

Tut rentrée 2015/2016

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite

# UE3a

# PHYSIQUE COURS 2



ORGANISATION DES APPAREILS ET DES SYSTÈMES : BASES DE PHYSIQUE DES  
MÉTHODES D'EXPLORATION – ASPECTS FONCTIONNELS

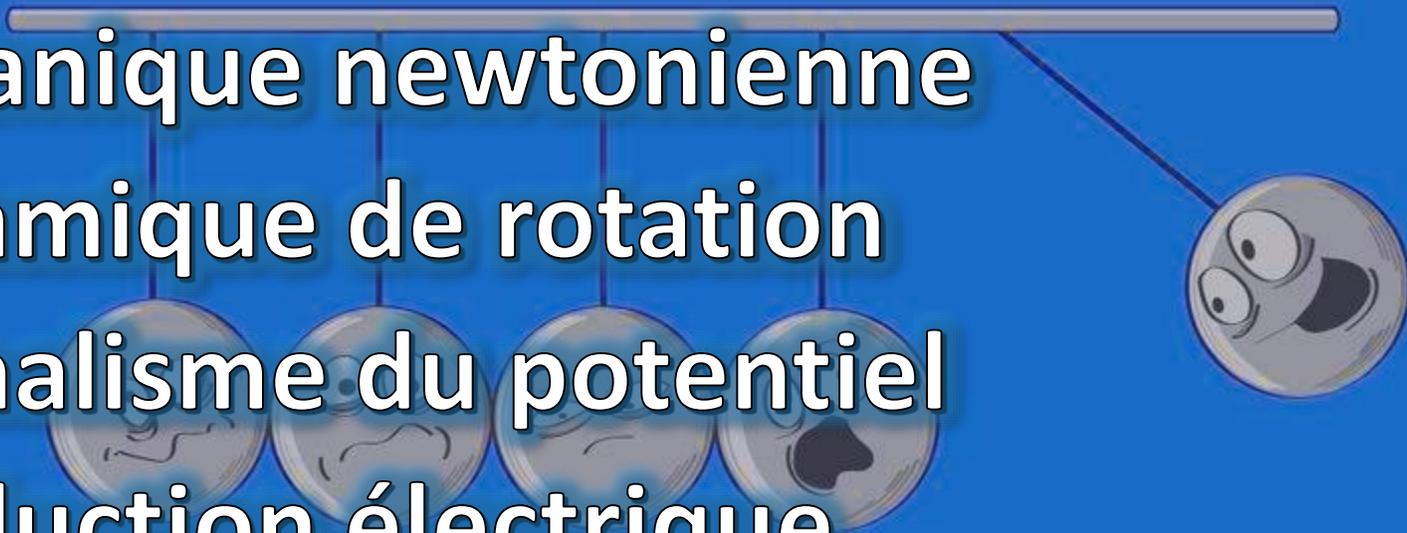


# Bases de physique générale

ÉLÉMENTS DE MÉCANIQUE CLASSIQUE

# Plan

- I. Mécanique newtonienne
- II. Dynamique de rotation
- III. Formalisme du potentiel
- IV. Conduction électrique
- V. Oscillateurs



# I. MÉCANIQUE NEWTONNIENNE

1. Cinématique et dynamique newtonnienne
2. Les différents types de force
3. Applications et exemples

# CINÉMATIQUE ET DYNAMIQUE NEWTONIENNE

## Référentiel et vecteur position :

Référentiel = repère spatial et temporel

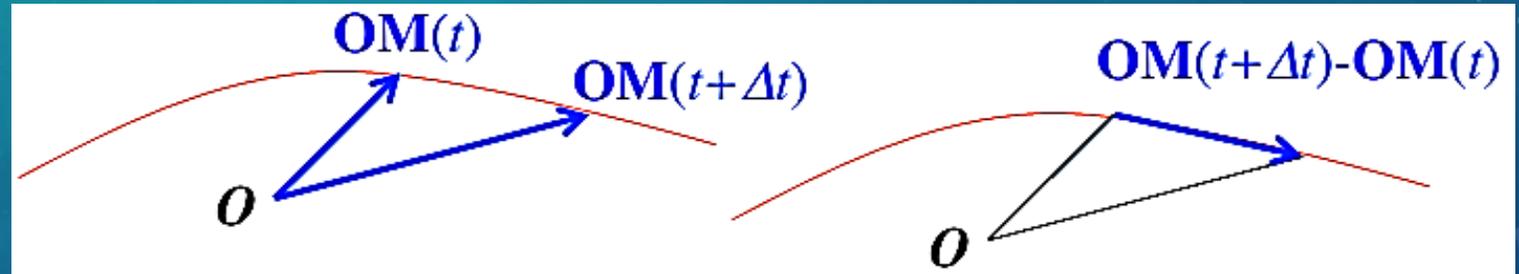
Point M : 3 coordonnées  $(x,y,z)$

$OM(t)$  : vecteur position de M à l'instant t

# CINÉMATIQUE ET DYNAMIQUE NEWTONIENNE

Vecteur vitesse :

$$\vec{v} = \frac{dOM(t)}{dt}$$



**Vecteur vitesse TOUJOURS  
tangent à la trajectoire**

# CINÉMATIQUE ET DYNAMIQUE NEWTONIENNE

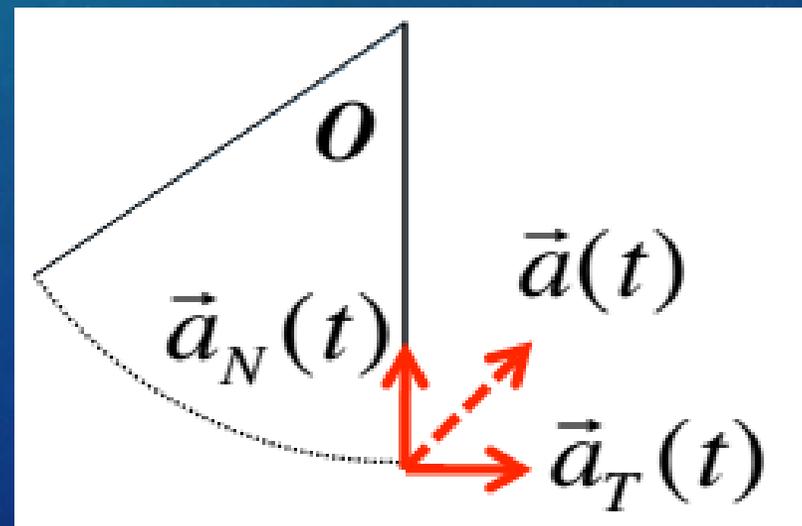
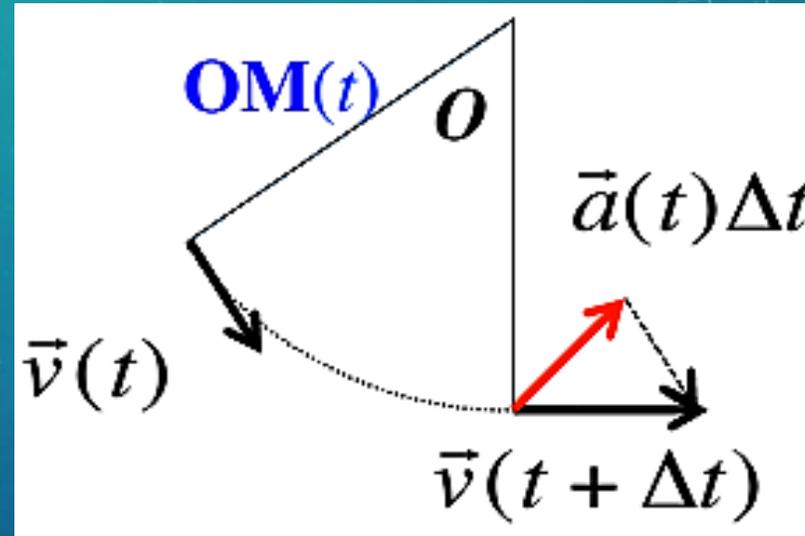
## Vecteur accélération

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}(t)}{dt}$$

Somme des vecteurs  $a_T(t)$  et  $a_N(t)$

$a_T(t)$  colinéaire à  $v(t)$

$a_N(t)$  perpendiculaire à  $v(t)$



# CINÉMATIQUE ET DYNAMIQUE NEWTONIENNE

## Cas particuliers :

Trajectoire courbe :  $a_N(t)$  dirigé vers l'intérieur

Mouvement rectiligne :  $a_N(t) = 0$

Mouvement circulaire uniforme :  $a_T(t) = 0$

# CINÉMATIQUE ET DYNAMIQUE NEWTONIENNE

## Les lois de Newton :

$\vec{P} = m\vec{v}$  P : quantité de mouvement du système

1<sup>ère</sup> loi de Newton :  $\frac{d\vec{P}}{dt} = 0$  alors  $\vec{F}_{tot} = 0$

2<sup>ème</sup> loi de Newton :  $\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}_{tot}$

3<sup>ème</sup> loi de Newton :  $\vec{F}_{a/b} = -\vec{F}_{b/a}$

# CINÉMATIQUE ET DYNAMIQUE NEWTONIENNE

Forces extérieures :

$$\sum \overrightarrow{F}_{ext} = \overrightarrow{F}_{tot}$$

Types de force : de contact et à distance

# LES DIFFÉRENTS TYPES DE FORCES

## Force d'attraction gravitationnelle :

$$\vec{F}_{a/b} = -G \frac{m_a m_b}{r^2} \text{ et } G = 6.7 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$$

## Force de pesanteur :

$$\vec{F}_t = -mg \cong -10m \text{ avec } g = G \frac{M_t}{R_t^2} \cong 9,81 \text{ ms}^{-2}$$

$$\vec{F}_t = m\vec{a}$$

# LES DIFFÉRENTS TYPES DE FORCES

## Force électrique de Coulomb :

$$\vec{F}_{a/b} = k \frac{q_a * q_b}{r^2} \text{ et } k = 9.10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$$

$$k \gg G$$

Force Coulomb = ADDITIVE

Champs électrique E : force qui s'exercerait sur une charge unité  $q=1$

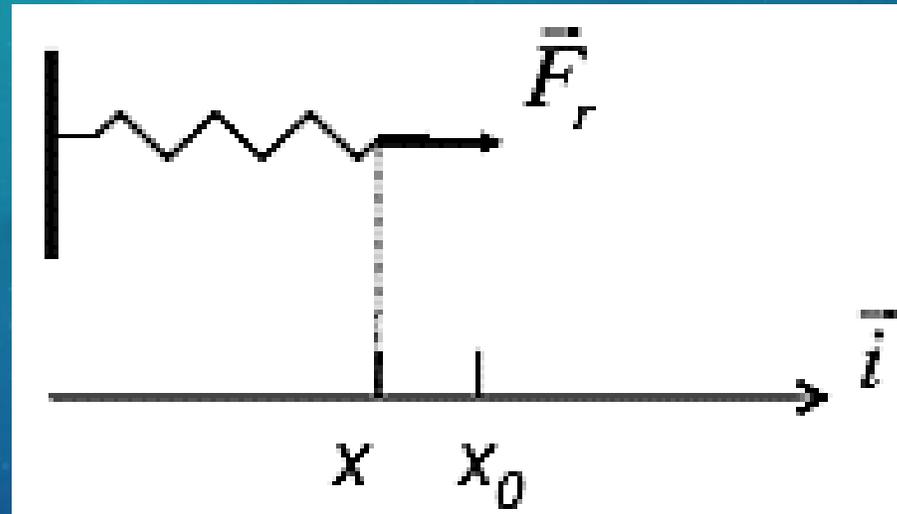
$$\vec{F} = q\vec{E}$$

# LES DIFFÉRENTS TYPES DE FORCES

Force rappel d'un ressort :

$$\vec{F}_r = -k(x - x_0)\vec{i}$$

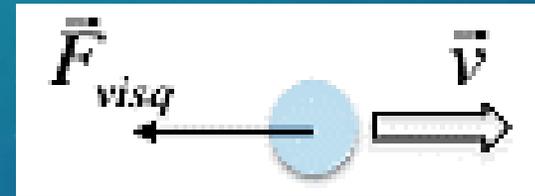
K constante de rappel



# LES DIFFÉRENTS TYPES DE FORCES

Force de frottement visqueux :

$$\vec{F}_{visq} = -\beta\vec{v}$$

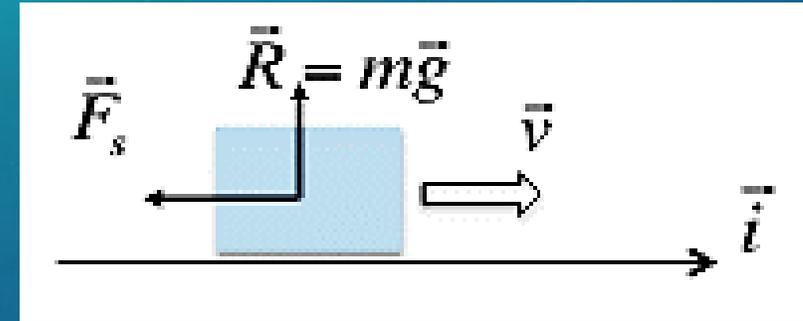


$\beta$  coefficient de viscosité

# LES DIFFÉRENTS TYPES DE FORCES

Force de frottement sec dynamique:

$$\vec{F}_s = -\mu_d * mg * \text{sign}(\vec{v}) \vec{i}$$



$\mu_d$  coefficient de frottement sec dynamique

$\text{sign}(\vec{v})$  : le signe du vecteur vitesse (+ ou -)

# APPLICATIONS ET EXEMPLES

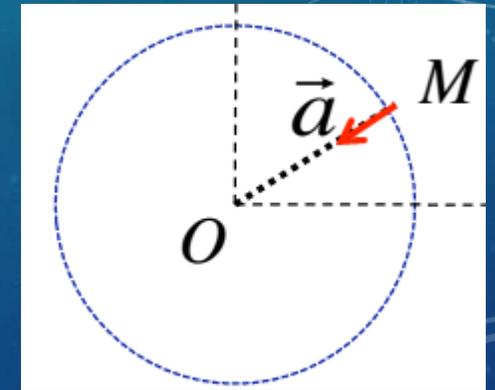
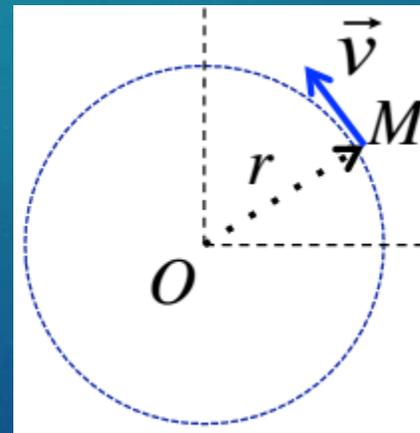
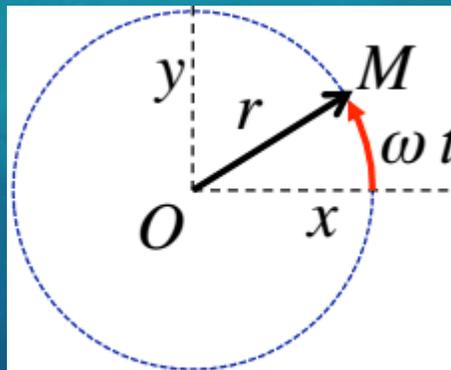
## Mouvement circulaire uniforme :

$\omega$  = vitesse angulaire

$$||OM|| = r$$

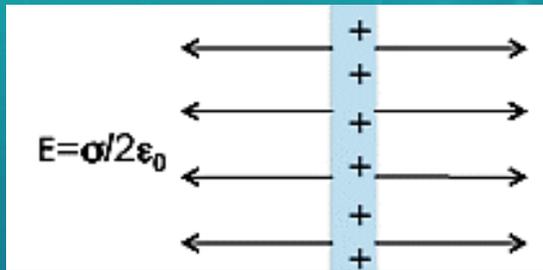
$v = \omega r$  donc  $\omega = v/r$

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



# APPLICATIONS ET EXEMPLES

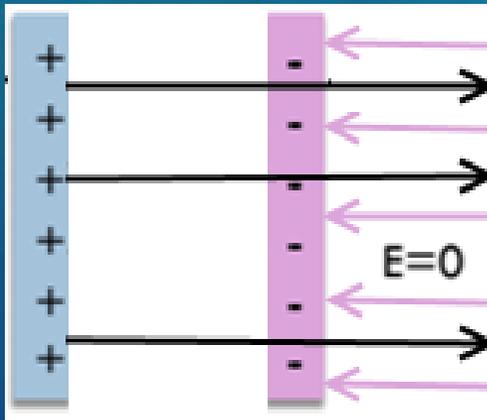
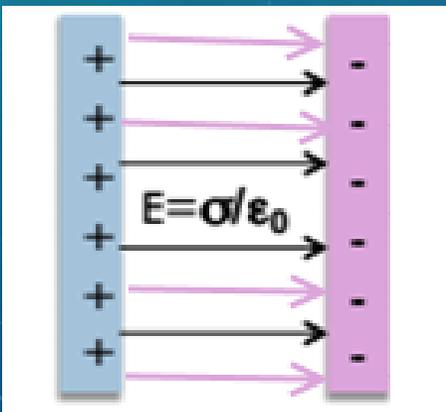
## Champs électrique créé par une distribution de charge



$$E = \sigma / 2 \epsilon_0$$

$\sigma$  : densité de charge

$\epsilon_0$  : constante diélectrique du vide



$$E_{\text{milieu}} = E + E = 2 * (\sigma / 2 \epsilon_0) = \sigma / \epsilon_0$$

$$E_{\text{ext}} = E - E = 0$$

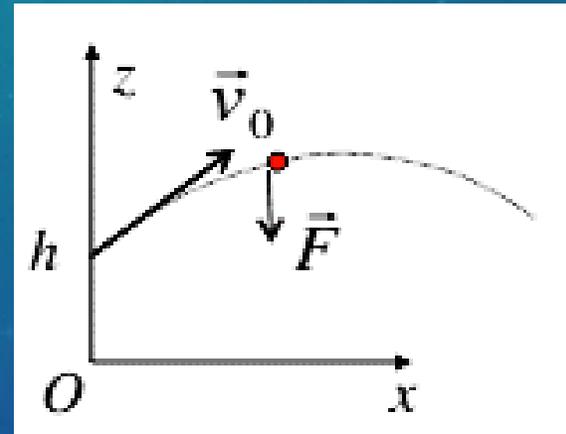
# APPLICATIONS ET EXEMPLES

## Trajectoire d'une masse m dans un champ de force constant :

$$\vec{F} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{a} = \vec{F}/m$$

$$v_z(t) = v_{0z} - at$$

$$z(t) = h + v_{0z}t - \frac{at^2}{2}$$



## APPLICATIONS ET EXEMPLES

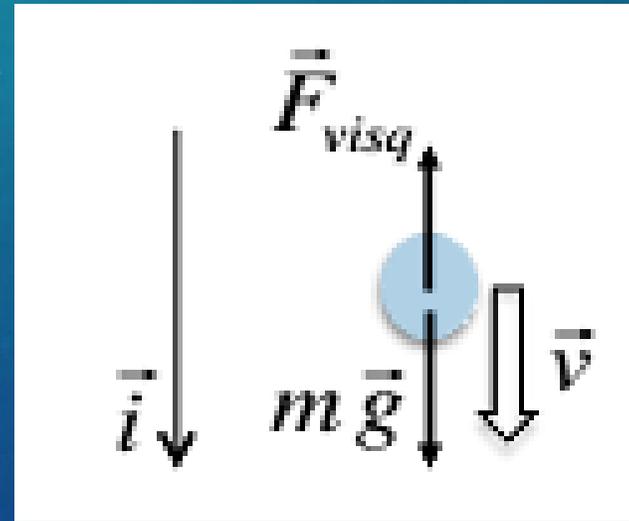
### Chute d'une particule dans un fluide soumise à un frottement visqueux :

$$\vec{F}_{visq} = -\beta\vec{v}$$

$$v_{lim} = \frac{mg}{\beta}$$

Vitesse : décroissance exponentielle

$$\tau = \frac{m}{\beta}$$



## II. DYNAMIQUE DE ROTATION

1. Moment d'une force
2. Moment angulaire
3. Moment d'inertie
4. Rotation libre

# DYNAMIQUE DE ROTATION

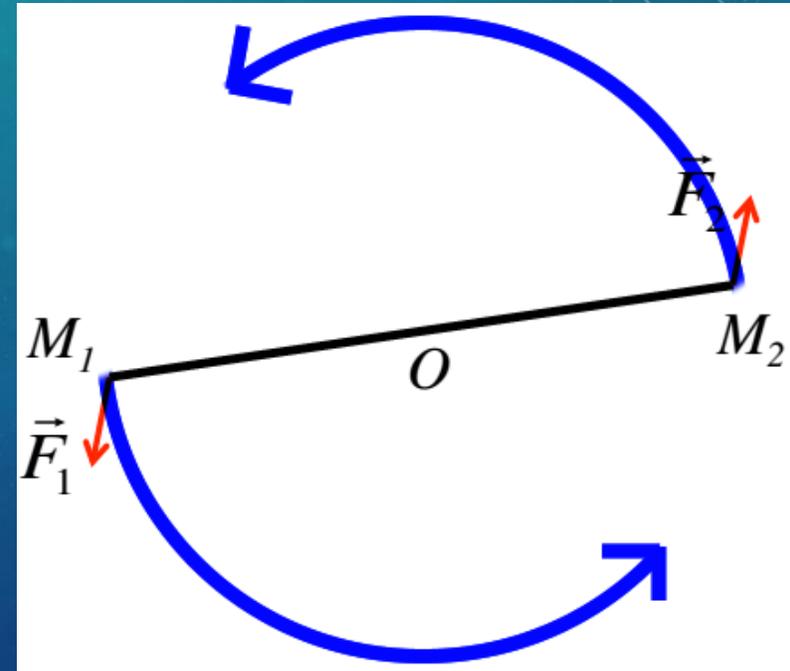
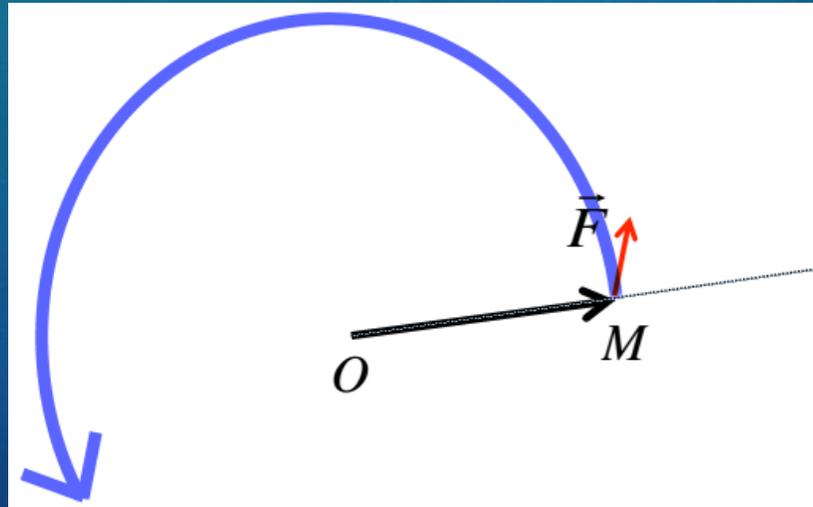
## Moment d'une force :

F fait tourner M autour de O

$\Gamma$  = moment de la force F s'exerçant sur OM

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$$

$$\Gamma_{tot} \neq 0$$



# DYNAMIQUE DE ROTATION

## Moment angulaire J

Moment angulaire = moment cinétique

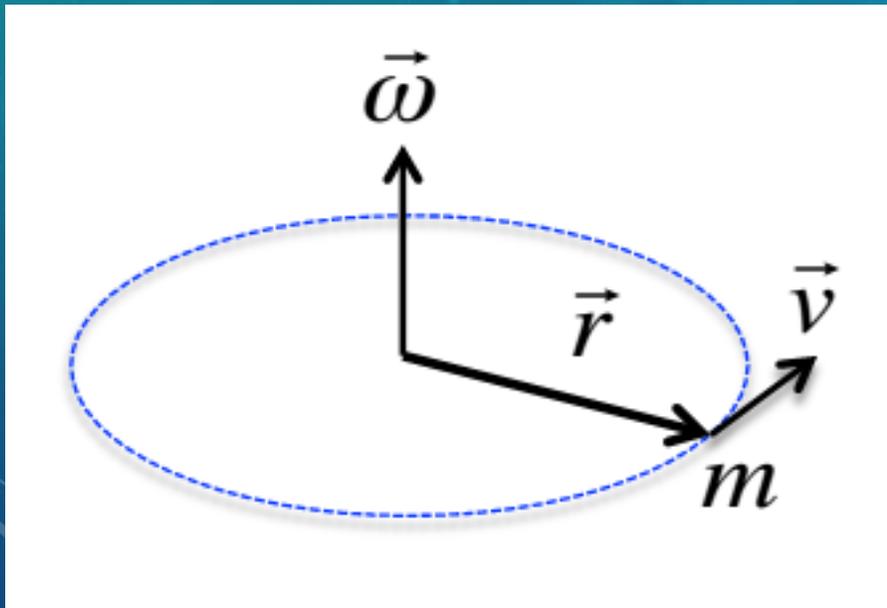
Equivalent de la quantité de mouvement

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}_{tot} \rightarrow \frac{d\vec{J}}{dt} = \vec{\Gamma}_{tot}$$

$$\frac{d\vec{J}}{dt} = 0 \leftrightarrow \vec{\Gamma}_{tot} = 0 \text{ donc } J \text{ est constant (cas de la rotation libre)}$$

# DYNAMIQUE DE ROTATION

## Moment d'inertie I



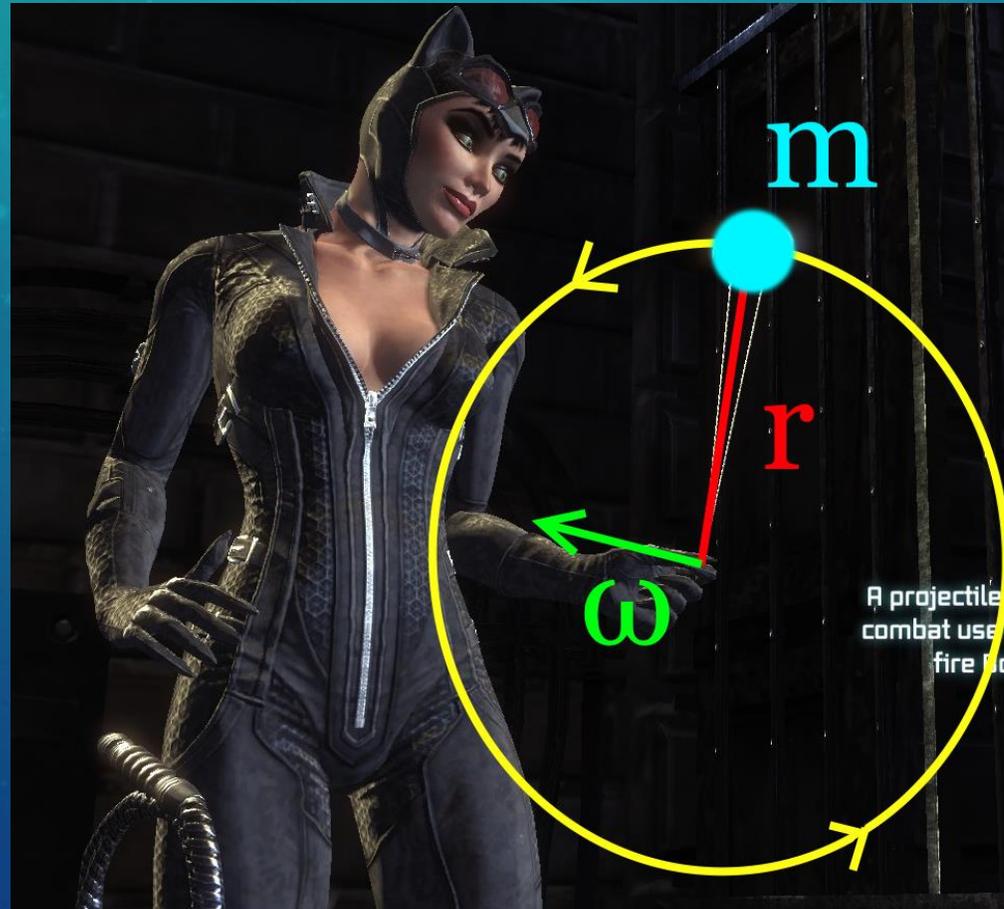
$$\vec{J} = I\vec{\omega}$$

# DYNAMIQUE DE ROTATION

## Cas d'une masse ponctuelle ou d'une roue creuse en rotation

$$\vec{J} = I\vec{\omega}$$

$$I = mr^2$$

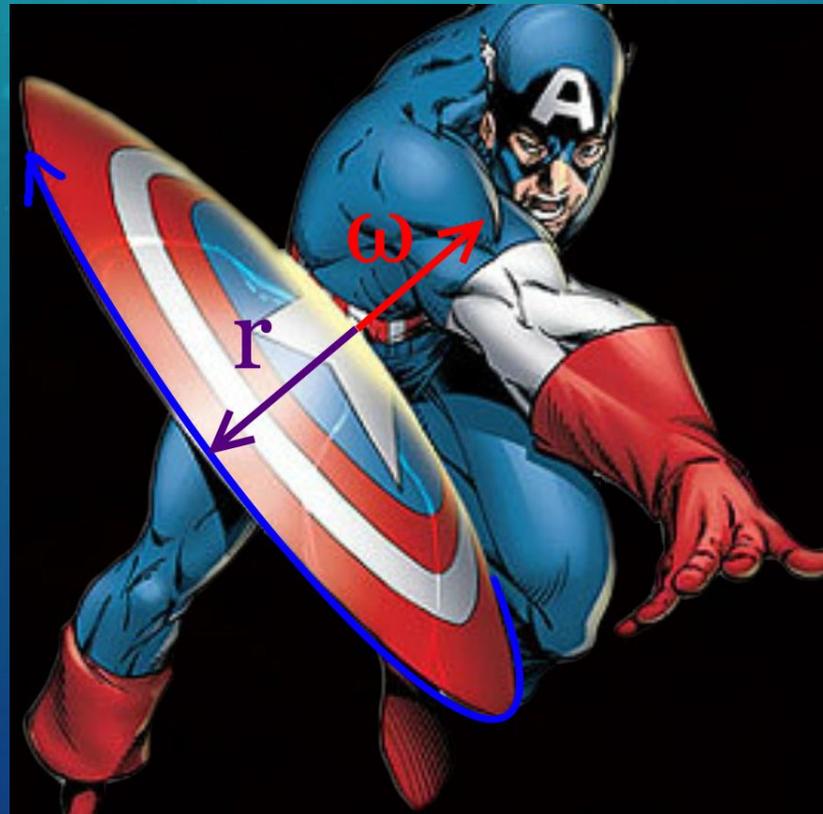


# DYNAMIQUE DE ROTATION

## Cas d'un disque/roue plein en rotation ou d'un cylindre

$$\vec{J} = I\vec{\omega}$$

$$I = \frac{1}{2}mr^2$$

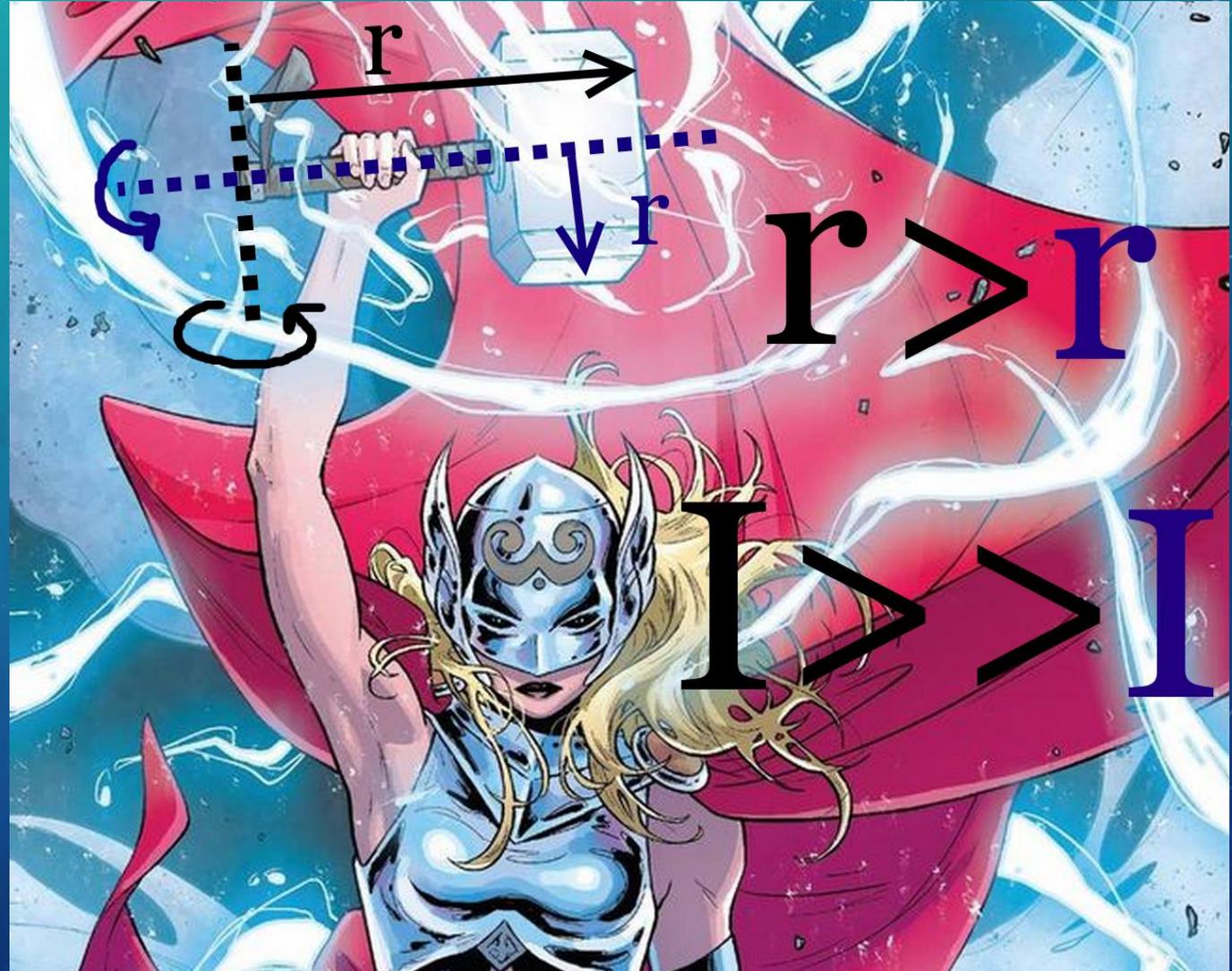


# DYNAMIQUE DE ROTATION

## Exemple complémentaire

Mouvement le plus difficile :  
Autour axe bleu ou noir ?

Autour de l'axe noir plus difficile



# DYNAMIQUE DE ROTATION

## Rotation libre

$$\frac{d\vec{J}}{dt} = 0 \Leftrightarrow \vec{\Gamma}_{tot} = 0 \text{ donc } J \text{ est constante}$$

$$\vec{J} = I\vec{\omega} \text{ et } I \text{ proportionnel au carré du rayon}$$

**Si on augmente le rayon (avec J constante) on :**

- **augmente le moment d'inertie  $I$**
- **diminue la vitesse angulaire  $\omega$**

# DYNAMIQUE DE ROTATION



# III. FORMALISME DU POTENTIEL

1. Travail d'une force
2. Energie potentielle
3. Energie cinétique et mécanique
4. Exemple : cas de la force de pesanteur

# FORMALISME DU POTENTIEL

## Travail d'une force :

$W_{AB}$ : Energie fournie pour déplacer un objet d'un point A à un point B

Le travail d'une force correspond à la variation d'énergie cinétique/variation d'énergie potentielle entre un point A et un point B

**$W_{AB} > 0$  : travail moteur**

**$W_{AB} < 0$  : travail résistant**

# FORMALISME DU POTENTIEL

## Travail d'une force :

**Force conservative** :  $W$  ne dépend pas du chemin suivi

- Force de pesanteur, de rappel d'un ressort, de Coulomb

**Force non conservative** :  $W$  dépend du chemin suivi (perte d'énergie)

- Forces de frottement

# FORMALISME DU POTENTIEL

## Energie potentielle U :

Energie liée à une interaction, une force, qui a le potentiel de se transformer en énergie cinétique

Dépend de la position spatiale et temporelle

$$U_p(x) = W_x + \textit{constante}$$

# FORMALISME DU POTENTIEL

Energie cinétique  $E_c$  :

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

Energie mécanique  $E$  :

Si les forces sont conservatives,

$$E = E_c + U = \frac{1}{2}mv^2 + U$$

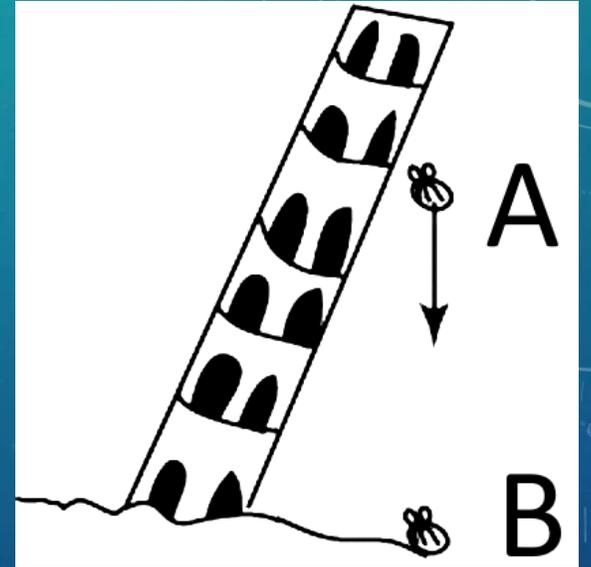
# FORMALISME DU POTENTIEL

Exemple : cas de la force de pesanteur :

$$\vec{F} = -mg$$

Travail de la force de pesanteur :  $W_{AB} = mg(x_A - x_B)$

Energie mécanique :  $E = E_c + U = \frac{1}{2}mv^2 + mg(x_A - x_B) + \text{ctte}$



# IV. CONDUCTION ÉLECTRIQUE

1. Isolants/conducteurs
2. Loi d'Ohm
3. Lois de Kirchoff
4. Applications

# CONDUCTION ÉLECTRIQUE

## Isolants/conducteurs :

### Isolant :

- matériaux diélectriques
- pas de charge libre
- sujet au phénomène de polarisation

### Conducteur :

- charges libres
- laisse passer le courant
- la plupart des métaux

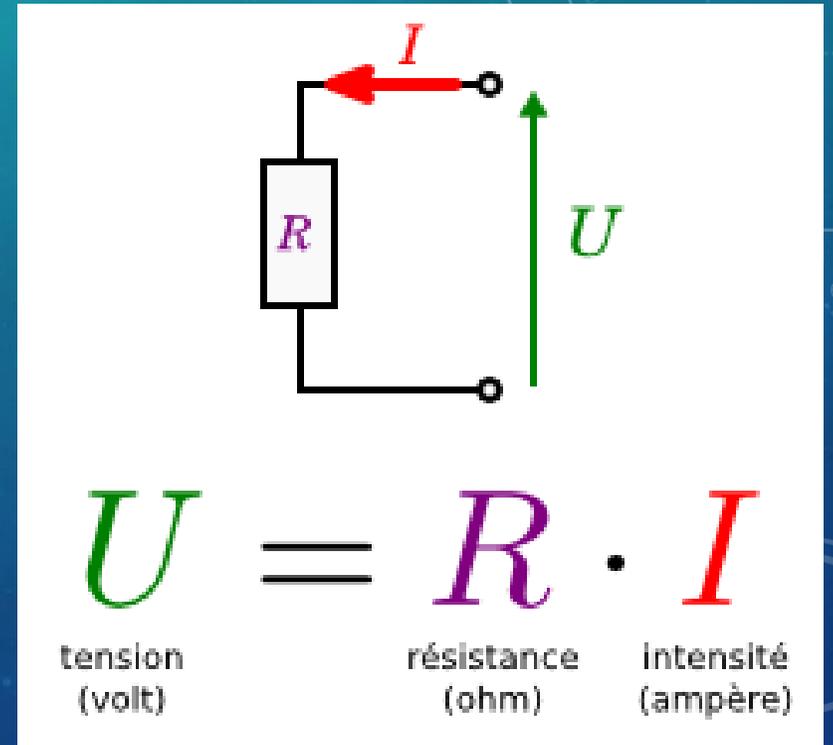
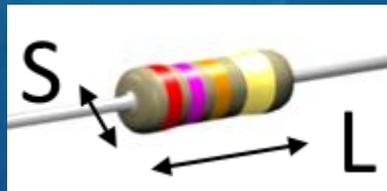
# CONDUCTION ÉLECTRIQUE

## Loi d'Ohm :

$$U = R * I \leftrightarrow I = U/R$$

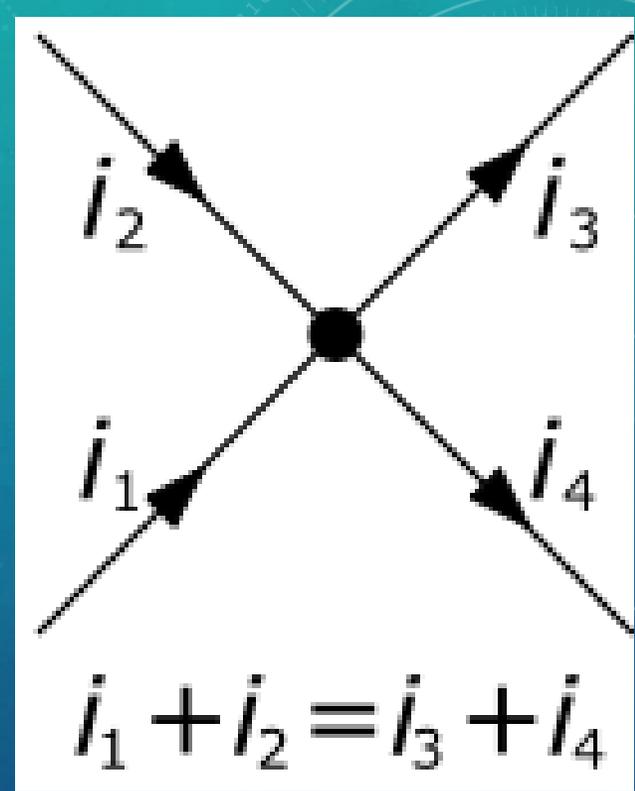
$$P = U * I = R * I^2 = U^2/R \text{ avec } P \text{ la puissance}$$

$$R = \frac{L}{S} \rho \text{ avec } \rho \text{ la résistivité}$$



# CONDUCTION ÉLECTRIQUE

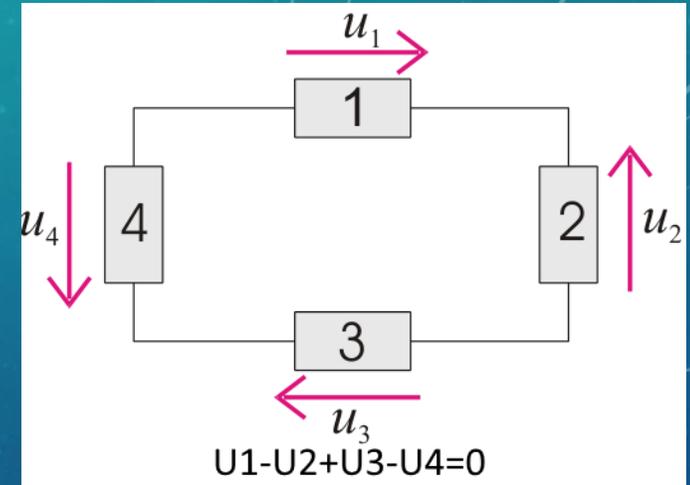
Lois de Kirshoff :



**Loi des nœuds : la somme algébrique des courants qui arrivent sur un nœud du réseau s'annule**

# CONDUCTION ÉLECTRIQUE

## Lois de Kirshoff :



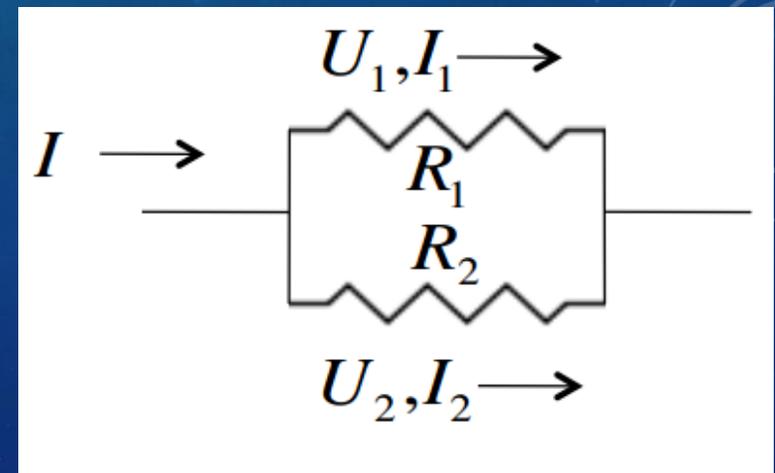
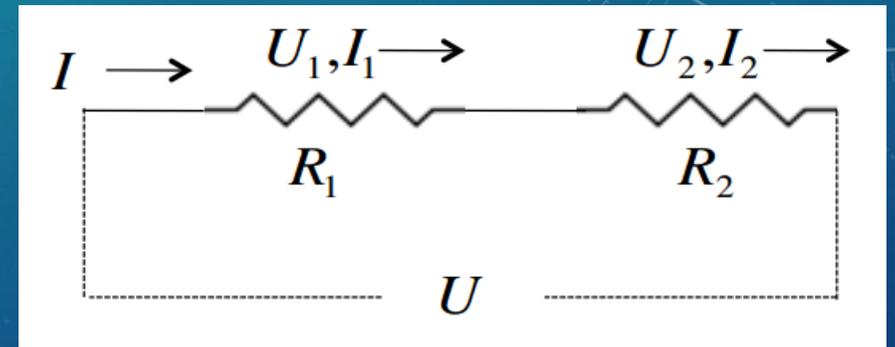
**Loi des mailles : la somme des tensions le long d'une maille (circuit fermé) du réseau s'annule**

# CONDUCTION ÉLECTRIQUE

Application des lois de Kirshoff :

**Résistances en série :  $R_{eq} = R_1 + R_2$**

**Résistances en parallèle :  $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$**



# V. OSCILLATEURS

1. Propriétés
2. Oscillateur harmonique

# OSCILLATEURS

## Propriétés :

Position d'équilibre stable

Oscillation périodique quand déplacé de cette position

S'atténuent dans le temps si non entretenues

# OSCILLATEURS

Oscillateur harmonique :

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x$$

$\omega$  la pulsation propre de l'oscillateur

# QCM 1

A propos du travail d'une force.

- A) Seule la force de Coulomb est dite conservative car elle ne dépend pas de la masse de l'objet étudié.
- B) Les forces de frottements sont des forces dites non-conservatives.
- C) Le travail de la force de pesanteur ne dépend pas du chemin suivi mais des points de départ et d'arrivée, tout comme le travail de la force de rappel d'un ressort.
- D) Le travail d'une force  $W_{AB}$  est dit moteur s'il est négatif.
- E) Aucune des réponses n'est correcte.

## REPONSE BC

- A) Faux : Les forces de Coulomb, de pesanteur et de rappel d'un ressort sont toutes 3 des forces dites conservatives car le travail de ces forces ne dépendent pas du chemin suivi mais des points de départ et d'arrivée.
- B) Vrai : Toutes les forces de frottements sont dites dissipatives car le travail de ces forces dépend du chemin effectué : plus le chemin parcouru sera important plus le système perdra de l'énergie par échauffement.
- C) Vrai
- D) Faux : Le travail d'une force  $W_{AB}$  est dit moteur s'il est positif ( $W_{AB} > 0$ ) ou résistant s'il est négatif  $W_{AB} < 0$ .
- E) Faux

## QCM 2

On considère une bille en chute libre, uniquement soumise à son poids, dans un champ de pesanteur uniforme.

- A) La bille est soumise à une force constante.
- B) Son accélération est d'autant plus grande que sa masse est grande.
- C) L'énergie cinétique reste inchangée au cours de la chute.
- D) L'énergie mécanique reste inchangée au cours de la chute.
- E) Aucune des réponses n'est correcte.

## REPONSE AD

- A) Vrai
- B) Faux : L'accélération est égal au champ de pesanteur et est indépendante de la masse.
- C) Faux : L'énergie potentielle est convertie en énergie cinétique au cours de la chute, cette dernière croît donc.
- D) Vrai : En vertu de la loi de conservation de l'énergie mécanique, si les forces extérieures sont conservatives, l'énergie mécanique est conservée au cours du temps.
- E) Faux

# QCM 3 (CONCOURS 2014/2015)

Le mouvement d'un bouchon qui oscille à la surface de l'eau peut être décrit par l'équation d'un oscillateur harmonique:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{\rho_{eau} g}{\rho_b h} x$$

où  $x$  est la variation du niveau de flottaison du bouchon par rapport à la situation d'équilibre  $x = 0$ .

Déterminer parmi les valeurs proposées ci-dessous celle qui prédit le mieux la période des petites oscillations d'un bouchon de hauteur  $h = 5$  cm, et dont la masse volumique est deux fois plus petite que celle de l'eau :  $\rho_b = \rho_{eau}/2$ .

On utilisera l'approximation :  $g \approx 10 \text{ m.s}^{-2}$  et  $\pi \approx 3$ .

A.  $T = 1/20 \text{ s}$

B.  $T = 3/10 \text{ s}$

C.  $T = 2 \text{ s}$

D.  $T = 3 \text{ s}$

E.  $T = 20 \text{ s}$

Formule de la période :

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0}$$

## REPONSE B

$$\omega_0^2 = \frac{\rho_{eau}}{\rho_b} \times \frac{g}{h} = 2 \times \frac{10}{5 \cdot 10^{-2}} = 4 \cdot 10^2 \Rightarrow \omega_0 = 20 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{Donc } T = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{6}{20} = 3/10 \text{ s}$$

The background is a teal-to-blue gradient with faint technical graphics. On the right side, there are several circular gauges or dials with numerical scales (e.g., 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200) and arrows. There are also some dashed lines and smaller circular elements scattered across the background.

MERCI POUR VOTRE ATTENTION !