

CHAPITRE 3: le mouvement

الحركة

Situation de départ

Peut-on dire d'une façon absolue que ce train est en mouvement?
comment on calcul sa vitesse



I- Relativité du mouvement

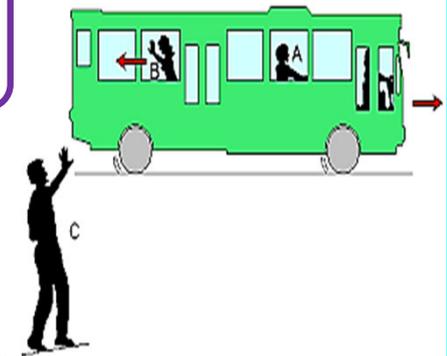
1 – le référentiel

1-1 Activité documentaire

On constate à travers des exemples rencontrés quotidiennement que la description du mouvement d'un corps dépend de l'observateur : **Que faut-il donc définir avant d'étudier le mouvement ou le repos ?**

On considère un bus qui roule lentement en ville

- La personne (A) est assise à l'avant du bus
- La personne (B) est montée dans le bus et s'est dirigée vers un siège se trouve à l'arrière du bus
- La personne (C) est au bord de la route



A partir de ces trois situations, compléter le tableau suivant par : Immobilé ou En mouvement :

Objets	A	B	C
Par rapport à A	<i>immobile</i>	<i>en mouvement</i>	<i>en mouvement</i>
Par rapport à C	<i>en mouvement</i>	<i>en mouvement</i>	<i>immobile</i>
Par rapport au Bus	<i>immobile</i>	<i>en mouvement</i>	<i>en mouvement</i>

1-2 Conclusion

Le mouvement est **relatif** c'est-à-dire qu'il dépend de **référentiel** choisi, autrement dit les corps ne se déplacent que par rapport à d'autres **corps**, donc pour étudier le mouvement d'un corps on **doit choisir un référentiel**, puis un **repère d'espace** et un **repère de temps** liés à ce référentiel

Remarque.

- 🔔 Un référentiel est un ou plusieurs corps solides indéformables par rapport auquel on étudie le mouvement d'un objet

Exemples :

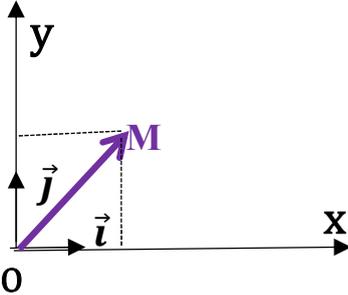
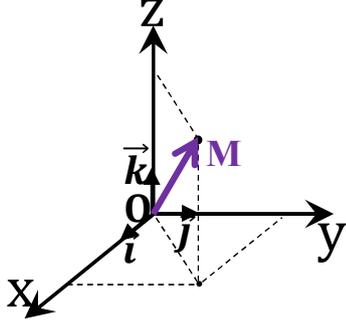
	Corps de référence	Intérêt
Référentiel terrestre	La surface de la terre ou tout objet fixe sur terre	Description simple des mouvements sur la terre
Référence géocentrique	Le centre de la terre	Description simple des mouvements des satellites

2– Repérage du mouvement

Pour décrire avec précision le mouvement d'un point il faut déterminer un **repère d'espace** et un **repère de temps**.

1-1 Repère d'espace

Pour repérer la position d'un point M du mobile on choisi un **repère d'espace lié au référentiel**, et on repère les positions de M par un **vecteur \vec{OM}** appelé **vecteur position**

Type de mvt	Mvt rectiligne	Mvt dans un plans	Mvt dans l'espace
Types de repères	 Mouvement d'un ascenseur 	 Mouvement d'une Boule de billard 	 Mouvement D'un avion 
Vecteur position	$\vec{OM} = x \vec{i}$	$\vec{OM} = x \vec{i} + y \vec{j}$	$\vec{OM} = x \vec{i} + y \vec{j} + z \vec{k}$
Module de Vecteur position	$\ \vec{OM}\ = \sqrt{x^2}$	$\ \vec{OM}\ = \sqrt{x^2 + y^2}$	$\ \vec{OM}\ = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

- x , y et z sont les **coordonnées** du vecteur position dans le repère \mathcal{R} orthonormé.
- Lorsque le point M se déplace, les coordonnées (x, y, z) **varient avec le temps**.

1-2 Repère de temps

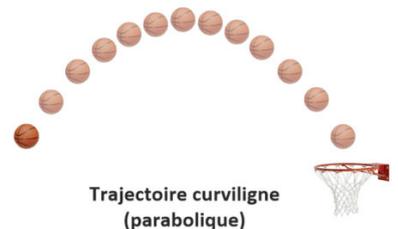
Connaitre la position du point M n'est pas suffisant, car il faut également savoir **quand** ce point a occupé cette position. Pour cela on doit définir un **repère de temps** qu'est constitué d'une **origine** fixée par l'observateur, c'est l'instant $t = 0$ et un sens positif orienté du passé vers l'avenir

Remarques

- 🔔 L'unité du temps dans le SI est **la seconde (s)**
- 🔔 La durée Δt est l'intervalle de temps entre le début et la fin d'un événement (elle est toujours positive) : $\Delta t = t_f - t_i$

3- La trajectoire

La trajectoire est l'ensemble des **positions successives** occupées par le point mobile au cours du mouvement. Elle peut être **rectiligne**, **curviligne** ou bien **circulaire**. Comme le mouvement la trajectoire formée Par un point est aussi relative càd elle dépend de référentiel choisi



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

1 - Vitesse moyenne

La vitesse moyenne d'un point mobile est définie par :

$$v_m = \frac{d}{\Delta t} \quad \text{Avec :}$$

d : la distance parcourue (m)

Δt : la durée du parcours (s)

v_m : la vitesse moyenne ($m \cdot s^{-1}$)

Remarque .:

🔔 On peut utiliser aussi une autre unité de vitesse, c'est $Km.h^{-1}$, tel que : $1 m.s^{-1} = 3.6 km.h^{-1}$

2 – La vitesse instantanée

2-1 Définition

La vitesse **instantanée** d'un point M est sa **vitesse à l'instant t** , elle est noté $v(t)$

2-2 Vecteur vitesse instantanée

Les caractéristiques du vecteur vitesse instantanée au point M sont :

- ❖ **Origine** : le point M
- ❖ **Direction** : la droite **tangente** à la **trajectoire en ce point**
- ❖ **Sens** : sens du mouvement
- ❖ **Valeur** : la vitesse instantanée $\|\vec{v}(t)\| = v(t)$

Remarque .:

🔔 Pour déterminer à partir d'un enregistrement la vitesse instantanée v_i d'un point M_i à l'instant t_i , on calcule la vitesse moyenne de ce point entre deux instants t_{i-1} et t_{i+1} très proches encadrant l'instant t_i :

$$v_i = \frac{M_{i+1}M_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}} = \frac{M_{i+1}M_{i-1}}{2\tau}$$

τ : est la durée qui sépare deux positions successives de l'enregistrement ($t_{i+1} - t_{i-1} = 2\tau$)

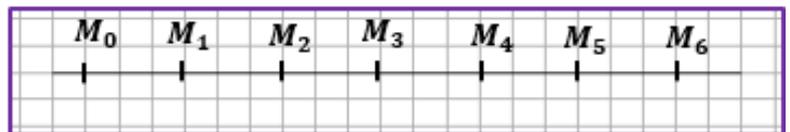
2-3 Représentation de vecteur vitesse instantanée \vec{v}_i

Pour représenter le vecteur vitesse instantanée \vec{v}_i on exploite ses caractéristiques

❑ Application 1 :

on considère l'enregistrement des positions d'un mobile (M) sachant que $\tau = 10ms$ et

l'échelle : $1div \rightarrow 3cm$



- 1 Trouver les caractéristiques de vecteur vitesse \vec{V}_1 (à la position M_1) et représenter

le sur l'enregistrement avec une échelle de votre choix

- 2 Calculer la vitesse moyenne v_m pour le trajet $A_1 A_5$.

❑ correction :

1	Origine	
	Direction	
	Sens	
	Valeur	

2

III-Mouvement rectiligne uniforme - équation horaire

1 – Activité expérimentale

- **Matériel** : Table à coussin d'air et ses accessoires.
- **Manipulation** :

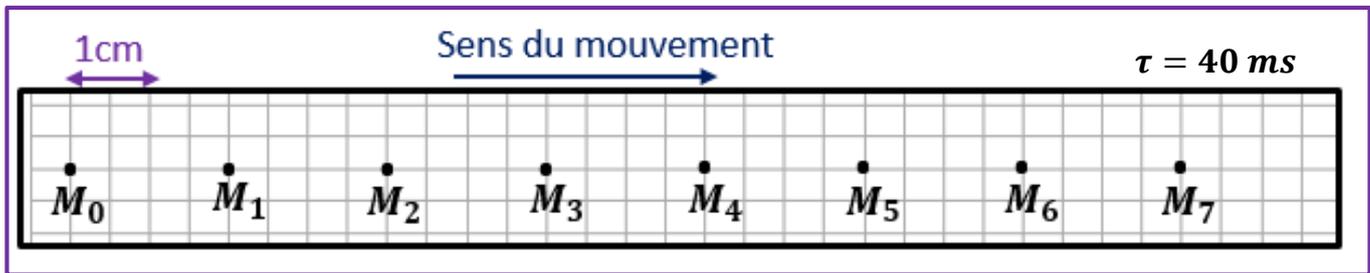
On règle l'horizontalité de la table.

On lance l'autoporteur et on enregistre les positions de l'éclateur central M .

L'enregistrement obtenu ressemble à celui donné sur le schéma suivant avec $\tau = 40 ms$.



τ : La durée entre deux instants d'enregistrement de deux points successifs.



① Comparer les distances parcourues pendant la même durée. Quelle est la nature du mouvement
 Les distances parcourues pendant la même durée sont égales (en chaque $\tau=40\text{ms}$: M parcourt 2cm) donc le mouvement est rectiligne uniforme

② En utilisant la relation suivante $v_i = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{2\tau}$, calculer le module du vecteur vitesse de l'éclateur central aux points M_3 et M_5 . Conclure

On a $V_i = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{2\tau}$ càd $V_3 = \frac{M_2M_4}{2\tau} = \frac{4 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 40 \cdot 10^{-3}} = 0,5\text{m/s}$

Et $V_5 = \frac{M_4M_6}{2\tau} = \frac{4 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 40 \cdot 10^{-3}} = 0,5\text{m/s}$

On conclue que pour un mvt rectiligne uniforme le module de vitesse instantanée ne varie pas

③ Représenter sur l'enregistrement les vecteurs vitesses \vec{v}_3 et \vec{v}_5 . Ce vecteur est-il constant ou variable ?

(voir l'enregistrement.) ; puisque le vecteur vitesse ne change ni de module ni de direction ni de sens ; il est alors constant .

④ On choisit le point M_0 comme origines des abscisses et l'instant d'enregistrement du point M_2 comme origine des temps. En exploitant l'enregistrement précédent, noter les abscisses de l'éclateur central de l'autoporteur et les instants correspondantes. Regrouper les résultats dans le tableau suivant :

Positions	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6
Abscisses $x(\text{m})$	0	$2 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$10 \cdot 10^{-2}$	$12 \cdot 10^{-2}$
Instants $t(\text{s})$	$-8 \cdot 10^{-2}$	$-4 \cdot 10^{-2}$	0	$4 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$12 \cdot 10^{-2}$	$16 \cdot 10^{-2}$

⑤ Tracer dans un papier millimètre la courbe $x = f(t)$.

⑥ Quelle est la nature de cette courbe ?

C'est une droite qui ne passe pas par l'origine (fonction affine)

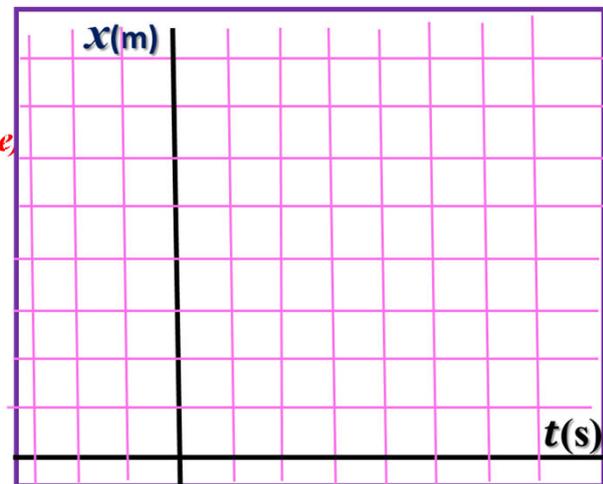
⑦ Ecrire l'équation de cette courbe en précisant les unités des grandeurs utilisées.

$x(t) = at+b$; cherchons a et b

○ La pente $a = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{12 \cdot 10^{-2} - 8 \cdot 10^{-2}}{16 \cdot 10^{-2} - 8 \cdot 10^{-2}} = 0,5\text{m/s}$

○ $x(0) = a \times 0 + b = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$;

donc $b = x_0 = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ (c'est la position de M à $t=0\text{s}$)



⑧ Comparer la valeur et l'unité de la pente de la courbe à celles de la vitesse de l'éclateur central. Que conclure ?

La pente et la vitesse ont même valeur et même unité. On conclut que $a = v$.

9 En inversant le sens de l'axe (Ox), quel changement subira le coefficient directeur de la courbe ? donner sa nouvelle valeur.

La courbe deviendra décroissante, alors son coefficient directeur sera négatif : $a' = -0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

10 Proposer une écriture de l'équation de la courbe appelée l'équation horaire du mouvement.

$x(t) = v_x \cdot t + x_0$ avec $v_x = +v$ si le mobile se déplace dans le sens positif ; et $v_x = -v$ si le mobile se déplace dans le sens négatif.

2 – Définition

Un solide est en **mouvement rectiligne uniforme** si et seulement si le vecteur vitesse est **constant** $\vec{V} = \vec{cté}$ (garde la même direction, le même sens et la même norme) au cours du mouvement, et la **trajectoire est rectiligne**

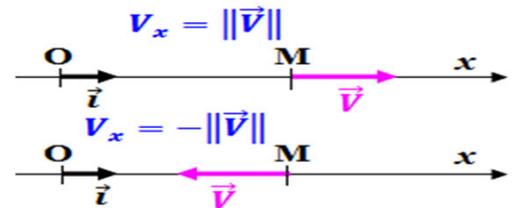
2 – Equation horaire du mouvement rectiligne uniforme

L'équation horaire de mouvement rectiligne uniforme s'écrit sous la forme :

$$x(t) = v_x t + x_0$$

Avec :

- $x(t)$: l'abscisse du point mobile à l'instant t
- x_0 : l'abscisse du mobile à l'origine du temps $t_0 = 0$
- V_x : coordonnée du vecteur vitesse instantanée dans le repère d'espace (O, \vec{i}) c-à-d $\vec{V} = V_x \vec{i}$ avec $V_x = \pm \|\vec{V}\|$.



IV-Mouvement circulaire uniforme

1 – Activité expérimentale

Quelles sont les caractéristiques du mouvement circulaire uniforme ?

- **Matériel** : Table à coussin d'air et ses accessoires.
- **Manipulation** :

On règle l'horizontalité de la table.

On relie l'autoporteur à l'aide d'un fil à un point fixe et on lance l'autoporteur (dans une direction perpendiculaire au fil) et on enregistre les positions de l'éclateur central P. L'enregistrement obtenu ressemble à celui reproduit sur le schéma 1 avec $\tau = 40 \text{ ms}$. L'enregistrement est réduit à 1/4 de la taille réelle.

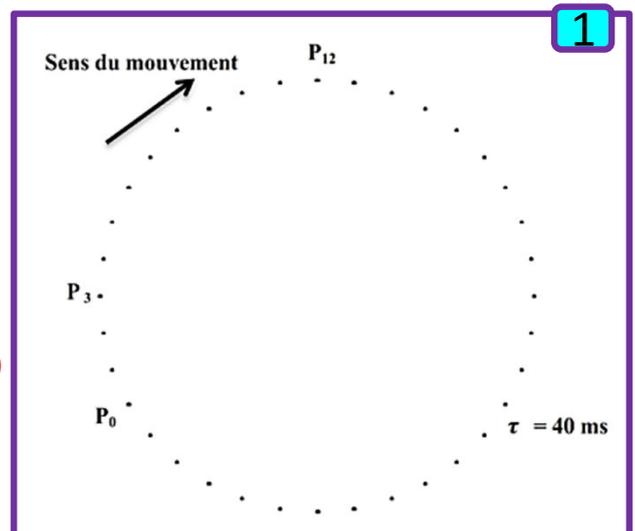
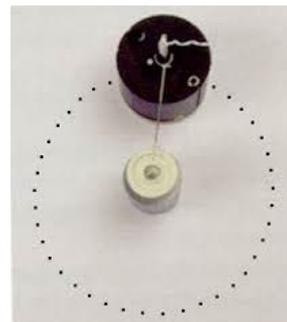
1 S'assurer que la trajectoire de P est bien circulaire.

Oui ; elle est circulaire car tous les points sont situés à la même Distance par rapport à O cette distance est le rayon de trajectoire ($R = \dots \text{cm}$)

2 Comparer les distances parcourues pendant la même Durée . Quelle est la nature du mouvement.

Les distances parcourues pendant la même durée sont égales (en chaque $\tau = 40 \text{ ms}$: M parcourt cm) donc le mouvement est circulaire uniforme

3 Calculer le module du vecteur vitesse de l'éclateur central aux points P_3 et P_{12} . conclure.



4 Représenter sur l'enregistrement les vecteurs vitesses \vec{v}_3 et \vec{v}_{12} . Ce vecteur est-il constant ou variable ?

(voir figure) même si le module vitesse ne change pas ;le vecteur vitesse n'est constant car il change la direction est le sens

2 – Définition

Un point M est en mouvement circulaire uniforme si sa trajectoire est un cercle ou une portion d'un cercle et sa vitesse instantanée est constante $v = ct$

3 – Vecteur vitesse instantanée

Les caractéristiques du vecteur vitesse instantanée à une position M_i donnée instant sont :

- ❖ Origine : le point M_i
- ❖ Direction : tangente à la trajectoire.
- ❖ Sens : sens du mouvement.
- ❖ Module : $v_i = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{2\tau} \approx \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{2\tau}$

4 – Propriétés du mouvement circulaire uniforme

- Pour un mouvement circulaire uniforme c'est le module de vecteur Vitesse instantanée qui est constant non pas le vecteur car Au cours de mouvement circulaire uniforme la direction et le sens de ce vecteur Varient .
- Ce type de mouvement se caractérise aussi par :

- La période T : c'est la durée nécessaire pour que le mobile accomplit un tour. Son unité est la seconde (s) elle liée à la vitesse de mobile v par la relation s :

$$T = \frac{2\pi R}{v}$$

Avec : R : le rayon de la trajectoire.

- La fréquence N ou f c'est le nombre de tours effectués par le mobile dans une seconde par unité de temps (la seconde) son unité est le Hertz (Hz) elle s'exprime en fonction de la période par la relation :

$$N = \frac{1}{T}$$

□ Application 2 :

Calculer la période et la fréquence caractérisant le mouvement Circulaire uniforme de l'enregistrement de l'activité expérimentale précédente

.....
.....
.....

Exercice 1

L'équation horaire



L'équation horaire d'un mobile ponctuel en mouvement est : $x = -2t + 3$, avec t en (s) et x en (m).

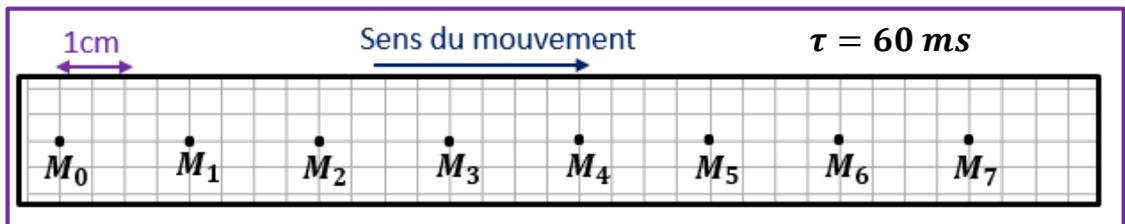
- 1 Quelle est la nature du mouvement ?
- 2 A quelle instant le mobile se trouve à l'abscisse $x = 0$, et $x = 0,5$.
- 3 Quelles sont les abscisses du mobile à $t=0$ et $t=2s$.

Exercice 2

Exploitation d'un enregistrement



On lance un autoporteur sur une table horizontale et on enregistre les positions de son éclateur central M pendant des durées successives et égales $\tau = 60$ ms. L'enregistrement obtenu est donné par la figure suivante:



- 1 Déterminer en justifiant votre réponse, la nature de la trajectoire du point M
- 2 Calculer la vitesse moyenne du point M entre les positions M_2 et M_6 en $m.s^{-1}$ et puis en $km.h^{-1}$
- 3 Calculer les vitesses instantanées du point M aux positions M_2 et M_4
- 4 Représenter sur la figure ci-dessus, le vecteur vitesse instantanée \vec{v}_4 à la position M_4
- 5 Quelle est la nature du mouvement du point M ? Justifier votre réponse
- 6 On choisit le point M_0 comme origine du repère d'espace et l'instant d'enregistrement du point M_3 comme origine des temps ($t = 0$), déterminer l'équation horaire de mouvement du point M

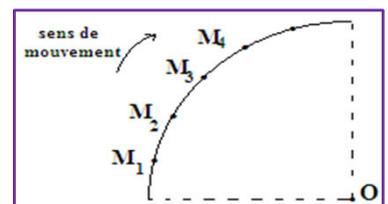
Exercice 3

Mouvement circulaire



Donner les caractéristiques du vecteur vitesse instantanée \vec{v}_4 à la position M_4 , et tracer qualitativement ce vecteur sur l'enregistrement ci-contre

- L'origine :
- La direction :
- Le sens :



Exercice 4

Exploitation d'un graphe



Deux solides (S) et (S') ponctuels se déplacent sur l'axe (Ox) selon une trajectoire rectiligne. Le graphe suivant représente la variation de x en fonction du temps t de chaque solide.

- 1 Retrouver x_0 la position du à l'origine des dates de chaque mobile.
- 2 Donner la vitesse de chaque solide. Conclure.
- 3 Donner la nature de déplacement du solide (S).
- 4 Déterminer graphiquement la date quand les deux mobiles se rencontrent
- 5 Donner $x(t)$ et $x'(t)$ les équations horaires du mouvement de chaque mobile.
- 6 A l'aide des équations horaires du mouvement, vérifier la réponse de la question 4.

