

La relativité du mouvement

Pour améliorer sa technique et ses résultats, un sportif à l'entraînement doit analyser ses gestes et chronométrer la durée de ses efforts et de ses performances. La description des mouvements et le chronométrage dépendent de l'observateur. Ils nécessitent dans tous les cas de choisir un solide de référence.

1) Le temps : instant et durée :

→ activité 1 p 154 :

1) Mesure d'une durée :

Un phénomène se produisant à un instant donné constitue un événement. Ex : le départ d'une course est un événement.

A un événement particulier est associée une origine des instants t_0 :

Tout événement à dater depuis l'origine des instants correspond à un instant ultérieur t_f , avec $t_f > t_0$.

Une durée Δt est l'intervalle de temps qui s'écoule entre deux événements : $\Delta t = t_f - t_0 > 0$.

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

Remarque : l'unité légal de durée est la seconde (s).

Exemple En 2009, le Français Alain Bernard a battu le record mondial du 100 m nage libre en moins de 47 s, en parcourant une distance égale à 100 m entre l'instant $t_0 = 0\text{ s}$ associé au signal de départ, et l'instant $t_f = 46,94\text{ s}$ associé à l'arrivée du nageur. La durée Δt de la course était égale à $46,94 - 0 = 46,94\text{ s}$. La performance n'a toutefois pas été reconnue, car le sportif était équipé d'une combinaison non homologuée.

2) 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. 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.

Exemple Aux 100 m nage libre à Rome en 1960, 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. Depuis, le chronométrage s'effectue automatiquement avec une précision de $1/1\,000^{\text{e}}$ de seconde. On a pu ainsi mesurer les deux millièmes de seconde qui séparaient l'Américain McKee et le Suédois Larsson aux 400 m quatre nages en 1972, à Munich.

2) La relativité du mouvement :

1) Solide de référence et référentiel :

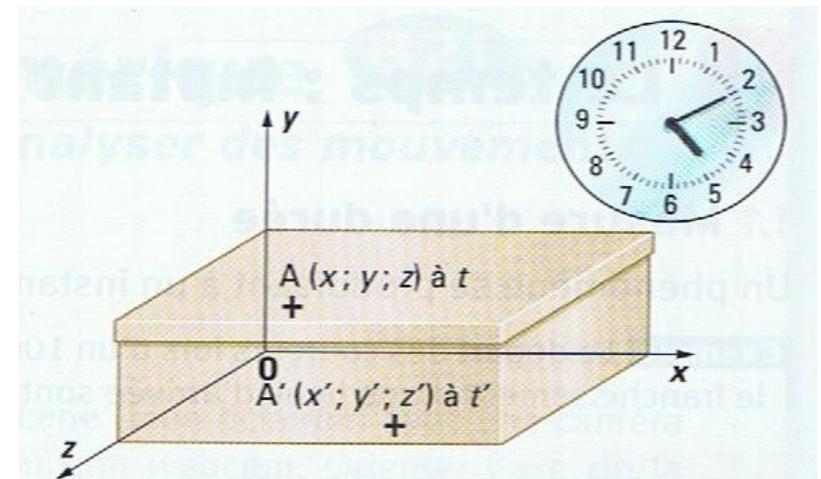
Le **ystème** est l'objet étudié, on étudie le mouvement d'un point particulier de cet objet.

Le mouvement d'un point est nécessairement décrit par rapport à un **solide de référence**.

Du point de vue de 2 solides de référence différents, un même point peut-être par exemple immobile ou bien en mvt : le mvt d'un point est **relatif** au solide de référence choisi.

Exemple Du point de vue d'un observateur immobile par rapport au sol, un point du cadre d'un vélo passant devant lui est en mouvement : la position de ce point varie au cours du temps par rapport à l'observateur. Ce même point du cadre du vélo est cependant immobile par rapport à tout autre point du cadre du vélo lui-même.

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. Toute personne ou objet fixe dans un référentiel fait partie de ce référentiel.



Doc. 7. Un coin d'une boîte à chaussures est un solide de référence muni de 3 axes (Ox), (Oy), (Oz), dont les directions sont définies par les arêtes du coin de la boîte. Un tel trièdre, associé à une horloge, constitue un référentiel. Un point A possède les coordonnées (x, y, z) à un instant donné t et les coordonnées (x', y', z') à un instant ultérieur t' .

2) Le référentiel terrestre :

Le référentiel le plus adapté pour décrire le mouvement d'un point sur la Terre est le référentiel terrestre.

Il est constitué d'un objet fixe par rapport à la Terre, le repère associé est fixe par rapport au sol.

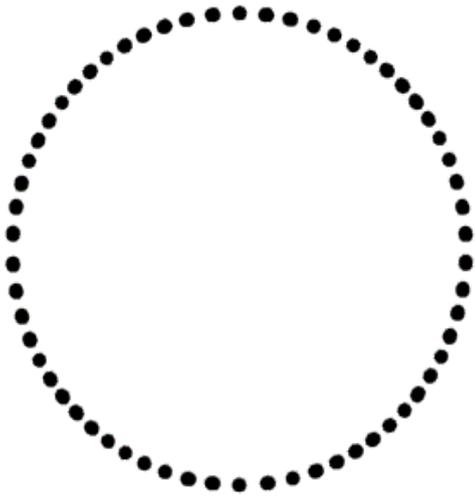
Exemple : une caméra posé sur un trépied fixe est un solide de référence d'un référentiel terrestre, mais ce n'est plus le cas si elle est embarquée à bord d'une voiture.

3) Trajectoire d'un point :

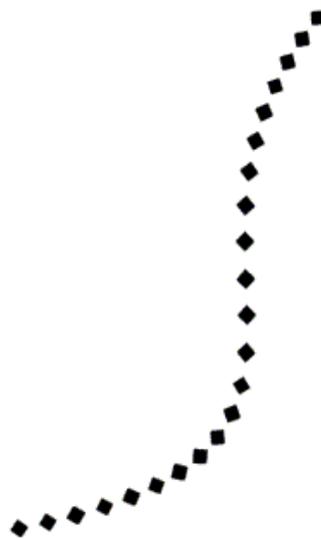
La **trajectoire d'un point** en mouvement dans un référentiel est la courbe qui relie les **positions successives de ce point au cours du temps**, dans ce référentiel.

Dans un référentiel, la trajectoire d'un point peut être :

- **rectiligne** (en ligne droite)
- **curviligne** (en forme de courbe)
 - **circulaire** (en cercle)



Trajectoire circulaire



Trajectoire curviligne



Trajectoire rectiligne

4) La vitesse d'un point :

1) Vitesse moyenne :

La **vitesse moyenne** d'un point en mvt dans un référentiel est le quotient de la distance d dans ce référentiel par la durée Δt du déplacement :

$$v = d/\Delta t$$

Avec v en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, d en m et Δt en s.

L'unité légale de vitesse est le **mètre par seconde** ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

Ex : En faisant une marche, Paul a parcouru 3 km en 40 min. Quelle est sa vitesse moyenne ?

$$3 \text{ km} = 3000 \text{ m} \quad 40 \text{ min} = 40 \cdot 60 = 2400 \text{ s}$$

$$v = d/t = 3000/2400 = 1,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Sa vitesse moyenne est de $1,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ soit $4,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

Remarque : Quand on indique une vitesse, il est indispensable de préciser par rapport à quel solide de référence on la mesure.

2) Vitesse instantanée

La vitesse instantanée est la vitesse d'un point à un instant précis ; elle est donnée dans un référentiel précis et dépend du choix de ce référentiel.

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

3) Évolution de la vitesse

Dans un référentiel donné, la vitesse d'un point évolue au cours du temps de 3 façons différentes. La vitesse d'un point peut-être :

- **uniforme** (la vitesse du point est constante, identique au cours du temps)
- **accélérée** (la vitesse du point augmente au cours du temps)
- **ralentie** ou **décélérée** (la vitesse du point diminue au cours du temps).

Ex : Lorsque qu'on lance un objet en l'air, sa trajectoire est parabolique, sa vitesse est ralentie lors de la face montante, puis accélérée lors de la face descendante.

