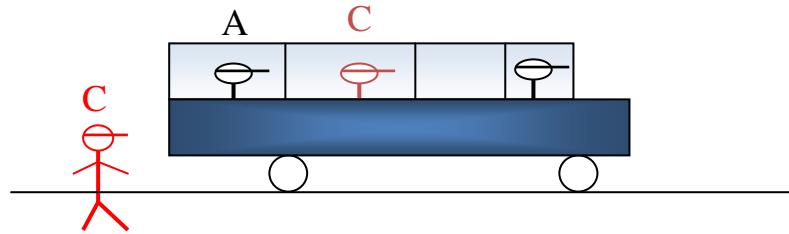


Unité 3 : le mouvement

الحركة

I. relativité de mouvement



Quel est le mouvement du passager A :

- par rapport à l'observateur B
- par rapport à l'observateur C
- le passager A est immobile par rapport à l'observateur B
- le passager A est en mouvement par rapport à l'observateur C.

La notion du mouvement est donc relative à l'objet par rapport auquel on l'étudie.

Les observateurs B et C s'appellent référentiel ou objet de référence.

1. Notion de référentiel

Un référentiel est un corps solide indéformable par rapport auquel on l'étudie le mouvement du système considéré.

Le système est un corps ou ensemble de corps indéformable choisi pour effectuer une étude particulière.

2. Repère d'espace

Pour déterminer la position d'un point mobile il faut choisir un repère orthonormé son origine O appartient au référentiel.

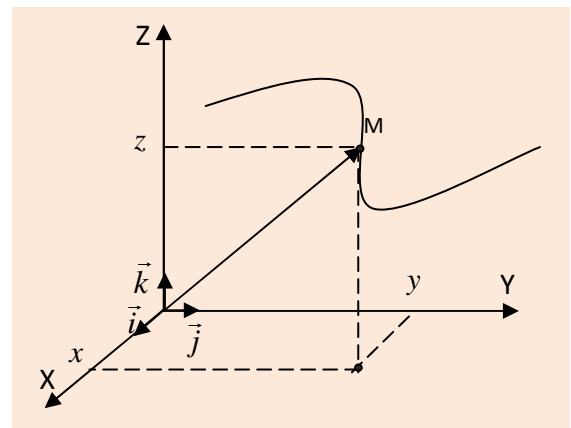
La position du point mobile à un instant t est donnée par le vecteur position $\overrightarrow{OM}$.

Pour déterminer la position du point suivant le repère $R(O; \vec{i}; \vec{j}; \vec{k})$ on trouve les coordonnées de le vecteur position $\overrightarrow{OM}$ suivant ce repère.

- En cas de mouvement tridimensionnel (à trois dimension) : on choisie un repère de trois axes orthonormés $R(O; \vec{i}; \vec{j}; \vec{k})$.

X : l'abscisse

Y : l'ordonnée



Z : la cote

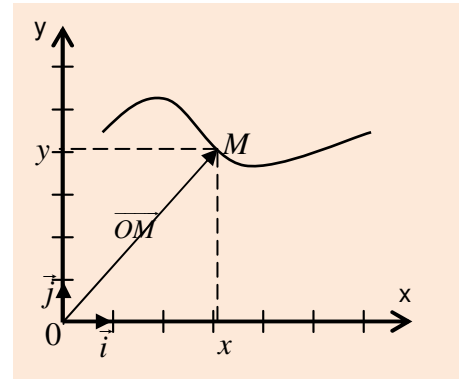
Vecteur position est : $\overrightarrow{OM} = x.\vec{i} + y.\vec{j} + z.\vec{k}$

La norme est : $OM = \|\overrightarrow{OM}\| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

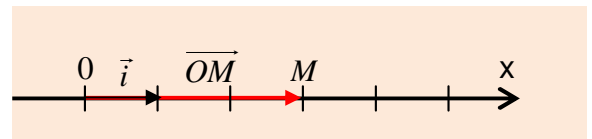
- En cas de mouvement au plan ou bidimensionnel (à deux dimension) : on choisi un repère à deux axes orthonormées $R(O; \vec{i}; \vec{j})$

Le vecteur position est : $\overrightarrow{OM} = x.\vec{i} + y.\vec{j}$

La norme est : $OM = \|\overrightarrow{OM}\| = \sqrt{x^2 + y^2}$



- En cas de mouvement rectiligne unidimensionnel : on choisie un repère d'un seul axe $R(O; \vec{i})$.



Vecteur position est : $\overrightarrow{OM} = x.\vec{i}$

3. Repère de temps

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

Pour cela, il faut une horloge et un instant origine (date $t=0$).

La valeur mesurée sur l'horloge à chacune des positions indique alors la date t correspondante.

Pour repérer un événement dans le temps, il faut choisir une horloge et origine des dates et un sens (de passer vers le futur).

4. Trajectoire

La trajectoire d'un point mobile est l'ensemble des positions successives occupées par ce point au cours du mouvement.

Rq : la trajectoire dépend du référentiel utilisé.

Types de trajectoire :

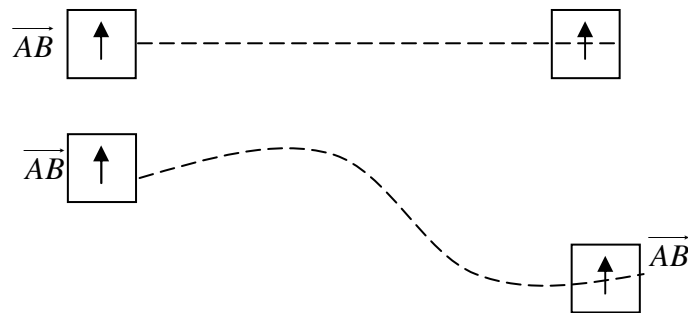
- Trajectoire rectiligne
- Trajectoire curviligne (cas particulière : trajectoire circulaire)

II. Vitesse d'un point du corps solide en mouvement de translation.

1. Définition de mouvement de translation

Un solide possède un mouvement de translation si tout segment du solide reste parallèle à lui-même au cours du mouvement.

Tous les points du solide en translation ont des trajectoires identiques et mêmes valeurs de vitesses.



2. Vitesse moyenne

Dans un référentiel choisi, la vitesse moyenne V_m d'un point mobile est le rapport entre la distance parcourue par le point mobile et la durée Δt du déplacement.

$$V_m = \frac{d}{\Delta t}$$

En S.I l'unité de vitesse est m/s.

On utilise aussi fréquemment le kilomètre par heure Km.h^{-1} .

$$1.\text{Km.h}^{-1} = \frac{1}{3,6}.\text{m.s}^{-1} \quad \text{et} \quad 1.\text{m.s}^{-1} = 3,6.\text{Km.h}^{-1}$$

Rq : la vitesse dépend de référentiel utilisé.

Exercices d'applications

Exercice 1 : au 2001, l'athlète hichame El guerrouj a couru le 1500 m en 3min26s. Quelle a été sa vitesse moyenne de cette course en m/s et en Km/h.

Exercice 2 : un train part de Safi à 15h20min pour Bengurir. Il roule à la vitesse moyenne de 90Km/h.

La distance Safi-Bengurir vaut 160Km.

Quelle heure le train arrivera-t-il à destination.

3. Vitesse instantanée

La vitesse instantanée est la vitesse d'un point mobile à un instant t donné.

Comment déterminer la vitesse instantanée expérimentalement.

On considère un mobile au point M_i à l'instant t_i .

Soient M_{i-1} et M_{i+1} deux point aussi proches que possibles de M_i et encadrant le point M_i .

Soient t_{i-1} et t_{i+1} respectivement les instants où le mobile se trouve aux points M_{i-1} et M_{i+1} .



La vitesse instantanée du point M_i , noté V_i ou $V(M_i)$ est définie par la relation d'approximation suivante :

$$V_i = \frac{\overline{M_{i-1}M_{i+1}}}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$

4. Vecteur vitesse instantanée.

a) Caractéristiques de vecteur vitesse instantanée.

Dans un repère, le vecteur vitesse instantanée, notée $\vec{V}_i$ ou $\vec{V}(M_i)$ du point mobile à l'instant t_i est défini par :

- Origine : la position M_i du mobile à l'instant t_i
- Sens : celui du mouvement
- Direction : la tangente à la trajectoire en M_i .
- Norme : la valeur V_i de la vitesse instantanée.

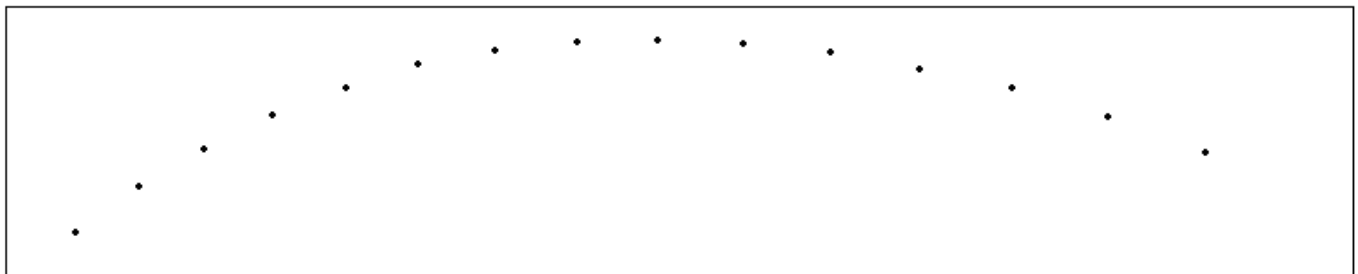
b) Représentation de vecteur vitesse instantanée.

➤ Cas de trajectoire curviligne.

On lance le mobile auto-porteur sur la table à coussin d'air horizontale et on enregistre le mouvement d'un point de celui-ci à intervalles de temps égaux à $\tau = 40\text{ms}$.

L'enregistrement obtenu est représenté sur le document ci contre.

Nous considérons que le premier point a été enregistré à un instant $t=0$



1. Calculer les vitesses instantanées V_2 , V_8 et V_{12} aux instants t_2 , t_8 et t_{12} .

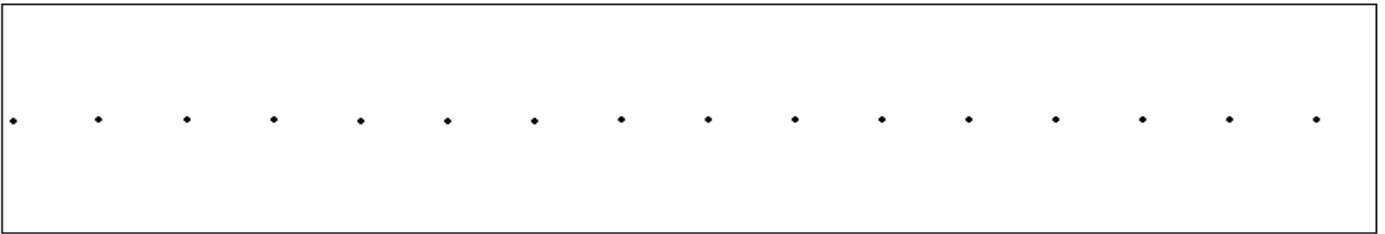
2. Tracer les vecteurs vitesses instantanées $\vec{V}_2$, $\vec{V}_8$ et $\vec{V}_{12}$

➤ En cas de mouvement rectiligne

On lance le mobile auto-porteur sur la table à coussin d'air horizontale et on enregistre le mouvement d'un point de celui-ci à intervalles de temps égaux à $\tau = 60\text{ms}$.

L'enregistrement obtenu est représenté sur le document ci contre.

Nous considérons que le premier point a été enregistré à un instant $t=0$



1. Calculer les vitesses instantanées V_4 et V_{10} aux instants t_4 et t_{10} .
2. Tracer les vecteurs vitesses instantanées $\vec{V}_4$ et $\vec{V}_{10}$
3. Déterminer la nature du mouvement ; justifier.

La nature du mouvement : les points de l'enregistrement sont alignés et la distance qui sépare deux points consécutifs est constante donc le mouvement est rectiligne uniforme.

Le mouvement est rectiligne uniforme car la trajectoire est une droite et la valeur de vitesse instantanée est constante au cours du mvt.

c) Dédution

- Si la direction de vecteur vitesse se change au cours de mouvement alors on dit que le mouvement est curviligne.
- Si la direction de vecteur vitesse reste le même au cours du mouvement, le mouvement est rectiligne
- Si le vecteur vitesse est constante alors on dit que le mvt est rectiligne uniforme.

III. Mouvement rectiligne uniforme

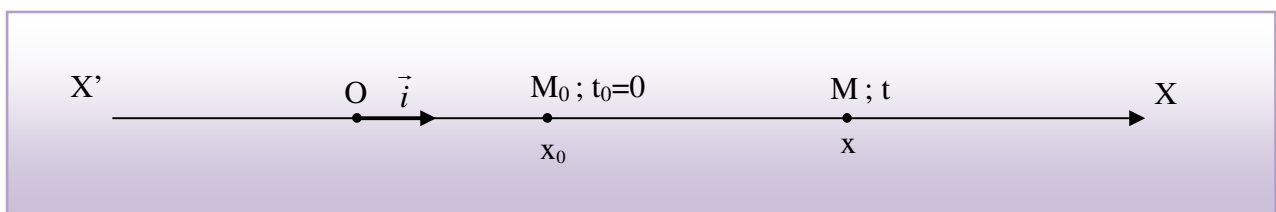
1. Définition

Le mouvement d'un point mobile dans un référentiel est dite rectiligne uniforme si son trajectoire est rectiligne et sa valeur de vitesse instantanée est constante.

2. Equation horaire

L'équation horaire permet de décrire le mouvement d'un point matériel dans le temps. C'est une relation entre l'espace et le temps qui permet de connaître toutes les positions du point mobile au cours du mouvement et vice versa.

On considère un axe $X'OX$ orienté de X' vers X (vers le sens du mouvement) son origine O est arbitraire et fixe.



$$V = \frac{x - x_0}{t - t_0} = \frac{x - x_0}{t} \quad \text{donc} \quad x - x_0 = V.t$$

Finalement, on trouve : $x = V.t + x_0$ cette équation s'appelle l'équation horaire

x_0 : Abscisse à l'origine de temps (à l'instant $t=0$)

En général ; l'équation horaire s'écrit sous la forme $x = \pm V.t + x_0$

Signe + si le sens de déplacement du mobile est le même que celui de l'axe de repère

Signe – si le mobile se déplace au sens contraire.

IV. Mouvement circulaire uniforme

1. Définition

Le mouvement d'un point mobile est dit circulaire uniforme si la trajectoire est circulaire (forme de cercle) et la valeur de la vitesse instantanée est constante.

2. Vitesse angulaire

La vitesse angulaire est la vitesse de rotation d'un point.

Soit un point M décrivant une trajectoire circulaire de rayon R. le vecteur position $\overrightarrow{OM}$ du point balaie un

angle θ pendant la durée Δt . La vitesse angulaire moyenne est : $\omega = \frac{\theta}{\Delta t}$

$$\begin{cases} \theta & \text{en radian (rad)} \\ \Delta t & \text{en seconde} \\ \omega & \text{en rad.s}^{-1} \end{cases}$$

Le rayon R est la norme du vecteur position.

Rappels : $180^\circ = \pi$ rad et $360^\circ = 2\pi$ rad

Lien entre longueur de l'arc et l'angle de rotation

$$\ell = R.\theta \quad \begin{cases} \ell & \text{est la longueur de l'arc en m} \\ R & \text{le rayon en mètres} \\ \theta & \text{est l'angle de rotation en rad} \end{cases}$$

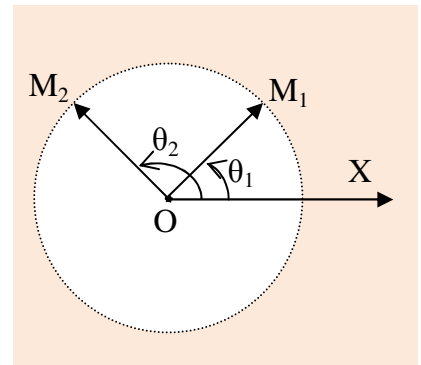
Lien entre vitesse instantanée et vitesse angulaire

La relation entre vitesse instantanée et vitesse angulaire est donnée par :

$$V = R\omega \quad \begin{cases} V & \text{est la vitesse instantanée en m.s}^{-1} \\ R & \text{est la distance entre le point et l'axe de rotation en mètres} \\ \omega & \text{est la vitesse angulaire en rad.s}^{-1} \end{cases}$$

3. Période et Fréquence

- Période T : est la durée pour effectuer un tour complet de la trajectoire circulaire à vitesse constante.



L'unité de période en S.I est la seconde : s

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

- Fréquence f : est le nombre des tours complets dans une seconde.

L'unité de fréquence est Hertz ; Hz (1Hz correspond un tour dans une seconde)

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{ou} \quad f = \frac{\omega}{2\pi}$$

Exercices d'applications.

Exercice 1 : le plateau d'un tourne-disque a un diamètre d=30,0 cm et tourne à 33,3 tours/min.

1. Quelle est la nature du mouvement d'un point du plateau dans le référentiel terrestre.
2. Quelle est la vitesse angulaire du plateau dans le référentiel terrestre.
3. Quelle est la vitesse linéaire d'un point de la périphérie du plateau dans le référentiel terrestre.
4. Quelle est la distance parcourue par un point de la périphérie du plateau en 5 minutes.

Exercice 2 : à l'instant t=0s, un coureur 1 part de A (prendre A pour origine de repère d'espace) et court à la vitesse constante de 5m/s. au même instant, un coureur 2 part de B, situé 100 m devant A et court à la vitesse de 2,5m/s.

1. Ecrire l'équation horaire du mouvement de chaque coureur.
2. Au bout de combien de temps et à quelle distance de l'origine, le coureur 1 rattrape-t-il le coureur 2.
Faire la résolution graphiquement puis algébriquement.

Exercice 3 : une voiture (V1) initialement au point A se dirige vers la droite avec une vitesse constante de 100 Km/h. Partant du point B, une autre voiture (V2), initialement au repos, se dirige vers la gauche avec une vitesse constante de 80km/h.

Les voitures A et B sont séparés par une distance de 50Km.

Prendre comme repère d'espace l'axe qui dirige vers la droite et d'origine coïncide avec le point A de départ de la voiture (V1)

1. Ecrire l'équation horaire du mouvement de chaque voiture.
2. Déterminer algébriquement et graphiquement l'abscisse de la position et la date de croisement de deux voitures.