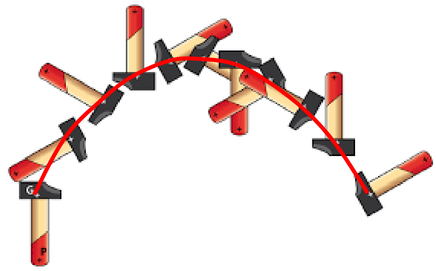
I Le déplacement d'un système

Pour décrire un mouvement, il faut préciser au préalable le système et le référentiel d'étude.

1) Le système

Le système est l'objet dont on étudie le mouvement. Pour simplifier l'étude, on modélise le système par un point de même masse, situé au centre de gravité de l'objet. C'est le modèle du point matériel.

Les différents points d'un système n'ont pas tous le même mouvement.
En réduisant le système à un point, certaines informations sont donc perdues.
Cela permet toutefois de décrire le déplacement global de l'objet.



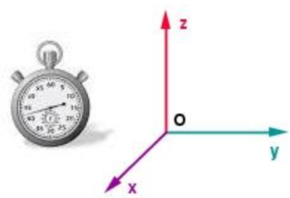
2) Le référentiel

Quel est le mouvement d'un passager ?
Il est possible d'apporter plusieurs réponses à la question, aussi valables les unes que les autres :
- ✓ Le passager est ***immobile*** par rapport au train.
- ✓ Le passager, même assis, est ***en mouvement*** par rapport à un observateur sur le quai.

Le mouvement d'un système ne peut être défini que par rapport à un point que l'on prend comme référence : le **référentiel**. La notion de mouvement est relative à l'objet par rapport auquel on l'étudie.

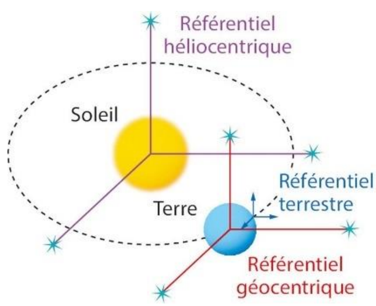
Un référentiel est un objet de référence par rapport auquel on étudie le mouvement du système.
On associe au référentiel un repère d'espace et un repère de temps.
La description du mouvement dépend du référentiel choisi.

- Le repère d'espace est constitué d'un point origine et de trois axes.
- Le repère de temps est constitué d'une horloge que tous les observateurs déclenchent en même temps.



Il existe des référentiels particuliers et « pratiques » :
- **Le référentiel terrestre** : il est constitué par n'importe quel objet de référence fixe par rapport à la Terre (salle de classe, laboratoire de physique, table immobile, …). C'est le référentiel adapté à l'étude des mouvements d'objets sur la Terre.

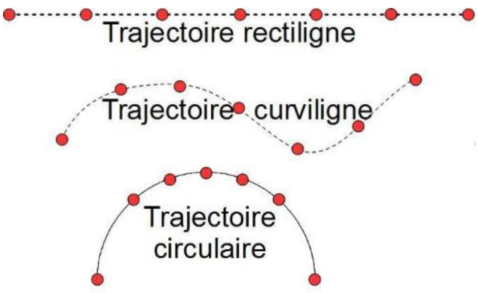
- **Le référentiel géocentrique** : C'est le référentiel lié au centre de la Terre, il est adapté à l'étude des mouvements de la Lune ou de satellites artificiels.



Le repère géocentrique se déplace avec la Terre, mais ne tourne pas avec elle.
Un objet fixe dans le référentiel terrestre aura un mouvement circulaire dans le référentiel géocentrique.

- **Le référentiel héliocentrique** : C'est le référentiel lié au centre du Soleil, il est adapté à l'étude des mouvements des planètes.

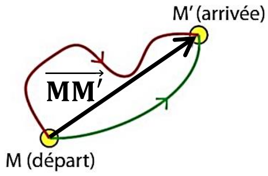
3) La trajectoire d'un point



La trajectoire d'un point est la courbe formée par les positions successives du point au cours du mouvement.

- Si la trajectoire est une **droite**, le mouvement est **rectiligne**.
- Si la trajectoire est un **cercle**, le mouvement est **circulaire**.
- Si la trajectoire n'est ni une droite ni un cercle, le mouvement est **curviligne**.

4) Vecteur déplacement

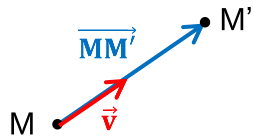


Quand un système se déplace entre deux positions M (départ) et M' (arrivée), on définit un **vecteur déplacement** noté $\overrightarrow{\mathbf{MM'}}$.
Le vecteur déplacement se représente par une flèche qui relie le point M au point M'.

Le vecteur déplacement définit **le plus court chemin** d'un point à un autre. Cependant, ce chemin n'est pas toujours celui suivi par le système.

II La vitesse d'un système

1) Vecteur vitesse moyenne



Dans un référentiel donné, le **vecteur vitesse moyenne** entre les positions M et M' correspond au rapport du vecteur déplacement $\overrightarrow{MM'}$ sur la durée Δt du parcours :

$$\boxed{\vec{v} = \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t}}$$

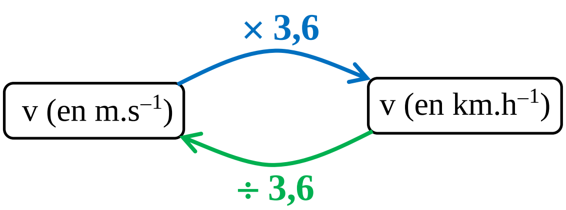
Le vecteur vitesse moyenne est indépendant de la trajectoire du système entre M et M'. Il a les caractéristiques suivantes :

- **Point d'application** : le point M
- **Direction** : la droite (MM')
- **Sens** : de M vers M' (dans le même sens que le vecteur déplacement $\overrightarrow{MM'}$)
- **Norme** : la vitesse moyenne se calcule par la formule :

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

MM' en mètre (m)
Δt en seconde (s)
v en mètre par seconde ($m.s^{-1}$)

Remarque : il est fréquent d'exprimer une vitesse en kilomètre par heure.



Exercices :

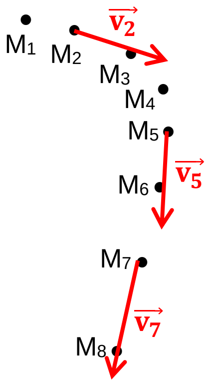
1) Un conducteur roule depuis 2 heures sur autoroute et a parcouru 240 km. Calculer la vitesse moyenne du conducteur, puis la convertir en $m.s^{-1}$.

$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{240}{2} = 120\ km.h^{-1}$ $\qquad v = \frac{120}{3{,}6} = \underline{33\ m.s^{-1}}$

2) Aux JO de Londres de 2012, Shelly-Ann Fraser-Pryce a gagné le 100 m en 10,75 s. Calculer la vitesse moyenne de l'athlète.

$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{100}{10{,}75} = \underline{9{,}30\ m.s^{-1}}$

2) Vecteur vitesse d'un point

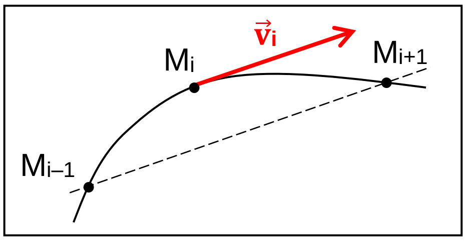


Au cours d'un mouvement, la vitesse peut évoluer en sens, en direction et en valeur. La notion de vitesse moyenne ne permet pas de le savoir.
On peut décomposer la trajectoire d'un point en une succession de positions M_1, M_2, … , M_{i-1}, M_i, M_{i+1}, …
Le **vecteur vitesse d'un point M_i** de la trajectoire est assimilé au vecteur vitesse moyenne entre deux points les plus proches possibles : le point M_{i-1} « juste avant M_i » et le point M_{i+1} « juste après M_i ». La durée entre deux points est constante sur une chronophotographie. On la note Δt. Entre les points M_{i-1} et M_{i+1}, il s'écoule la durée : **$2 \times \Delta t$**.

Le **vecteur vitesse $\vec{v}_i$ au point M_i** est défini par : $\boxed{\vec{v}_i = \dfrac{\overrightarrow{M_{i-1}M_{i+1}}}{2 \times \Delta t}}$

Ce vecteur vitesse a les caractéristiques suivantes :

- **Point d'application** : le point M_i
- **Direction** : la droite parallèle à $(M_{i-1}M_{i+1})$ et passant par M_i, il s'agit de la tangente à la trajectoire au point M_i.
- **Sens** : dans le sens du mouvement.
- **Norme** (longueur de la flèche en **cm**) : proportionnelle à la valeur de la vitesse (en **m.s^{-1}**). Il faut donc préciser une échelle.



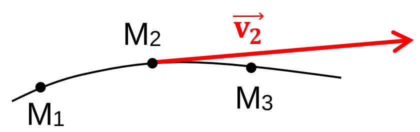
La **valeur de la vitesse au point M_i** se calcule par la formule : $\boxed{v_i = \dfrac{M_{i-1}M_{i+1}}{2 \times \Delta t}}$

Avec $M_{i-1}M_{i+1}$: longueur du segment $[M_{i-1}M_{i+1}]$

Fiche-méthode : comment tracer le vecteur vitesse $\vec{v_2}$ d'un point M_2 ?

Pour tracer le vecteur vitesse $\vec{v_2}$, il faut :

- Calculer la **valeur de la vitesse** $v_2 = \dfrac{M_1M_3}{2 \times \Delta t}$. Pour cela :
  - Mesurer la longueur du segment M_1M_3 en tenant compte de l'échelle des longueurs : M_1M_3 = 2,8 cm sur le schéma. M_1M_3 = 2,8 m dans la réalité.
  - En déduire la valeur de la vitesse v_2 :
    $v_2 = \dfrac{M_1M_3}{2 \times \Delta t} = \dfrac{2{,}8\ \text{m}}{2 \times 0{,}04\ \text{s}} = 35\ \text{m.s}^{-1}$



Δt = 0,04 s
1 cm sur le schéma représente 1 m
1 cm sur le schéma représente 10 m.s^{-1}

- Calculer la **longueur du vecteur** en tenant compte de l'échelle des vitesses. Ici, on trace un vecteur de $\dfrac{1 \times 35}{10}$ = 3,5 cm de longueur.

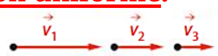
1 cm	10 m.s^{-1}
Longueur du vecteur	v_2 = 35 m.s^{-1}

- **Tracer le vecteur $\vec{v_2}$,** de la bonne longueur, en partant du point M_2 et parallèlement à (M_1M_3). Ne pas oublier de noter le nom du vecteur à côté de la flèche.

Dans le cas d'une trajectoire rectiligne, si le vecteur vitesse ne varie pas et reste constant, le mouvement est rectiligne uniforme.

En revanche, si le vecteur vitesse varie, le mouvement est rectiligne non uniforme.

- **Si la valeur de la vitesse diminue, le mouvement est ralenti.**



- **Si la valeur de la vitesse augmente, le mouvement est accéléré.**