

## Chapitre 03 : La cinématique du point

*La cinématique est l'étude des mouvements des corps indépendamment des causes qui les produisent. Le but n'est pas pour l'instant de les expliquer mais de les décrire.*

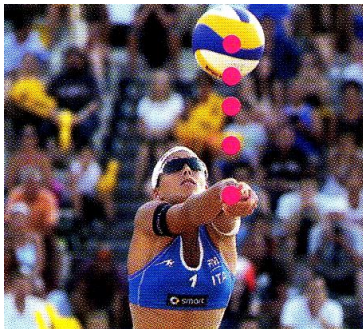
### 1. Relativité du mouvement

Un phénomène se produisant à un instant donné constitue un **événement**, sa description passe par son positionnement dans l'espace et dans le temps.

#### 1.1. Définition du système étudié

Il faut identifier le corps dont on étudie le mouvement. On définit ainsi le **système étudié**.

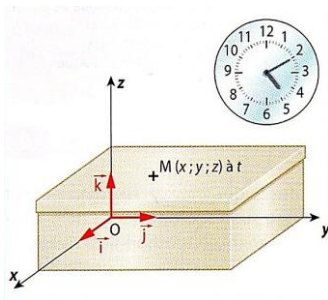
Le mouvement d'un système est généralement complexe. Au lycée, on se limite à l'étude d'un seul de ces points. Cela s'appelle **modéliser** l'objet par un point.



Le point étudié est souvent le **centre d'inertie**, équivalent au centre de gravité du système, car son mouvement est toujours plus simple à décrire que le mouvement des autres points du système.

*Exemple : pour décrire le mouvement d'un ballon, on étudie seulement le mouvement du centre de ce ballon.*

#### 1.2. Solide de référence et référentiel



Un passager assis dans un train en marche est immobile par rapport au train, mais il est en mouvement par rapport au sol.

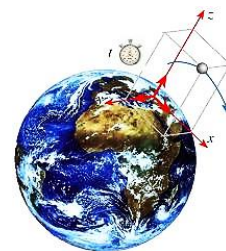
Un **référentiel** est un solide de référence auquel on associe un **repère d'espace** pour le repérage des positions dans l'espace, et une **horloge** pour le repérage du temps.

#### Référentiels principaux

##### ➤ **Référentiel terrestre :**

Le repère est constitué d'un point du sol et de trois axes (un axe vertical et deux axes dans le plan horizontal) auquel on associe une horloge.

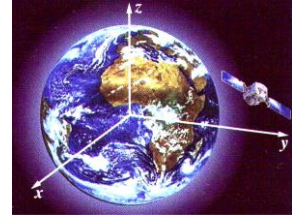
*Il est utilisé pour l'étude des mouvements à la surface de la Terre.*



➤ **Référentiel géocentrique :**

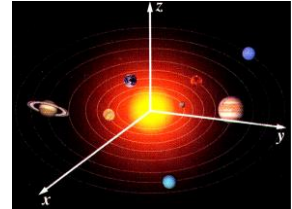
Le repère est constitué du centre de la Terre et de trois axes pointant vers des étoiles suffisamment lointaines pour être considérées comme fixes.

*Il est utilisé pour l'étude du mouvement des satellites de la Terre.*

➤ **Référentiel héliocentrique**

Le repère est constitué du centre du Soleil et de trois axes pointant vers des étoiles suffisamment lointaines pour être considérées comme fixes.

*Il est utilisé pour l'étude du mouvement des planètes dans le système solaire.*



Le choix du référentiel est guidé par la nature des **événements** que nous voulons étudier.

Exemple : le mouvement d'un taxi est simple dans le référentiel terrestre.

### 1.3. Influence du référentiel



Le mouvement observé dépend de l'observateur, il est **relatif** au solide de référence choisi.

Par exemple, dans un référentiel terrestre, le mouvement des étoiles est circulaire.

## 2. Mesurer une durée

### 2.1. Instant et durée

Pour étudier le mouvement d'un objet, il faut pouvoir dire à quel **instant**  $t$  cet objet occupe une certaine position de l'espace. Il faut donc choisir une **origine des instants**  $t_0$  et déterminer les instants suivants  $t_n > t_0$  à l'aide d'une horloge.

La **durée**  $\Delta t$  est l'intervalle de temps qui sépare deux instants  $t_1$  et  $t_2$  :

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

Exemple : lors d'une course olympique, l'origine des instants  $t_0 = 0$  s correspond à l'instant où est tiré un coup de pistolet. Le chronomètre détermine ensuite l'instant  $t_f$  où la ligne est franchie. La durée de la compétition est :  $\Delta t = t_f - t_0$ .



## 2.2. Protocole de mesure et précision

La précision d'une mesure de durée est liée à l'instrument de mesure, à l'expérimentateur et au protocole choisi. Le protocole de mesure est élaboré en **fonction de la précision attendue**.

## 3. Caractéristiques d'un mouvement

Pour étudier le mouvement d'un système, il faut préciser :

- la forme de la **trajectoire** ;
- la **variation de la valeur de la vitesse** de l'objet (valeur constante, qui diminue ou augmente)

### 3.1. Enregistrement du mouvement

Décrire le mouvement d'un objet, c'est donner l'ensemble des positions de cet objet dans l'espace au cours du temps.

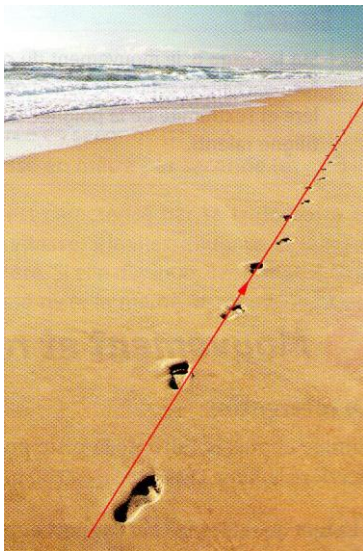
Cette étude passe souvent par un **enregistrement permettant d'obtenir les positions occupées par l'objet à intervalles de temps réguliers**.



#### Exemple

La chronophotographie est un montage résultant de la superposition de plusieurs photographies prises d'un même endroit, à intervalles de temps réguliers.

### 3.2. Trajectoire



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

- Si la trajectoire est une droite, elle est dite **rectiligne**.
- Si la trajectoire est un cercle, elle est dite **circulaire**.
- Si la trajectoire est une courbe quelconque, elle est dite **curviligne**

#### Illustration :

*Trajectoire rectiligne sur le sable*

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

### 3.3. Variation de la valeur de la vitesse

La valeur de la vitesse d'un objet **dépend du référentiel choisi**, il doit donc être précisé pour chaque calcul de vitesse.

#### a. Vitesse moyenne

La **valeur de la vitesse moyenne** d'un point, dans un référentiel donné, est le quotient de sa distance parcourue  $d$  dans ce référentiel par la durée  $\Delta t = t_2 - t_1$  du déplacement :

$$v_{\text{moy}} = \frac{d}{\Delta t}$$

#### Unité S.I.

$v_{\text{moy}}$  en mètre par seconde ( $m \cdot s^{-1}$ )

$d$  distance parcourue en mètre ( $m$ )

$\Delta t$  durée du déplacement ( $s$ )

*Si la durée utilisée pour le calcul de la vitesse est suffisamment courte, la valeur calculée est assimilée à la vitesse instantanée du point à l'instant  $t$ .*

#### b. Vitesse instantanée



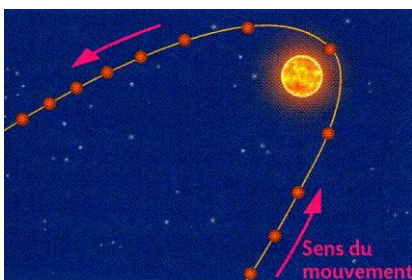
C'est la valeur de la vitesse d'un point en mouvement à **un instant précis**. C'est, par exemple, la valeur indiquée par un compteur d'une voiture.

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**.

#### c. Évolution de la valeur de la vitesse : l'accélération

Le mouvement d'un point d'un objet est caractérisé par sa trajectoire mais également par l'évolution de sa vitesse.

- Si la valeur de la vitesse instantanée augmente, le mouvement est dit **accélééré**.
- Si la valeur de la vitesse instantanée diminue, le mouvement est dit **ralenti**.
- Si la valeur de la vitesse instantanée est constante, le mouvement est **uniforme**.



*Dans le référentiel héliocentrique, la comète a un mouvement accéléré à l'approche du Soleil et décéléré si elle s'en éloigne.*



*En orbite circulaire autour de la Terre, un satellite a un mouvement uniforme dans le référentiel géocentrique.*



Pour étudier l'évolution de la valeur de la vitesse, on peut utiliser une chronophotographie ou repérer les positions d'un point du système à intervalles de temps égaux.

Comment calculer la vitesse instantanée à partir d'un enregistrement ?

Considérons un point d'un objet en mouvement. On a relevé les valeurs de positions  $x_1, x_2, x_3$ , etc. aux instants  $t_1, t_2, t_3$ , etc. avec  $t_3 - t_2 = t_2 - t_1 = \tau$  et avec  $\tau$  très petit.

La valeur de la vitesse instantanée du point étudié à l'instant  $t_4$  est :

$$v_4 = \frac{x_5 - x_3}{2\tau}$$

