

TP PHYSIQUE 2.

ETUDE DE L'ENREGISTREMENT D'UN MOUVEMENT VECTEUR VITESSE INSTANTANEE D'UN MOBILE.

1°) DISPOSITIF EXPERIMENTAL.

1.1°) Décrire le dispositif.

Une feuille de papier spécial conducteur est disposée sur la table. Elle est elle-même recouverte d'une feuille de papier blanc ordinaire. Chacun des deux mobiles est relié à une borne d'un générateur d'impulsions électriques de haute tension (10 kV). Seul un des mobiles est en mouvement. L'autre, immobile, sert uniquement à fermer le circuit électrique; son coussin d'air n'est pas en service.

A chaque impulsion, une étincelle éclate entre l'électrode placée sous la semelle du mobile étudié et la feuille conductrice; la feuille blanche se trouve noircie à l'endroit de l'étincelle. Les impulsions sont séparées par des durées τ égales (20 ms, 40 ms ou 60 ms).

1.2°) Quel est le référentiel le plus adapté à l'étude du mouvement des points ?



2. NOTION DE VITESSE.

2.1. DEUX SORTES DE VITESSE

Dans la vie, la vitesse est une notion qui nous est familière, nous faut distinguer deux notions de vitesse. L'automobiliste a parcouru 120 km en 2h sur une route nationale est fier d'annoncer qu'il a réalisé une "moyenne" de 60 km/h. Mais le gendarme semble indiquer qu'il a dépassé la vitesse limite autorisée.

Ainsi, l'automobiliste n'a pas distingué deux grandeurs physiques: la *vitesse moyenne* et la *vitesse instantanée*.



Les ordres de grandeur de quelques vitesses.

Lumière	300 000 km/s
Terre autour du Soleil	108 000 km/h
Cosmonautes en orbite	20 000 km/h
Concorde	2 500 km/h (700 m/s)
Le son	1 200 km/h (330 m/s)
Airbus	1 000 km/h (260 m/s)
Le TGV	515,3 km/h
Formule 1	300 km/h (85 m/s)
Faucon en piqué	290 km/h
Le guépard	100 km/h
Cheval au galop	70 km/h
Coureur de 100 mètres	36 km/h (9,85 m/s)
Coureur marathon	20 km/h (5,8 m/s)
Tortue	36 m/h
Escargot	4 m/h

2.2. DEFINITION.

La *vitesse moyenne* d'un mobile est le quotient de la distance d du chemin parcouru par la durée t du trajet.

$$v = \frac{d}{t}$$

(Unités: m/s, m, s)

La *vitesse instantanée* est une grandeur physique connue à un instant donné du trajet du mobile. En général, le compteur à aiguille du tableau de bord d'un véhicule permet de connaître cette grandeur.

On peut évaluer la vitesse instantanée $v(t_2)$ d'un point mobile à la date t_2 en calculant la vitesse moyenne de ce mobile entre deux dates t_1 et t_3 aussi proches que possible et encadrant la date t_2 :

$$v(t_2) = \frac{P_3 P_1}{t_3 - t_1} = \frac{P_3 P_1}{2\tau}$$

avec 2τ la durée du parcours P_1 et P_3 .

P_1 et P_3 représentent les positions du point mobile aux instants t_1 et t_3 .

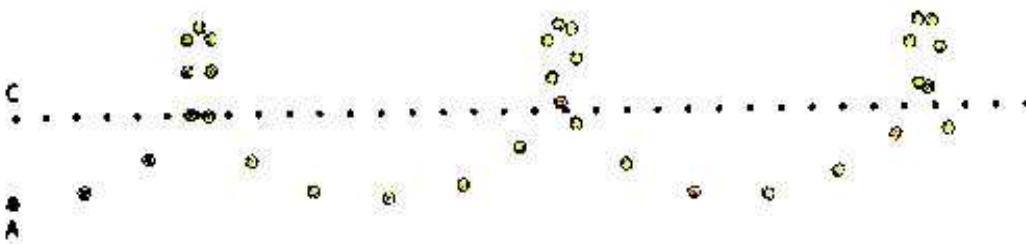


3°) PROTOCOLE EXPERIMENTAL.

Placer le mobile utilisé sur la feuille blanche de papier blanc. Avant chaque enregistrement, mettre en marche la pompe alimentant son coussin d'air. Choisir la durée τ et noter sa valeur.

Nous allons effectuer plusieurs observations à partir d'un seul enregistrement: la table est horizontale et on lance le mobile autoporteur en le faisant tourner sur lui-même et on enregistre les mouvements de l'éclateur central A et d'un éclateur latéral B.

$\tau = 20 \text{ ms}$



4°) LES ENREGISTREMENTS.

L'ENREGISTREMENT N°1: Mouvement du point A.

Noter les différentes positions successives occupées par le point A: A_1, A_2, A_3, \dots , etc....

Compléter le tableau suivant:

i	5	9	12	18	27	35	42	50
d(A_{i-1} A_{i+1}) (m)								
v_{Ai} (m.s⁻¹)								

L'ENREGISTREMENT N°2: Mouvement du point B.

Noter les différentes positions successives occupées par le point B: B_1, B_2, B_3, \dots , etc....

Compléter le tableau suivant:

i	5	37	48
d(B_{i-1} B_{i+1}) (m)			
v_{Bi} (m.s⁻¹)			

5°) EXPLOITATION N°1.

L'ENREGISTREMENT N°1: Mouvement du point A.

5.1°) Comment peut-on qualifier le mouvement du point A ?

Le point A a un mouvement de translation rectiligne uniforme: les points pris à intervalles de temps réguliers, sont régulièrement espacés sur le tracé. Conséquence, les vitesses instantanées sont égales.

5.2°) Calculer la vitesse moyenne sur la trajectoire rectiligne.

Pour une plus grande précision, on calcule la vitesse sur la plus grande distance possible:

$$v_{\text{moyenne}} = \frac{A_0 A_{55}}{t_{55} - t_0} = \frac{A_0 A_{55}}{55 \tau} =$$

L'ENREGISTREMENT N°2: Mouvement du point B.

5.3°) Comment peut-on qualifier le mouvement du point B ?

Le point B a un mouvement curviligne où la vitesse varie (augmente, diminue...)

5.4°) Calculer la vitesse moyenne sur la trajectoire curviligne.

On mesure les distances entre deux points proches et on additionne pour obtenir la distance totale parcourue:

$$v_{\text{moyenne}} = \frac{B_0 B_{55}}{t_{55} - t_0} = \frac{B_0 B_1 + B_1 B_2 + B_2 B_3 + B_3 B_4 + B_4 B_5 + \dots + B_{54} B_{55}}{55 \tau} =$$

CONCLUSION.

Les autres points du solide ont également un mouvement curviligne quelconque mais d'amplitude plus petite.

Seul le point A a un mouvement de translation plus simple que les autres.

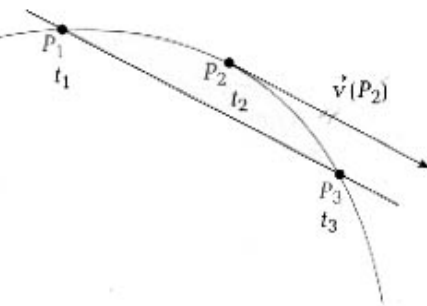
Ce point est appelé centre d'inertie du solide. On le note G car il correspond au centre de gravité de l'objet. G est le centre de symétrie du solide.

6°) VECTEUR VITESSE D'UN POINT MOBILE.

A un instant de son mouvement, un point d'un solide se déplace dans une direction et dans un sens donnés, et avec une certaine vitesse. Aussi, avec une certaine vitesse, est-il commode de caractériser le mouvement à cet instant par un vecteur appelé **vecteur vitesse** \vec{v} .

Le vecteur vitesse \vec{v} est caractérisé par:

- un **point d'application**, point où se trouve le point du solide à cet instant;
- une **direction**, tangente à la trajectoire en ce point;
- un **sens**, celui du déplacement à cet instant;
- une **longueur**, représentant, à une certaine échelle, la valeur de la vitesse à cet instant.



Principe de construction des vecteurs vitesses.

Le choix d'une échelle permet de calculer la longueur du segment représentatif. La direction de la vitesse, tangente à la trajectoire, peut être confondue avec la direction du segment $M_{i-1}M_{i+1}$. On détermine la construction en reportant le segment représentant le vecteur vitesse, fléché dans le sens de mouvement, en prenant le point M_i comme origine (voir ci-dessus).

7°) EXPLOITATION N°2.

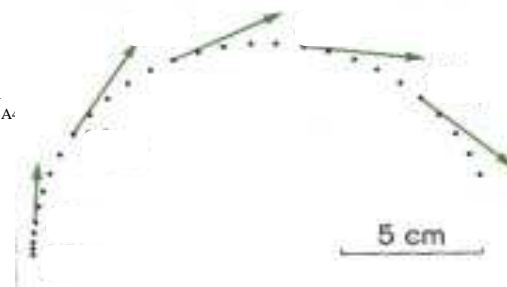
L'ENREGISTREMENT N°1: Mouvement du point A.

7.1°) Représenter sur l'enregistrement les vecteurs vitesse instantanée $v_{A5}, v_{A9}, v_{A27}, v_{A4}$.

7.2°) Que peut-on dire des vecteurs vitesse dans ce type de mouvement ?

L'ENREGISTREMENT N°2: Mouvement du point B.

7.3°) Représenter sur l'enregistrement les vecteurs vitesse instantanée v_{B5}, v_{B37}, v_{B48} .



Principe de construction des vecteurs vitesses.

Le choix d'une échelle permet de calculer la longueur du segment représentatif. La direction de la vitesse, tangente à la trajectoire, peut être confondue avec la direction du segment $M_{i-1}M_{i+1}$. On détermine la construction en reportant le segment représentant le vecteur vitesse, fléché dans le sens de mouvement, en prenant le point M_i comme origine (voir ci-dessus).

8°) TRACE ET ETUDE DU MOUVEMENT DE B PAR RAPPORT AU CENTRE D'INERTIE G.

L'ENREGISTREMENT N°3: Mouvement du point B par rapport au point G.

8.1°) On repère les différentes positions de B aux dates successives t dans un repère orthonormé Gxy lié au point G.

Pour cela on utilise un papier calque sur lequel on trace le repère Gxy .

On aligne l'axe Gx avec la direction fixe qui correspond à la trajectoire rectiligne du point A.

Pour la position G_0 , on repère la position du point B_0 .

On déplace le repère en G_1 et on repère la position du point B_1 etc...

EXPLOITATION:

8.2°) B a un mouvement circulaire uniforme autour de G. Est-ce logique ?

Oui car B et G sont deux points d'un même solide, avec G le point particulier situé au centre de ce solide. Tous les autres points, par rapport à ce point G, tournent autour de ce point central: ils effectuent un mouvement circulaire.

Ce mouvement est par ailleurs uniforme, puisque le point G effectue un mouvement de translation rectiligne uniforme.

9. LA VITESSE ANGULAIRE.

Dispositif.

On prend l'exemple d'une platine, on place deux pastilles de couleurs à des distances différentes du centre et on photographie la platine en mouvement avec un temps de pose de l'ordre de la seconde.

Observation.

Le point B décrit un arc de cercle de longueur plus importante que celui décrit par A pendant la même durée. Ils n'ont donc pas la même vitesse.

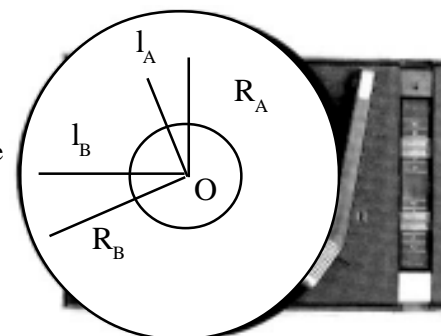
Les deux rayons ont tourné du même angle α .

Conclusion.

Tous les points d'un solide en rotation autour d'un axe fixe ont la même vitesse angulaire

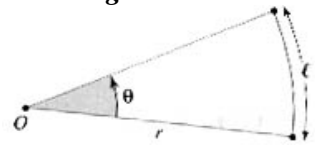
$$w; c' \text{ est la vitesse de rotation du disque: } \frac{\alpha}{\Delta t} \quad w \text{ en radian par seconde (rad.s}^{-1}\text{)}$$

$$\text{avec } \alpha \text{ en radian (rad)} \quad \Delta t \text{ en seconde (s)}$$



Rappels de mathématiques.

Longueur d'un arc



La longueur l d'un arc de cercle de rayon r vu sous un angle θ est:

$$l = r \times \theta,$$

si r et l sont exprimés dans la même unité de longueur et si θ est exprimé en radians.

Pour un tour complet, on retrouve la circonférence d'un cercle $l = 2\pi r$.