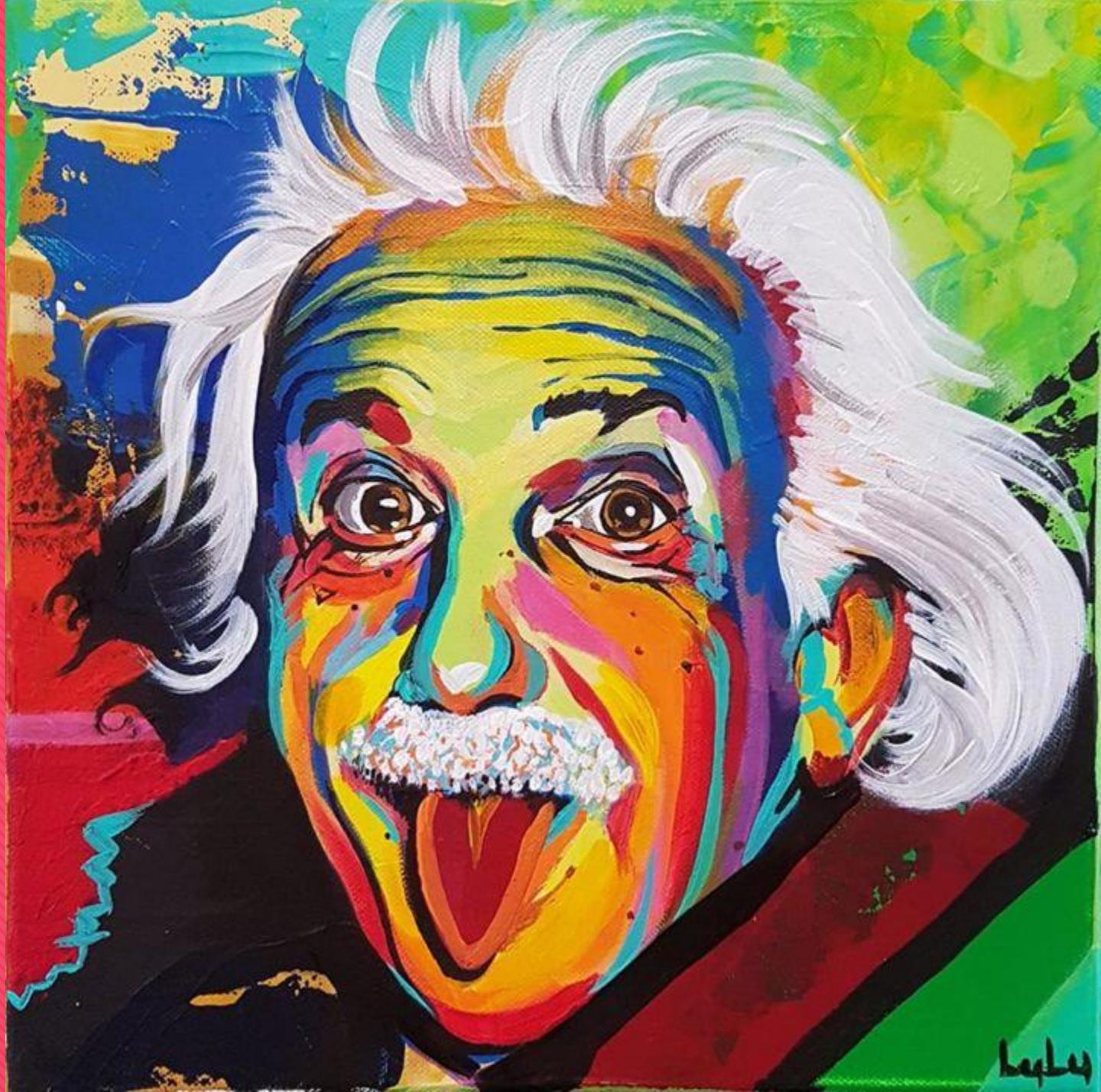


La physique générale



Qu'est-ce que la physique ?

- Une matière à ne **PAS IMPASSER**
- Au concours :
 - Constitue avec la biophysique l'UE3a
 - L'UE3a vaut **120** points avec 24 QCM
 - La physique c'est 10 QCM donc 50 points !

Les cours de physique

I. La physique générale

II. La physique quantique

III. L'optique géométrique

IV. L'optique ondulatoire

V. Ondes et RMN

VI. Lumière et couleur

VII. Lumière et lasers

VIII. Optique médicale

La physique générale

I. La mécanique Newtonienne

II. Dynamique de rotation

III. Formalisme du potentiel

III. Etude du dipôle électrique

IV. Conduction électrique

V. Les oscillateurs

I. La mécanique Newtonienne

A. Le référentiel

Il permet de positionner un objet de manière quantitative.

Il est constitué :

- D'un repère mathématique
- D'un repère temporel

Dans un référentiel la trajectoire d'un point M est l'ensemble des positions successives du point M .

I. La mécanique Newtonienne

B. La cinématique

a. Le vecteur vitesse

Se caractérise par la dérivé du vecteur position en fonction du temps $OM(t)$

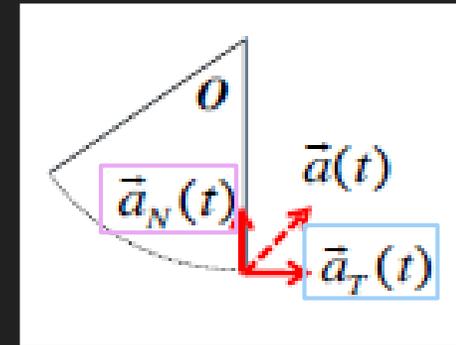
$$\vec{v} = \frac{\overrightarrow{OM}(t + \Delta t) - \overrightarrow{OM}(t)}{\Delta t}$$

Le vecteur vitesse est TOUJOURS **TANGENT** à la trajectoire de M

I. La mécanique Newtonienne

B. La cinématique

b. Le vecteur accélération



Se caractérise par la dérivé du vecteur vitesse par rapport au temps

Est la somme de 2 composantes :

- La composante tangentielle, **colinéaire** à $\vec{v}(t)$: $\vec{a}_T(t)$
- La composante normale, **perpendiculaire** à $\vec{v}(t)$: $\vec{a}_N(t)$ (toujours centripète)

I. La mécanique Newtonienne

B. La cinématique

b. Le vecteur accélération

□ Mouvement rectiligne

- La composante **normale** est nulle $\Rightarrow \vec{a}_N(t) = 0$

□ Mouvement circulaire uniforme

- La vitesse est constante on la nomme vitesse angulaire (ω) et est exprimée en $rad.s^{-1}$
- Le mouvement est centripète donc la composante tangentielle est nulle

$$\begin{aligned}v &= \omega r \\ \omega &= \frac{v}{r} \\ a &= \omega^2 r = \frac{v^2}{r}\end{aligned}$$

La mécanique Newtonienne

C. La dynamique du centre d'inertie des points matériels

○ La 1^{ère} loi de Newton : principe d'inertie de Galilée

La **quantité de mouvement** est constante si et seulement si **la somme des forces extérieures** est nulle. De même que si la **somme des forces** d'un objet s'annule alors la **quantité de mouvement** est constante.

➤ La quantité de mouvement (qdm) : $\vec{P} = m\vec{v}_G$

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = 0 \leftrightarrow \vec{F}_{tot} = 0$$

La mécanique Newtonienne

C. La dynamique du centre d'inertie des points matériels

○ La 2^{ème} loi de Newton : principe fondamental de la dynamique (PFD)

La variation **de quantité de mouvement** est égale à **la somme des forces extérieures**.

➤ La masse est constante contrairement à la qdm:

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = m \times \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a} \leftrightarrow \Sigma \vec{F}_{tot}$$

La mécanique Newtonienne

C. La dynamique du centre d'inertie des points matériels

○ La 3^{ème} loi de Newton : principe d'action-réaction

Si **A exerce sur un corps B** une force alors **B exerce sur le corps A** une force telle que :

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

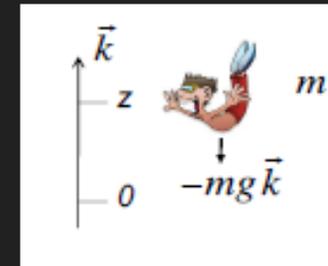
La mécanique Newtonienne

D. Exemples de forces

a. La force gravitationnelle

$$\vec{F}_{A/B} = -G \frac{m_A \times m_B}{r^2} \vec{r}$$

Elle est TOUJOURS **attractive** !



Cas particulier de la force de pesanteur à la surface de la Terre :

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

La mécanique Newtonienne

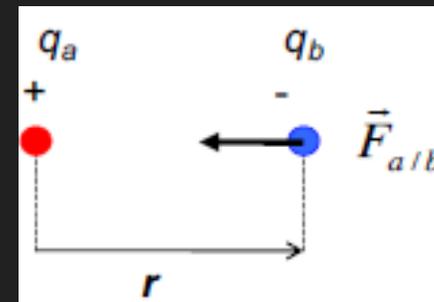
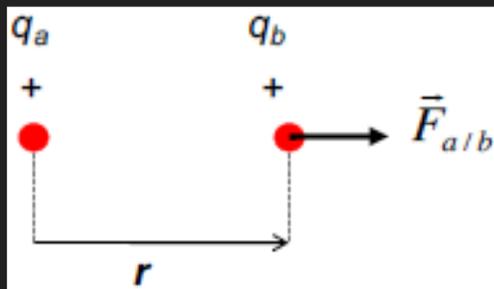
D. Exemples de forces

b. La force électrique Coulomb

C'est une force **additive**

$$\vec{F}_{a/b} = k \frac{q_a \times q_b}{r^2} \vec{r}$$

Peut être **répulsive** (2 charges de même signe) ou **attractive** (2 charges de signe opposé)



La mécanique Newtonienne

D. Exemples de forces

c. Le champ électrique



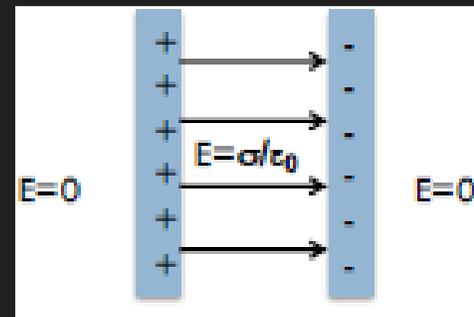
$$\vec{F} = q\vec{E}$$

Le champ électrique équivaut à la **force électrique** qui s'exerce sur une charge unité

Cas particulier :

➤ Condensateur

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

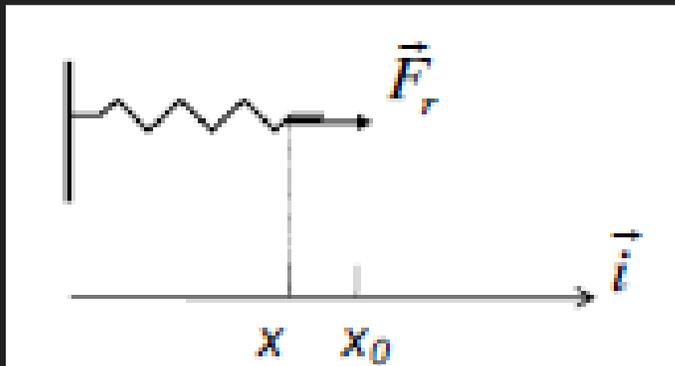


La mécanique Newtonienne

D. Exemples de forces

d. La force de rappel d'un ressort

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



S'oppose au déplacement



La mécanique Newtonienne

D. Exemples de forces

e. Force de frottement sec et dynamique



$$\vec{F}_s = -\mu_d \times \vec{R} \times \text{sign}(\vec{v})$$

$$R = -mg$$

μ_d ne dépend que de la **NATURE** du contact entre l'objet et le support. Il ne dépend **PAS** de la **SURFACE** de l'objet

⚠ La force ne dépend PAS de la norme de la vitesse mais **seulement** du **signe** du vecteur

La mécanique Newtonienne

D. Exemples de forces

f. Force de frottement visqueux

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

$$\beta = 6\pi R\eta$$

β dépend :

- De la forme géométrique de l'objet
- Du fluide

⚠ La force **dépend** cette fois de la **vitesse**



La mécanique Newtonienne

D. Exemples de forces

g. Force de trainée

$$\vec{F}_r = -\frac{1}{2}\rho \times S \times c \times v \times \vec{v}$$

ρ : la masse volumique de l'objet

S : la surface apparente de l'objet

c : le coefficient de trainée

⚠ La force est proportionnelle au **CARRE** de la **vitesse**

La mécanique Newtonienne

D. Exemples de forces

h. La poussée d'Archimède

$$\vec{F}_A = \rho g V_i \times \vec{k}$$

V_i : le volume immergé

La poussée d'Archimède est orientée vers le **HAUT**.

Flottabilité si : $\vec{F}_A = \vec{P} \rightarrow \rho V_i g = mg \rightarrow \rho V_i = m$

$$\rho V_i = \text{MASSE}$$

$$\rho V_i g = \text{POIDS}$$

QCM : A propos de la dynamique newtonienne :

- A) Le vecteur vitesse est le dérivé du vecteur accélération et l'intégrale du vecteur position
- B) A propos de la 2^{ème} loi de Newton : c'est le principe d'inertie de Galilée
- C) La force de rappel d'un ressort s'oppose au déplacement
- D) La force de frottement visqueux est proportionnelle au rayon de l'objet
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

QCM

QCM : A propos de la dynamique newtonienne :

- A) Le vecteur vitesse est le dérivé du vecteur accélération et l'intégrale du vecteur position
- B) A propos de la 2^{ème} loi de Newton : c'est le principe d'inertie de Galilée
- C) La force de rappel d'un ressort s'oppose au déplacement
- D) La force de frottement visqueux est proportionnelle au rayon de l'objet
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

Réponses : CD

La mécanique Newtonienne

E. Exemples d'application du PFD

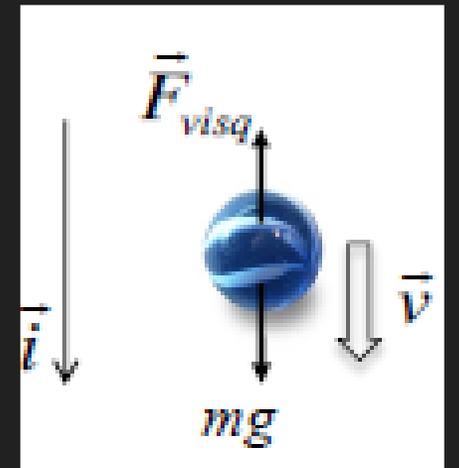
- a. Chute libre d'un objet soumis à une force de frottement visqueux

$$m\vec{a} = mg + \vec{F}_{visq}$$

$$\rightarrow m\vec{a} = mg - \beta\vec{v}$$

$$\rightarrow m\vec{a} = 0 \Rightarrow mg - \beta\vec{v} = 0$$

$$\rightarrow \vec{v}_{lim} = \frac{mg}{\beta}$$



La mécanique Newtonienne

E. Exemples d'application du PFD

- b. Chute libre d'un objet soumis à une force de frottement visqueux et à la poussée d'Archimède

$$m\vec{a} = mg + \vec{F}_{visq} + \vec{F}_A$$

$$\rightarrow m\vec{a} = mg - \beta\vec{v} - \rho g V_i$$

$$\rightarrow m\vec{a} = 0 \Rightarrow mg - \beta\vec{v} - \rho g V_i = 0$$

$$\rightarrow \vec{v}_{lim} = \frac{mg - \rho g V_i}{\beta} = \frac{(m - \rho V_i)g}{\beta}$$

La mécanique Newtonienne

E. Exemples d'application du PFD

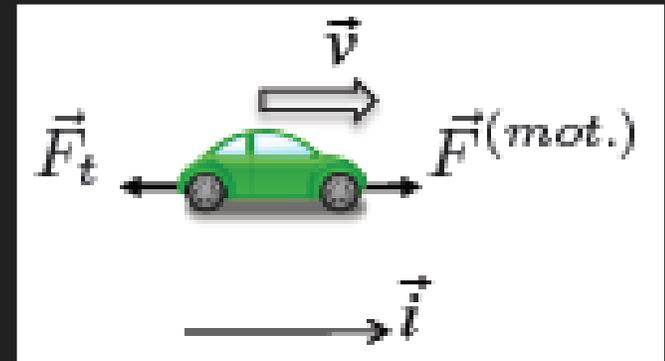
- c. Mouvement d'un objet lorsqu'il est soumis à une force motrice constante et une force de trainée

$$m\vec{a} = \vec{F}_{mot} + \vec{F}_t$$

$$\rightarrow m\vec{a} = \vec{F}_{mot} - \frac{1}{2}\rho \times S \times c \times v^2$$

$$\rightarrow m\vec{a} = 0 \Rightarrow \vec{F}_{mot} - \frac{1}{2}\rho \times S \times c \times v^2 = 0$$

$$\rightarrow \vec{v}_{lim} = \sqrt{\frac{2 \times \vec{F}_{mot}}{\rho S c}}$$



QCM : Lucie veut faire des expériences dans la mer et veut lâcher une boule et voir à l'aide de son tuba comment évolue la vitesse de cette boule, on considère qu'elle aura un rayon de 1 m et, son volume est de 4 m^3 , elle a une masse de 4,18 kg. Sachant que la masse volumique de l'eau vaut $\rho = 1$ et qu'on considère que sa vitesse initiale est nulle, que $\pi=3$ et que $\eta=10^{-3}$

- A) Ce système implique uniquement la force de pesanteur et la poussée d'Archimède
- B) Quand la vitesse atteint la vitesse limite, l'accélération devient nulle
- C) La vitesse limite de ce système vaut $100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- D) La vitesse limite est proportionnelle au rayon
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

QCM

QCM : Lucie veut faire des expériences dans la mer et veut lâcher une boule et voir à l'aide de son tuba comment évolue la vitesse de cette boule, on considère qu'elle aura un rayon de 1 m et, son volume est de 4 m^3 , elle a une masse de 4,18 kg. Sachant que la masse volumique de l'eau vaut $\rho = 1$ et qu'on considère que sa vitesse initiale est nulle, que $\pi=3$ et que $\eta=10^{-3}$

- A) Ce système implique uniquement la force de pesanteur et la poussée d'Archimède
- B) Quand la vitesse atteint la vitesse limite, l'accélération devient nulle
- C) La vitesse limite de ce système vaut $100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- D) La vitesse limite est proportionnelle au rayon
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

Réponses : BC

QCM

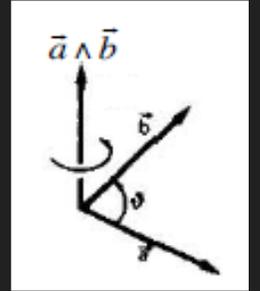
QCM : Lucie veut faire des expériences dans la mer et veut lâcher une boule et voir à l'aide de son tuba comment évolue la vitesse de cette boule, on considère qu'elle aura un rayon de 1 m et, son volume est de 4 m^3 , elle a une masse de 4,18 kg. Sachant que la masse volumique de l'eau vaut $\rho = 1$ et qu'on considère que sa vitesse initiale est nulle et que $\eta = 10^{-3}$

Calcul :

$$a = 0 \Rightarrow ma = 0 = mg - \rho g V_i - 6\pi R \eta v$$
$$v_{lim} = \frac{(m - \rho V_i)g}{6\pi R \eta}$$
$$\Rightarrow v_{lim} = \frac{(4,18 - 1 \times 4) \times 10}{6 \times 3 \times 1 \times 10^{-3}} = \frac{0,18 \times 10}{18 \times 10^{-3}} = 100 \text{ m.s}^{-1}$$

II. Dynamique de rotation

A. Le produit vectoriel



$$\vec{a} \wedge \vec{b} = \vec{c}$$

$$\|\vec{c}\| = a \cdot b \cdot \sin(\theta)$$

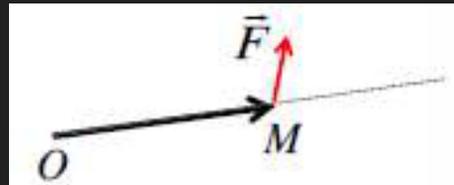
- Est **antisymétrique**
- Est **perpendiculaire**
- Est **nul** si \vec{a} et \vec{b} sont parallèles
- Est **maximal** si \vec{a} et \vec{b} sont perpendiculaires

La dynamique de rotation

B. Le moment de force

$$\vec{\Gamma} = OM \wedge \vec{F}$$

C'es la façon dont la force F tend à faire tourner OM si O est fixé.



La dynamique de rotation

C. Le moment angulaire/cinétique

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

I : le moment d'inertie

ω : la vitesse angulaire de l'objet

La dynamique de rotation

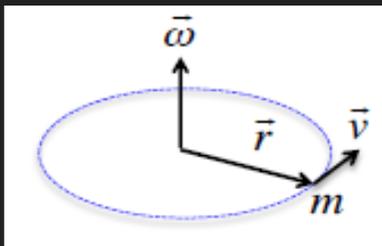
D. Le moment d'inertie

Il détermine la difficulté à faire tourner l'objet.

Il dépend de la forme de l'objet :

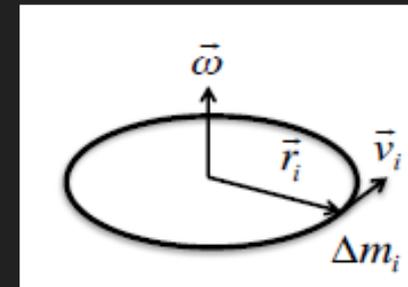
➤ Masse ponctuelle :

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



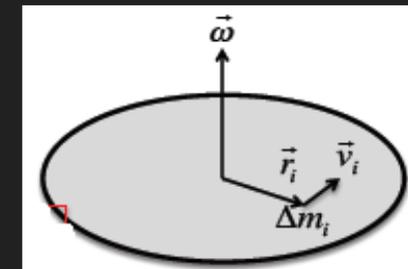
➤ Roue creuse :

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



➤ Roue pleine

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



La dynamique de rotation

E. Rotation libre

Le moment angulaire est **conservé** donc J est **constant**.

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

Donc si :

- $I \nearrow$ alors $\omega \searrow$
- $I \searrow$ alors $\omega \nearrow$

La dynamique de rotation

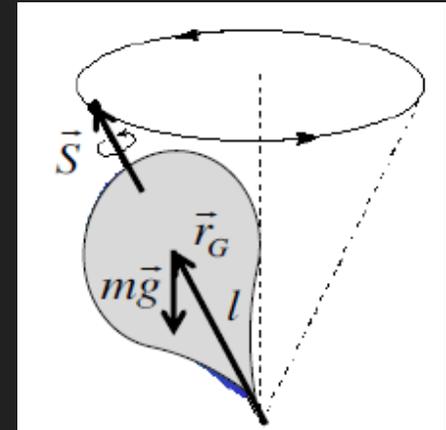
F. Mouvement de précession

Le moment angulaire est **conservé** donc J est **constant**.

$$\Omega = \frac{mgl}{I\omega}$$

Ω : vitesse angulaire par rapport à l'axe vertical

ω : vitesse angulaire par rapport à l'axe de l'objet



QCM : A propos du moment angulaire :

- A) Il est constant si la rotation est libre
- B) L'effet gyroscopique c'est lorsqu'un objet qui tourne sur lui-même est plus stable que lorsqu'il est au repos
- C) Si on est dans un cas de rotation libre : la vitesse angulaire augmente quand le diamètre augmente
- D) Le moment d'inertie détermine la difficulté a faire tourner un objet
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

QCM

QCM : A propos du moment angulaire :

- A) Il est constant si la rotation est libre
- B) L'effet gyroscopique c'est lorsqu'un objet qui tourne sur lui-même est plus stable que lorsqu'il est au repos
- C) Si on est dans un cas de rotation libre : la vitesse angulaire augmente quand le diamètre augmente
- D) Le moment d'inertie détermine la difficulté a faire tourner un objet
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

Réponses : ABD

III. Formalisme du potentiel

A. Travail d'une force

C'est l'énergie fournie pour déplacer un objet d'un point A à un point B

Il peut être :

- **Positif** et donc **moteur**
- **Négatif** et donc **résistant**

Certaines forces sont **conservatives** : W ne dépend que des points A et B et pas du **chemin suivi**.

D'autres sont **non conservatives** : W dépend du **chemin suivi**

Formalisme du potentiel

B. Énergie potentielle

La **variation d'énergie potentielle** entre les points A et B définit le travail pour aller du point A au point B.

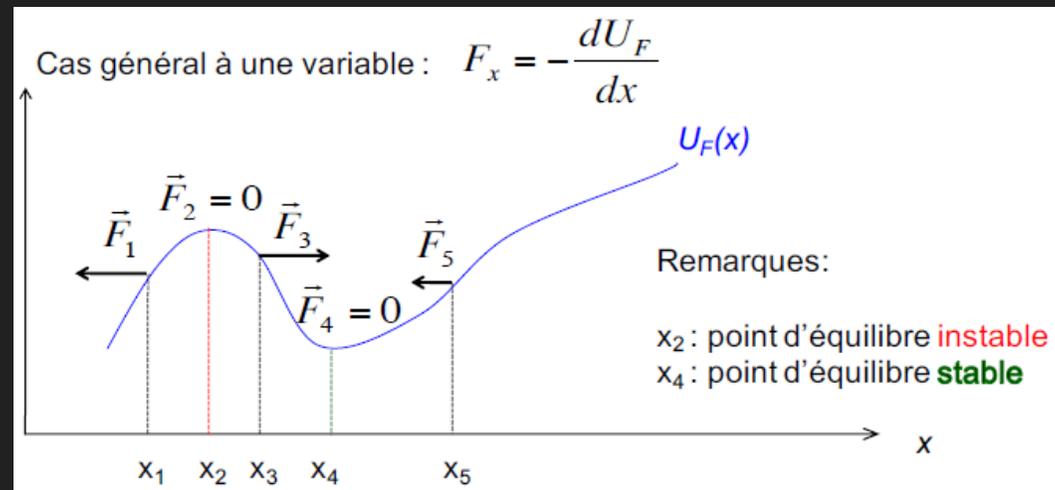
$$U_B - U_A = W_{AB}$$

⚠ Cette formule ne marche que pour les forces conservatives !

Formalisme du potentiel

C. Relation force-énergie potentielle

L'énergie potentielle vaut l'opposé de l'intégrale de la force donc réciproquement la force vaut l'opposé de la dérivé de l'énergie potentielle



Formalisme du potentiel

D. Energie cinétique et énergie mécanique

a. L'énergie cinétique :

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

La différence d'énergie cinétique entre un point A et un point B vaut le travail des forces extérieures de A à B :

$$E_{cB} - E_{cA} = W_{AB}^{ext}$$

Formalisme du potentiel

D. Energie cinétique et énergie mécanique

b. L'énergie mécanique :

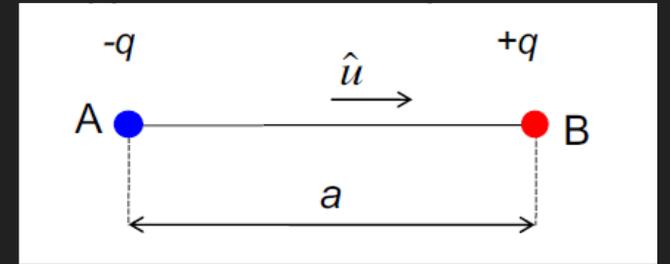
$$E_{méca} = \frac{1}{2}mv^2 + U(x)$$

$$E_{cB} + U_B = E_{cA} + U_A$$

Donc si $U \nearrow$ alors $E_c \searrow$
Ou si $U \searrow$ alors $E_c \nearrow$

La loi de **conservation de l'énergie mécanique** : dans le cas des forces conservatives l'énergie mécanique est conservée au cours du temps

IV. Etude du dipôle électrique



A. Définitions

- **Isolants** : matériaux sans électrons libres
- **Conducteurs** : matériaux avec des charges libres qui peuvent se déplacer ou être mobilisées dans un courant
- **Dipôle électrique** : distribution de charges (q^- au point A et q^+ au point B) séparées d'une distance a et qui forment un champ électrique (du $-$ au $+$)

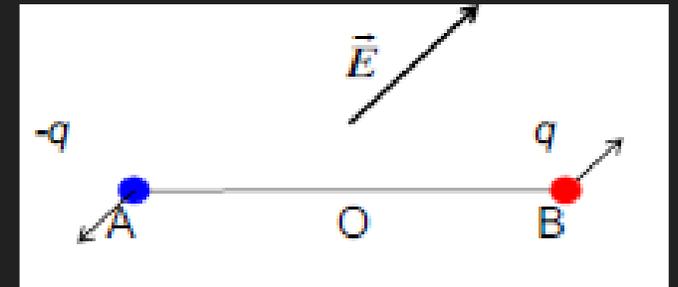
$$\vec{p} = aq\hat{u}$$

Etude du dipôle électrique

B. Dipôle placé dans un champ électrique

a. Moment de force

- La charge + est soumise à une force parallèle à E
- La charge - est soumise à une force antiparallèle



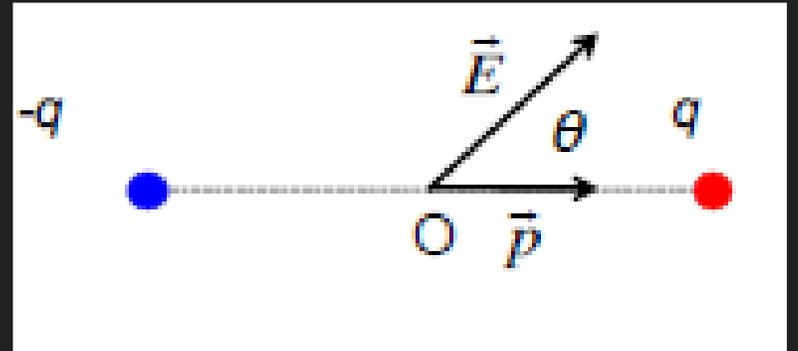
Etude du dipôle électrique

B. Dipôle placé dans un champ électrique

b. Energie potentielle

$$U = -\vec{p} \cdot \vec{E}$$

$$U = -p \cdot E \cdot \cos(\theta)$$

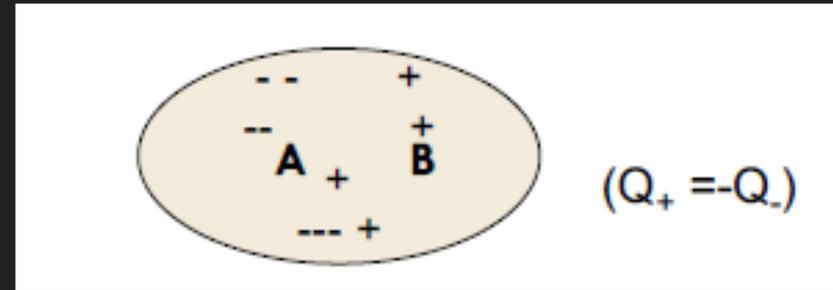


- Est **maximale** quand $\theta = \pi$ c'est un **équilibre instable**
- Est **minimale** quand $\theta = 0$ c'est un **équilibre stable**

Etude du dipôle électrique

C. Dipôle dans la matière

a. La matière



Composée de barycentres (centre du nuage électronique positif ou négatif)

Si les barycentres ne se confondent plus alors on peut observer un moment dipolaire

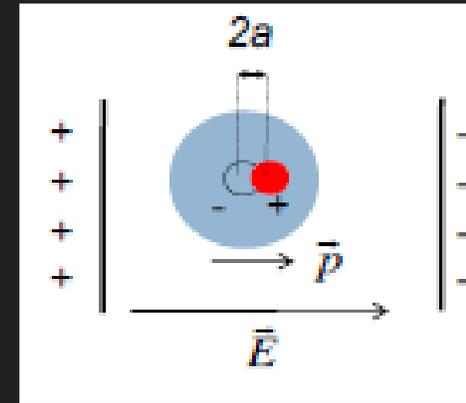
$$p = Q_+ \times AB = -Q_- \times AB$$

Etude du dipôle électrique

C. Dipôle dans la matière

b. Moment dipolaire induit

$$p = \alpha \vec{E}$$



Concerne :

- Les atomes/molécules diatomique, non polaires et symétriques
- Le moment dipolaire n'est pas permanent

Etude du dipôle électrique

C. Dipôle dans la matière

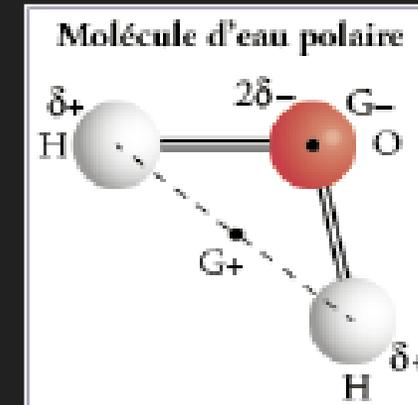
b. Moment dipolaire permanent

Concerne :

$$p = \alpha \vec{E}$$

- Les atomes/molécules dont les barycentres + et - ne coïncident pas, polaires
- Le moment dipolaire n'est pas permanent
- De nombreuses molécules biologiques

Lorsqu'il y a un champ électrique les molécules polaires ont une polarisabilité plus forte que les molécules non polaires



Etude du dipôle électrique

D. Diélectriques et condensateurs

Diélectrique : matériau possédant des dipôles sous l'effet d'un champ électrique

Condensateur : 2 plaques chargées grâce à un potentiel qui crée un champ électrique constant

Capacité : (en Farad) permet de déterminer la quantité de charges qu'on peut mettre sur une plaque d'un condensateur pour une tension donnée

$$Q = CV$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

Etude du dipôle électrique

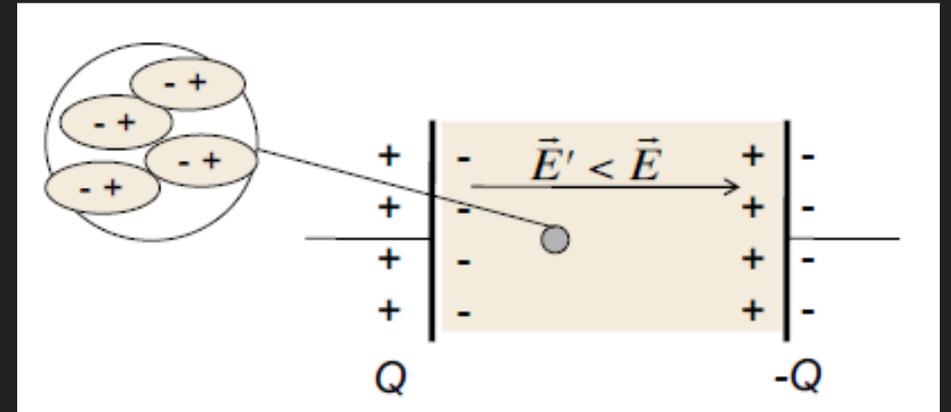
D. Diélectriques et condensateurs

$$C' > C$$

$$V' < V$$

$$Q = C.V = C'.V'$$

$$\frac{C'}{C} = \epsilon_r$$



QCM : A propos des condensateurs et des diélectriques

- A) La capacité détermine la quantité de charges que l'on peut mettre sur une plaque pour une tension donnée
- B) Si la distance entre les deux plaques augmente alors la capacité diminue
- C) Si on remplit notre condensateur de diélectrique sa tension augmente
- D) un diélectrique c'est un matériau possédant des dipôles même sans tension électrique
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

QCM

QCM : A propos des condensateurs et des diélectriques

- A) La capacité détermine la quantité de charges que l'on peut mettre sur une plaque pour une tension donnée
- B) Si la distance entre les deux plaques augmente alors la capacité diminue
- C) Un diélectrique c'est un matériau possédant des dipôles même sans tension électrique
- D) Si on remplit notre condensateur de diélectrique sa tension augmente
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

Réponses : AB

V. Conduction électrique

A. Définitions

- **Isolants** : matériau sans charges libres mais sujets au phénomène de polarisation = diélectriques
- **Conducteurs** : matériau avec charges libres pouvant se laisser traverser par des courants
- **Semi-conducteurs**

Conduction électrique

B. Loi d'Ohm

C'est le phénomène du **déplacement des charges** dans **un élément conducteur** sous l'effet d'une différence de potentiel électrique

Intensité :

$$I = \frac{U_A - U_B}{R_{AB}}$$

I : le courant en ampère
 $U_A - U_B$: différence de potentiel électrique
 R_{AB} : résistance en ohm (Ω)

Conduction électrique

B. Loi d'Ohm

La résistance :

$$R_{AB} = \frac{L}{S} \rho$$

R_{AB} : la **résistance** en ohm (Ω)

L : la longueur du fil (m)

S : la section du fil (m^2)

ρ : la **résistivité** ($\Omega.m$)

La puissance électrique :

$$\begin{aligned} P &= (U_A - U_B)I \\ &= R_{AB}I^2 \\ &= \frac{(U_A - U_B)^2}{R_{AB}} \end{aligned}$$

QCM 6 : Léa votre chef tut' s'amuse à faire des expériences avec des circuit électrique : elle prend un fil ayant une résistance de 20 Ohm et le fait parcourir par un courant de 1,5 A

- A) La différence de potentiel est de : 30 V
- B) Non la différence de potentiel est de : 13 V
- C) La puissance de ce circuit vaut : 20 W
- D) Non la puissance vaut : 45 W
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

QCM

QCM 6 : Léa votre chef tut' s'amuse à faire des expériences avec des circuit électrique : elle prend un fil ayant une résistance de 20 Ohm et le fait parcourir par un courant de 1,5 A

- A) La différence de potentiel est de : 30 V
- B) Non la différence de potentiel est de : 13 V
- C) La puissance de ce circuit vaut : 20 W
- D) Non la puissance vaut : 45 W
- E) Les réponses A, B, C et D sont fausses

$$U_A - U_B = R \times I$$
$$U_A - U_B = 20 \times 1,5 = 30$$

$$P = U \times I = R \times I^2$$
$$P = 30 \times 1,5 = 45$$

Réponses : AD

VI. Les oscillateurs



A. Leurs caractéristiques

- Possèdent une position d'équilibre
- Présentent des oscillations périodiques autour de cette position d'équilibre
- Les oscillations peuvent s'atténuer (ou non)

Les oscillateurs

B. Les oscillateurs harmoniques

Ce sont des systèmes **dynamiques** et **conservatifs**.

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega_0^2 x$$

Leur période T :

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

ω_0 : la pulsation propre

Les oscillateurs

C. Les oscillateurs harmoniques amortis

En général le système subit des forces de frottements, ainsi l'équation change :

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -\gamma \frac{dx}{dt} - \omega_0^2 x$$

γ : coefficient d'amortissement

Leur pseudo-période T :

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}$$

ω_1 : la pseudo pulsation de l'oscillateur

Le temps d'amortissement :

$$\tau = \frac{2}{\gamma}$$

Facteur de qualité :

$$Q = \frac{\omega_0}{\gamma}$$

Les oscillateurs

D. Les oscillateurs harmoniques amortis et entretenus

On soumet le système à un forçage périodique ($F(t)$) le régime a une pulsation identique à celle du forçage périodique

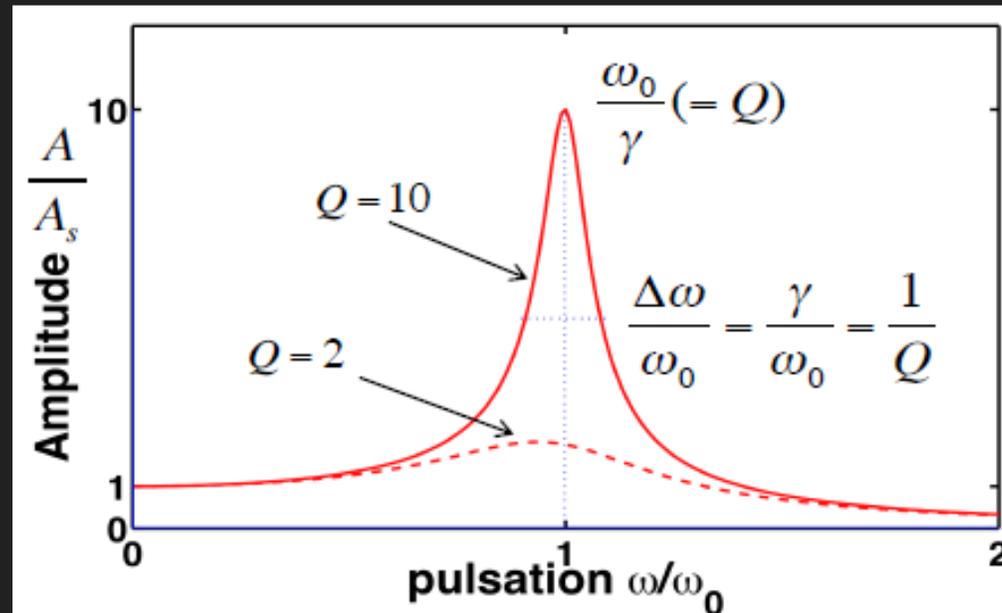
$$\frac{d^2x}{dt^2} + \gamma \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = \frac{F}{m} \sin(\omega t)$$

Phénomène de résonance si : $Q \gg 1$

Domaines de pulsations pour qu'une résonance ait lieu : $\left[\omega_0 - \frac{\gamma}{2}; \omega_0 + \frac{\gamma}{2} \right]$

Les oscillateurs

D. Les oscillateurs harmoniques amortis et entretenus



Lorsque Q augmente, l'amplitude A augmente mais la largeur de la bande passante diminue



THE END ...

