Tut rentrée 2015/2016

UE3a

PHYSIQUE COURS 2

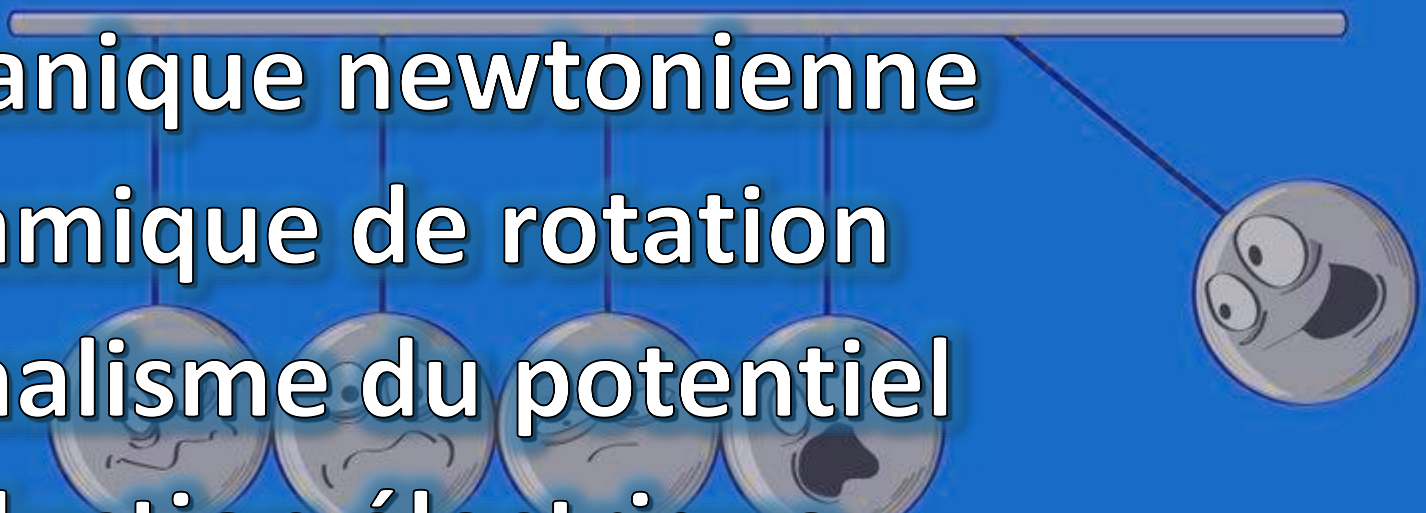
ORGANISATION DES APPAREILS ET DES SYSTÈMES : BASES DE PHYSIQUE DES MÉTHODES D’EXPLORATION – ASPECTS FONCTIONNELS

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 NEWTONIENNE

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

CINÉMATIQUE ET DYNAMIQUE NEWTONIENNE

<u>Référentiel et vecteur position :</u>

Référentiel = repère spatial et temporel

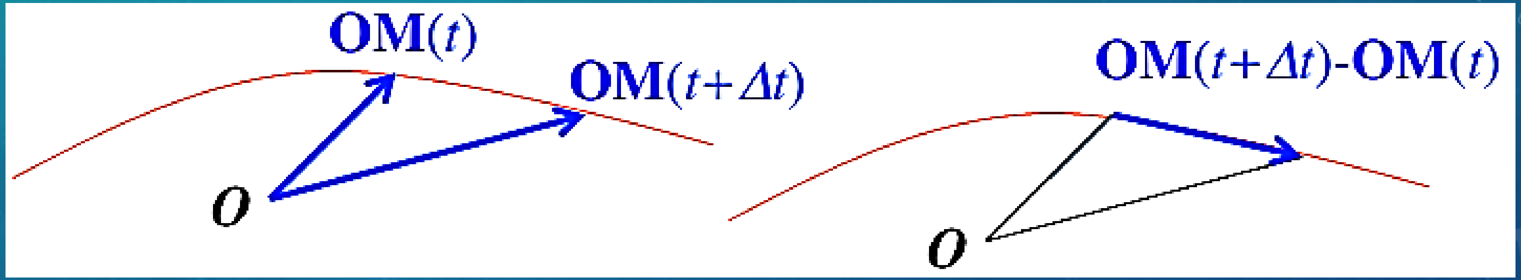
Point M : 3 coordonnées (x,y,z)

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

CINÉMATIQUE ET DYNAMIQUE NEWTONIENNE

Vecteur vitesse :

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



Vecteur vitesse TOUJOURS tangent à la trajectoire

CINÉMATIQUE ET DYNAMIQUE NEWTONIENNE

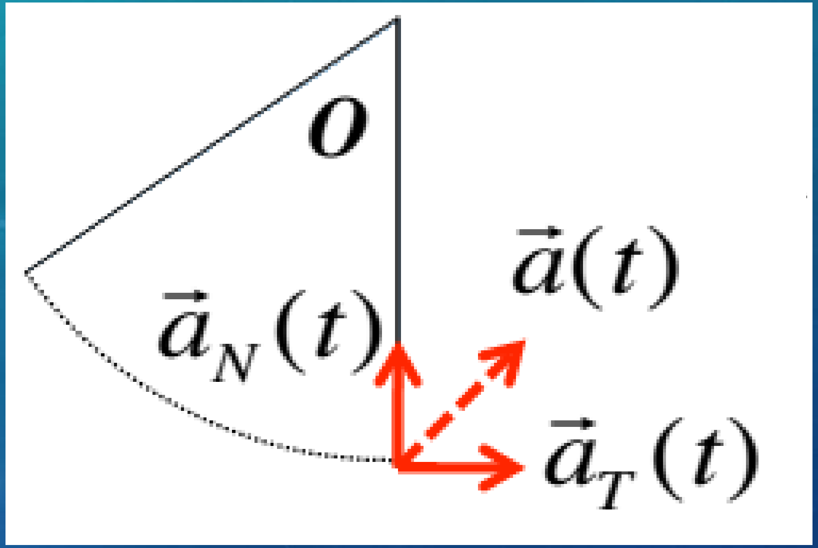
Vecteur accélération

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

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

1ère loi de Newton : $\frac{d\vec{P}}{dt} = 0 \ alors \ \overrightarrow{F_{tot}} = 0$

2ème loi de Newton : $\frac{d\vec{P}}{dt} = \overrightarrow{F_{tot}}$

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

CINÉMATIQUE ET DYNAMIQUE NEWTONIENNE

Forces extérieures :

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

Types de force : de contact et à distance

LES DIFFÉRENTS TYPES DE FORCES

Force d'attraction gravitationnelle :

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

Force de pesanteur :

$\vec{F}t = -mg \cong -10m$ avec $g = G\,\frac{mt}{Rt^2} \cong 9{,}81ms^{-2}$

LES DIFFÉRENTS TYPES DE FORCES

Force électrique de Coulomb :

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

$k \gg G$

Force Coulomb = ADDITIVE

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

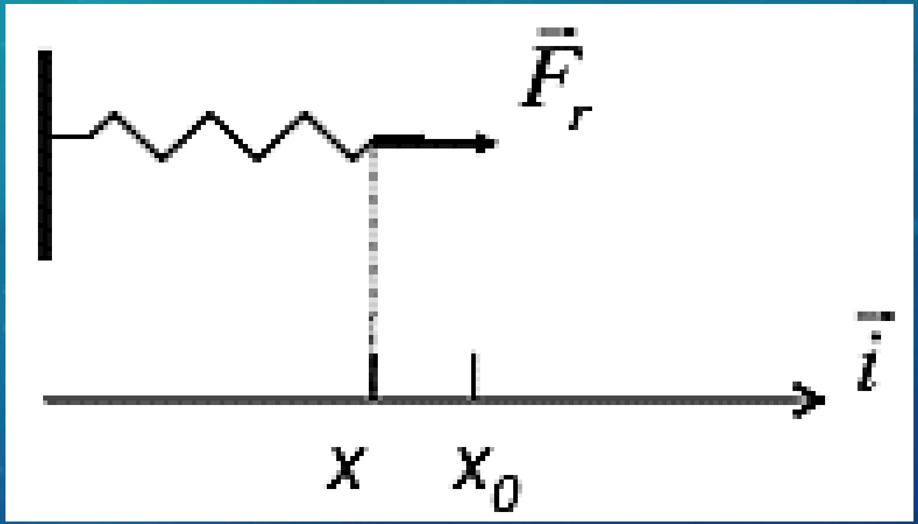
$\vec{F} = q\vec{E}$

LES DIFFÉRENTS TYPES DE FORCES

Force rappel d'un ressort :

$\vec{F}r = -k(x - x_0)\vec{\imath}$

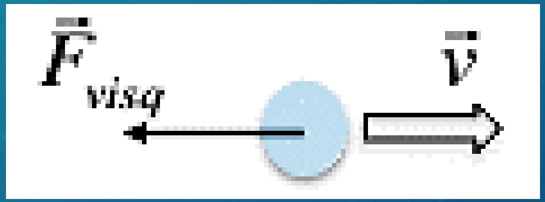
K constante de rappel



LES DIFFÉRENTS TYPES DE FORCES

Force de frottement visqueux :

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

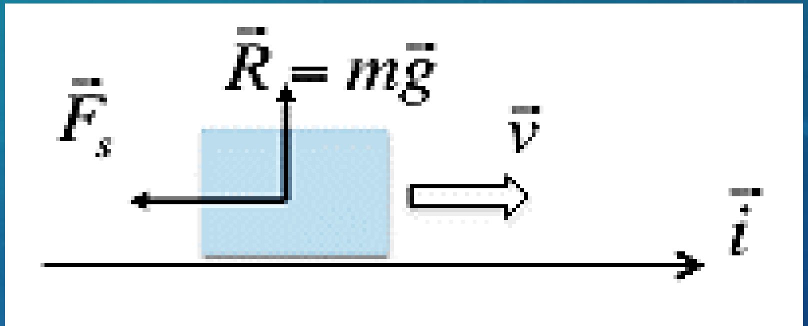


β coefficient de viscosité

LES DIFFÉRENTS TYPES DE FORCES

Force de frottement sec dynamique:

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



μ_d coefficient de viscosité

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

APPLICATIONS ET EXEMPLES

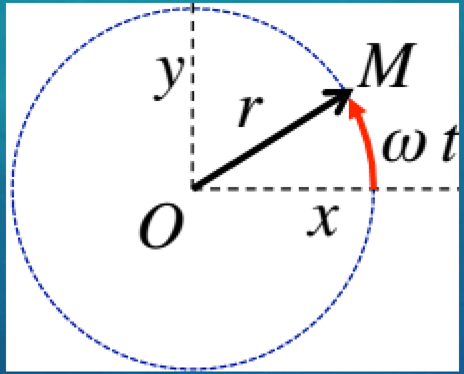
Mouvement circulaire uniforme :

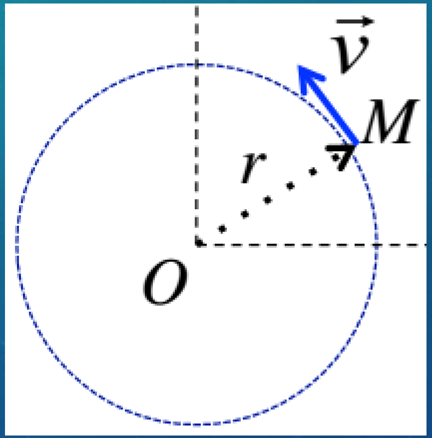
ω = vitesse angulaire

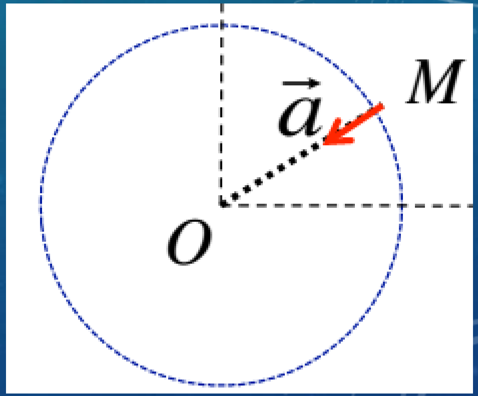
||OM||= r

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

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

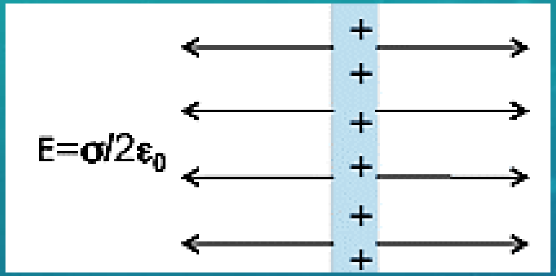






APPLICATIONS ET EXEMPLES

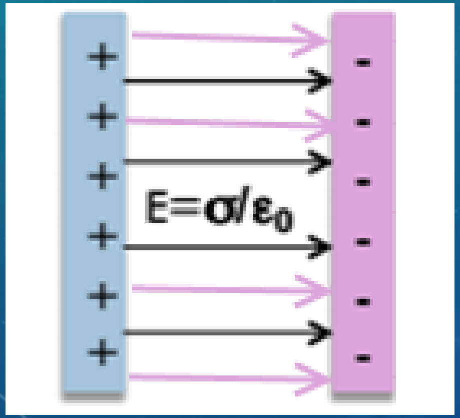
Champs électrique créé par une distribution de charge

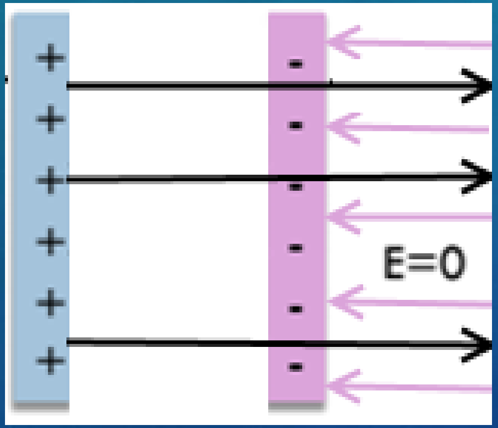


$E = \sigma/2\ \varepsilon_0$

σ : densité de charge

ε_0 : constante diélectrique du vide





$E_{milieu} = E+E = 2*(\sigma/2\ \varepsilon_0) = \sigma/\ \varepsilon_0$

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

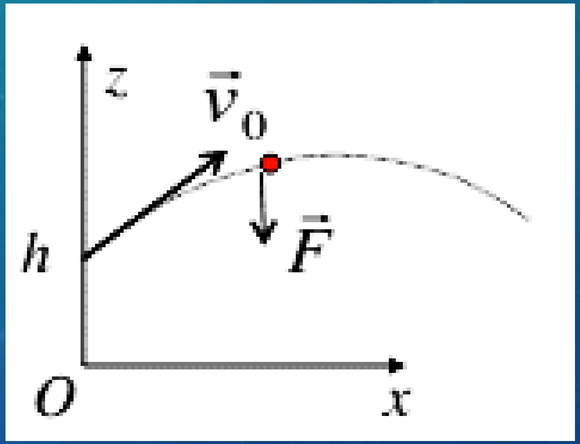
APPLICATIONS ET EXEMPLES

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

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

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

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



APPLICATIONS ET EXEMPLES

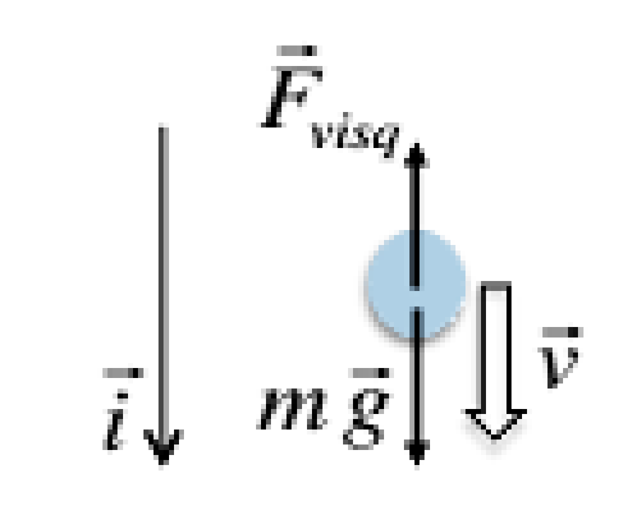
<u>Chute d'une particule dans un fluide soumise à un frottement visqueux :</u>

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

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

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

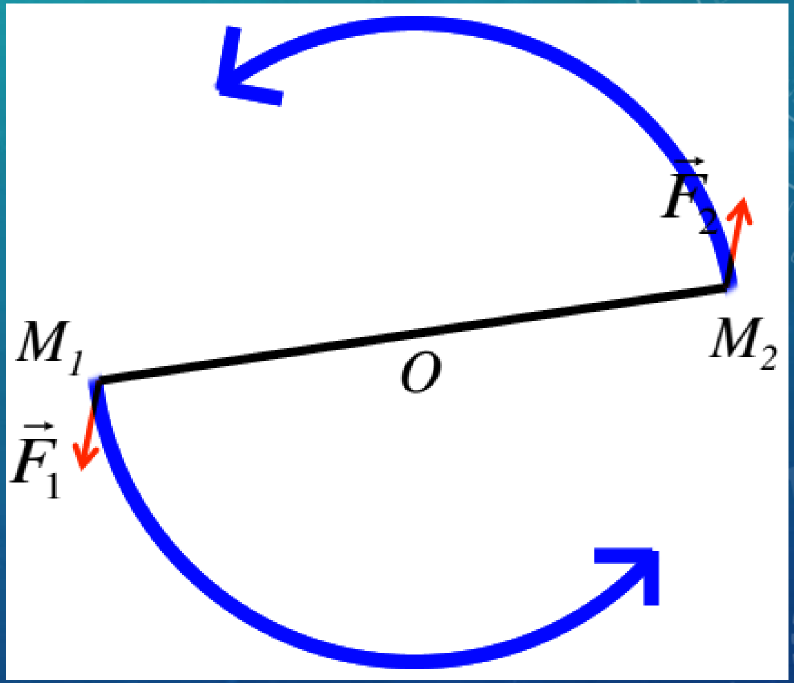
Moment d'une force :

F fait tourner M autour de O

Γ = 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

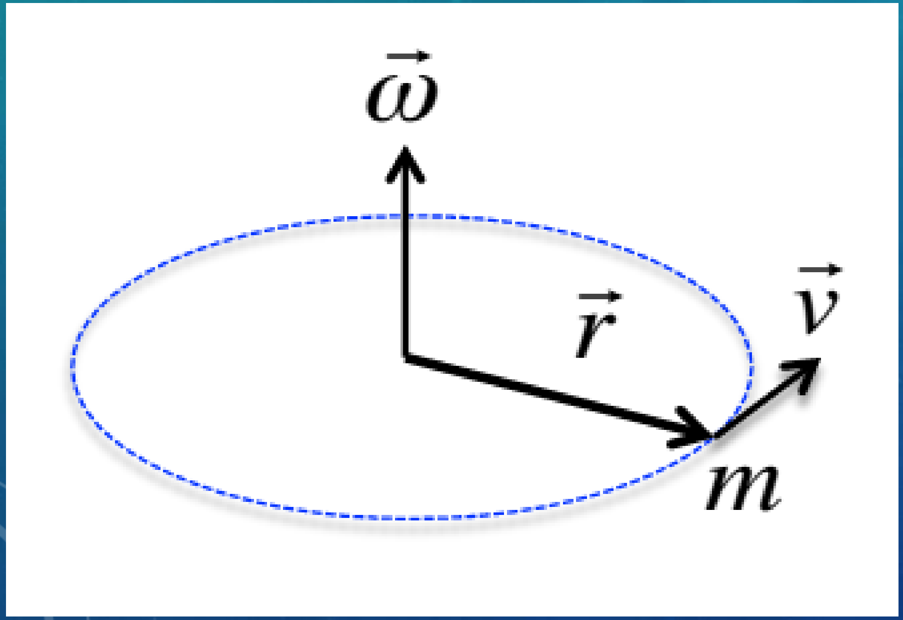
Equivalent de la quantité de mouvement

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \overrightarrow{F_{tot}} \rightarrow \frac{d\vec{J}}{dt} = \overrightarrow{\Gamma_{tot}}$$

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

DYNAMIQUE DE ROTATION

Moment d'inertie I



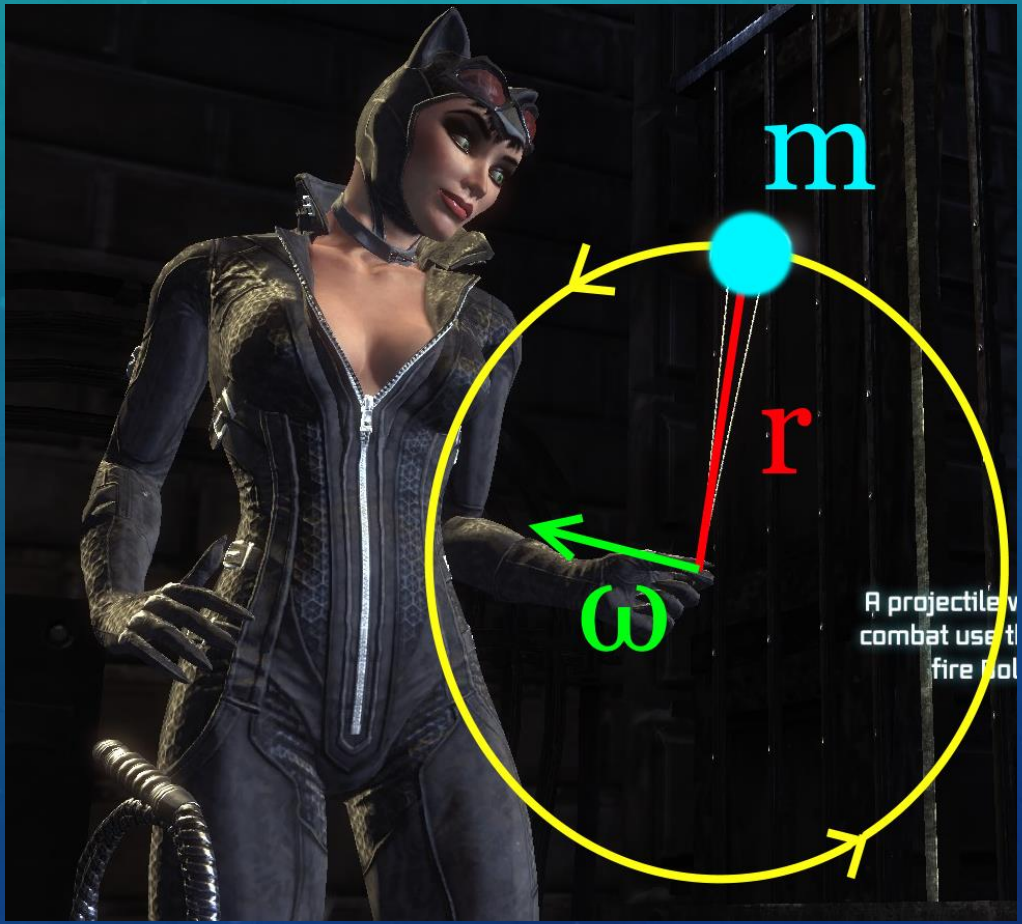
$$\vec{J} = I\vec{\omega}$$

DYNAMIQUE DE ROTATION

<u>Cas d'une masse ponctuelle ou d'une roue creuse en rotation</u>

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

$$\boxed{I = mr^2}$$

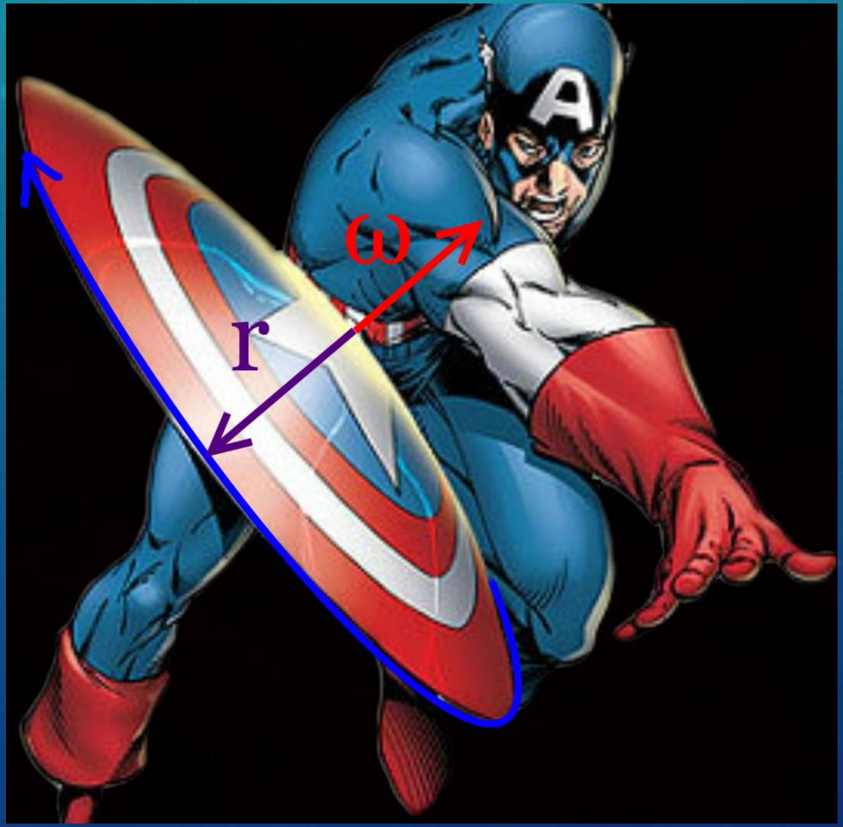


DYNAMIQUE DE ROTATION

<u>Cas d’un disque/roue plein en rotation ou d’un cylindre</u>

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

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



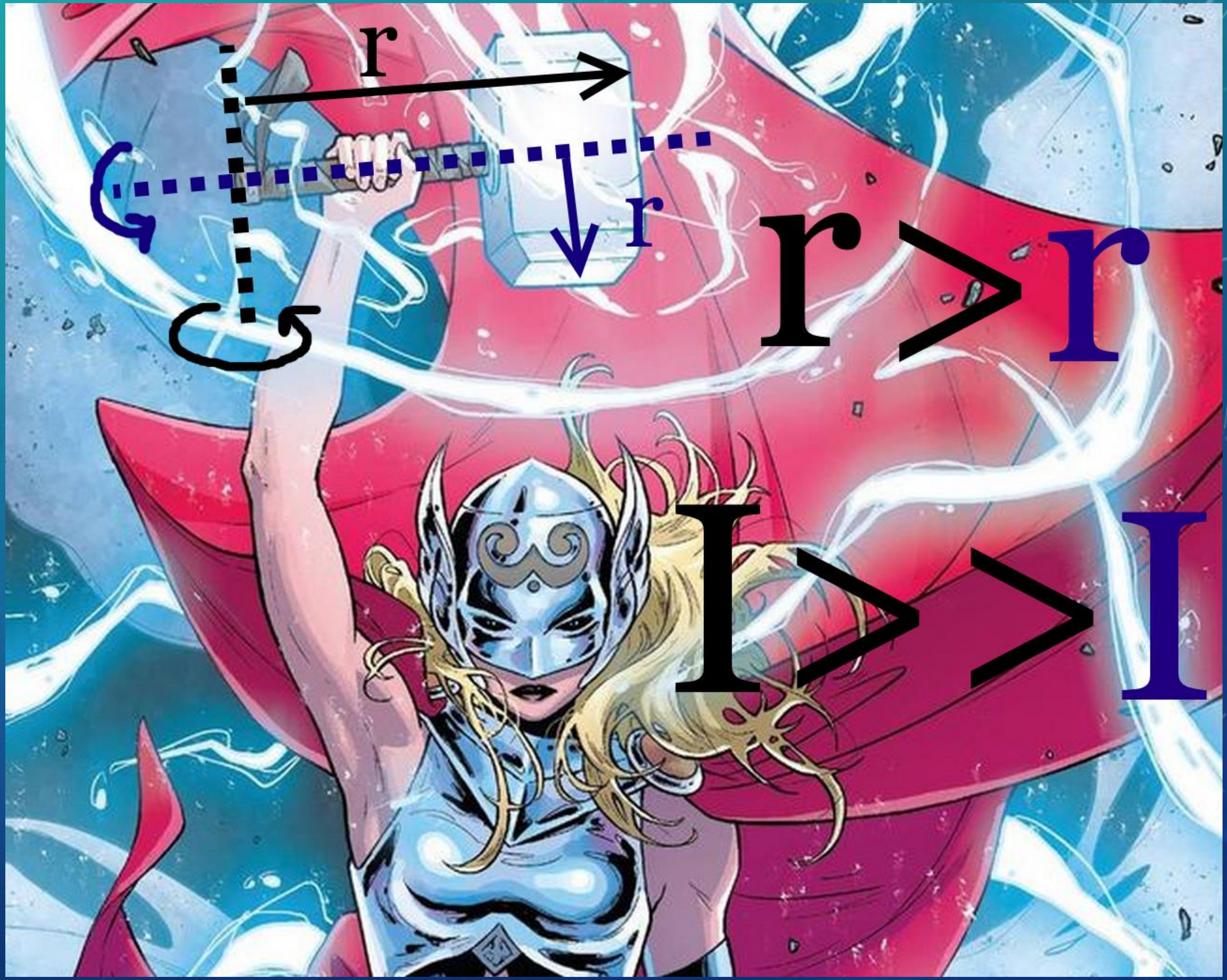
DYNAMIQUE DE ROTATION

Exemple complémentaire

Mouvement le plus difficile :

Autour axe bleu ou noir ?

Autour de l’axe noir plus difficile



DYNAMIQUE DE ROTATION

Rotation libre

$\frac{d\vec{J}}{dt} = 0 \leftrightarrow \overrightarrow{\Gamma_{tot}} = 0$ donc J est constante

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

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

- **augmente le moment d'inertie I**
- **diminue la vitesse angulaire ω**

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

$$W_{AB} > 0 \text{ : travail moteur}$$

$$W_{AB} < 0 \text{ : travail résistant}$$

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

<u>Energie potentielle U :</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

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

FORMALISME DU POTENTIEL

Energie cinétique E_c :

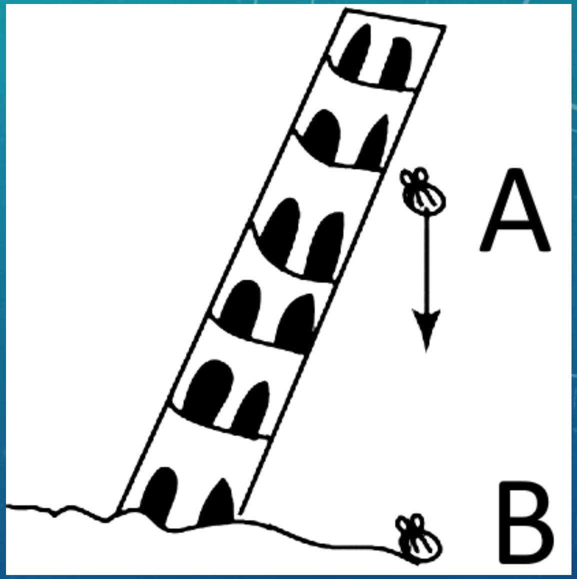
$$\boxed{E_c = \frac{1}{2}mv^2}$$

Energie mécanique E:

Si les forces sont conservatives,

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

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

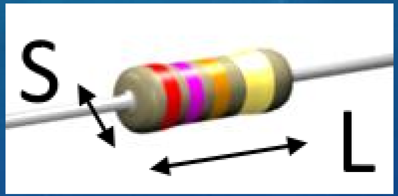
CONDUCTION ÉLECTRIQUE

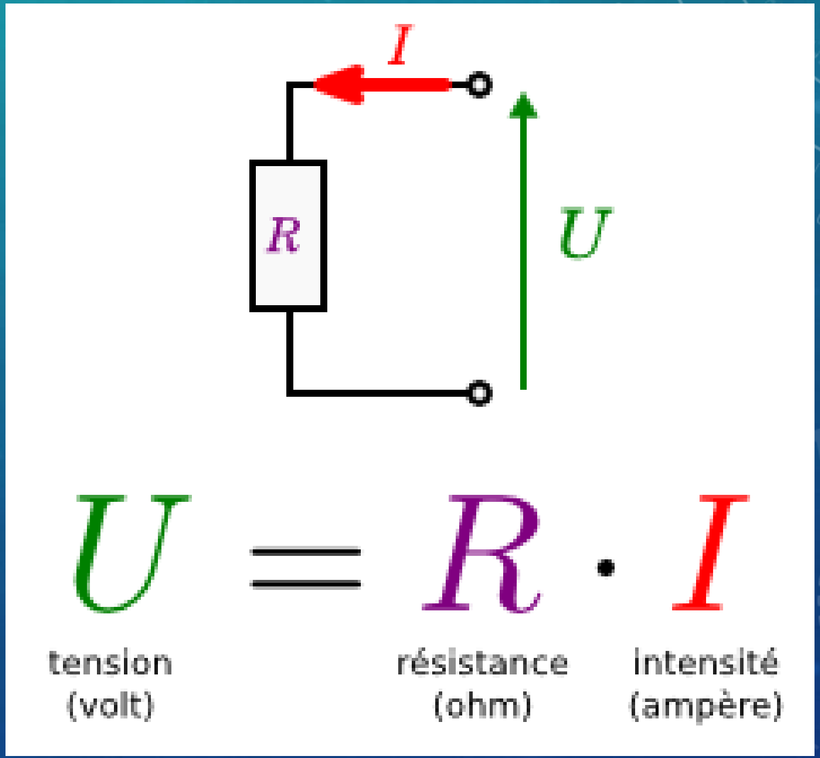
Loi d'Ohm :

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

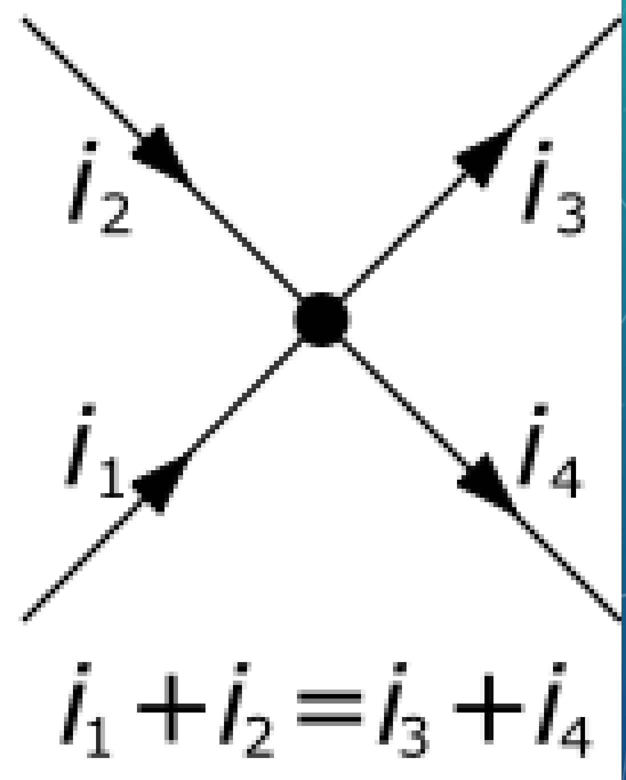
$P = U * I = R * I^2$ avec P la puissance

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





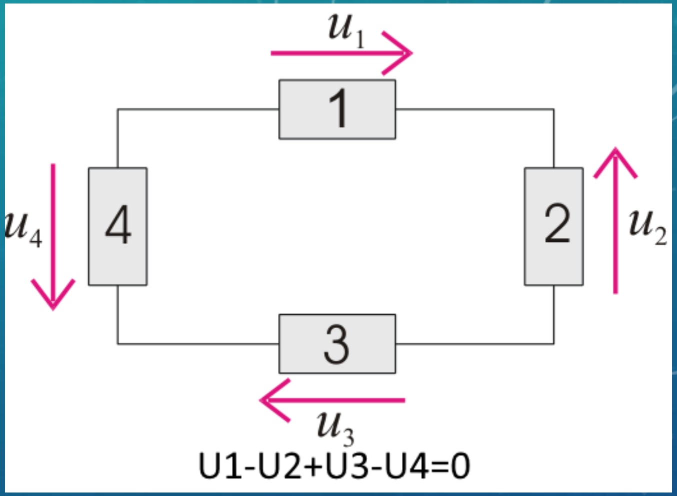
CONDUCTION ÉLECTRIQUE



Lois de Kirshoff :

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

CONDUCTION ÉLECTRIQUE



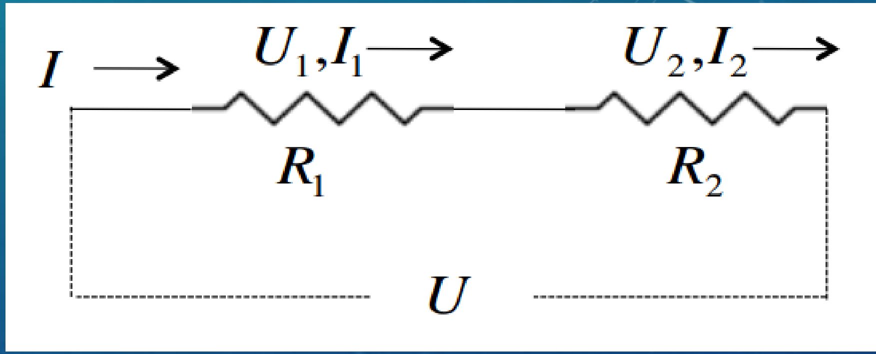
Lois de Kirshoff :

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

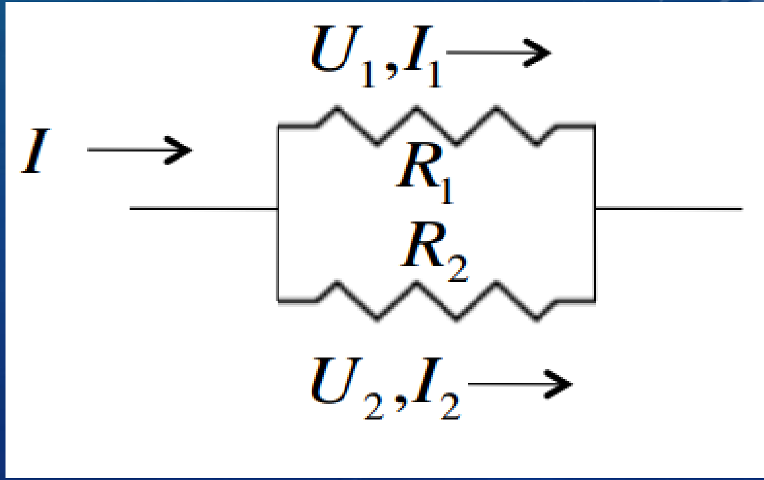
CONDUCTION ÉLECTRIQUE

<u>Application des lois de Kirshoff :</u>

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

<u>Propriétés :</u>

Position d'équilibre stable

Oscillation périodique quand déplacé de cette position

S'atténuent dans le temps si non entretenues

OSCILLATEURS

Oscillateur harmonique :

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

ω la pulsation propre de l'oscillateur