

CHAPITRE 3

MOUVEMENTS PARTICULIERS

A- Mouvement circulaire

B- Mouvement oscillatoire

Pr. M. ABD-LEFDIL

Université Mohammed V- Agdal

Département de Physique

Année universitaire 2011-12

SVI

A- MOUVEMENT CIRCULAIRE

Ses caractéristiques:

1- C'est un mouvement plan dont la trajectoire est un cercle.

2- Le module du vecteur position est constant et il est égal au rayon r du cercle.

3- Même à vitesse constante, l'accélération est non nulle car le vecteur vitesse change de direction.

4- La force nécessaire pour produire cette accélération sera donnée par la 2^{ème} loi de Newton.

Exemples de mouvements circulaires

a) La force électrostatique $F_{\text{électr}}$ entre deux charges q_1 et q_2 séparées par une distance r est donnée par:

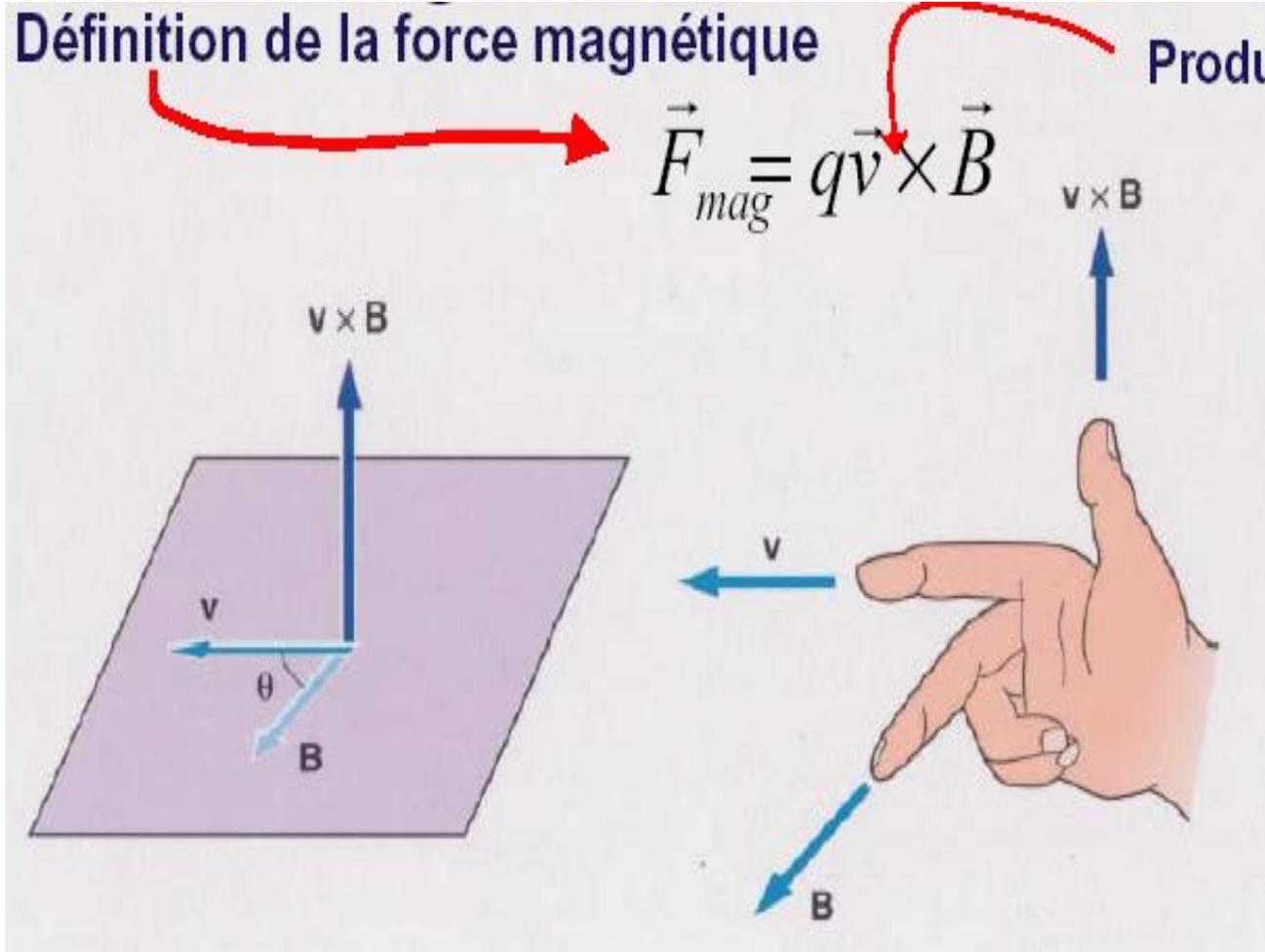
$$F_{\text{électr}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

b)

Définition de la force magnétique

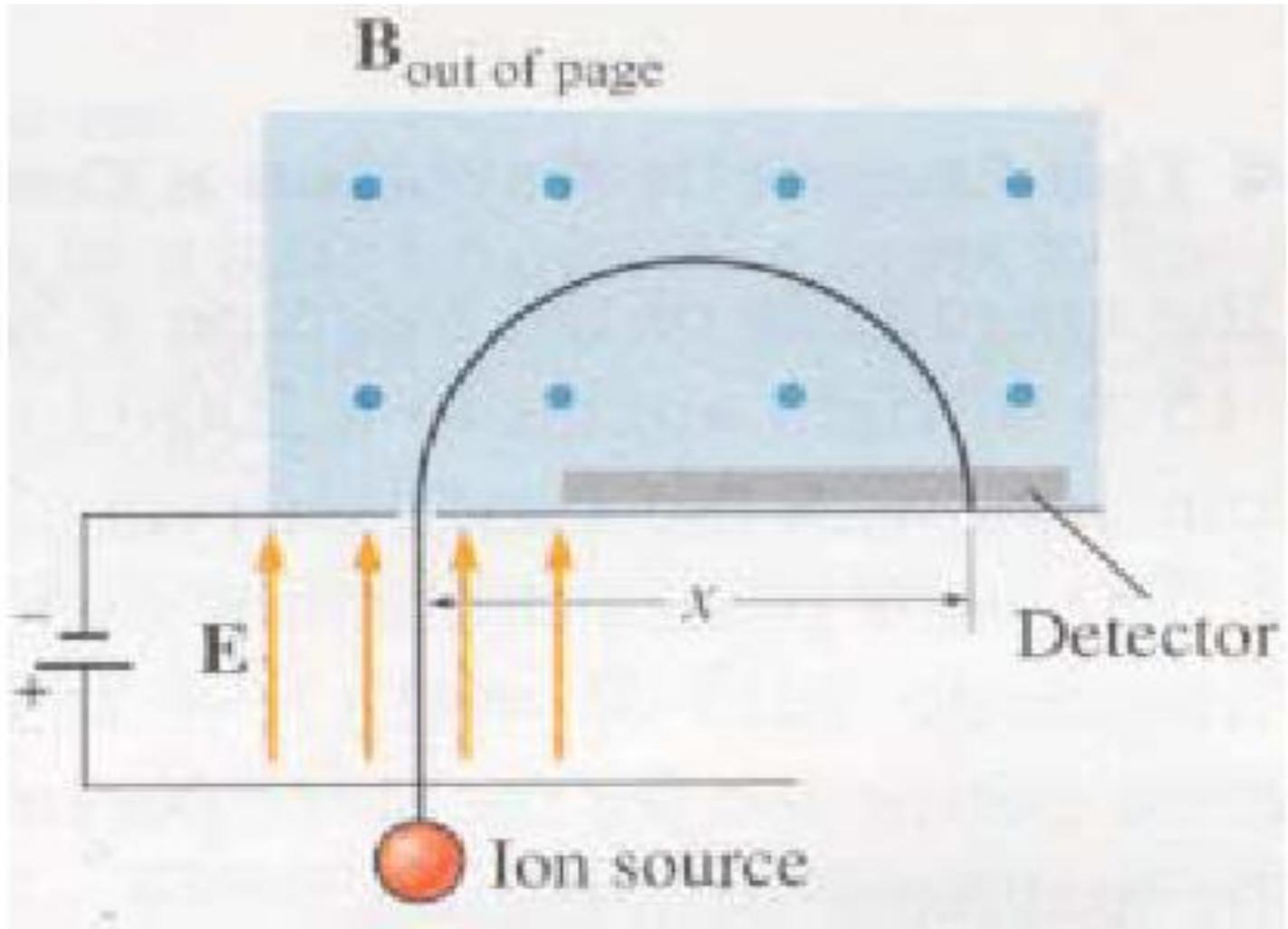
Produit vectoriel

$$\vec{F}_{mag} = q\vec{v} \times \vec{B}$$



$$F_{mag} = |\vec{F}_{mag}| = q |\vec{v}| |\vec{B}| \sin \theta = qvB \sin \theta$$

c)



d)

VOITURE DANS UN VIRAGE

L'accélération centripète est due à la force de frottement entre les pneus et la chaussée.



I- Mouvement circulaire uniforme

. Lorsqu'on effectue une rotation complète, les vecteurs position et vitesse effectuent une rotation de 2π et tournent au même rythme. Par conséquent leurs taux de variations seront égaux.

A partir de la géométrie des 2 figures (triangles semblables)

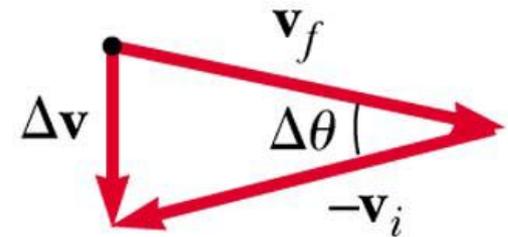
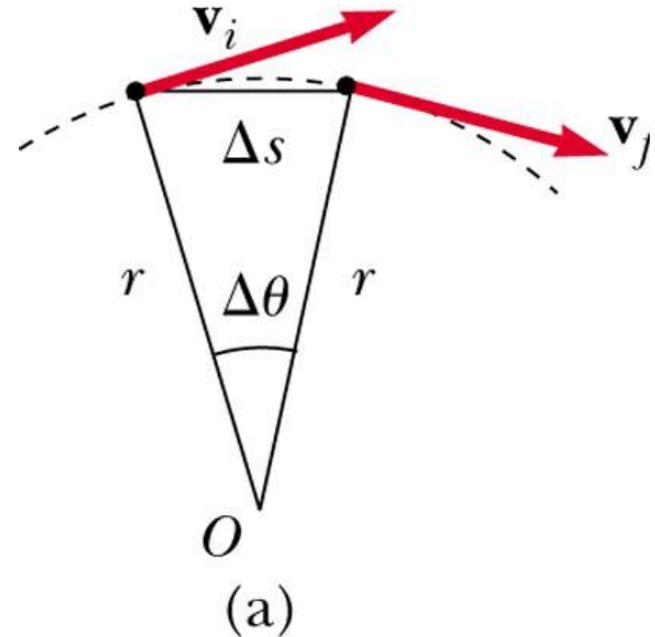
$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta r}{r}$$

Or

$$v = \frac{\Delta r}{\Delta t} \quad \text{Et} \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

D'où

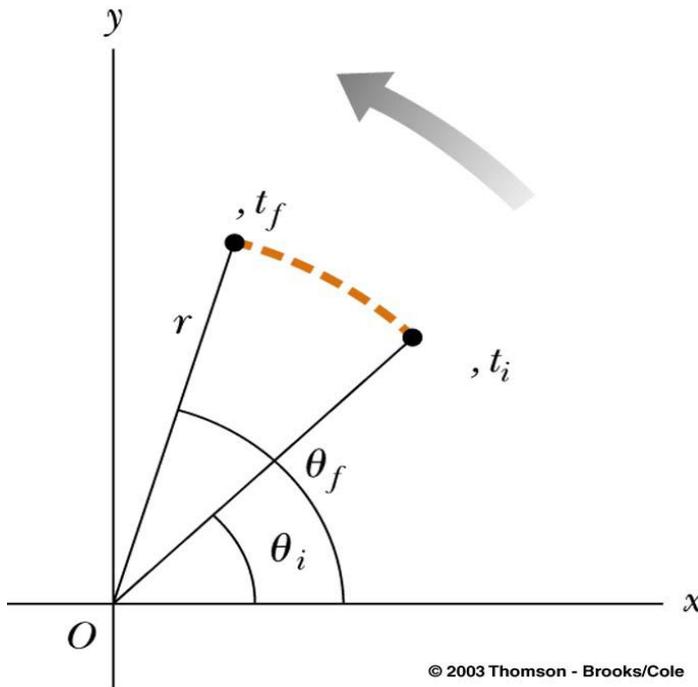
$$a = \frac{v^2}{r}$$



- Vitesse angulaire ω :

Elle est définie par le taux de variation de l'angle θ par rapport au temps.

Si l'angle θ varie de $\Delta\theta$ ($\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$) entre t_i et t_f ($t_f - t_i = \Delta t$), alors la vitesse angulaire moyenne sera donnée par



$$\omega_{\text{moy}} = \frac{\theta_f - \theta_i}{\Delta t}$$

• Quant à la vitesse angulaire instantanée, elle est donnée par :

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \omega_{\text{moy}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}$$

La vitesse angulaire est une grandeur vectorielle: $\vec{\omega}$ est portée par l'axe de rotation Δ .

Son sens dépend de celui de la rotation.

Relation entre vitesse de rotation ω et v :

$$v = r\omega$$

$$\vec{OM} = x \vec{i} + y \vec{j} \quad , \quad \vec{OM} = r \cos\theta \vec{i} + r \sin\theta \vec{j}$$

$$\text{Or } \vec{OM} = r \vec{e}_r \text{ , par conséquent } \vec{e}_r = \cos\theta \vec{i} + \sin\theta \vec{j}$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt} = \dots$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \dots$$

On voit que l'accélération est dirigée vers le point O: elle est opposée au vecteur position.

Force centrifuge

Chaque fois qu'un objet décrit un mouvement circulaire et qu'il reste sur sa trajectoire, il sera soumis à la fois à :

- La force centripète (ou radiale) F_r est parallèle à \vec{a} ,
- La force centrifuge F_c est opposée à \vec{a} .

$$F_c = F_r = m \omega^2 r$$

III- Centrifugation

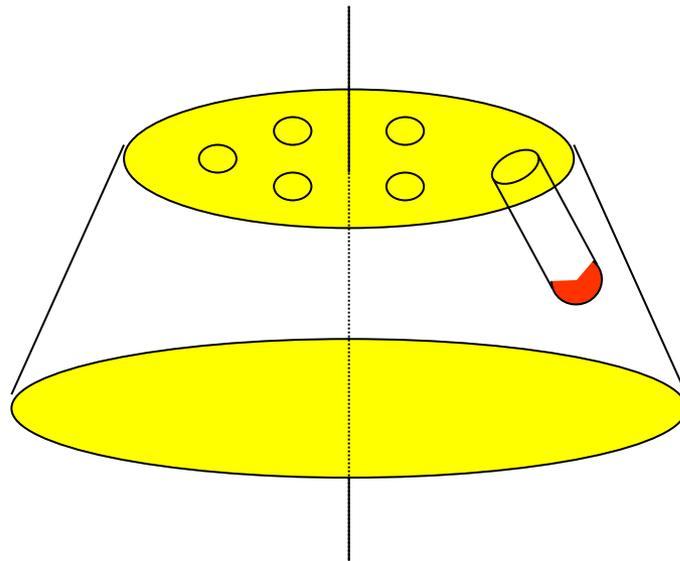
- C'est une des applications les plus intéressantes de la force centrifuge.
- Sous l'effet du poids effectif, une particule peut se sédimenter au fond d'un tube à condition que sa masse volumique soit supérieure à celle du liquide où elle se trouve.
- Rappelons que $P_{eff.}$ est inférieure à mg .

- Si on incline le tube à la position horizontale, et qu'on le fasse tourner, les particules présentes dans le liquide vont subir la force centrifuge et se dirigeront au fond du tube: c'est la sédimentation sous l'effet de F_c .
- Cette force peut être 10^6 fois plus grande que P_{eff} . Elle dépend principalement de la vitesse de rotation.

C'est le principe physique de la centrifugeuse.

Schéma d'une centrifugeuse

- Un tube placé dans une centrifugeuse



- Les centrifugeuses sont utilisées dans plusieurs domaines :
 - a- l'isolement des globules rouges du sérum,
 - b- la séparation des précipités ou de bactéries,
 - c- la séparation des matières grasses (le beurre du lait par exemple)
 - d- la sédimentation des molécules protéiques.
 - e- Si la solution contient plusieurs types de particules, elles seront identifier grâce à leurs vitesses de sédimentation qui dépend de leur masse. Ainsi, on pourra identifier les différentes composantes du mélange (solutions biologiques...).

III- Mouvement circulaire non uniforme

- C'est un mouvement dont la trajectoire est un cercle (ou un arc de cercle), mais le module du vecteur vitesse n'est pas constant. ($dV/dt \neq 0$)
- Il apparaîtra alors une 2^{ème} accélération appelée accélération tangentielle a_t : $a_t = dV/dt$

Le vecteur accélération du mouvement sera donné par:

$$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_r$$

Où $a_r = v^2/r$

et $a_t = dv/dt = r d\omega/dt = r a_{ang}$

$a_{ang} = d\omega/dt$ est appelée accélération angulaire.

B- MOUVEMENT OSCILLATOIRE

Bien que la nature physique de systèmes oscillants varie, les mêmes équations mathématiques décrivent leurs faibles oscillations autour de la position d'équilibre.

Exemple de mouvements oscillants :

- **Mouvement du balancier d'une horloge,**
- **Mouvement des atomes dans un solide,**
- **Production de sons par les cordes vocales humaines,**
- **Courant alternatif (électricité),**
- **Ondes émises par un téléphone cellulaire**

I/ Mouvement harmonique simple :

- Il est caractérisé par :
 - l'amplitude qui est la valeur maximale du déplacement par rapport à la position d'équilibre ;
 - la période qui est le temps nécessaire pour faire un aller-retour (une oscillation complète).

Equation du mouvement harmonique

- Le mouvement est dit harmonique si :

$$\vec{a} = -\omega^2 \vec{OM}$$

$$\Leftrightarrow \frac{d^2(OM)}{dt^2} + \omega^2 OM = 0$$

- ω est lié à la période T par:
 $T = 2\pi/\omega$ et T est en s.

- Quant à la fréquence f , elle est donnée par le nombre d'oscillations par seconde.

$f = 1/T$ et f est en Hz.

- Si l'onde a une vitesse V , la longueur d'onde λ est donnée par

$\lambda = V T$ et λ est en m.

Loi de Hooke à une dimension:

$$F = - k x$$

F est la force de rappel (en N)

k est la constante du ressort ou raideur du ressort (en N/m)

Si **K** faible: le ressort est mou.

x est le déplacement de l'objet à partir de la position d'équilibre. **x** est en valeur algébrique.

Signe négatif: force est toujours de sens opposé au déplacement (force de rappel)

Loi de Hooke appliquée au système masse - ressort

Quand x est positif \longrightarrow ,
 F est négative \longleftarrow ;

A l'équilibre ($x=0$), $F = 0$;

Quand x est négatif \longleftarrow ,
 F est positive \longrightarrow ;

