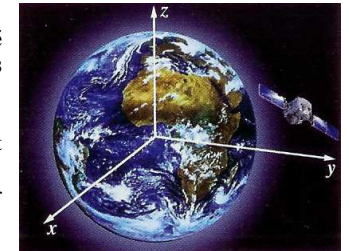


ii) Référentiel géocentrique

Le référentiel géocentrique est constitué du centre de la Terre et de trois étoiles lointaines pouvant être considérées fixes.

Les directions de ces étoiles définissent le repère associé au référentiel.

Ce référentiel est utilisé pour étudier le mouvement des satellites de la Terre.

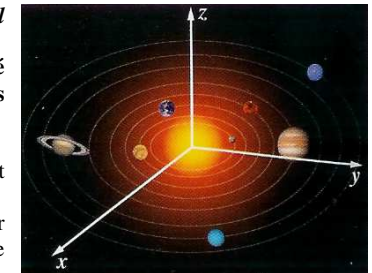


iii) Référentiel héliocentrique (ou référentiel de Kepler)

Le référentiel héliocentrique est constitué du centre du Soleil et de trois étoiles lointaines pouvant être considérées fixes.

Les directions de ces étoiles définissent le repère associé au référentiel.

Ce référentiel est utilisé pour étudier le mouvement des planètes du système solaire.



iv) Référentiel de Copernic

Le référentiel de Copernic est constitué du centre de masse du système solaire et de trois étoiles lointaines pouvant être considérées fixes.

Les directions de ces étoiles définissent le repère associé au référentiel. Ce référentiel est utilisé pour étudier le mouvement du système solaire.

c) **Récapitulatif**

L'objet ou le point de l'objet, dont on étudie le mouvement est le système étudié. L'état d'immobilité ou de mouvement d'un objet dépend de l'objet de référence par rapport auquel est étudié cet état, c'est le référentiel. Un même objet peut être à la fois immobile par rapport à un référentiel et en mouvement par rapport à un autre. Le mouvement d'un point est relatif au référentiel choisi.

3) **Le temps, instant et durée**

a) **Mesure d'une durée**

Exemples :

- le départ des coureurs lors d'un 100 m ;
- le franchissement d'une ligne d'arrivée ;
- l'origine des instants $t_0 = 0\text{ s}$ d'une course olympique correspond au tir d'un coup de pistolet.

A un évènement particulier est associée une **origine des instants t_0** . Tout évènement à dater depuis l'origine des instants correspond à un instant ultérieur t_f , avec $t_f > t_0$, et s'exprime en **seconde (s)**.

Une durée Δt est l'intervalle de temps qui s'écoule entre deux évènements et s'exprime en seconde :

$$\Delta t = t_f - t_0 > 0$$

Remarque :

Si on affecte la valeur $t_0 = 0\text{ s}$ à l'origine des instants, alors $\Delta t = t_f$.

b) **Précision de la mesure**

Le protocole de mesure d'une durée est élaboré en fonction de la précision attendue. Le **chronométrage** peut s'effectuer grâce à un chronomètre manuel, un chronomètre à déclenchement électronique automatique ou bien à partir d'une vidéo.

Exemple :

Aux 100 m nage libre à Rome, les trois chronomètres des juges déclenchés manuellement, indiquaient trois durées différentes (55,2 s ; 55,1 s et 55,0 s) pour le parcours du vainqueur officiel.

c) **Récapitulatif**

Le temps t d'un point est un instant sur la ligne du temps, tandis qu'une durée est une différence entre deux instants.

Pour étudier le mouvement d'un corps, il faut associer une date à chaque position repérée dans le référentiel choisi.

Le choix de l'appareil de mesure, ainsi que l'expérimentateur dans le cas d'une mesure manuelle, ont des conséquences sur la précision de la mesure.

II - Comment classer les mouvements des objets en déplacement ?

1) **La trajectoire**

Exemple :

Observée depuis un référentiel terrestre, la trace laissée par le club de golf au cours du mouvement montre la trajectoire de ce dernier.



Dans un référentiel donné, la trajectoire d'un point est l'ensemble des positions successives occupées par ce point au cours de son mouvement.

Dans un référentiel donné, le mouvement d'un point est :

- **rectiligne** lorsque la trajectoire de ce point est **une portion de droite** ;
- **curviligne** lorsque la trajectoire de ce point est **une portion de courbe**.

Remarque :

Dans un référentiel donné, deux points distincts d'un corps ont généralement des trajectoires différentes.

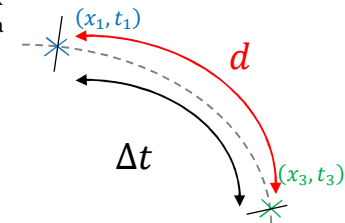
Afin de permettre l'étude des mouvements, on procède à l'enregistrement des positions successives de l'objet à intervalle de temps identiques τ (tau). C'est ce que l'on appelle une chronographie.



2) **Vitesse moyenne**

Dans un référentiel donné, la vitesse v d'un objet entre deux instants t_1 et t_3 est égale au rapport de la distance d par la durée $\Delta t = t_3 - t_1$ du parcours :

$$v = \frac{d}{t_3 - t_1} = \frac{d}{\Delta t} \quad \left| \begin{array}{l} v \text{ en } m \cdot s^{-1} \\ d \text{ en mètre (m)} \\ \Delta t \text{ en seconde (s)} \end{array} \right.$$



Exemples :

- la vitesse moyenne d'un point d'une télécabine qui parcourt une distance $d = 6,0\text{ m}$ pendant une durée $\Delta t = 1,0\text{ s}$ dans un référentiel terrestre est égale à $v = 6,0\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ avec deux chiffres significatifs ;
- la vitesse d'un passager dans le référentiel de la télécabine est nulle ;
- le 100 m est parcouru à une vitesse moyenne supérieure à $10\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
- le meilleur marathonien court plus de 2 heures à $5,6\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ de moyenne ;
- une formule 1 peut dépasser $100\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Dans un référentiel donné, le mouvement d'un point est :

- **décéléré** (ou ralenti) lorsque la valeur de la **vitesse** de ce point **diminue** ;
- **accélééré** lorsque la valeur de la **vitesse** de ce point **augmente** ;
- **uniforme** lorsque la valeur de la **vitesse** de ce point reste **constante**.

Exemple :

Dans le référentiel du lanceur du marteau (terrestre), le centre du marteau décrit un mouvement circulaire accéléré puis uniforme avant d'être lâché.

Remarque :

Il nous est possible de choisir quel sera le temps t_1 dans l'expression de la vitesse ci-dessus. Dans le cas d'un chronomètre par exemple, on peut choisir $t_1 = 0$. L'expression de la vitesse sera alors : $v = \frac{d}{t_2 - t_1} = \frac{d}{t_2}$ qui se réécrit plus usuellement : $v = \frac{d}{t}$.

3) Vitesse instantanée

Un compteur de vitesse mesure une vitesse instantanée, c'est-à-dire la vitesse d'un point à un instant t précis.

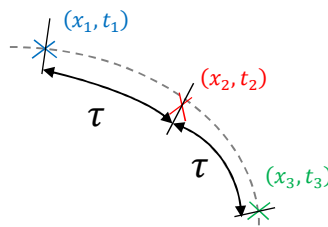
Exemple :

Considérons un point d'un objet en mouvement.

On a relevé les valeurs x_1, x_2, x_3 etc. de son abscisse aux instants t_1, t_2, t_3 etc. avec pour durée entre deux positions $t_3 - t_2 = t_2 - t_1 = \tau$ (tau).

La vitesse instantanée du point d'abscisse x_2 et d'instant t_2 , notée v_2 est :

$$v_2 = \frac{x_1 x_3}{t_3 - t_1} = \frac{x_1 x_3}{2\tau}$$



Dans un référentiel choisi, la valeur de la vitesse instantanée d'un point en mouvement à un instant précis est estimée en calculant la vitesse moyenne de ce point sur une durée la plus courte possible autour de l'instant considéré.

Remarque :

Un radar indique la valeur de la vitesse à un instant donné, c'est la vitesse instantanée.

4) Exemples de mouvements

Caractériser le mouvement d'un point dans le référentiel choisi, c'est donner des informations sur la forme de la **trajectoire** de ce point et sur l'évolution de la **vitesse** de ce point :

- un point dont la trajectoire dans un référentiel donné est un **segment de droite à vitesse constante** a un **mouvement rectiligne uniforme** ;
- un point qui s'espace de plus en plus et dont la trajectoire dans un référentiel donné est un **cercle ou un arc de cercle** a un **mouvement circulaire accéléré** ;
- un point dont la valeur de la **vitesse instantanée** est **constante** dans un référentiel donné et dont la trajectoire est une courbe a un **mouvement curviligne uniforme**. Le point considéré parcourt alors des distances égales pendant des durées égales.

Exemple :

Un skieur de kilomètre lancé peut passer d'une vitesse nulle à une vitesse égale à $200 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ le long d'une piste de ski, dans son référentiel terrestre, et ce en moins de 6 s : son mouvement est rectiligne mais non uniforme.



Remarque :

La trajectoire et la vitesse du mouvement observé dépend du référentiel utilisé pour décrire ce mouvement.

La planète Mars a un mouvement quasi-circulaire et uniforme dans le référentiel héliocentrique et un mouvement curviligne dans le référentiel géocentrique.

On dit que le mouvement est relatif.



5) Récapitulatif

La trajectoire d'un point en mouvement dans un référentiel est la courbe qui relie les positions successives de ce point au cours du temps, dans ce référentiel.

La forme de la trajectoire d'un point donné d'un corps dépend du référentiel choisi.

Dans un référentiel donné, l'étude du mouvement d'un système consiste à déterminer sa trajectoire et l'évolution de la valeur de sa vitesse.

III - Comment décrire l'évolution de la vitesse au cours du mouvement ?

1) Notion de vecteur

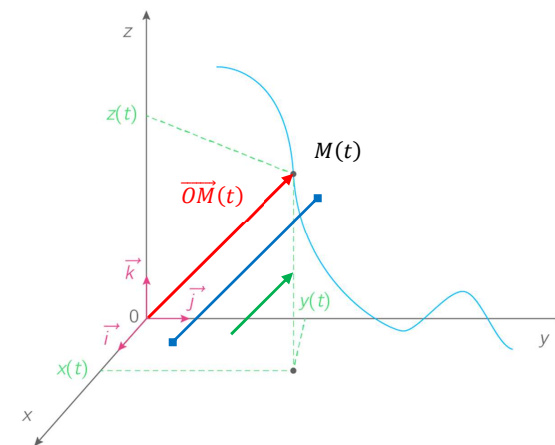
a) Vecteur position

Le vecteur position est le vecteur repérant la position d'un point mobile M le long d'une trajectoire à un instant t par rapport à l'origine O d'un repère associé à un référentiel d'étude tel que :

$$\overrightarrow{OM}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$$

L'expression du vecteur $\overrightarrow{OM}(t)$ peut être entièrement déterminée à partir de ses caractéristiques :

- son **origine**, au point O ;
- sa **direction** (celle de la droite $(OM(t))$;
- son **sens** (de O vers $M(t)$) ;
- sa **valeur** ou norme (celle du segment $[OM(t)]$).



Remarque :

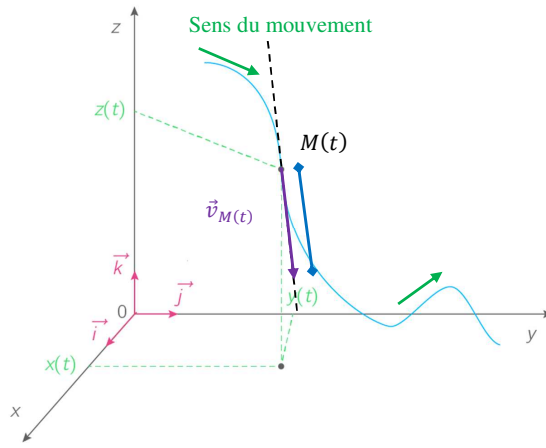
Quel que soit le vecteur que l'on considère, il s'exprime également à partir de ses caractéristiques : origine, direction, sens et valeur.

b) Vecteur vitesse

Lors d'un mouvement, le vecteur position varie en norme ou en direction, créant ainsi **un vecteur vitesse** $\vec{v}_{M(t)}$.

L'expression du vecteur $\vec{v}_{M(t)}$ peut être entièrement déterminée à partir de ses caractéristiques :

- son **origine**, au point $M(t)$;
- sa **direction**, tangente à la trajectoire ;
- son **sens**, celui du sens du mouvement ;
- sa **valeur** ou norme (celle du vecteur $\vec{v}_{M(t)}$ notée $\|\vec{v}_{M(t)}\|$).



Remarque :

En plus du vecteur position et du vecteur vitesse, on peut également définir un vecteur accélération.

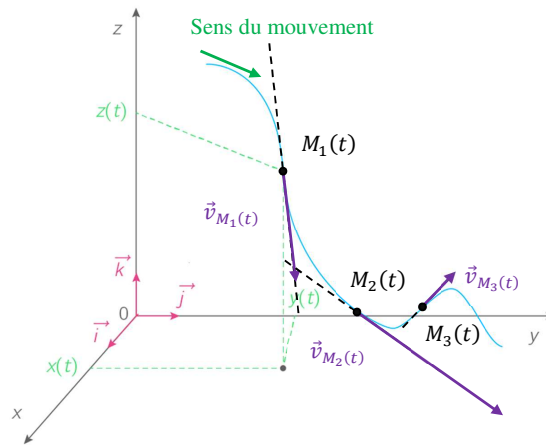
2) Application aux mouvements

a) Cas d'un mouvement quelconque

En suivant au cours du temps les positions successivement prises par l'objet d'étude, on peut déterminer le vecteur position à chaque instant t ($\vec{OM}(t)$) ainsi que le vecteur vitesse à chaque instant ($\vec{v}_{M(t)}$).

Le mouvement étant quelconque, il n'y a pas de condition sur le vecteur position vis-à-vis de la trajectoire prise par l'objet au cours du mouvement.

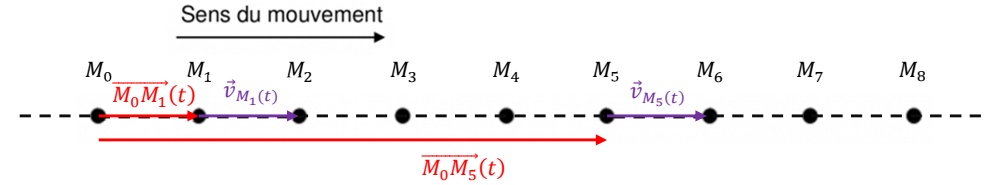
Toutefois, en ce qui concerne le vecteur vitesse, il est **toujours tangent à la trajectoire** décrite par l'objet au cours du mouvement.



b) Cas d'un mouvement rectiligne

Dans le cas d'un **mouvement rectiligne**, que ce soit pour le vecteur position à chaque instant t ($\vec{OM}(t)$) ou pour le vecteur vitesse à chaque instant ($\vec{v}_{M(t)}$), **ces vecteurs ont la même direction**.

Ils sont parallèles à la trajectoire décrite par le mouvement au cours du temps.



Si le mouvement est rectiligne uniforme, la norme du vecteur vitesse instantanée est la même pour chaque position.

Dans le cas contraire, il faut déterminer pour chaque position la norme du vecteur vitesse instantanée à l'aide de son expression.

c) Cas d'un mouvement circulaire

Dans le cas d'un **mouvement circulaire**, que ce soit pour le vecteur position à chaque instant t ($\vec{OM}(t)$) ou pour le vecteur vitesse à chaque instant ($\vec{v}_{M(t)}$), **ces vecteurs ont des directions différentes**.

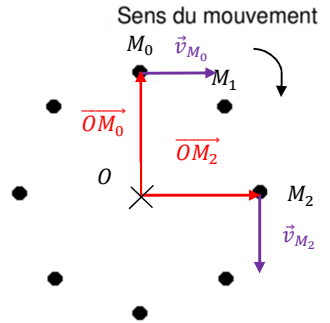
Le vecteur vitesse reste tangent à la trajectoire décrite au cours du mouvement.

Quant au vecteur position, au point mobile M à un instant t , sa direction passe par le centre de rotation.

Ils sont perpendiculaires l'un par rapport à l'autre.

Si le mouvement est circulaire uniforme, la norme du vecteur vitesse instantanée est la même pour chaque position.

Dans le cas contraire, il faut déterminer pour chaque position la norme du vecteur vitesse instantanée à l'aide de son expression.



3) Récapitulatif

En physique, un vecteur permet de représenter graphiquement l'expression mathématiques d'une grandeur.

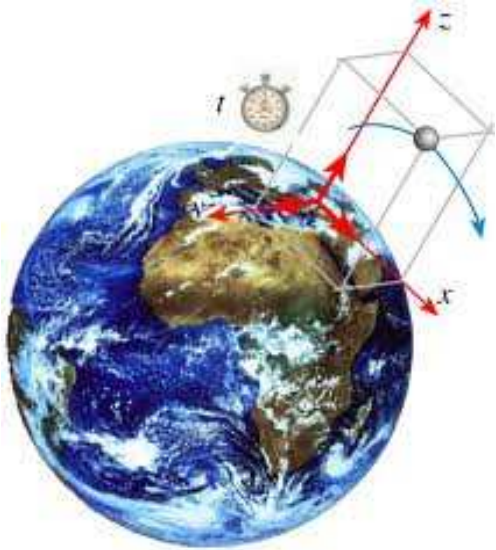
Un vecteur est défini par ses caractéristiques :

- **une origine ;**
- **une direction ;**
- **un sens ;**
- **une valeur ou norme.**

Quel que soit le mouvement que l'on considère, le vecteur vitesse d'un point M à un instant t est tangent à la trajectoire décrite par le mouvement de l'objet.

ANNEXES

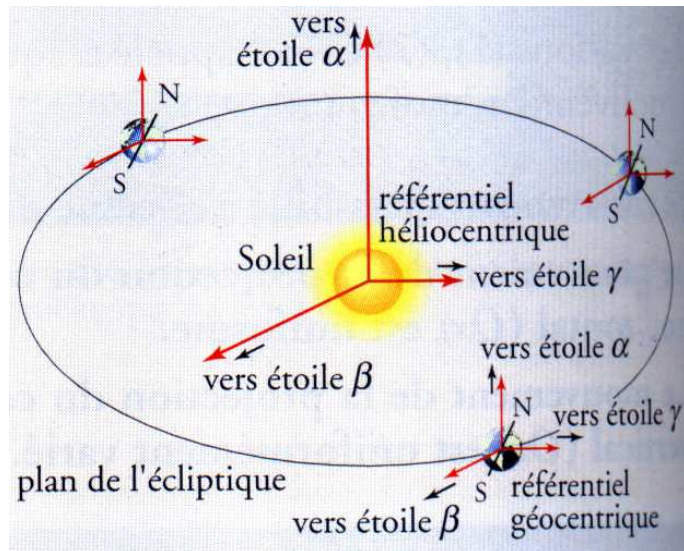
REFERENTIEL TERRESTRE



NICOLAS COPERNIC (1473 – 1543)



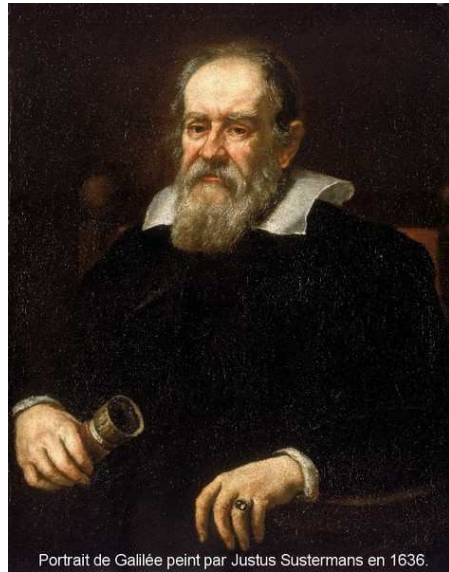
REFERENTIEL HELIOCENTRIQUE ET GEOCENTRIQUE



JOHANNES KEPLER (1571 – 1630)



GALILEE (GALILEO GALILEI) (1564 – 1642)



CHRONOGRAPHIE ET VITESSE INSTANTANEE

