

# L'étude du mouvement

---

La cinématique est la partie de la mécanique qui étudie les mouvements des corps, abstraction faite des forces qui les produisent.

## 1. POSITION

La première des choses à faire est de pouvoir situer un corps dans l'espace afin de caractériser son état de repos ou son état de mouvement.

*La **position** d'un corps est ce qui permet de le situer dans l'espace. Elle est souvent donnée par ses coordonnées dans un système de référence.*

## 2. SYSTEME DE REFERENCE

*Un **système de référence** est un ensemble de trois axes sécants non coplanaires qui permet de caractériser les positions d'un corps.*

Le mouvement d'un solide est défini par rapport à un système de référence (ou référentiel).

Le système de référence (axes  $x, y, z$ ) se trouvera à l'endroit où l'on observe le phénomène. C'est à nous de le choisir le plus judicieusement possible.

Par exemple, une voiture en mouvement sur une route est généralement étudiée par rapport à un référentiel lié au sol. Une fusée en mouvement peut être étudiée par rapport à un référentiel lié au centre de la terre (système géocentrique). Les mouvements de la Terre peuvent être étudiés par rapport à un référentiel lié au Soleil (système héliocentrique).

## 3. REPOS ET MOUVEMENT

Prenons par exemple une voiture en mouvement dans lequel un passager est assis. Si on observe le phénomène du sol (référentiel lié au sol), la voiture et le passager sont en mouvement par rapport au sol. Si on observe le phénomène par rapport à un référentiel lié à la voiture, le passager est au repos par rapport à celle-ci. Par conséquent, pour savoir si un corps est au repos ou en mouvement, il s'avère nécessaire de recourir au choix d'un système de référence.

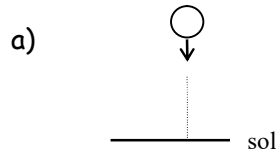
*Le **repos** est l'état d'un corps dont la position par rapport à un système de référence ne varie pas au cours du temps.*

*Le **mouvement** est l'état d'un corps dont la position par rapport à un système de référence varie au cours du temps.*

Les notions de repos et mouvement sont donc des **notions relatives** car nous ne savons les définir que par rapport à un référentiel.

Question : Un objet peut-il être à la fois en mouvement et au repos ?

#### 4. DIFFERENTS TYPES DE MOUVEMENTS ET TRAJECTOIRE



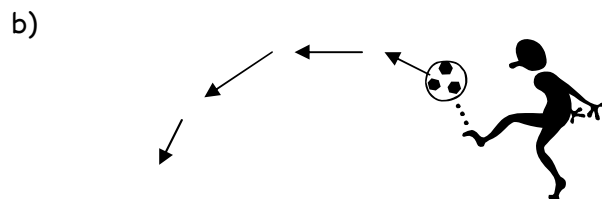
##### mouvement rectiligne

la trajectoire est une droite

exemple : une pomme qui tombe d'un arbre

La pierre occupe successivement des points différents. L'ensemble de ces points constitue la trajectoire de la pierre.

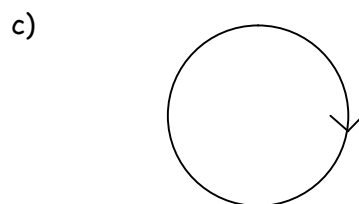
*La trajectoire d'un mobile est l'ensemble de ses positions successives au cours du temps.*



##### mouvement curviligne

la trajectoire est une courbe

exemples : tir d'un obus, jet d'une pierre



##### mouvement de rotation ou circulaire

la trajectoire est un arc de cercle

exemples : tout point de l'aiguille d'une montre, d'un CD, d'un disque vinyl subit une rotation

Question : Quel est le mouvement d'un point situé sur la circonférence extérieure d'une roue de voiture si celle-ci se déplace sur une avenue bien droite ?

Recherche les types de mouvements et la trajectoire correspondante :

- Coureur de 200 m :
- Un point sur la circonférence d'un yoyo :
- Un point au centre d'un yoyo :
- Une nacelle de la grande roue :
- La cabine d'un téléphérique :

**Remarque importante :**

*La notion de trajectoire est une notion relative.*

*En effet, considérons un aviateur en mission humanitaire. Il laisse tomber un colis de vivres à partir de son appareil en vol. Pour un observateur terrestre, la trajectoire est une courbe trajectoire curviligne. Par contre pour l'aviateur, il s'agit d'une trajectoire rectiligne. Et si un animal s'installe sur le colis durant la chute, il lui est lié ; pour l'animal, il n'y a pas de trajectoire, le colis est au repos par rapport à lui.*

*La trajectoire ne peut donc être précisée que par rapport à un référentiel donné.*

**5. LA NOTION DE VITESSE MOYENNE AU SENS COMMUN**

Considérons un élève qui se déplace dans la classe en marchant de manière régulière. Il parcourt 10 mètres en 5 secondes.

Sa vitesse est de : 
$$\frac{10}{5} \text{ m/s} = 2 \text{ m/s} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ km}}{\frac{1}{3600} \text{ h}} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 3600 = 7,2 \text{ km/h}$$

Si l'élève le fait en trottinant, il parcourt 10 mètres en 3 secondes et sa vitesse est de :

$$v = \frac{10}{3} \text{ m/s} = 3,33 \text{ m/s} \approx 12 \text{ km/h}$$

On a en réalité calculé deux vitesses moyennes. On peut donc en déduire que :

$$v_{\text{moyenne}} = \frac{\text{distance parcourue}}{\text{temps de parcours}} = \frac{d}{t}$$

$v_{\text{moyenne}}$ : vitesse moyenne en m/s

d: distance parcourue en m

t: le temps en s

L'unité S.I.<sup>1</sup> de la vitesse est le m/s

$$1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h}$$

<sup>1</sup> Pour rappel, le système international d'unités (S.I.) concerne tous les domaines scientifiques (mécanique, électricité, chaleur, optique,...) En principe, dans tout exercice et partout dans le monde, les unités données doivent être transformées en unités SI. En mécanique, les unités fondamentales du S.I. sont le mètre, le kilogramme et la seconde.

**Pour transformer une vitesse donnée en m/s en km/h, on multiplie par 3,6.**

**Pour transformer une vitesse donnée en km/h en m/s, on divise par 3,6.**

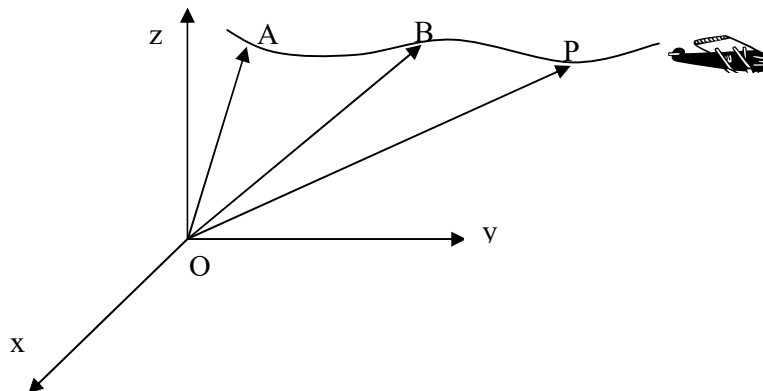
La vitesse moyenne au sens commun est ici considérée comme une grandeur scalaire (on ne tient pas compte de la direction du mouvement). Nous verrons plus loin que l'on peut définir un vecteur vitesse moyenne.

### Exercices:

- 1) Le champion de 100 m court en 9,85 sec. Quelle est sa vitesse moyenne en km/h ?  
(Rép. : 36,5 km/h)
- 2) Pour aller à l'université, un étudiant conduit sa voiture à la vitesse moyenne de 25,3 km/h et met 4,72 h pour arriver. Quelle distance parcourt-il ?  
(Rép. : 119 km)
- 3) La lune décrit autour de la Terre une orbite approximativement circulaire de rayon moyen  $R$  égal à  $3,84 \cdot 10^8$  m et met 27,3 jours pour effectuer une révolution. Détermine sa vitesse orbitale moyenne en m/s.  
(Rép. :  $1,02 \cdot 10^3$  m/s)

### Le vecteur position

Soit un avion qui décrit une trajectoire dans le référentiel suivant.



A l'instant  $t_0$ , l'avion se situe au point A. Relions l'origine O du repère au point A, on obtient le vecteur  $\overrightarrow{OA}$ .

A l'instant  $t_f$ , l'avion se situe au point B. Sa position, à l'instant  $t_f$ , est donnée par le vecteur  $\overrightarrow{OB}$ .

A l'instant quelconque  $t$ , compris entre  $t_0$  et  $t_f$ , l'avion se situe au point P.

Le vecteur position  $\overrightarrow{OP}$  est la **grandeur vectorielle** qui caractérise la position du point P par rapport à l'origine O du repère.

## 6. LE VECTEUR DEPLACEMENT D'UN MOBILE

Reprenons l'exemple de l'avion. On peut dire que l'avion a effectué un déplacement  $\overrightarrow{AB}$ , indépendamment de sa trajectoire.

Le vecteur déplacement  $\overrightarrow{AB}$  (ou  $\vec{d}$ ) du mobile est caractérisé par :

- un point origine  $A$ ,
- une direction (celle qui comprend les points  $A$  et  $B$ ),
- un sens (de  $A$  vers  $B$ ),
- une intensité égale à la mesure de la longueur de  $\overrightarrow{AB}$ .

Il faut bien distinguer l'intensité du déplacement avec la longueur de la trajectoire. Imaginons un voyage en voiture de Liège à Bruxelles en passant par Namur.

L'origine est Liège et l'extrémité Bruxelles. Traçons le vecteur déplacement  $\vec{d}$ . Son intensité (longueur) vaut 100 km. Par contre la longueur de la trajectoire est d'au moins 130 km puisqu'on effectue un détour par Namur.

## 7. LE VECTEUR VITESSE MOYENNE

La vitesse moyenne d'un mobile est la **grandeur vectorielle** caractérisant la rapidité avec laquelle son déplacement a été effectué.

$$\vec{v}_{\text{moy}} = \frac{\vec{d}}{t}$$

Considérons un cycliste qui s'engage dans un cul-de-sac, fait demi-tour et revient à son point de départ. Sa vitesse moyenne au sens commun est non-nulle, de l'ordre de 20 km/h. Par contre, son vecteur vitesse moyenne vaut zéro.

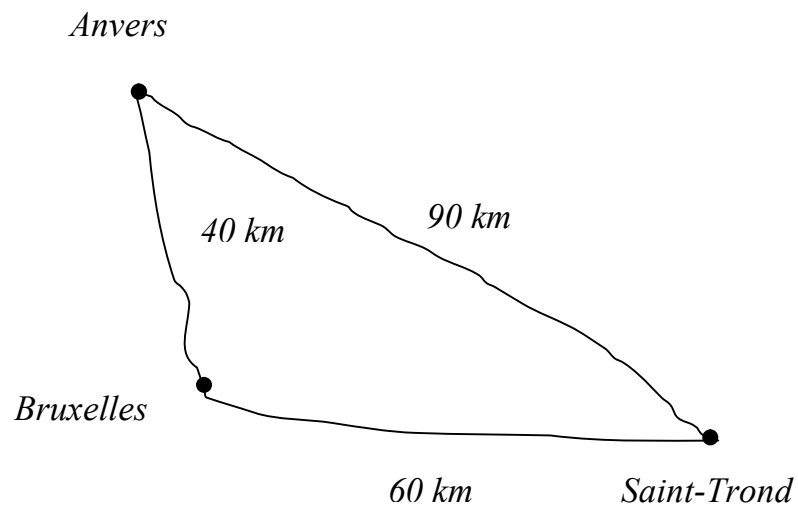
## 8. EXERCICES

1) Le professeur est assis à son bureau. Est-il au repos par rapport :

- à un repère terrestre ? (origine du système de référence à la surface de la Terre)
- à un repère lunaire ?
- au repère copernicien ? (origine du système de référence au centre du Soleil)

2) Deux passagers se trouvent vis-à-vis dans deux trains à quai. Un train démarre. Comment ces deux passagers peuvent-ils déterminer avec certitude le train qui quitte la gare ?

- 3) Une personne se meut en ligne droite. Elle avance de 70 m vers l'Est puis revient sur ses pas en parcourant 30 m vers l'Ouest. Représentez, à l'échelle, le déplacement de la personne dans le système de référence de votre choix. Calcule ensuite la distance parcourue et l'intensité du vecteur déplacement.
- 4) Répondez par Vrai ou Faux aux propositions suivantes :
- Un voyageur assis dans un train qui roule est en mouvement par rapport à un autre voyageur assis dans le compartiment voisin.
  - Un voyageur dans un train qui roule est en mouvement par rapport au référentiel Terre.
  - Un arbre au bord du chemin est en mouvement par rapport au voyageur assis dans un train qui roule.
  - Un voyageur assis dans un train qui est à l'arrêt en gare n'est pas en mouvement par rapport à la Lune.
  - Un voyageur assis voit le contrôleur venir vers lui, ce voyageur est donc en mouvement par rapport au référentiel constitué par le train.
  - Un contrôleur est assis dans le fourgon du train qui roule. Il n'est donc pas au repos par rapport au chef de gare assis dans son bureau à la gare.
- 5) Compare la longueur de la trajectoire et l'intensité du vecteur déplacement des itinéraires de deux représentants de commerce : Bruxelles - Anvers - S<sup>t</sup> Trond - Bruxelles et Bruxelles - Anvers - Bruxelles - S<sup>t</sup> Trond en te basant sur le schéma suivant. (on supposera que chaque étape s'effectue en ligne droite)



- 6) Transforme en km/h : 20 m/s, 45 m/s, 15 km/s, 50 m/h.
- 7) Transforme en m/s : 10km/h, 90 km/h, 125 km/h, 5 km/s, 10 m/min

- 8) Une mouche se déplace sur les bords du couvercle d'une boîte en carton de 20 cm de longueur par 15 cm de largeur. Elle part d'un coin, parcourt la longueur de la boîte (20 cm), puis la largeur (15 cm) et s'arrête. Quelle distance a-t-elle parcourue ? Détermine la grandeur et la direction du vecteur déplacement. Fais un dessin et places-y les distances parcourues et le vecteur déplacement.
- 9) Une particule revient à son point de départ après avoir parcouru un cercle de 10 mètres de rayon. Quelle est l'intensité du vecteur déplacement ? Quelle est la longueur de la trajectoire ?
- 10) Une voiture va de Québec à Chicoutimi (220 km) en 2 heures et demie et elle fait le voyage retour en 3 heures. Calcule la vitesse moyenne:
- à l'aller
  - au retour
  - pour le voyage entier
- 11) Calcule ta vitesse moyenne après avoir effectué le trajet suivant: 120 mètres à une vitesse de 1 m/s puis 150 mètres à une vitesse de 3 m/s. (Rép. : 1,59 m/s)
- 12) Un homme marche 30 m dans une direction puis 20 m dans une direction perpendiculaire. Que vaut l'intensité du vecteur déplacement ? (Rép. : 36 m)
- 13) Un kayak traverse un fleuve de 150 m de large perpendiculairement à la rive à la vitesse de 3 m/s. Le courant a une vitesse de 2 m/s. Calcule à quelle distance il sera de son point de départ lorsqu'il atteindra l'autre rive. (Rép. : 180,3 m)
- 14) Un rallye automobile de 600 km a été emporté par une équipe de deux conducteurs, chacun d'eux a tenu le volant pendant la moitié du trajet. Sachant que l'un avait une vitesse moyenne de 60 km/h et l'autre 20 km/h, quelle était leur vitesse moyenne globale ? (Rép. : 30 km/h)