

Vecteurs vitesse et accélération

Deuxième loi de Newton



Objectifs: - Tracer les vecteurs vitesse et accélération d'un mobile sur des enregistrements.
- Vérifier expérimentalement la validité de la deuxième loi de Newton.

I. ETUDE EXPERIMENTALE D'UN MOUVEMENT CIRCULAIRE ET UNIFORME

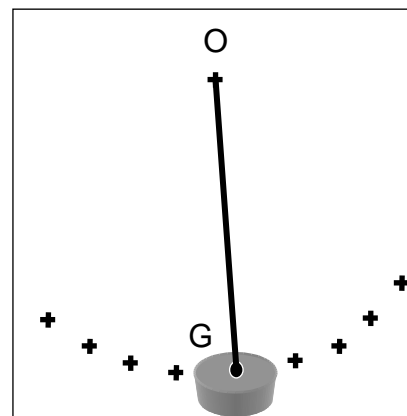
1) Expérience

• On lance un mobile retenu par un fil tendu sur une table à coussin d'air horizontale et on enregistre le mouvement de son centre d'inertie G . On obtient l'enregistrement n°1 ci-joint.

• La durée séparant deux marques consécutives est constante: $\tau = 40$ ms. On note O le centre de la trajectoire, R son rayon, M_0, M_1, \dots les positions successives du mobile.

a) Quelle est la nature du mouvement du point mobile M ? Justifier votre réponse.

b) Mesurer le rayon R de la trajectoire en cm puis l'exprimer en m.



2) Vecteur vitesse

a) Calculer les valeurs des vitesses \mathbf{v}_1 et \mathbf{v}_3 en m.s^{-1} . Comparer \mathbf{v}_1 et \mathbf{v}_3 .

b) Dessiner les vecteurs vitesses \vec{v}_1 et \vec{v}_3 avec l'échelle: $1 \text{ cm} \leftrightarrow 0,1 \text{ m.s}^{-1}$. Comment sont orientés ces vecteurs ?

3) Vecteur accélération \vec{a}_2 au point M_2

a) Reporter au point M_2 les vecteurs $(-\vec{v}_1)$ et \vec{v}_3 .

b) Construire **très soigneusement** au point M_2 , le vecteur $\Delta\vec{v} = \vec{v}_3 - \vec{v}_1$. Laisser les traits de construction.

c) En utilisant l'échelle des vitesses, déterminer la valeur de Δv en m.s^{-1} . Calculer $a_2 = \frac{\Delta v}{2\tau}$

d) Représenter le vecteur $\vec{a}_2 = \frac{\Delta\vec{v}}{2\tau}$ avec l'échelle des accélérations: $1 \text{ cm} \leftrightarrow 0,5 \text{ m.s}^{-2}$.

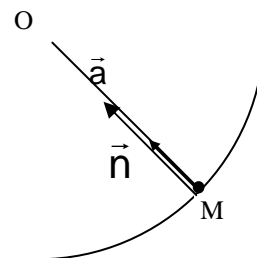
Dans quelle direction particulière est orienté le vecteur \vec{a}_2 ?

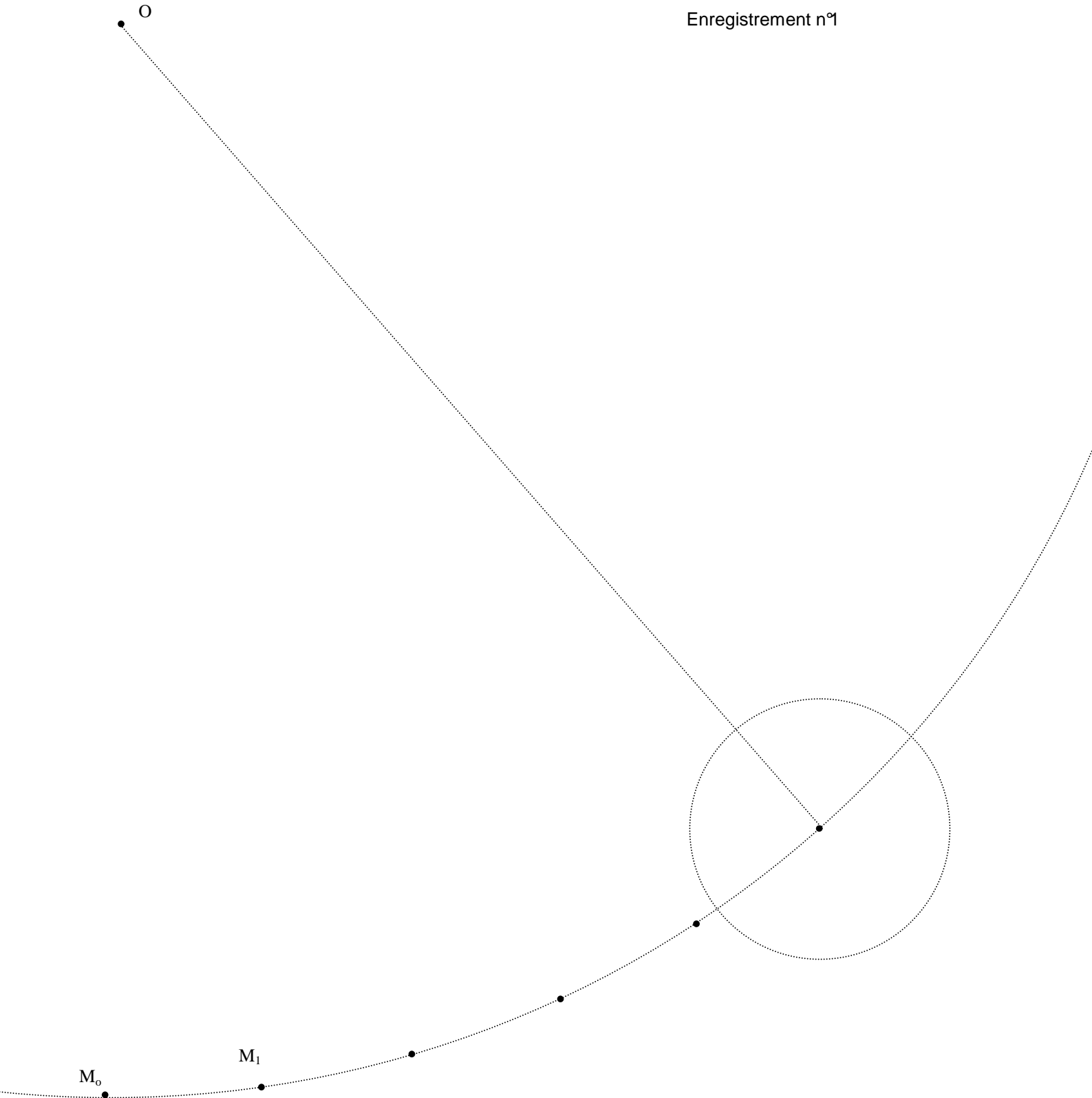
e) Comparer a_2 et $\frac{v_2^2}{R}$. Conclusion ?

• Dans le cas d'un **mouvement circulaire uniforme**, l'accélération \vec{a} s'écrit :

$$\vec{a} = \frac{v^2}{R} \vec{n}$$

avec \vec{n} vecteur unitaire normal (voir schéma).

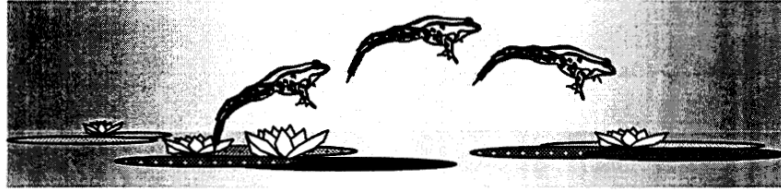




II. DEUXIEME LOI DE NEWTON

1) Saut d'une grenouille

- Pour atteindre un nénuphar, une grenouille doit effectuer un saut. Le saut est filmé par une caméra. L'analyse des clichés à l'aide d'un logiciel informatique, permet d'obtenir l'enregistrement des positions successives du centre d'inertie de la grenouille (voir enregistrement n°2 en annexe).



- La durée entre deux positions est $\tau = 20 \text{ ms}$ et le document est reproduit à l'échelle $\frac{1}{2}$ (1 cm sur l'enregistrement correspond à 2 cm dans la réalité).

- **En détaillant soigneusement votre méthode**, calculer la valeur a_{10} de l'accélération **réelle** de la grenouille au point G_{10} et tracer le vecteur accélération \vec{a}_{10} .

- Données:

- échelle des vitesses: $1,0 \text{ cm} \Leftrightarrow 0,50 \text{ m.s}^{-1}$
- échelle des accélérations: $1,0 \text{ cm} \Leftrightarrow 5,0 \text{ m.s}^{-2}$.

2) Deuxième loi de Newton

Deuxième loi de Newton: dans un référentiel galiléen,

$$\boxed{\sum \vec{F}^{\text{ext}} = m \cdot \vec{a}}$$

a) Définir le système étudié et le référentiel d'étude.

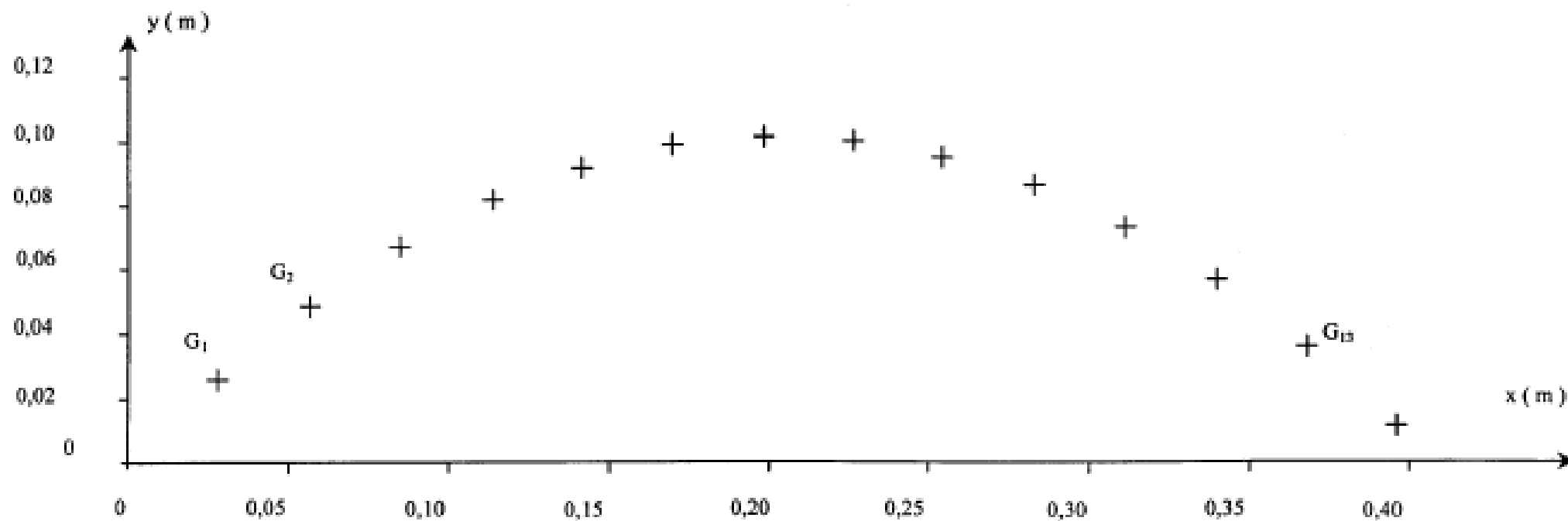
b) En négligeant l'action de l'air sur la grenouille, à quelle force est soumise la grenouille au cours de son saut ? Donner les caractéristiques de cette force.

c) Montrer alors que : $\vec{a} = \vec{g}$.

d) Comparer le vecteur \vec{a}_{10} de l'enregistrement avec le vecteur \vec{g} (On donne : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$).

Enregistrement n°2

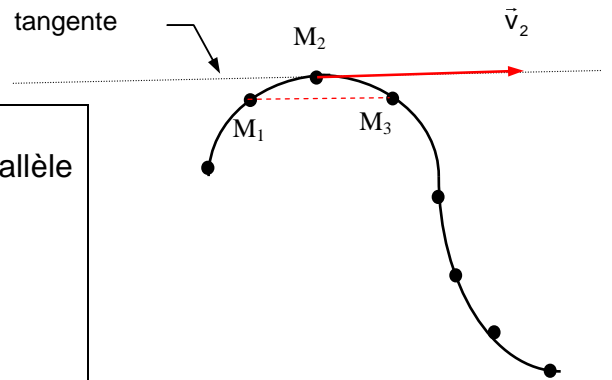
Échelle : 1/2



Construction d'un vecteur vitesse

Le **vecteur vitesse moyen** $\vec{v}(t_2)$ au point M_2 à la date t_2

s'écrit :
$$\vec{v}(t_2) = \frac{\overline{M_1 M_3}}{t_3 - t_1}$$



Le **vecteur vitesse** $\vec{v}(t_2)$ possède:

- une direction: la tangente à la trajectoire au point M_2 , parallèle à la droite $M_1 M_3$.

- un sens: celui du mouvement.

- une valeur: $v_2 = \frac{M_1 M_3}{t_3 - t_1} = \frac{M_1 M_3}{2\tau}$ v_2 s'exprime en $m.s^{-1}$.

(τ : intervalle de temps constant entre deux points consécutifs):

- une longueur: donnée par une échelle des vitesses (exemple: 1 cm \leftrightarrow 0,1 $m.s^{-1}$)

Construction d'un vecteur accélération

D'après la définition du vecteur accélération, on peut écrire que le **vecteur accélération moyen** au point M_2 à la date t_2 est approximativement:

$$\vec{a}(t_2) = \left(\frac{d\vec{v}}{dt} \right)_{t_2} \rightarrow \vec{a}(t_2) \approx \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_3 - \vec{v}_1}{t_3 - t_1}$$

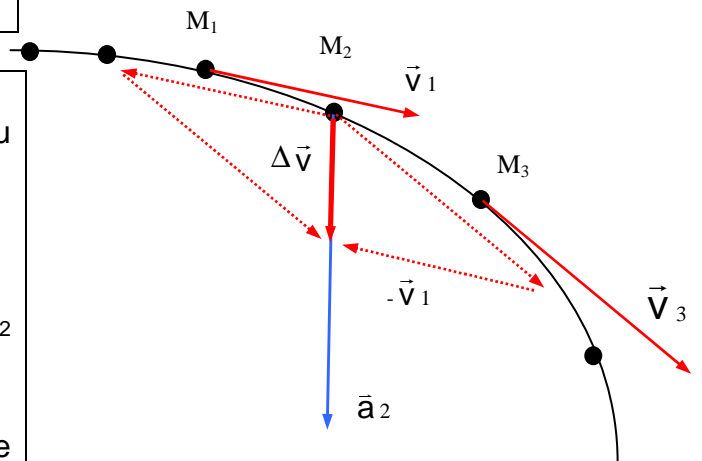
Méthode:

- Construire les vecteurs vitesses \vec{v}_1 et \vec{v}_3 au points M_1 et M_3 .

- Reporter $-\vec{v}_1$ et \vec{v}_3 en M_2 .

- Construire le vecteur $\Delta \vec{v} = \vec{v}_3 - \vec{v}_1$ au point M_2 (méthode du parallélogramme).

- Le vecteur $\vec{a}_2 = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ est alors colinéaire et de même sens que le vecteur $\Delta \vec{v}$.



Le **vecteur accélération** \vec{a}_2 possède:

- une direction: celle de $\Delta \vec{v}$

- un sens: celui de $\Delta \vec{v}$.

- une valeur: $a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{2\tau}$ a_2 s'exprime en $m.s^{-2}$.

(τ : intervalle de temps constant entre deux points consécutifs):

- une longueur: donnée par une échelle des accélérations.

(exemple: 1 cm \leftrightarrow 0,5 $m.s^{-2}$)