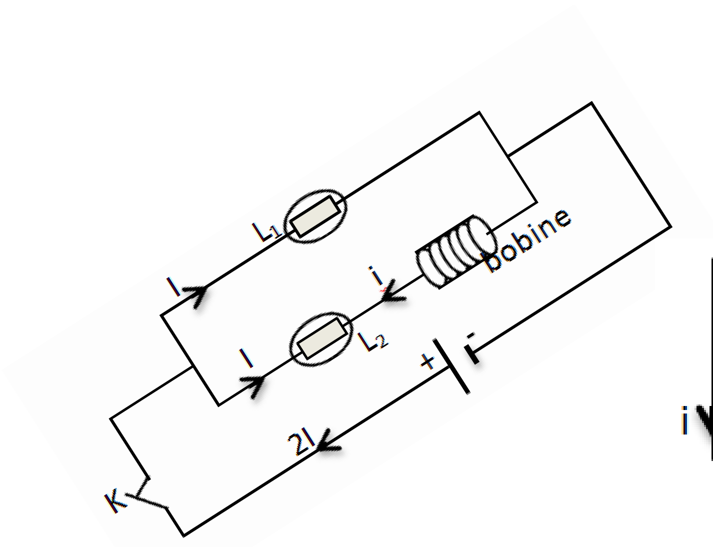
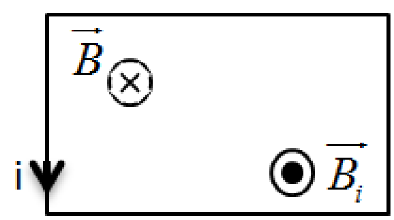
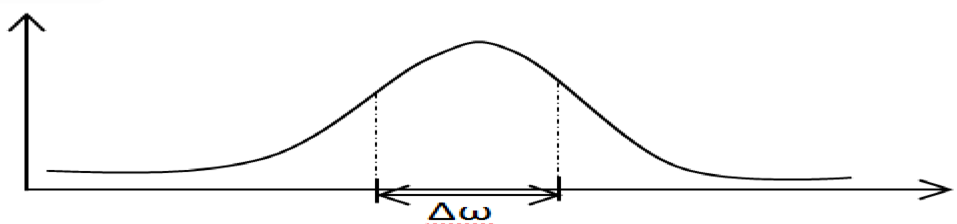
PHYSIQUE- CHIMIE

Terminale C & D







Résonance floue

SAHAZANIRINA Antsa Manambina Gracia

Année Scolaire : 2019/2020

MECANIQUE GENERAL

Elément à réviser : dérivée et primitive d'une fonction par rapport à t.

Chapitre I : CINEMATIQUE

C'est l'étude des mouvements indépendamment des forces qui les produisent.

I. Généralités :

1. Référentiel et repère :

- Un référentiel est un corps solide qui permet de décrire l'état du mouvement ou l'état de répos d'un corps.
- Un repère permet de préciser la position d'un mobile M au cours de son déplacement.
  Exemple : repère cartésien, repère de Frenet, repère géocentrique.

2. Trajectoire, mouvement, équation horaire, équation cartésienne :

- L'équation horaire permet de déterminer la position d'un mobile en fonction du temps.
- L'équation cartésienne de la trajectoire y=f(x) est obtenue en éliminant le paramètre t dans les équations horaires.

Trajectoire	Mouvement	Ex : Equation horaire	Ex : Equation cartésienne
Droite	Rectiligne	$x(t)=3t^2-2t+1$	
Courbe quelconque	Curviligne	$\begin{cases} x(t)=2t+3 \\ y(t)=-5t^2+0,71t-1 \end{cases}$	$y=-5x^2-6x-4$
Parabole	Parabolique		
Cercle	Circulaire	$\begin{cases} x(t)=4\sin(314t)+1 \\ y(t)=4\cos(314t)-3 \end{cases}$	$(x-1)^2+(y+3)^2=16$

3. Position $\overrightarrow{OM}$, Vecteur vitesse $\vec{V}$, vecteur accélération $\vec{a}$:

$$\overrightarrow{OM}\left|\begin{matrix} x(t) \\ y(t) \end{matrix}\right. \xrightarrow{\textit{dérivation}} \vec{V}\left|\begin{matrix} V_x=\dot{x} \\ V_y=\dot{y} \end{matrix}\right. \xrightarrow{\textit{dérivation}} \vec{a}\left|\begin{matrix} a_x=\ddot{x} \\ a_y=\ddot{y} \end{matrix}\right.$$

$$\vec{a}\left|\begin{matrix} a_x \\ a_y \end{matrix}\right. \xrightarrow{\text{intégration}} \vec{V}\left|\begin{matrix} V_x=\int a_x dt \\ V_y=\int a_y dt \end{matrix}\right. \xrightarrow{\text{intégration}} \overrightarrow{OM}\left|\begin{matrix} x=\int V_x dt \\ y=\int V_y dt \end{matrix}\right.$$

4. Application :

Un mobile est animé d'un mouvement rectiligne, son équation horaire s'écrit $x(t)=\frac{t^3}{3}-2t^2+4$.

Alors, la vitesse est $V_x=\dot{x}=t^2-4t$ et l'accélération est $a_x=2t-4$.

II. Mouvement rectiligne :

- La trajectoire est une droite
- Equation horaire x(t)

- Vitesse : $V = \dot{x}$ et accélération : $a = \ddot{x}$.
- Condition initiale (à t=0) : $x = x_0$ et $V = V_0$.

Mouvement rectiligne uniforme (MRU)	Mouvement rectiligne uniformément varié (MRUV)	Mouvement rectiligne sinusoïdal (MRS)
	1. Définition :	
Un mouvement est MRU si la vitesse est constante.	Un mouvement est MRUV si l'accélération est constante.	Un mouvement est MRS si l'équation horaire est une fonction sinusoïdale de temps.
	2. Equation horaire :	
$x = V.t + x_0$	$x = \frac{1}{2}a.t^2 + V_0.t + x_0$	$x = x_m \sin(\omega.t + \varphi)$
	3. Propriété caractéristique :	
$\boxed{\Delta x = V.\Delta t}$ Δx : distance parcourue (m). Δt : temps de parcours (s). V : vitesse ($m.s^{-1}$)	$\boxed{V_f^{\,2} - V_i^2 = 2.a.\Delta x}$ V_f : vitesse finale ($m.s^{-1}$) V_i : vitesse initiale ($m.s^{-1}$) $\boxed{\Delta V = a.\Delta t}$ ΔV : $V_f - V_i$	$\boxed{a = -\omega^2.x}$ x_m : amplitude (m) ω : pulsation ($rad.s^{-1}$) φ : phase initiale (rad) a : accélération ($m.s^{-2}$)

III. Mouvement circulaire :

- La trajectoire est un cercle.
- La position du mobile est repérée par l'abscisse angulaire θ (rad).
- Vitesse : Vitesse angulaire : $\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt} = 2.\pi.N$

  Vitesse linéaire : $V = R.\dot{\theta}$
- Accélération : Accélération angulaire : $\ddot{\theta} = \frac{d^2\theta}{dt^2} = 2.\pi.N.R$

  Accélération linéaire : $a_t = R.\ddot{\theta} \quad et \quad a_n = \frac{V^2}{R}$
- Condition initiale (à t=0) : $\theta = \theta_0$ et $\dot{\theta} = \dot{\theta}_0$

Mouvement circulaire uniforme (MCU)	Mouvement circulaire uniformément varié (MCUV)	Mouvement circulaire sinusoïdal (MCS)
	1. Définition :	
Un mouvement est MCU si la vitesse angulaire est constante.	Un mouvement est MCUV si l'accélération angulaire est constante.	Un mouvement est MCS si l'équation horaire est une fonction sinusoïdale de temps.
	2. Equation horaire :	
$\theta = \dot{\theta}.t + \theta_0$	$\theta = \frac{1}{1}\ddot{\theta}.t^2 + \dot{\theta}_0.t + \theta_0$ Expression de la vitesse angulaire $\dot{\theta} = \ddot{\theta}.t + \dot{\theta}_0$	$\theta = \theta_m \sin(\omega.t + \varphi)$ θ_m : amplitude (rad) θ : abscisse curviligne ou position curviligne (rad)
	3. Propriété caractéristique :	
$\boxed{\Delta\theta = \dot{\theta}.\Delta t}$ $\Delta\theta$: Angles de rotation effectué (rad)	$\boxed{\dot{\theta}_f^{\,2} - \dot{\theta}_i^{\,2} = 2.\ddot{\theta}.\Delta\theta}$ $\dot{\theta}_f$: angle de rotation finale	$\boxed{\ddot{\theta} = -\omega^2.\theta}$ ω : pulsation (rad)

	$\boxed{\Delta\dot{\theta} = \ddot{\theta}.\Delta t}$ $\Delta\dot{\theta}$: $\dot{\theta}_f - \dot{\theta}_i$	

Chapitre 2 : **DYNAMIQUE**

La dynamique est l'étude des mouvements à partir des forces qui les produisent.

I. Mouvement du centre d'inertie d'un solide :

Le centre de gravité d'un solide est le point G sur lequel, le solide se tient en équilibre dans toutes ses positions.

1. Principe de l'inertie : 1ère loi de Newton

Le centre d'inertie d'un système isolé ou pseudo-isolé :

- Reste au repos s'il est au repos.
- Est animé d'un MRU s'il est en mouvement.

2. Théorème du centre d'inertie : TCI (2ème loi de Newton)

Mécanique classique (Newton)	Mécanique relativiste (Einsten)
La masse est égale constante	La masse varie avec la vitesse : $m = \dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{V^2}{C^2}}}$ avec : $\begin{cases} C : \textit{célérité de la lumière} \\ m_0 : \textit{masse au repos} \\ V : \textit{vitesse du solide} \end{cases}$

$TCI : \sum \vec{F}_{ext} = m.\vec{a}$ La somme algébrique de forces extérieures est égale au produit de la masse et de l'accélération.

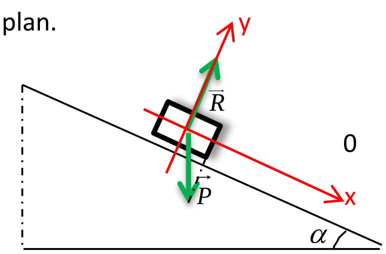
Plan à suivre :

- Schéma
- S.E (Système étudié)
- F.A (forces extérieures appliquées)
- TCI
- Projection sur les axes.

3. Application :

Un solide de masse m glisse sans frottement sur un plan incliné d'angle α avec l'horizontale. On veut déterminer son accélération et l'intensité de la réaction du plan.

- S.E : {le solide}
- F.A : le poids $\vec{P}$ et la réaction du plan $\vec{R}$
- $TCI : \vec{P} + \vec{R} = m.\vec{a}$



Projection sur $\overrightarrow{Ox}$:

$$m.g.\sin\alpha = m.a \quad alors:$$

$$\boxed{a = g.\sin\alpha}$$

Projection sur $\overrightarrow{Oy}$:

$$-m.g.\cos\alpha + R = 0 \quad alors:$$

$$\boxed{R = m.g.\cos\alpha}$$

II. Mouvement dans le champ de pesanteur uniforme :

C'est un mouvement d'un projectile lancé dans l'espace avec une vitesse initiale $\overrightarrow{V_0}$. La résistance de l'air est négligeable, c'est une chute libre avec vitesse initiale. Dans un système d'axe ($\overrightarrow{Ox}$, $\overrightarrow{Oy}$) le projectile et lancé avec vitesse initiale V_0 à partir d'un point x_0

- Condition initiale à t=0 :

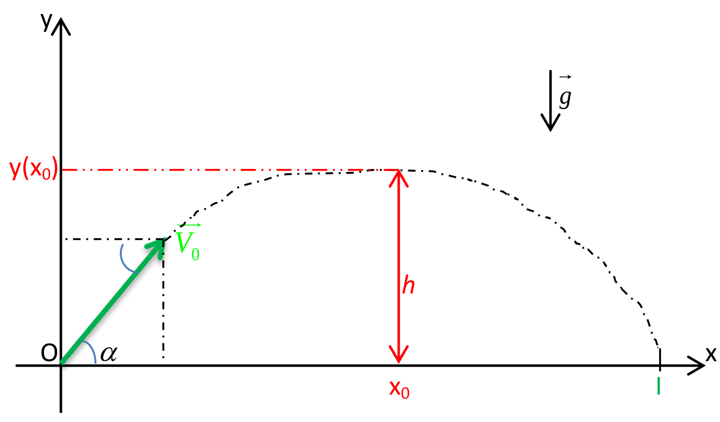
$$M_0 \left| \begin{matrix} x_0 \\ y_0 \end{matrix} \right. \quad position\ initiale \quad ; \quad \overrightarrow{V_0} \left| \begin{matrix} V_{0x} \\ V_{0y} \end{matrix} \right. \quad vitesse\ initiale \quad ; \quad \vec{a} = \vec{g} : vecteur\ accl\acute{e}l\acute{e}ration\ de\ p\acute{e}santeur$$

1. Equations horaires :

$$\boxed{\begin{cases} x = \frac{1}{2} g_x.t^2 + V_{0x}.t + x_0 \\ y = \frac{1}{2} g_y.t^2 + V_{0y}.t + y_0 \end{cases}}$$

2. Application :

Un solide (S) est lancé à partir de l'origine O.



α : angle de tir
O : point de lancement
I : point d'impact
OI : distance entre le point de lancement et le point d'impact
h : hauteur maximale atteinte par le projectile

- Les équations horaires du mouvement sont :

$$\begin{cases} x = \frac{1}{2} g_x.t^2 + V_{0x}.t + x_0 \\ y = \frac{1}{2} g_y.t^2 + V_{0y}.t + y_0 \end{cases} \quad \text{avec} \quad \vec{g} \left| \begin{matrix} g_x = 0 \\ g_y = -g \end{matrix} \right. \quad ; \quad \overrightarrow{V_0} \left| \begin{matrix} V_{0x} = V_0.\cos\alpha \\ V_{0y} = V_0.\sin\alpha \end{matrix} \right. \quad ; \quad O \left| \begin{matrix} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{matrix} \right.$$

Alors :

$$\boxed{\begin{cases} x = V_0.\cos\alpha.t & (1) \\ y = -\frac{1}{2} g.t^2 + V_0.\sin\alpha.t & (2) \end{cases}}$$

- Les équations cartésienne du mouvement sont : (on élimine le paramètre t et on obtient y on fonction de x)

$$(1): \quad t = \frac{x}{V_0.\cos\alpha}$$

$$(2)\ devient: \quad y = -\frac{1}{2}.g.\left(\frac{x}{V_0.\cos\alpha}\right)^2 + V_0.\sin\alpha.\left(\frac{x}{V_0.\cos\alpha}\right)$$

Donc :

$$\boxed{y = -\frac{1}{2}\frac{g}{V_0^2.\cos^2\alpha}x^2 + \tan\alpha.x}$$

- On calcule h :
  - On dérive l'équation cartésienne par rapport à x et on obtient y'(x)
  - On cherche x_0 telle que $y'(x_0)=0$
  - Alors $h = y(x_0)$

- On calcule la distance OI :

  C'est le point $I \left| \begin{array}{l} x_I = OI \ qui\ vérifie\ f(x_I) = y_I \\ y_I = 0 \end{array} \right.$

- Démontrons que OI est maximale si $\alpha = 45^\circ$:

$$f(x_I) = y_I \Rightarrow f(x_I) = 0 \Rightarrow x_I = OI = \frac{V_0^2.\sin 2\alpha}{g}$$

$$OI \text{ maximale si } \sin 2\alpha = 1 \quad \Rightarrow \quad 2\alpha = 90^\circ \quad \Rightarrow \quad \alpha = 45^\circ$$

III. Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme :

On appelle champ électrique, la région de l'espace dans laquelle une charge d'essai q est soumise a une force électrique $\vec{F}$.

Un point M de cette espace est caractérisé par le vecteur champ électrique $\vec{E}$.

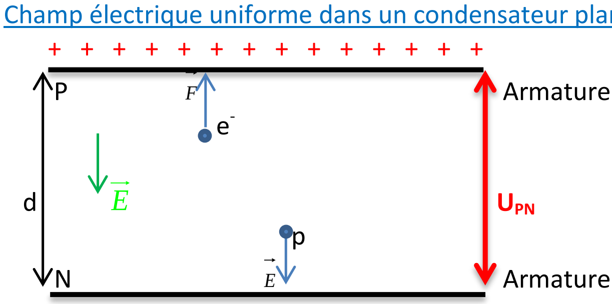
Le champ électrique est uniforme si $\vec{E}$ est un vecteur constant c'est-à-dire même direction, même sens, même intensité en tout point.

Les particules électrisées sont :

- Electron q = -e < 0
- Proton q = e > 0
- Particule α q = 2e > 0
- Ions positifs
- Ions négatifs

Charge élémentaire $e = 1{,}6.10^{-19} C\ (coulomb)$.

1. Champ électrique uniforme dans un condensateur plan :



$\boxed{U = E\ .\ d}$

U : tension entre les armatures (V)
E : intensité champ électrique ($V.m^{-1}$)
d : distance entre les armatures (m)

La force électrique qui s'exerce sur une charge q est :

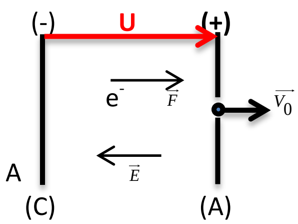
$$\vec{F} = q \times \vec{E} \quad alors \quad \begin{cases} si\ q > 0 : & \vec{F} \nearrow\nearrow \vec{E} \\ si\ q < 0 : & \vec{F} \nearrow\swarrow \vec{E} \end{cases}$$

Alors :

$$\boxed{F = |q| \times E \qquad avec \quad \begin{cases} F : \text{charge életrique (N)} \\ E : \text{ champ électrique (V.m}^{-1}\text{)} \end{cases}}$$

2. Particule accélérée dans un champ électrique :

Des électrons sont émis sans vitesse initiale par une cathode. Ils sont accélérés vers l'anode avec une tension accélératrice U.



On détermine la vitesse $\vec{V_0}$:

S.E : {un électron}

F.A : la force électrique $\vec{F}$ et le poids $\vec{P}$ du particule qui est négligeable devant $\vec{F}$.

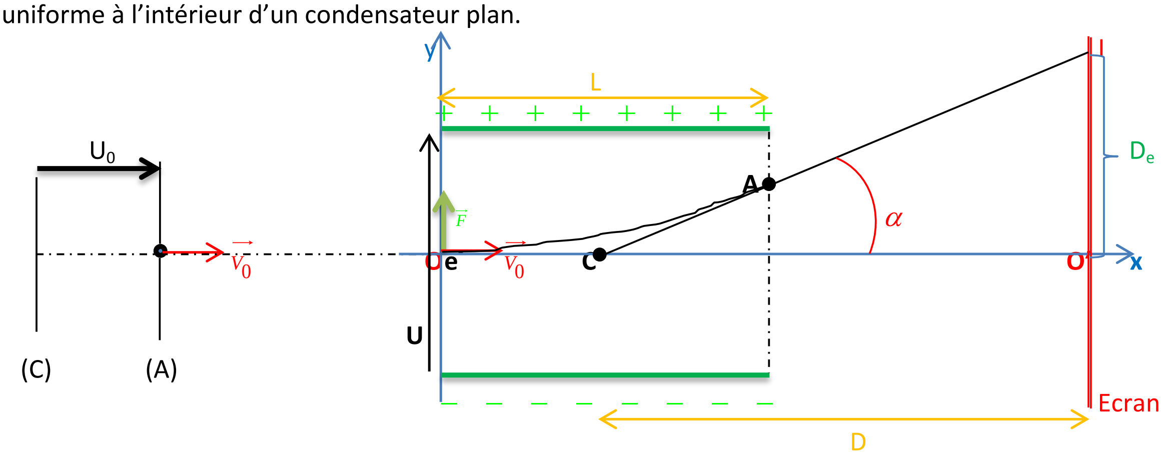
$$TEC : \quad \Delta E_c = \sum \vec{W}_{\vec{F}ext} \quad alors \quad E_{cf} - E_{ci} = \vec{W}_{\vec{F}} \quad avec \quad \begin{cases} E_{ci} = 0 \ et \ \vec{W}_{\vec{F}} = |q| \times U \\ E_{cf} = \dfrac{1}{2} m.V^2 \end{cases}$$

D'où :

$$\boxed{V_0 = \sqrt{\frac{2.|q|.U}{m}} \quad avec \quad \begin{cases} m : masse\ du\ particule.(kg) \\ U : tension\ (V) \end{cases}}$$

3. Etude du mouvement de la particule :

Avec la vitesse $\vec{V_0}$, un faisceau homocinétique d'électrons pénètre dans un champ électrique uniforme à l'intérieur d'un condensateur plan.



a. Accélération de la particule :

S.E = {la particule}

F.A : la force électrique $\vec{F}$

$$TCI : \quad \vec{F} = m.\vec{a} \qquad donc :$$

$$\boxed{\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}}$$

b. Les équations horaires du mouvement :

$$\begin{cases} x = \frac{1}{2}a_x.t^2 + V_{0x}.t + x_0 \\ y = -\frac{1}{2}a_y.t^2 + V_{0y}.t + y_0 \end{cases} \qquad avec \quad \vec{a}\left| \begin{array}{l} a_x = \\ a_y = \frac{F}{m} = \frac{|q|.E}{m} = \frac{|q|.U}{m.d} \end{array} \right.$$

Conditions initiales :

$$O\left| \begin{array}{l} x_0 \\ y_0 \end{array} \right. \quad position\ initiale \quad ; \quad \overrightarrow{V_0}\left| \begin{array}{l} V_{0x} = V_0 \\ V_{0y} = 0 \end{array} \right. \quad vitesse\ initiale$$, alors :

$$\boxed{\begin{cases} x = V_0.t & (1) \\ y = \frac{1}{2}\frac{|q|.E}{m}.t^2 & (2) \end{cases}}$$

c. Equation cartésienne de la trajectoire :

(1) $t = \frac{x}{V_0}$ Alors : (2) $y = \frac{1}{2}\frac{|q|.E}{m}.\left(\frac{x}{V_0}\right)^2$

$$\boxed{y = \frac{1}{2}\frac{|q|.E}{m.V_0^2} \times x^2}$$

d. Déviation angulaire α :

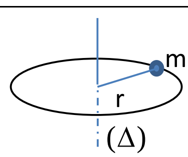
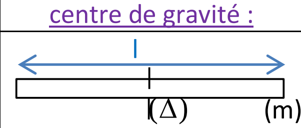
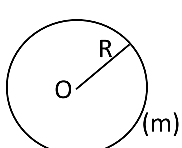
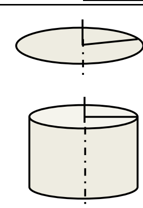
$$\boxed{\tan\alpha = \frac{|q|.E}{m.V_0^2}.l}$$

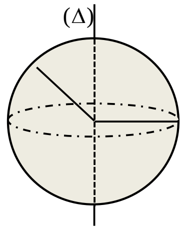
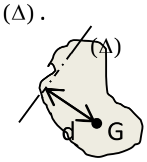
e. Déflexion électrostatique $D_e = O'I$:

$$\left. \begin{array}{l} \tan\alpha = \frac{|q|.E}{m.V_0^2}.l \\ \tan\alpha = \frac{D_e}{D} \end{array} \right\} \frac{D_e}{D} = \frac{|q|.E}{m.V_0^2}.l$$ donc : $$D_e = \frac{|q|.E.l.D}{m.V_0^2}$$

IV. Théorème de l'accélération angulaire :

1. Moment d'inertie : $J\ (Kg.m^2)$

1.1. Moment d'inertie d'une masse ponctuelle m sur un axe (Δ) :	1.2. Moment d'inertie d'une tige de masse m et de longueur l par rapport à un axe (Δ) passant par son centre de gravité :
 $J = m.r^2$ m : masse du solide ponctuelle (Kg) r : rayon de la trajectoire (m)	 $J = \frac{m.l^2}{12}$ m : masse de la tige (Kg) l : longueur de la tige (m)
1.3. Moment d'inertie d'un cerceau de masse m et de rayon R :	1.4. Moment d'inertie d'un disque ou cylindre de masse m et de rayon R :
 $J = m.R^2$ m : masse du cerceau (Kg) R : rayon du cerceau (m)	 $\boxed{J = \frac{m.R^2}{2}}$ m : masse du disque (Kg) R : rayon du disque (m)

1.5. Moment d'inertie d'une sphère de masse m et de rayon R :	1.6. **THEOREME D'HUYGENS :** On doit utiliser ce théorème si l'axe de rotation (Δ) ne passe pas au centre de gravité G.
 $J = \frac{2.m.R^2}{5}$ m : masse de la sphère (Kg) R : rayon de la sphère (m)	J_G : moment d'inertie d'un solide par rapport à un axe imaginaire passant par le centre de gravité G. d : distance du centre de gravité G à l'axe de rotation (Δ).  $J_\Delta = J_G + m.d^2$

2. Moment d'inertie d'un système de plusieurs solides :

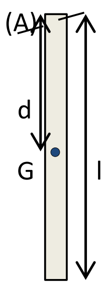
Considérons un système S constitué par des solides S_1, S_2 et S_3.

$$S = \{S_1 + S_2 + S_3\}$$

Le moment d'inertie du système S est : $J(S) = J(S_1) + J(S_2) + J(S_3)$.

3. Application :

Application 1 : Le moment d'inertie d'une tige de masse m et de longueur l par rapport à un axe (A) passant à son extrémité.



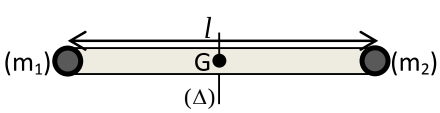
$$J_A = J_G + m.d^2 \quad avec \quad d = \frac{l}{2}$$

$$J_A = \frac{m.l^2}{12} + m\left(\frac{l}{2}\right)^2$$

Donc :

$$\boxed{J_A = \frac{m.l^2}{3}}$$

Application 2 : Une tige de masse M et de longueur 2l qui porte à ses extrémités deux masses ponctuelles identiques de masse $m_1 = m_2 = \frac{M}{2}$ par rapport à l'axe (Δ) passant par son centre de gravité G.



On détermine J en fonction de M et l :

S = {tige + (m_1) + (m_2)}

J = J(tige) + J(m_1) + J(m_2)

$$J = \frac{M.(2l)^2}{12} + m_1.l^2 + m_2.l^2 \quad or \quad M = 2m_1 = 2m_2 \ et \ r_1 = r_2 = l \text{, donc :}$$

$$\boxed{J = \frac{4.M.l^2}{3}}$$

4. Théorème de l'accélération angulaire : **(TAA)**

On applique le TAA sur un système qui fait un mouvement circulaire.

$$\boxed{M_{\vec{F}} = F \times d \qquad avec \quad \begin{cases} M_{\vec{F}} : moment\ de\ le\ force\ \vec{F} \\ F : force\ (N) \\ d : bras\ de\ levier\ (m) \end{cases}}$$

On considère un système constitué par des plusieurs solides, alors :

$TAA: \quad \sum M_{\vec{F}ext} = J.\ddot{\theta}$ La somme algébrique des moments des forces extérieures appliquées sur un système égale au produit de son moment d'inertie à son accélération angulaire.

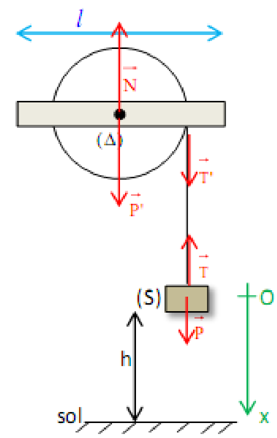
Plan à suivre :

- Système étudiée (S.E)
- Force appliquée (F.A)
- $TAA: \quad \sum M_{\vec{F}ext} = J.\ddot{\theta}$

5. Application :

Un cylindre homogène de masse M = 1Kg et de rayon R = 1cm peut tourner sans frottement autour de son axe de révolution (Δ) horizontal. Il est traversé suivant un diamètre par une tige de masse m'=0,8kg et de longueur l = 60cm. Un fil inextensible est enroulé sur le cylindre et qui soutient un solide (S) de masse m = 5kg.

A l'instant t = 0s, on abandonne le système initiale.



- On calcule le moment d'inertie J par rapport à l'axe (Δ) du système {Cylindre + tige}

$$J = J_{cylindre} + J_{tige} = \frac{M.R^2}{2} + \frac{m'.l^2}{12} = \frac{6{,}1 \times 0{,}01 + 0{,}8 \times 0{,}06}{12} = 0{,}029$$

$$\boxed{J = 2{,}9.10^{-2}\ kg.m^2}$$

- On calcule l'accélération angulaire :
  - S.E = {le solide (S)}

    F.A : le poids $\vec{P}$ et la tension $\vec{T}$ du fil.

    $TCI: \quad \vec{P} + \vec{T} = m.\vec{a}$ (translation)

Projection sur $\overrightarrow{Ox}$: $m.g - T = m.a \quad \Rightarrow \quad T = m.g - m.a$

  - S.E : {cylindre + tige}

    F.A : poids $\vec{P}'$ de la tige ; réaction $\vec{N}$ de l'axe ; tension $\vec{T}'$ du fil

    $TAA: \quad M_{\vec{P}'} + M_{\vec{N}} + M_{\vec{T}'} = J.\ddot{\theta}$ (rotation)

$$0 \quad + \quad 0 \quad + \quad T'.R = J.\ddot{\theta} \qquad avec \quad \ddot{\theta} = \frac{a}{R} \qquad \Rightarrow \quad T' = \frac{J}{R^2} \times a$$

On a : $T = T'$ alors : $m.g - m.a = \frac{J}{R^2} \times a \quad \Rightarrow \quad a\left(m + \frac{J}{R^2}\right) = m.g \quad \Rightarrow \quad a = \frac{m.g}{\left(m + \frac{J}{R^2}\right)} = \frac{5.10}{5 + \frac{2{,}9.10^{-2}}{10^{-2}}}$

$$\boxed{a = 6{,}33\ m.s^{-2}}$$

- Durée du mouvement :

$$h = x = \frac{1}{2}a.t^2 \quad \Rightarrow \quad 2h = a.t^2 \quad \Rightarrow \quad t\sqrt{\frac{2h}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 10}{6{,}33}}$$

$$\boxed{t = 1{,}77\ s}$$

- Le nombre de tour effectué par le cylindre avant que le solide touche le sol :

$$\left.\begin{array}{l} x = 2.\pi.R \longrightarrow 1\,tour \\ x = h \longrightarrow n = ??? \end{array}\right\} \quad n = \frac{h}{2.\pi.R} = \frac{10}{2 \times 3{,}14 \times 0{,}1} = 15{,}92$$

$$\boxed{n = 15{,}92\ tours}$$

OSCILLATEUR HARMONIQUE NON AMORTI DE TRANSLATION ET DE ROTATION.

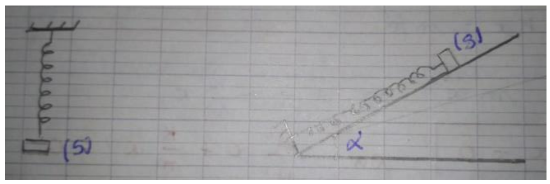
Un oscillateur harmonique est un système qui est animé d'un mouvement d'oscillation de part et d'autre de sa position d'équilibre.

En l'absence du frottement, il n'y a pas perte d'énergie mécanique. L'oscillation se continue indéfiniment donc *non amortie*.

I. OSCILLATEUR DE TRANSLATION :

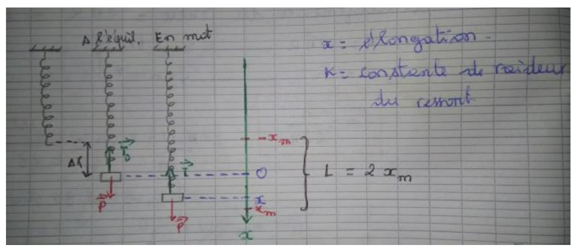
1. Définition :

Il est constitué d'un ressort à spires non jointives est d'un solide (S) attaché à son extrémité.



2. Equation différentielle du mouvement :

A partir de la position d'équilibre O, on tire le solide (S) d'un distance x_m (amplitude) puis on l'abandonne sans vitesse initiale.



S.E = {le solide (S)}

F.A : poids $\vec{P}$, tension $\vec{T_0}$ du ressort

$TCI : \quad \vec{P} + \vec{T_0} = m.\vec{a}$

A l'équilibre : Projection sur $\overrightarrow{Ox}$: $m.g - T_0 = 0 \quad avec \quad T_0 = K.\Delta l$ $m.g - K.\Delta l = 0$	En mouvement : Projection sur $\overrightarrow{Ox}$: $m.g - T = m.a = m.\ddot{x} \quad avec \quad T = K.(\Delta l + x)$ $\underbrace{m.g - K.\Delta l}_{0} - K.x = m.\ddot{x}$ $K.x = m.\ddot{x} \quad \Rightarrow \quad \ddot{x} = -\frac{K}{m}x$

Donc :

$$\boxed{\ddot{x} + \frac{K}{m}x = 0 \qquad avec \quad \begin{cases} K : \text{constante de raideur (N.m}^{-1}\text{)} \\ m : \text{ masse du solide (S) (kg)} \end{cases}}$$

3. Equation horaire du mouvement :

L'équation horaire est une solution de l'équation différentielle :

$$\boxed{x(t) = x_m \sin(\omega t + \varphi) \qquad \text{avec la pulsation } \omega = \sqrt{\frac{K}{m}} \quad (rad.s^{-1})}$$

x_m : amplitude (m)

φ : phase initiale (rad) ,qui est déterminée à t = 0.

4. Période et fréquence :

• La période T est la durée d'une oscillation complète. $$T = \frac{2.\pi}{\omega} = 2.\pi\sqrt{\frac{m}{K}} \quad avec \quad T : période\ (s)$$	• La fréquence N est le nombre d'oscillation par seconde. $$N = \frac{1}{T} \quad avec \quad N : fréquence\ (Hz)$$

5. Energie mécanique :

Energie cinétique (E_C): $$E_C = E_{Ct} + E_{Cr} = \frac{1}{2}mV^2 + 0 = \frac{1}{2}m\dot{x}^2$$ E_{Ct} : Energie cinétique de translation E_{Cr} : Energie cinétique de rotation	Energie potentielle (E_p): $$E_p = E_{pe} + E_{pp} = \frac{1}{2}K.x^2 + 0 = \frac{1}{2}K.x^2$$ E_{pe} : Energie potentielle élastique E_{pp} : Energie potentielle de pesanteur

L'énergie mécanique : E = E_c+ E_p.

$$\boxed{E = \frac{1}{2}m.\dot{x}^2 + \frac{1}{2}K.x^2}$$

Remarque :

- L'énergie mécanique d'un oscillateur de translation se conserve, c'est-à-dire constante
- On peut établir l'équation différentielle par la conservation de l'énergie mécanique :

$$E = c^{te} \quad \Rightarrow \quad \frac{dE}{dt} = 0$$

II. OSCILLATEUR DE ROTATION :

1. Pendule simple :

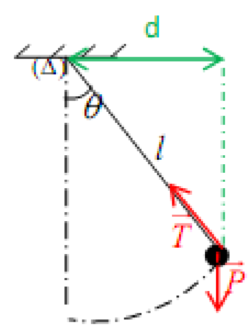
1.1. Définition :

Il est formé d'une masse ponctuelle m suspendue à l'extrémité d'un fil de longueur l et de masse négligeable.

1.2. Equation différentielle :

S.E : {masse ponctuelle}

F.A : poids $\vec{P}$ et tension $\vec{T}$ du fil.



$$TAA: \quad \sum M_{\vec{F}} = J.\ddot{\theta}$$

$$M_{\vec{P}} + M_{\vec{T}} = J.\ddot{\theta} \qquad avec \quad M_{\vec{T}} = 0$$

$$-m.g.d = J.\ddot{\theta} \qquad avec \quad \begin{cases} d = l\sin\theta \\ J = m.l^2 \end{cases} \quad \text{donc}$$

$$-m.g.l.\sin\theta = m.l^2.\ddot{\theta} \qquad or\ \sin\theta = \theta\ car\ \ \theta\ est\ petit.$$

Donc :

$$\boxed{\ddot{\theta} + \frac{g}{l}\theta = 0 \qquad avec \quad l : \text{longueur du fil}}$$

1.3. Equation horaire :

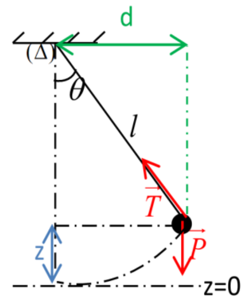
$$\theta(t)=\theta_m \sin(\omega t+\varphi) \qquad \text{avec la pulsation } \omega=\sqrt{\frac{g}{l}} \quad (rad.s^{-1}) \quad et \quad \theta_m : \text{ amplitude}$$

1.4. Période et fréquence :

$T=\dfrac{2.\pi}{\omega}=2.\pi\sqrt{\dfrac{m}{K}}$ *avec* T : *période* (s)	$N=\dfrac{1}{T}$ *avec* N : *fréquence* (Hz)

1.5. Energie mécanique :

Energie cinétique (E_C):	Energie potentielle (E_p):
$E_C=E_{Ct}+E_{Cr}=0+\dfrac{1}{2}J.\dot{\theta}^2=\dfrac{1}{2}J.\dot{\theta}^2$ E_{Ct} = 0 : Energie cinétique de translation E_{Cr} : Energie cinétique de rotation	$E_p=E_{pe}+E_{pp}=0+m.g.z$ $avec\ z=l.(1-\cos\theta)$ E_{pe} = 0 : Energie potentielle élastique E_{pp} : Energie potentielle de pesanteur



L'énergie mécanique : E = E_c+ E_p.

$$E=\frac{1}{2}J.\dot{\theta}^2+m.g.l(1-\cos\theta)$$

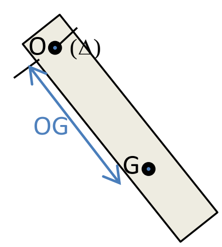
2. Pendule pesant :

2.1. Définition :

C'est un système qui peut tourner autour d'un axe (Δ) ne passant pas à son centre de gravité (G).

2.2. Recherche de la position du centre de gravité G :

Considérons un système S constitué par des solides S_1, S_2, …, S_n de masse respectives m_1, m_2, …, m_n et de centre de gravité respectifs G_1, G_2, …, G_n .Le système tourne autour de l'axe (Δ) passant par le point O.



$$\left(\sum m_i\right)\overrightarrow{OG}=\sum m_i.\overrightarrow{OG_i}$$
$$(m_1+m_2+\ldots+m_n)\overrightarrow{OG}=m_1.\overrightarrow{OG_1}+m_2.\overrightarrow{OG_2}+\ldots+m_n.\overrightarrow{OG_n}$$

<u>Remarque :</u> Il faut faire une projection sur $\overrightarrow{OG}$ pour trouver la distance OG.

2.3. Equation différentielle :

S.E = {n solides}

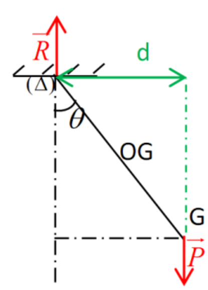
F.A : poids $\vec{P}$ et réaction $\vec{R}$ de l'axe.

$$TAA: \quad \sum M_{\vec{F}}=J.\ddot{\theta}$$

$$M_{\vec{P}}+M_{\vec{R}}=J.\ddot{\theta} \qquad avec \quad M_{\vec{R}}=0$$

$$-\left(\sum m\right).g.d=J.\ddot{\theta} \qquad avec \quad \begin{cases} d=OG.\sin\theta \\ J: \text{ moment d'inertie du système} \end{cases}$$

$$-\left(\sum m\right).g.OG.\sin\theta=J.\ddot{\theta} \qquad or\ \sin\theta=\theta\ car\ \ \theta\ est\ \ petit.$$



Donc :

Donc :

$$\boxed{\ddot{\theta}+\frac{\left(\sum m\right)g.OG}{J}\theta=0}$$

2.4. Equation horaire :

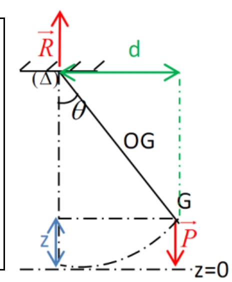
$\theta(t)=\theta_m \sin(\omega t+\varphi)$ avec la pulsation $\omega=\sqrt{\frac{\left(\sum \text{m}\right)g.OG}{\text{J}}}$ $(rad.s^{-1})$ et θ_m : amplitude

2.5. Période et fréquence :

$T=\frac{2.\pi}{\omega}=2.\pi\sqrt{\frac{\text{J}}{\left(\sum m\right)g.OG}}$ avec T : période (s)	$N=\frac{1}{T}$ avec N : fréquence (Hz)

2.6. Energie mécanique :

Energie cinétique (E_C): $E_C=E_{Ct}+E_{Cr}=0+\frac{1}{2}J.\dot{\theta}^2=\frac{1}{2}J.\dot{\theta}^2$ E_{Ct} = 0 : Energie cinétique de translation E_{Cr} : Energie cinétique de rotation	Energie potentielle (E_p): $E_p=E_{pe}+E_{pp}=0+\left(\sum m\right).g.z$ $avec\ z=OG.(1-\cos\theta)$ E_{pe} = 0 : Energie potentielle élastique E_{pp} : Energie potentielle de pesanteur



$$On\ a:\ \theta\ faible,\ donc: \cos\theta=1-\frac{\theta^2}{2}\ .Donc,\ l'energie\ mécanique\ est:$$

$$\boxed{E=\frac{1}{2}J.\dot{\theta}^2+\left(\sum m\right).g.OG\frac{\theta^2}{2}}$$

3. Pendule de torsion :

3.1. Définition :

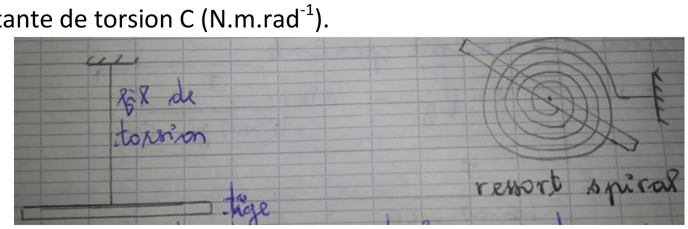
Il est constitué d'un fil de torsion ou d'un ressort spiral est d'une tige attachée à son extrémité. Un fil de torsion est caractérisée par la constante de torsion C (N.m.rad^{-1}).

$$\boxed{M_C=-C\times\theta}$$

M_C : Moment de la torsion ($N.m$)

θ : Angle d'écart (rad)

C : Constante de torsion ($N.m.rad^{-1}$)



3.2. Equation différentielle :

S.E = {la tige}

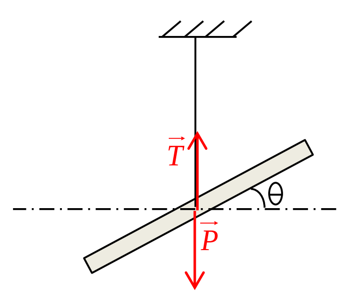
F.A : poids $\vec{P}$ de la tige, la tension $\vec{T}$ du fil,

le couple de torsion

$$TAA:\ \sum M_{\vec{F}}=J.\ddot{\theta}$$

$$M_{\vec{P}}+M_{\vec{T}}+M_{\vec{C}}=J.\ddot{\theta}\qquad avec\quad M_{\vec{P}}=0\ et\ M_{\vec{T}}=0$$

$$-C\times\theta=J.\ddot{\theta}$$



Donc :

$$\boxed{\ddot{\theta} + \frac{C}{J}\theta = 0}$$

3.3. Equation horaire :

$\theta = \theta_m \sin(\omega t + \varphi)$ avec la pulsation $\omega = \sqrt{\frac{C}{J}}$ $(rad.s^{-1})$ *et* θ_m : amplitude

3.4. Période et fréquence :

$T = \frac{2.\pi}{\omega} = 2.\pi\sqrt{\frac{J}{C}}$ *avec* T : *période* (s)	$N = \frac{1}{T}$ *avec* N : *fréquence* (Hz)

3.5. Energie mécanique :

Energie cinétique (E_C):	Energie potentielle (E_p):
$E_C = E_{Ct} + E_{Cr} = 0 + \frac{1}{2}J.\dot{\theta}^2 = \frac{1}{2}J.\dot{\theta}^2$	$E_p = E_{pe} + E_{pp} = \frac{1}{2}C.\theta^2 + 0$
E_{Ct} = 0 : Energie cinétique de translation	E_{pe} : Energie potentielle élastique
E_{Cr} : Energie cinétique de rotation	E_{pp} = 0 : Energie potentielle de pesanteur

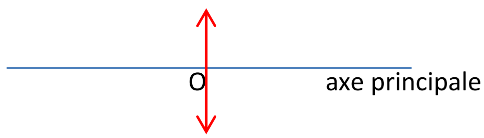
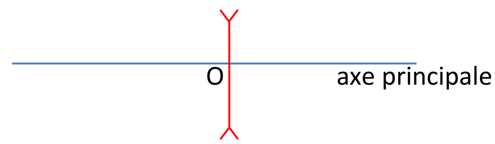
L'énergie mécanique est :

$$\boxed{E = \frac{1}{2}J.\dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}C.\theta^2}$$

OPTIQUE GEOMETRIQUE

1. Définition :

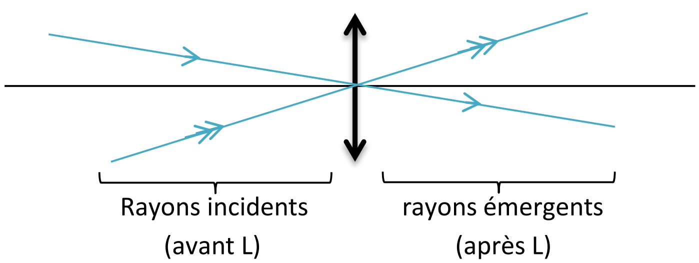
- Une lentille est un milieu transparent limité par 2 surfaces sphérique ou par une surface sphérique et une surface plane. Une lentille est mince si son épaisseur est négligeable devant les rayons de courbure R_1 et R_2.
- Il y a deux types de lentilles :

Lentille à bords minces : L convergente	Lentille à bords épais : L divergente.
	

2. Centre optique :

C'est le point d'intersection de l'axe optique avec la lentille.

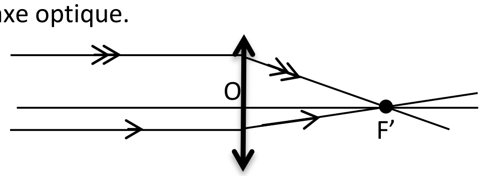
<u>Propriété :</u> Tous les rayons lumineux passant par le centre optique n'est pas dévié.



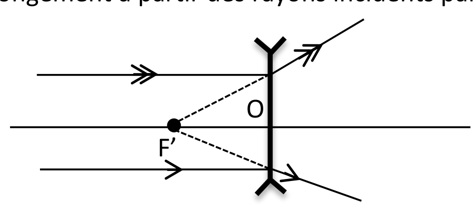
3. Foyers principaux :

a. Foyer principal image F' :

C'est le point d'intersection des rayons émergents ou de leur prolongement à partir des rayons incidents parallèles à l'axe optique.



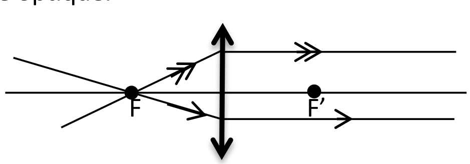
LC : F' à droite

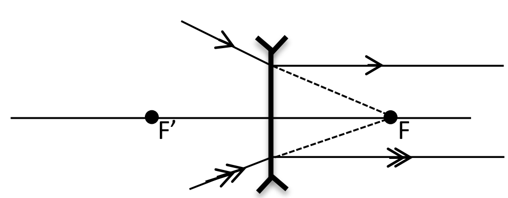


LD : F' à gauche

b. Foyer principal objet F :

C'est le point d'intersection des rayons incident ou de leur prolongement qui émergent de la lentille parallèlement à l'axe optique.





Les points F et F' sont symétriques par rapport au centre optique.

4. Distance focale : $f' = \overline{OF'}$

C'est la valeur algébrique de la distance entre le centre optique O et le foyer image F'.

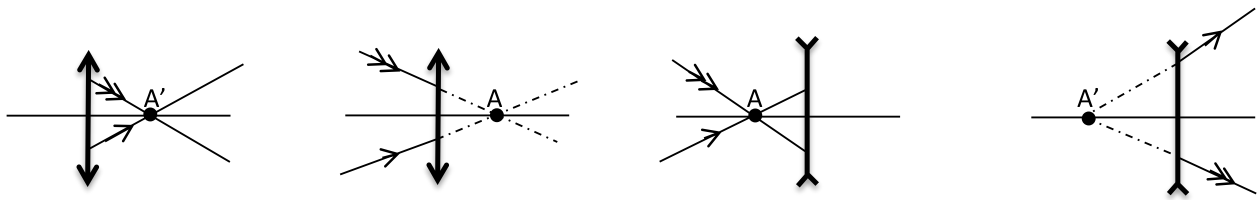
LC : f'> 0	LD : f'< 0

5. Nature de l'objet et de l'image :

Objet A : point d'intersection des rayons incidents.

Image A' : point d'intersection des rayons émergents.

Nature
- Reél(le) : ———→———
- Virtuel(le) : -·-·-·-·-·-·- (prolongement)



A : image réel — A' : objet virtuel — A : objet réel — A' : image virtuel

Objet réel : avant L
Image réelle : après L

6. Construction de l'image A'B' :

- Les rayons incidents qui passent par le centre optique ne dévient pas à travers de la lentille.
- Les rayons incidents parallèles à l'axe optique convergent vers le foyer image à travers de la lentille.
- Les rayons incidents qui convergent vers le foyer image sont parallèles à l'axe optique à travers de la lentille.

.

7. Relation de conjugaison :

Notation utilisés :

$$objet : \begin{cases} \mathrm{AB} : \text{objet} \\ \overline{\mathrm{OA}} : \text{ position} \\ \overline{\mathrm{AB}} : \text{ grandeur} \end{cases} \qquad image : \begin{cases} \mathrm{A'B'} : \text{image} \\ \overline{\mathrm{OA'}} : \text{ position} \\ \overline{\mathrm{A'B'}} : \text{ grandeur} \end{cases}$$

$$\boxed{-\frac{1}{\overline{\mathrm{OA}}} + \frac{1}{\overline{\mathrm{OA'}}} = \frac{1}{f'}}$$

Cette relation permet de calculer la position de l'image : $\boxed{\overline{\mathrm{OA'}} = \frac{\overline{\mathrm{OA}} \times f'}{\overline{\mathrm{OA}} + f'}}$

8. Relation de grandissement :

Le grandissement est définie par :

$$\boxed{\gamma = \frac{\overline{\mathrm{A'B'}}}{\overline{\mathrm{AB}}} = \frac{\overline{\mathrm{OA'}}}{\overline{\mathrm{OA}}}}$$

Cette relation permet de calculer la grandeur de l'image : $\boxed{\overline{\mathrm{A'B'}} = \frac{\overline{\mathrm{AB}} \times \overline{\mathrm{OA'}}}{\overline{\mathrm{OA}}} = \gamma \times \overline{\mathrm{AB}}}$

<u>Ex :</u> l'image est 2 fois plus grande que l'objet est renversé par rapport à l'objet : $\overline{A'B'} = -2.\overline{AB}$

9. Les caractéristique de l'image :

Ce sont :

- La position
- La nature
- Le sens
- La grandeur

- Par méthode graphique.
- Par calcul :
  - position de l'image : donné par la relation de conjugaison
  - nature : image réel si $\overline{OA'} > 0$

    Image virtuel si $\overline{OA'} < 0$
  - sens : droite par rapport à l'objet si $\overline{OA}$ et $\overline{OA'}$ sont de même signe.

    Renversé par rapport à l'objet si $\overline{OA}$ et $\overline{OA'}$ sont des signes contraires.
  - Grandeur : donné par la relation de grandissement.

10. Vergence C d'une lentille :

C'est l'inverse de la distance focale : $\boxed{C = \frac{1}{f'} \qquad \begin{cases} C : \partial\ (dioptrie) \\ f' : m\ (mètre) \end{cases}}$

La lentille est fabriquée avec du verre d'indice de réfraction n : $\boxed{C = (n-1)\left[\frac{1}{\overline{OC_1}} - \frac{1}{\overline{OC_2}}\right]}$

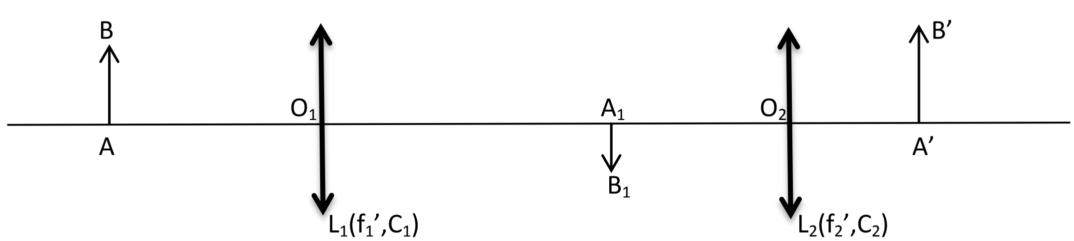
11. Association des lentilles minces :

a. Lentille accolées :

Les lentilles L_1 et L_2 accolées ont le même centre optique O dont la vergence du système accolées est la somme des vergences de chaque lentilles.

b. Lentilles non accolées :

Les lentilles L_1 et L_2 de centre optique O_1 et O_2 sont séparées par la distance $\overline{O_1O_2}$.



- On détermine d'abord les caractéristiques de l'image A_1B_1 en utilisant la lentille L_1.
- On utilise enfin la lentille L_2 pour avoir l'image finale A'B'.

PHYSIQUE NUCLEAIRE ET ATOMIQUE

Chapitre 1 : LE NOYAU ATOMIQUE

1. La composition du noyau :

Le noyau est constitué par les nucléons (c'est-à-dire les protons et les neutrons).

$$proton \begin{cases} m_p = 1{,}67.10^{-27}\,kg \\ q = +e = 1{,}6.10^{-19}\,C \\ nombre = Z = numéro\ atomique \end{cases} \qquad neutron \begin{cases} m_n \simeq m_p \\ q = 0 \\ nombre = A - Z \quad avec\ A : nombre\ de\ masse \end{cases}$$

2. Nucléide :

Un nucléide est l'ensemble des noyaux qui ont la même composition c'est-à-dire même nombre de proton et même nombre de neutrons (même Z et même A).

Un nucléide d'un symbole X est représenté par l'écriture : ${}^{A}_{Z}X$

Ex : ${}^{238}_{92}U$: 92 proton et 146 neutron

Les particules élémentaires sont :

- Electrons : ${}^{0}_{-1}e$ (particule β^{+})
- Positon : ${}^{0}_{1}e$ (particule β^{-})
- Proton : ${}^{1}_{1}p$
- Neutron : ${}^{1}_{0}n$
- Particule α : ${}^{4}_{2}He$

3. Isotopes :

Les isotopes de l'élément chimique sont des atomes dont les noyaux renferment le même nombre de proton mais des nombres de neutrons différents (même Z mais A différents).

Ex : Les isotopes du carbone

${}^{12}_{6}C$; ${}^{13}_{6}C$; ${}^{14}_{6}C$

Les isotopes de l'Uranium

${}^{233}_{92}U$; ${}^{234}_{92}U$; ${}^{235}_{92}U$; ${}^{238}_{92}U$

4. Unité de masse atomique : μ

L'unité de masse atomique est égale à la douzième de la masse d'un atome de carbone 12.

$$\boxed{1\mu = \frac{masse\ d'un\ atome\ {}^{12}_{6}C}{12} \simeq 1{,}67.10^{-27}\,kg}$$

5. Relation d'Einstein :

En mécanique relativisme d'Einstein, les deux grandeurs masses et énergies sont de même nature et peuvent se transformer l'une de l'autre.

Une masse m possède une énergie appellé énergie de la masse.

$\boxed{E = m \times C^2}$ avec: C = $3.10^8 m.s^{-1}$ (célérité de la lumière)

Autre unités de l'énergie :

- Mev (Méga électron Volt)

$$1\,eV = 1{,}6.10^{-19}\,J$$

$$1\,MeV = 1{,}6.10^{-13}\,J$$

Autre unité de la masse :

- Mev.C^{-2}

$$E = m.C^2 \quad \Rightarrow \quad m(MeV.C^{-2}) = \frac{E(MeV)}{C^2} \quad alors: \boxed{1\mu = 931{,}5MeV.C^{-2}}$$

On a : $E(J) = m(kg) \times 9.10^{16}$ $\quad E(MeV) = m(\mu) \times 931{,}5$ $\quad E(MeV) = m(MeV.C^{-2})$

6. Défaut de masse du noyau :

La masse totale des nucléons est toujours supérieur à la masse des noyaux formés. Le défaut de masse est :

$$\boxed{\Delta m = Z \times m_p + (A - Z) \times m_n - m}$$

7. Energie de liaison : E_l

On appelle énergie de liaison, l'énergie qu'il faut fournir pour détruire le noyau et séparer les particules qui le constituent.

$$\boxed{E_l = \Delta m \times C^2 = [Z \times m_p + (A - Z) \times m_n - m] \times C^2}$$

8. Energie de liaison par nucléon :

$$\left.\begin{array}{lcl} A\,nucléons & \longrightarrow & E_l \\ 1\,nucléon & \longrightarrow & E_l/A \end{array}\right\} \qquad \boxed{E_l/A = \frac{1}{A}.[Z \times m_p + (A - Z) \times m_n - m] \times C^2}$$

Application : Calculer l'énergie de liaison par nucléon d'un noyau d'hélium. On donne :

m_p = 1,0073µ $\quad$ m_n = 1,0087µ $\quad$ m = 4,0015µ

$$E_l/A = \frac{1}{4}.[2 \times 1{,}0073 + (4 - 2) \times 1{,}0087 - 4{,}0015] \times 931{,}5 = 7{,}1026\,MeV/nucléon$$

9. Stabilité du noyau :

Un noyau est plus stable si l'énergie de liaison par nucléon est élevé (voisine de 8 MeV/nucléon)

Si $\frac{A-Z}{Z}$ > 1,5 : le noyau est instable donc radioactif.

Chapitre 2 : REACTIONS NUCLEAIRES

Chapitre 2 : REACTIONS NUCLEAIRES

REACTIONS NUCLEAIRES SPONTANEES ou RADIOAVTICITE NATUREL

1. Définition :

La radioactivité naturelle est la transformation spontanée d'un noyau père radioactif pour donner un noyau fils plus stable que lui, avec une émission des particules radioactives : α , β^{+} , β^{-}

Ex :

$${}^{234}_{92}\mathrm{H} \longrightarrow {}^{230}_{90}\mathrm{Th} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$$

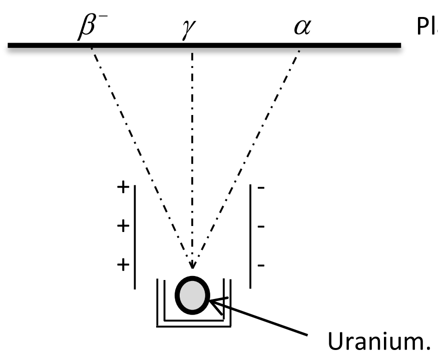
$${}^{230}_{90}\mathrm{H} \longrightarrow {}^{234}_{91}\mathrm{Pa} + {}^{0}_{-1}e$$

Noyau père Noyau fils

Cette transformation nucléaire est appelées désintégration. Si le noyau fils formés est encore radioactif, il se désintègre à son tour pour donner un autre noyau fils.

Le noyau père initiale et les différents noyaux fils formés constituent une famille radioactive.

2. Natures des particules radioactive :



a. Particule α :

C'est un noyau d'hélium ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$ de charge positif q= +2e, particule dévié vers la plaque négatif d'un condensateur.

b. Particule β^{-} :

C'est un électron ${}^{0}_{-1}e$ à grande vitesse $V \simeq 0{,}9.C$, particule dévié vers la plaque positive d'un condensateur.

c. Particule β^{+} :

C'est un électron positif ${}^{0}_{1}e$ ou positon ou positron, particule identique à un électron mais de charge positif q= +e.

Remarque : A chaque type de désintégration, α ou β^{+} ou β^{-} ,il y a toujours un rayonnement ${}^{0}_{0}\gamma$, une onde électromagnétique de même nature que la lumière (photon).

3. Lois utilisées :

Pour équilibrer une équation nucléaire, on utilise :

- La conservation du nombre de masse A.
- La conservation du nombre de charge Z.

4. Mécanisme radioactivité :

a. Radioactivité de type α :

Elle est caractéristique des noyaux lourds (A>200)

$$\boxed{{}_{Z}^{A}X \longrightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + {}_{2}^{4}He} + {}_{0}^{0}\gamma$$

Ex : ${}_{84}^{210}Po \longrightarrow {}_{82}^{206}Pb + {}_{2}^{4}He$

b. Radioactivité de type β^{-} :

Elle est caractéristique des noyaux riches en neutrons, suivie d'un antineutrino ${}_{0}^{0}\bar{\nu}$ (nu).

$$\boxed{{}_{Z}^{A}X \longrightarrow {}_{Z+1}^{A}Y + {}_{-1}^{0}e} + {}_{0}^{0}\gamma + {}_{0}^{0}\bar{\nu}$$

Ex : ${}_{15}^{31}P \longrightarrow {}_{16}^{31}S + {}_{-1}^{0}e$

c. Radioactivité de type β^{+} :

Elle est caractéristique des noyaux riches en proton, suivi d'un neutrino ${}_{0}^{0}\nu$.

$$\boxed{{}_{Z}^{A}X \longrightarrow {}_{Z-1}^{A}Y + {}_{1}^{0}e} + {}_{0}^{0}\gamma + {}_{0}^{0}\nu$$

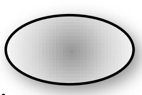
Ex : ${}_{7}^{12}N \longrightarrow {}_{6}^{12}C + {}_{1}^{0}e$

Remarque :

- Les particules neutrino est antineutrino sont utiliser pour interpréter la conservation de l'énergie nucléaire.
- La particule β^{-} provient de la transformation d'un neutron en proton : ${}_{0}^{1}n \longrightarrow {}_{1}^{1}p + \boxed{{}_{-1}^{0}e}$
- La particule β^{+} provient de la transformation d'un proton en neutron : ${}_{1}^{1}p \longrightarrow {}_{0}^{1}n + \boxed{{}_{1}^{0}e}$

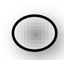
5. Décroissance radioactive :

Considérons un échantillon radioactif qui contient initialement N_0 noyaux de masse m_0.



à t = 0:

$$\begin{cases} N_0 \text{ : nombre de noyau.} \\ m_0 \text{ : masse initiale.} \end{cases}$$



à t quelconque :

$$\begin{cases} N \text{ : nombre des noyaux restant} \\ m \text{ : masse restant} \end{cases}$$

La vitesse de désintégration est proportionnelle au nombre des noyaux N présent ou restant.

Loi de décroissance radioactive :

$$\boxed{\begin{array}{l} \dfrac{dN}{dt} = -\lambda \times N \\ \dfrac{dm}{dt} = -\lambda \times m \end{array}} \qquad \lambda : \text{ constante radioactivité } (s^{-1}, h^{-1}, jour^{-1}, ...)$$

Le signe (-) signifie que la quantité de noyau diminue.

6. Nombre et masse (N et m) des noyaux restants à la date t quelconque :

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda.N \quad \Rightarrow \quad \int \frac{dN}{N} = \int -\lambda\, dt \quad \Rightarrow \quad \ln N = -\lambda.t + C \quad \Rightarrow \quad N = e^{-\lambda.t+C} = e^{-\lambda.t} \times e^{C} = K \times e^{-\lambda.t}$$

$$à \;\; t = 0: \quad N = N_0 = e^0.K = K \quad d'où: \quad \boxed{\begin{array}{l} N = N_0 \times e^{-\lambda.t} \\ m = m_0 \times e^{-\lambda.t} \end{array}}$$

7. Temps de demi-vie ou période radioactive T :

On appelle période radioactive, le temps au bout de laquelle la moitié des noyaux présents à t=0 s'est désintégrée (il reste donc moitié).

$$à \;\; t = T: \quad N = \frac{N_0}{2} = N_0 \times e^{-\lambda.t} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{2} = e^{-\lambda.t} \quad d'où: \quad \boxed{T = \frac{\ln 2}{\lambda} \qquad \begin{cases} T: s, h, jour, ... \\ \lambda: s^{-1}, h^{-1}, jour^{-1}, ... \end{cases}}$$

Ex :

$$Uranium: \;\; {}^{238}_{92}U: \quad T = 4,5 \times 10^9\, ans.$$

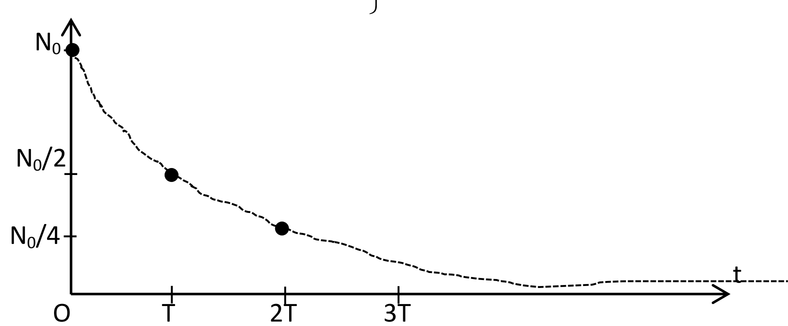
$$Bismuth: \;\; {}^{214}_{83}Bi: \quad T = 19,7\, \text{min}.$$

$$Polonium: \;\; {}^{214}_{84}Po: \quad T = 1,5 \times 10^{-4}\, s.$$

8. Courbe de décroissance radioactive :

Relation entre nombre de noyaux et masse :

$$\left.\begin{array}{lcl} 1\, mol & \longrightarrow & \mathcal{N} = 6,02 \times 10^{23} \text{ noyaux} \\ n = \dfrac{\text{m}}{\text{M}} & \longrightarrow & \text{N} = ? \end{array}\right\} \quad \boxed{\text{N} = \frac{m \times \mathcal{N}}{M}} \quad \text{avec M: nombre de masse A.}$$



9. Activité radioactive A :

On appelle activité radioactive d'un échantillon, le nombre de désintégration par seconde.

$$\boxed{\mathcal{A} = \lambda \times N} \quad avec \quad \text{N} = \frac{m \times \mathcal{N}}{M}, \; \mathcal{A}: Bq \text{ (bequerel)}$$

$$1\, Bq = 1 \text{ désintégration par seconde.}$$

$$\text{Curie: } 1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10}\, Bq$$

- Activité initiale à la date t = 0 :

$$\boxed{\mathcal{A}_0 = \lambda \times N_0} \quad avec \quad N_0 = \frac{m_0 \times \mathcal{N}}{M}$$

- Activité à la date t quelconque :

$$\mathcal{A} = \lambda \times N = \lambda \times N_0.e^{-\lambda.t} = \mathcal{A}_0 \times e^{-\lambda.t} \quad d'où \quad \boxed{\mathcal{A} = \mathcal{A}_0 \times e^{-\lambda.t}}$$

- Activité à la date t = nT :

$$\mathcal{A} = \lambda \times N = \lambda \times \frac{N_0}{2^n} = \frac{\mathcal{A}_0}{2^n} \quad d'où \quad \boxed{\mathcal{A} = \frac{\mathcal{A}_0}{2^n}}$$

<u>Remarque :</u> La mesure de l'activité radioactive d'un échantillon permet de dater le passé :

$$\frac{\mathcal{A}}{\mathcal{A}_0} = e^{-\lambda.t} \Rightarrow -\lambda.t = \ln\left(\frac{\mathcal{A}}{\mathcal{A}_0}\right) = -\ln\left(\frac{\mathcal{A}_0}{\mathcal{A}}\right) \Rightarrow t = \frac{1}{\lambda}\ln\left(\frac{\mathcal{A}_0}{\mathcal{A}}\right) \quad d'où : \quad \boxed{t = \frac{T}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{\mathcal{A}_0}{\mathcal{A}}\right)}$$

10. Application :

Le polonium est radioactif de type α. La demi-vie est T = 140 jours. A t=0 ; un échantillon radioactif contient 40 mg de polonium 210.

a. L'équation de la réaction nucléaire est :

$$^{210}_{84}Po \longrightarrow \, ^{206}_{82}Pb + \, ^{4}_{2}He$$

b. La masse des noyaux restant au bout de 280 jours est :

$$n = \frac{t}{T} = \frac{280}{140} = 2 \Rightarrow m = \frac{m_0}{4} = 10^{-3} g$$

c. On cherche le temps que les 80% des noyaux seront désintégrés : (c'est-à-dire que les 20% sont restants)

$$N = 20\%.N_0 = \frac{N_0}{5} = N_0 \times e^{-\lambda.t} \Rightarrow -\lambda.t = -\ln 5 \Rightarrow t = \frac{1}{\lambda}.\ln 5$$

$$\boxed{t = \frac{T}{\ln 2} \times \ln 5} = \frac{140}{\ln 2} \times \ln 5 = \boxed{325,06\, jours}$$

d. On calcule l'activité radioactive à la date t = 420 jours :

$$n = \frac{t}{T} = \frac{420}{140} = 3 \Rightarrow \mathcal{A} = \frac{\mathcal{A}_0}{8} = \frac{\lambda \times N_0}{8} = \frac{\ln 2.N_0}{8T} \Rightarrow \boxed{\mathcal{A} = \frac{\ln 2.m_0.\mathcal{N}}{8.T.M}}$$

$$\mathcal{A} = \frac{0,69 \times 4.10^{-3} \times 6,02.10 \times 23}{8 \times 140 \times 24 \times 60 \times 60 \times 210} = \boxed{8,17.10^{10}\, Bq}$$

REACTION NUCLEAIRE PROVOQUEE ou RADIOAVTICITE ARTIFICIELLE

Ce sont des réactions nucléaires préparées et réalisées dans une centrale nucléaire. Une réaction nucléaire provoquée s'écrit :

$$A + B \longrightarrow C + D + F$$

Il y a toujours une perte de masse Δm qui correspond à un dégagement d'énergie considérable.

$$\Delta m = (m_A + m_B) - (m_C + m_D + m_F)$$

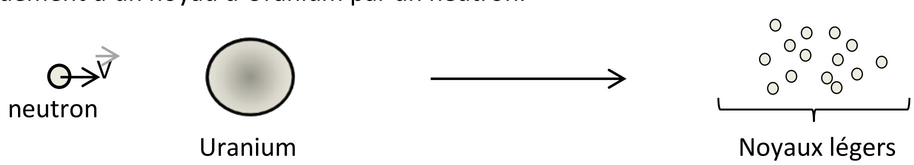
$$\boxed{E = \Delta m \times C^2}$$

Il y a 2 types de la réaction nucléaire provoquée : la fission et la fusion.

1. Réaction de fission :

La fission est une réaction nucléaire au cours de laquelle, un noyau lourd se scinde ou s'éclate pour donner plusieurs noyaux légers.

Ex 1 : Bombardement d'un noyau d'Uranium par un neutron.



Les noyaux légers dépendent de l'énergie cinétique du neutre.

Ex 2 : Avec un neutron lent :

Krypton Baryum

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{92}_{36}Kr + ^{142}_{56}Ba + 2\times ^{1}_{0}n$$

N qui bombarde U 2 nouveaux n formés

Ex 3 : Avec un neutron accéléré :

Iode Ittrium

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{136}_{53}I + ^{94}_{39}Y + 6\times ^{1}_{0}n$$

Les nouveaux neutrons formés vont à leurs tours de bombarder les autres noyaux d'Uranium, d'où la réaction est en chaîne pendant une très courte durée.

2. Réaction de fusion :

On appelle fusion, une réaction nucléaire provoquée au cours de laquelle, plusieurs noyaux légers se combinent pour former un noyau lourd.

Ex 1 : Principe de la bombe H

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$$

Ex 2 : Réaction de production de l'énergie solaire :

$$4\times ^{1}_{1}H \longrightarrow ^{4}_{2}He + 2\times ^{0}_{1}e$$

3. Utilisation de la radioactivité :

- La réaction nucléaire est utilisée pour produire de l'énergie électrique.
- La radioactivité permet la datation du passé (par mesure de l'activité).
- En médecine, on utilise les rayonnements radioactifs pour les traitements du cancer.

4. Dangers des radionucléides :

- La destruction par les armes nucléaires.
- Le déchet radioactif et les rayonnements provoquent la maladie du cancer ou même la mort.
- La réaction nucléaire est incontrôlable c'est-à-dire on ne peut pas ni limiter ni arrêter la réaction.

ELECTROMAGNETISME

Chapitre I : LE CHAMP MAGNETIQUE

Une aiguille aimantée est constituée d'une fine tige en acier qui peut pivoter autour d'un axe, Elle possède 2 pôles : Nord (N) et Sud (S).

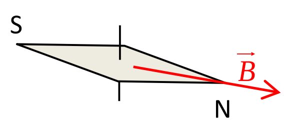
1. Définition :

On appelle champ magnétique, la région de l'espace dans laquelle, une aiguille aimantée subit une force magnétique qui l'oriente.

L'aiguille aimantée d'une boussole est orienté vers le Nord par le champ magnétique terrestre.

2. Vecteur champ magnétique $\vec{B}$:

Dans un point M, le vecteur $\vec{B}$ a la même direction, le même sens que l'axe $\vec{SN}$ d'une aiguille aimantée placée dans ce point. L'intensité est mesurée à l'aide d'un teslamètre. Unité : **T** (Tesla)



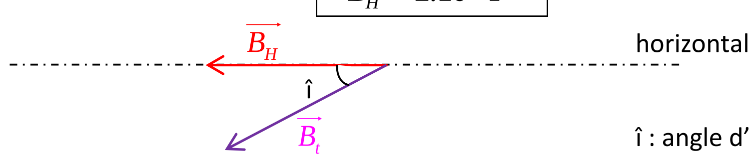
3. Les sources de champ magnétique :

a. La terre T :

Le champ magnétique crée par la terre est appelée champ géométrique ou champ magnétique terrestre, qui oriente l'aiguille aimantée d'une boussole.

En un milieu donné, le vecteur champ magnétique terrestre s'incline d'un angle $\vec{I}$ avec l'horizontale. L'intensité de la composante est :

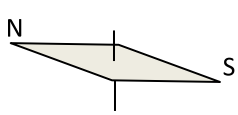
$$\boxed{B_H = 2.10^{-5} T}$$



î : angle d'inclinaison magnétique.

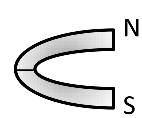
b. Les aimants :

Un aimant crée dans l'espace qui l'entoure un champ magnétique.



Aiguille aimanté

Barreau aimanté (Aimant droit)



Aimant en U

c. Le courant életrique :

Un fil traversé par un courant crée un champ magnétique de l'espace qui l'entoure.

4. Les interactions électromagnétique :

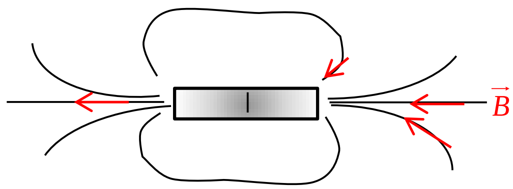
- Deux pôles de mêmes noms se repoussent.
- Deux pôles de noms différents s'attirent (S et N).

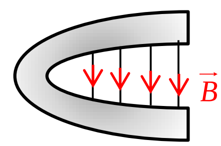
5. Spectre magnétique :

La limaille de fer est repartie sur une feuille de papier au-dessous de laquelle on place un aimant. La limaille de fer s'oriente et dessine une figure géométrique appelée spectre magnétique.

6. Ligne du champ magnétique :

C'est une courbe tangente au vecteur $\vec{B}$ en chacun de ses points. ($\vec{B}$ rentre par l'extrémité S et sort par l'extrémité N).



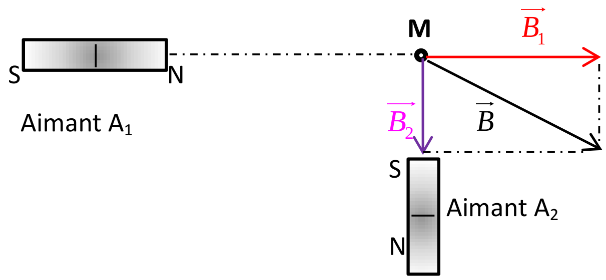


7. Champ magnétique total :

Supposons qu'en un point M se superposent les champs magnétiques $\vec{B_1}$ et $\vec{B_2}$, le champ magnétique total est :

$$\boxed{\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2}}$$

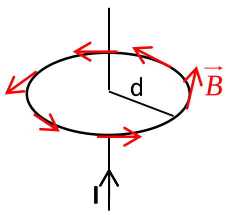
Exemple :



CHAMP MAGNETIQUE CREES PAR LES COURANTS

1. Champ magnétique crée par un courant rectiligne :

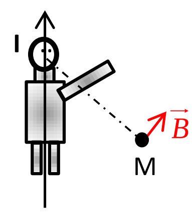
Un courant rectiligne est un fil droit traversé par un courant d'intensité I.



$$\boxed{B = 2.10^{-7}.\frac{I}{d}}$$

$$\begin{cases} I: \text{ intensité (A)} \\ d: \text{ rayon (m)} \end{cases}$$

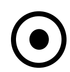
- Une ligne de champ est un cercle centré au fil et perpendiculaire au fil.
- Le sens du courant du vecteur B et donné par la règle de la main droite ou par la règle du Bonhomme d'Ampère.



2. Champ magnétique crée par un courant circulaire :

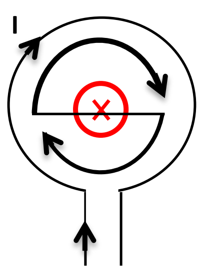
Représentation d'un vecteur perpendiculaire au plan de la figure.

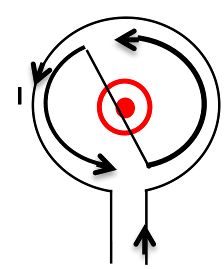
Vecteur qui rentre dans le de la figure



Vecteur qui sort du plan de la figure

Le courant circulaire ou une spire possède 2 faces : face nord et face sud.





$$B = 2.\pi.10^{-7}.\frac{I}{R} \qquad \begin{cases} I: \text{ intensité (A)} \\ R: \text{ rayon (m)} \end{cases}$$

- Au centre de la spire, le vecteur $\vec{B}$ est perpendiculaire au plan de la spire.
- Le sens est donné par la règle de la main droite.
- L'intensité dépend du rayon R de la spire.

Remarque : Une bobine plate comporte N spires

$$\boxed{B = 2.\pi.10^{-7}.\frac{N.I}{R}}$$

3. Champ magnétique crée par un solénoïde :

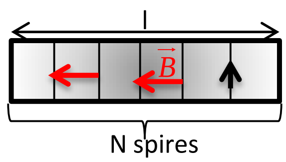
Un solénoïde ou bobine longue est un enroulement d'un fil conducteur recouvert d'un verni isolant sur un long du cylindre.

L : longueur du solénoïde.

N : nombre total des spires.

n : nombre des spires par mètre. N = n . L

Le champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde est uniforme. Le sens est donné par la règle de la main droite.



Intensité :

$$\left.\begin{array}{l} B = 4.\pi.10^{-7}.\dfrac{N \times I}{l} \\ B = 4.\pi.10^{-7}.n \times I \\ B = \mu_0 \times n \times I \end{array}\right\} \mu_0 = 4.\pi.10^{-7} : \text{ preméabilité du vide}$$

Direction :

Le vecteur $\vec{B}$ est parallèle à l'axe du solénoïde.

Chapitre 3 : MOUVEMENT D'UN PARTICULE CHARGEE DANS UNE CHAMP MAGNETIQUE UNIFORME

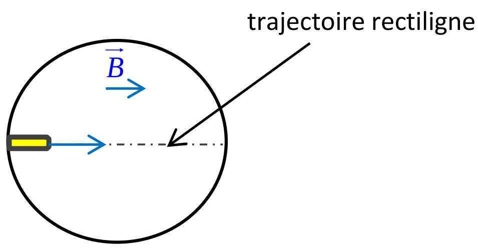
Les particules électrisées sont : électron ($q = -e$) , proton ($q = +e$), particule α ($q = +2e$) , ion positif et ion négatif.

Un champ magnétique est uniforme si $\vec{B}$ est un vecteur constant c'est-à-dire même direction, même sens et même intensité en tout point.

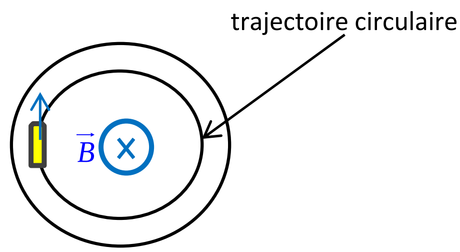
Exemple : champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde ou d'un aimant en U.

1. Dispositif expérimental :

Dans une ampoule de verre sphérique contenant un gaz rare, les électrons sont émis avec une vitesse $\vec{V}$ par le canon à électron. On place cette ampoule dans un champ magnétique uniforme. La trajectoire des électrons devient visible et luminescente.



$\vec{V} // \vec{B}$: mouvement rectiligne uniforme



$\vec{V} \perp \vec{B}$: mouvement circulaire uniforme

- Si $\vec{B} // \vec{V}$: le mouvement est rectiligne uniforme, le champ magnétique n'a pas d'action sur la particule.
- Si $\vec{B} \perp \vec{V}$: le mouvement est circulaire uniforme donc il y a une force magnétique $\vec{F}$ centrupète qui s'exerce sur la particule.

2. Caractéristique de la force magnétique $\vec{F}$ ou force de Lorentz :

Une particule électrisée de charge q, se déplaçant avec une vitesse $\vec{V}$ dans un champ magnétique $\vec{B}$ est soumise à une force magnétique $\vec{V}$ telle que :

$$\boxed{\vec{F} = q \times \vec{V} \wedge \vec{B} \qquad \wedge : \text{ produit vectorielle}}$$

- Direction : la force $\vec{F}$ est à la fois perpendiculaire à la vitesse $\vec{V}$ et au champ magnétique $\vec{B}$ donc elle est normale au plan formé par $\vec{V}$ et $\vec{B}$.

$$\left.\begin{matrix} \vec{F} \perp \vec{B} \\ \vec{F} \perp \vec{V} \end{matrix}\right\} \vec{F} \perp (\vec{B}, \vec{V})$$

- Sens : le sens de $\vec{F}$ est donné par la règle des 3 doigts de la main droite ou par la règle du bonhomme d'Ampère.

  3 doigts de la main droite :

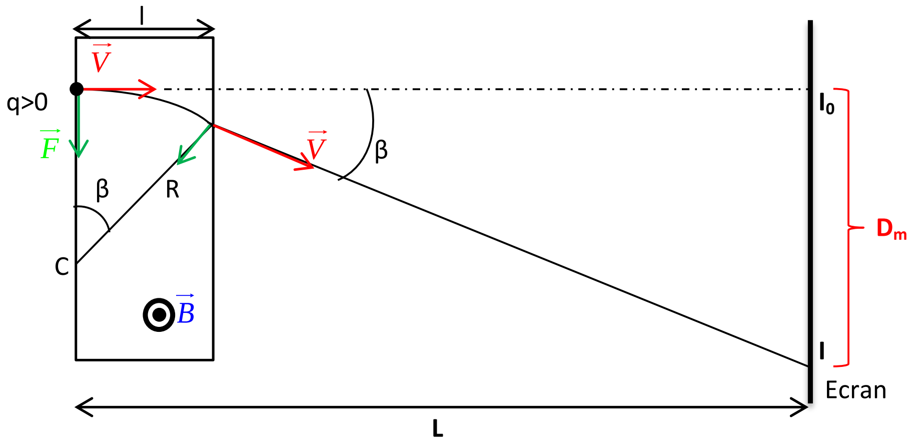
$$q.\vec{V} : \text{ le pouce}, \quad \vec{B} : \text{ l'index}, \quad \vec{F} : \text{ la majeur}$$

- Intensité :

$$\boxed{F = |q| \times V \times B.\sin(\vec{V}, \vec{B}) \qquad \begin{cases} F : newton(N) \\ B : tesla(T) \; ; \; q : coulomb(C) \\ \text{V:vitesse(m.s}^{-1}\text{)} \end{cases}}$$

3. Etude du mouvement de la particule :

Considérons une particule de charge q qui rentre de champ magnétique uniforme $\vec{B}$ avec une vitesse $\vec{V}$.



a. Accélération :

S.E : {une particule}

F.A : la force magnétique $\vec{F}$ (le poids $\vec{P}$ est négligeable)

T.C.I : $\sum \vec{F}_{extérieur} = m \times \vec{a}$

$$\vec{F} = m \times \vec{a} \quad \Rightarrow \quad \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

b. Montrons que le mouvement est circulaire uniforme :

$$\vec{a} \times \vec{V} = \frac{\vec{F}}{m} \times \vec{V} = 0 \quad car \quad \vec{F} \perp \vec{V} \quad donc \quad \vec{a} = \vec{a}_n$$

$$a_t = 0 = \frac{dV}{dt} \quad \Rightarrow \quad V \text{ est constante.}$$

$$\left.\begin{array}{l} \vec{a} = \vec{a}_n \\ V \text{ est constante} \end{array}\right\} \Rightarrow \quad Mouvement\ circulaire\ uniforme$$

c. Rayon de la trajectoire :

$$a_n = \frac{V^2}{R} \quad et \quad a_n = \frac{F}{m} = \frac{|q| \times V \times B}{m} \quad \Rightarrow \quad \frac{V^2}{R} = \frac{|q| \times V \times B}{m}$$

$$\boxed{R = \frac{m \times V}{|q| \times B}}$$

d. Déflexion magnétique :

- En l'absence de champ magnétique, la trajectoire est une droite, la particule arrive au point I_0 de l'écran.
- Dans le champ magnétique B, la trajectoire est un arc de cercle, le point d'impact sur l'écran devient I.

  La déflexion magnétique D_m est la déviation linéaire sur l'écran.

β : deviation angulaire.

$$\left.\begin{aligned} \sin\beta &= \frac{l}{R} \\ \tan\beta &= \frac{D_m}{L} \end{aligned}\right\} l << L \quad et \quad \sin\beta \simeq \tan\beta$$

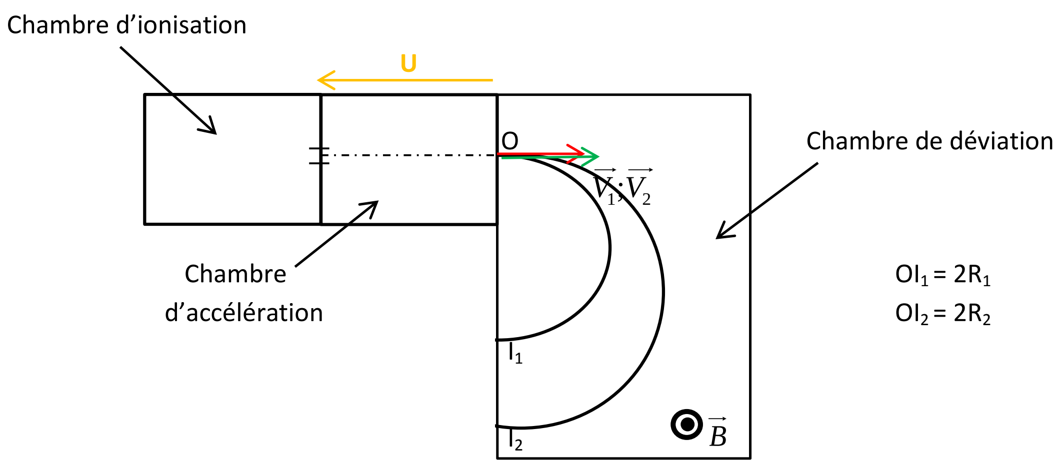
$$\frac{D_m}{L} = \frac{l}{R} \Rightarrow D_m = \frac{l \times L}{R} \Rightarrow \boxed{D_m = \frac{l \times L \times |q| \times B}{m \times V}}$$

4. Spectromètre de masse :

C'est un dispositif qui permet de séparé ou trier les isotopes d'un élément chimique de masses différentes.

Ex : ${}^{39}_{19}K^+$ et ${}^{40}_{19}K^+$.

Ce dispositif comprend 3 parties : la chambre d'ionisation, la chambre d'accélération et la chambre de déviation.



$OI_1 = 2R_1$
$OI_2 = 2R_2$

- Dans la chambre d'ionisation : les isotopes sont ionisées est portent de même charge q.
- Dans la chambre d'accélération : les ions formés sont accélérés et acquièrent des vitesses V_1 et V_2.

$$TEC: \quad V = \sqrt{\frac{2 \times |q| \times U}{m}} \quad donc \quad \boxed{V_1 = \sqrt{\frac{2 \times |q| \times U}{m_1}} \quad et \quad V_2 = \sqrt{\frac{2 \times |q| \times U}{m_2}}}$$

- Dans la chambre de déviation avec la champ magnétique $\vec{B}$, les trajectoires sont des demi-cercles de rayons R_1 et R_2.

$$\boxed{R_1 = \frac{m_1 \times V_1}{|q| \times B} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2 \times |q| \times U}{m_1}} \quad et \quad R_2 = \frac{m_2 \times V_2}{|q| \times B} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2 \times |q| \times U}{m_2}}}$$

- La distance entre les points d'impact I_1 et I_2 est : $I_1I_2 = OI_2 - OI_1$

$$\boxed{I_1I_2 = 2(R_2 - R_1)}$$

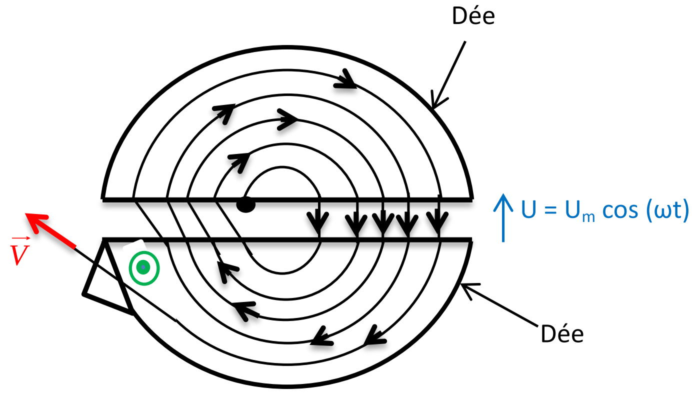
- Les rayons R_1 et R_2 vérifient :

$$\boxed{\frac{R_1}{R_2} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{A_1}{A_2}} \quad avec \quad A_1, A_2 : \text{ nombre de masse}$$

5. Cyclotron :

C'est un dispositif qui permet d'accélérer les particules chargées (accélération cyclique). Un cyclotron comprend 2 cavités appellé les Dées dans lesquelles règne un chalp magnétique uniforme $\vec{B}$.

Entre les Dées, il y a une tension accélératrice alternative U.



- La tension alternative accélératrice a pour effet d'accélérer les particules.

  A chaque demi-tour, l'augmentation cinétique est : $\Delta E_c = \sum W_{\vec{F}_{extérieur}} = |q| \times U$.

- Dans chaque Dées, la trajectoire est courbée suivant un demi-cercle.

- La vitesse de la particule à la sortie du cyclotron de rayon R est :

$$R = \frac{m \times V}{|q| \times B} \quad donc \quad \boxed{V = \frac{R \times |q| \times B}{m}}$$

- La durée d'un tour complet (période)est :

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\dot{\theta}} \quad avec \quad \dot{\theta} = \frac{V}{R} = \frac{|q| \times B}{m} \quad \Rightarrow \quad \boxed{T = \frac{2\pi \times m}{|q| \times B}}$$

- Le nombre de tour effectué n dans un cyclotron est :

$$\begin{cases} 1/2 \; tour \longrightarrow \Delta E_C = |q| \times U \\ 1 \; tour \longrightarrow \Delta E_C = 2 \times |q| \times U \\ n \; tours \longrightarrow \Delta E_C = 2n \times |q| \times U = \frac{1}{2} m V^2 \end{cases} \quad donc \quad \boxed{n = \frac{m \times V^2}{4 \times |q| \times U}}$$

<u>Chapitre 4 :</u> LOI DE LAPLACE

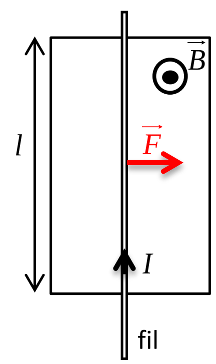
La loi de Laplace exprime l'action d'un champ magnétique sur un élément du courant c'est-à-dire un fil traversé par un courant.

1. Enoncé de la Loi :

Un fil rectiligne de longueur *l*, traversé par un courant d'intensité I, plongé dans un champ magnétique $\vec{B}$ est soumis à une force magnétique $\vec{F}$ appellé force de Laplace telle que : $\boxed{\vec{F} = I.\vec{l} \wedge \vec{B}}$

$I.\vec{l}$: meme sens que le courant.

l : longueur du fil plongé dans le champ magnétique



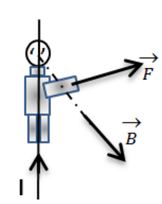
2. Les caractéristiques de la force de Laplace :

- Point d'application : le milieu du fil dans le champ magnétique.
- Direction : $\vec{F}$ est à la fois perpendiculaire au fil et au champ $\vec{B}$.
- Sens : le sens de $\vec{F}$ est donnée par la règle des 3 doigts de la main droite ou par la règle du bonhomme d'Ampère.

3 doigts de la main droite :

$$\begin{cases} \text{la pouce : } \vec{Il} \\ \text{l'index : } \vec{B} \\ \text{le majeur : } \vec{F} \end{cases}$$

Bonhomme d'Ampère :

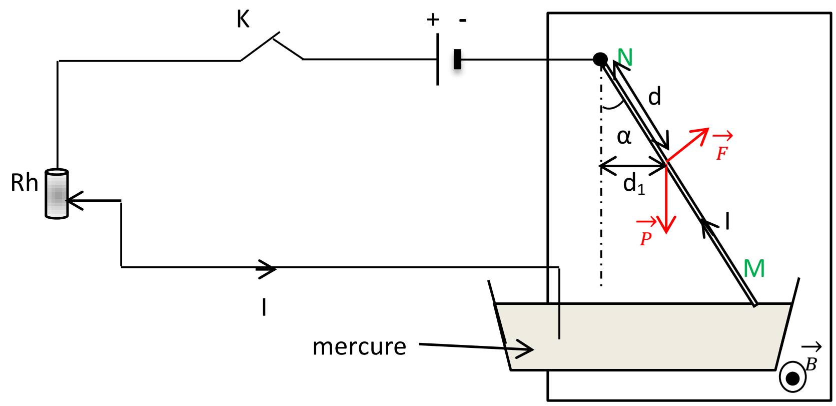


- Intensité :

$$\boxed{F = I \times l \times B \times \sin(\vec{Il};\vec{B})}$$

3. Conducteur pendule :

Une tige MN peut osciller librement autour d'un axe (Δ) passant par N.



- En absence du champ magnétique, la tige MN est verticale.
- Lorsque la tige se trouve dans un champ magnétique $\vec{B}$, elle est soumise à la force de Laplace $\vec{F}$, elle tourne et prend une nouvelle position d'équilibre d'angle α avec la verticale.

<u>Etude de l'équilibre de la tige :</u>

S.E: {la tige MN}

F.A : poids $\vec{P}$; la force de Laplace $\vec{F}$; la réaction $\vec{R}$ de l'axe

$$TAA: \sum \overline{\mathcal{M}}_{\vec{F}_{extérieur}} = J.\ddot{\theta} = 0 \ \text{(à l'équilibre)}$$

$$\mathcal{M}_{\vec{P}} + \mathcal{M}_{\vec{F}} + \mathcal{M}_{\vec{R}} = 0$$

$$-m.g.d_1 + F.d_2 = 0 \quad avec \quad d_1 = \frac{l}{2}\sin\alpha \ et \ d_2 = \frac{l}{2}$$

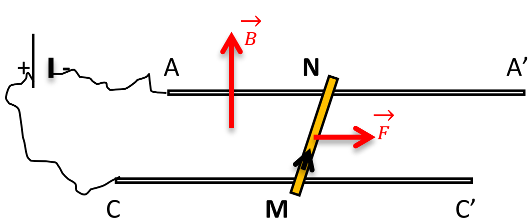
$$-m.g.\frac{l}{2}\sin\alpha + F.\frac{l}{2} = 0$$

$$F = m.g.\sin\alpha = B.I.l$$

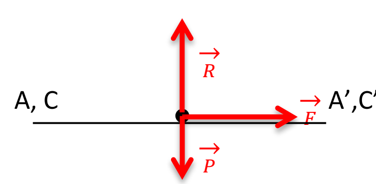
$$\boxed{B.I.l = m.g.\sin\alpha}$$

4. Les rails de Laplace :

a. <u>1^{er} cas :</u> 2 rails AA' et CC' parallèle et horizontale sont reliés à un générateur. Le circuit est fermé à l'aide d'une tige cylindrique MN qui peut se déplacer sans frottement sur les raies.



Vue en perspective



Vue de profil

- En l'absence du champ magnétique, la tige MN reste au repos.
- Dans le champ magnétique, la tige est soumise à la force de Laplace $\vec{F}$,elle se met en mouvement et se déplace sur les raies.

Etude du mouvement de la tige :

S.E: {la tige MN}

F.A : son poids $\vec{P}$; la force de Laplace $\vec{F}$; la réaction $\vec{R}$ des raies

$$TCI: \quad \sum \vec{F}_{extérieur} = m.\vec{a}$$

$$\vec{P} + \vec{F} + \vec{R} = 0$$

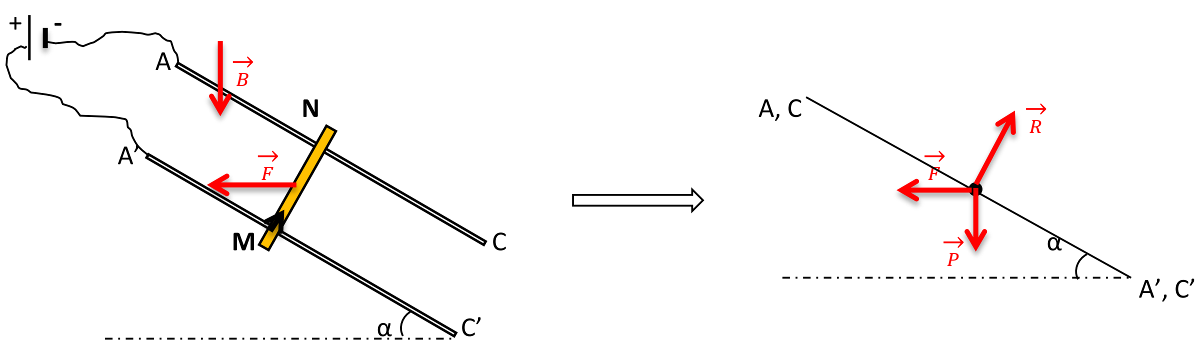
projection sur AA':

$$0 + F + 0 = m.a$$

$$\boxed{B.I.l = m.a} \quad avec \quad l = MN$$

b. 2ème cas : Les rails de Laplace sont maintenant incliné d'un angle α avec l'horizontale. La tige MN reste immobile sur les raies.

- *Le champ $\vec{B}$ est vertical donc la force F est horizontale :*



Vue en perspective

Vue de profil

S.E: {la tige MN}

F.A : son poids $\vec{P}$; la force de Laplace $\vec{F}$; la réaction $\vec{R}$ des raies

$$TCI: \quad \sum \vec{F}_{extérieur} = m.\vec{a} = \vec{0} \text{ (à l'équilibre)}$$

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = 0$$

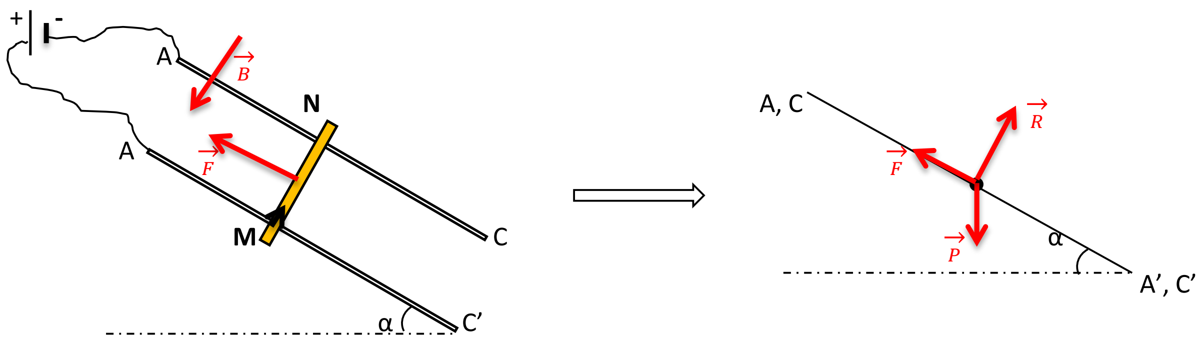
projection sur $\overrightarrow{AA'}$:

$$m.g.\sin\alpha + 0 - F\cos\alpha = 0$$

$$F = m.g.\tan\alpha$$

$$\boxed{B.I.l = m.g.\tan\alpha} \quad avec \quad l = MN$$

➢ *Le champ $\vec{B}$ est perpendiculaire aux rails, donc la force F est parallèle aux rails :*



Vue en perspective — Vue de profil

S.E: {la tige MN}

F.A : son poids $\vec{P}$; la force de Laplace $\vec{F}$; la réaction $\vec{R}$ des raies

TCI : $\sum \vec{F}_{extérieur} = m.\vec{a} = \vec{0}$ (à l'équilibre)

$\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = 0$

projection sur $\overrightarrow{AA'}$:

$$m.g.\sin\alpha + 0 - F = 0$$

$$F = m.g.\sin\alpha$$

$$\boxed{B.I.l = m.g.\sin\alpha} \quad avec \quad l = MN$$

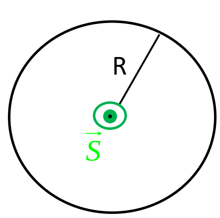
Chapitre 5 : INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE

1. Le flux magnétique :

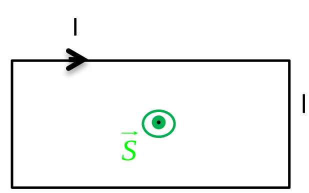
1.1. Vecteur aire (surface) :

La surface d'un circuit fermé est représentée par un vecteur $\vec{S}$ perpendiculaire à la surface et orienté selon la règle de la main droite. Pour cela, on choisit un sens positif arbitraire ou un prend le sens du courant comme sens positif.

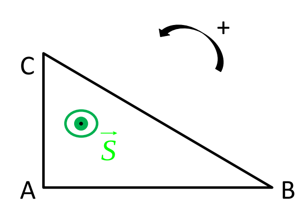
Unité de S : mètre carré (m^2).



$S = \pi.R^2$



$S = L \times l$



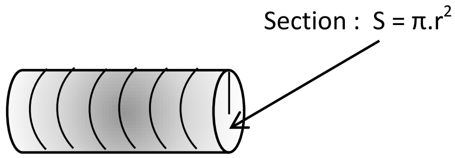
$S = \dfrac{AB \times BC}{2}$

1.2. Définition :

Le flux magnétique ϕ à travers du circuit de surface $\vec{S}$ balayée par un champ magnétique est définie par :

$$\boxed{\phi = \vec{B} \times \vec{S} = B \times S \times \cos\left(\vec{B};\vec{S}\right)} \quad avec \quad \phi : weber(wb)$$

Remarque : Le flux magnétique à travers une bobine comportant N spires est :



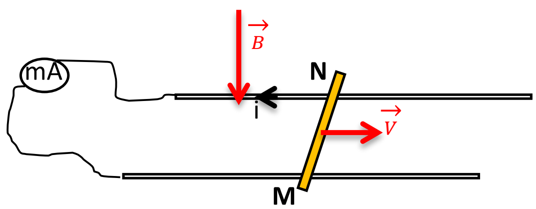
$$\boxed{\phi = N \times \vec{B} \times \vec{S}} \quad avec \quad S : section$$

1.3. Variation du flux magnétique :

Le flux magnétique à travers un circuit peut être varié en 3 circonstances :

a. Variation de la surface balayée par le champ magnétique :

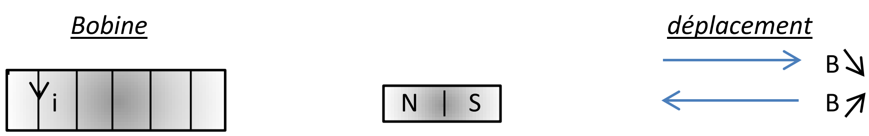
Ex : Déplacement d'une tige MN sur les rails de Laplace.



Pendant le déplacement de la tige MN, la surface du circuit varie. Il y a apparition d'un courant induit *i* dans le circuit.

b. Variation de l'intensité du champ magnétique :

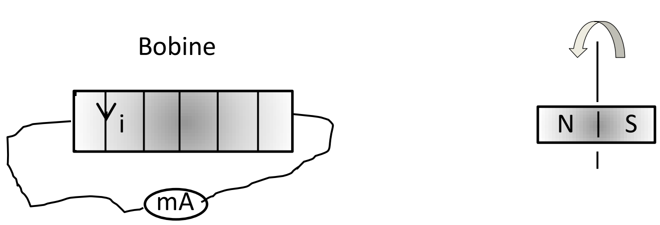
Ex : Déplacement d'un aimant devant une bobine.



Pendant le déplacement d'un aimant, l'intensité du champ magnétique dans la bobine varie. Il ya apparition d'un courant induit *i* dans la bobine.

c. Variation de l'angle entre $\vec{B}$ et $\vec{S}$:

Ex : Rotation d'un aimant devant une bobine ou l'inverse.



Lorsque l'aimant tourne, l'angle entre $\vec{B}$ et $\vec{S}$ varie. Il y a apparition des courant induits *i* dans la bobine.

1.4. Conclusion :

La variation du flux magnétique à travers un circuit quelque soit la circonstance donne naissance un courant induit ***i*** dans le circuit. Le circuit se comporte comme un générateur de force électromotrice induite ***e*** tel que :

(V)

$$\boxed{e = R \times i} \quad avec \quad R : \text{résistance du circuit}$$

2. Détermination de la f.é.m induite e :

- On choisit un sens positif et on obtient le vecteur $\vec{S}$.
- On donne l'expression du flux magnétique : $\phi = \vec{B} \times \vec{S}$
- On calcule la f.é.m induite : $\boxed{e = -\frac{d\phi}{dt}}$

Remarque : Si on trouve ***e***>0, le sens du courant induit ***i*** est le sens positif choisi.
Si on trouve ***e***<0, le sens du courant induit est contraire au sens positif choisi.

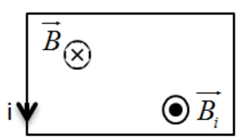
3. Loi de Lenz :

Le courant induit ***i*** ou la f.é.m induite ***e***, par ses effets s'oppose à la cause qui lui donne naissance

$$e = -\frac{d\phi}{dt}$$

Le signe (-) traduit la loi de Lenz

Ex :



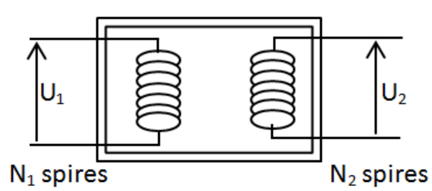
B varie:

$B \nearrow \quad \Rightarrow \quad \vec{B_i} \nearrow \swarrow \vec{B}$

$B \swarrow \quad \Rightarrow \quad \vec{B_i} \nearrow \nearrow \vec{B}$

4. Utilisation du phénomène d'induction :

- On l'utilise pour produite du courant électrique (courant alternatif d'un alternateur)
- Le fonctionnement d'un alternateur élévateur ou abaisseur de tension est basé sur le phénomène d'induction.



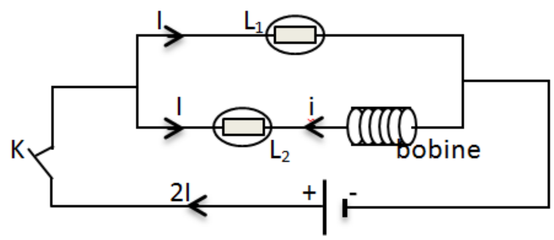
$$\frac{U_1}{N_1} = \frac{U_2}{N_2}$$

Chapitre 6 : AUTO - INDUCTION

1. Mise en évidence expérimentale :

a. Expérience :

On réalise le montage de la figure suivante avec 2 lampes identiques L_1 et L_2 et d'une bobine de résistance négligeable.



b. Observations :

- Lorsqu'on ferme l'interrupteur, la lampe L_1 s'allume instantanément tandis que la lampe L_2 ne brille que progressivement.
- En régime permanent, les 2 lampes sont traversées par la même intensité I. On ouvre l'interrupteur, la lampe L_1 est éteinte plus rapidement que L_2.

c. Interprétation :

- Pendant l'installation du courant, la bobine est traversée par un courant variable. La variation du flux à travers la bobine donne naissance un courant induit ***i*** de sens contraire à I.
- Pendant l'annulation du courant, il se produit aussi une auto-induction, le courant ***i*** est de même sens que I.

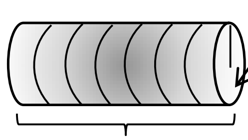
2. Auto induction :

Lorsqu'une bobine est traversée par un courant d'intensité variable, il y a apparition d'un courant auto-induit ***i*** et une f.é.m auto-induite ***e***.

3. Inductance L d'une bobine :

Une bobine de longueur l, de section S comportant N spires est caractérisée par l'inductance L.

Section : $S = \pi . r^2$



$$\boxed{L = \mu_0 \times \frac{N^2.S}{l} = \mu_0 \times n^2.l.S} \quad avec \quad \mu_0 = 4\pi.10^{-7} USI \quad et \quad n = \frac{N}{l}$$

H (Henry) m m^2

4. Flux magnétique à travers la bobine :

$$\boxed{\phi = L \times i}$$

Wb (weber)

5. F.é.m auto-intuite e :

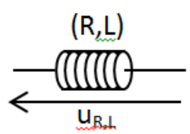
$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d}{dt}(L.i) = -L \times \frac{di}{dt} \quad \Rightarrow \quad \boxed{e = -L \times \frac{di}{dt}}$$

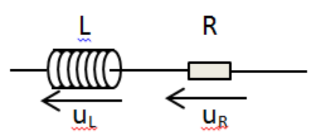
$$\text{Si } i = f(t): \quad \frac{di}{dt} = \frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{i_{finale} - i_{initiale}}{\Delta t}$$

6. Loi d'Ohm pour une bobine :

$$\begin{cases} résistor: \quad U = R \times I \\ générateur: \quad U = E - r.I \\ récepteur: \quad U = E' + r'.I \end{cases}$$

Une bobine (R,L) est caractérisée par sa résistance R et son inductance L.





$u_{R,L} = u_L + u_R$ e = f.é.m auto-induite

$$\boxed{u_{R,L} = R.i - e = R.i + L.\frac{di}{dt}}$$

Remarque :

- Si R=0, la bobine est une inductance pure.
- Avec un courant continue d'intensité constante, $\frac{di}{dt} = 0$, la bobine se comporte comme une résistance pure.

7. Energie magnétique émagasinée (stockée) dans une bobine :

La puissance instantanée de la bobine est :

$$\mathcal{P} = u \times i = \left(R.i + L.\frac{di}{dt}\right) \times i = R.i^2 + L.i.\frac{di}{dt} = \underbrace{R.i^2}_{\text{Puissance Electrique}} + \underbrace{\frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}L.i^2\right)}_{\text{Energie magnétique}}$$

$$\boxed{E_m = \frac{1}{2} \times L \times i^2}$$

Lorsqu'on coupe le courant, l'énergie de la bobine est restituée au circuit et provoque des étincelles électriques aux bornes de l'interrupteur.

ELECTRICITE

1. Rappels :

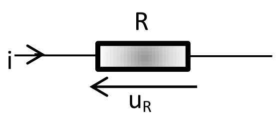
Dans un circuit électrique, on trouve des résistors de résistance R, un condensateur de capacité C ou une bobine d'inductance L alimenté par une source alternative (courant alternatif).

: Courant continue

: Courant alternatif

2. Résistor :

Un résistor est caractérisé par sa résistance R.



a. Tension aux bornes de R :

$$\boxed{u_R = R \times i}$$

b. Puissance électrique consommée :

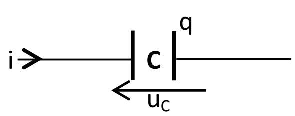
$$\boxed{P = u \times i = R \times i^2}$$

L'énergie consommée pendant une durée t est :

$$\boxed{W = P \times t = R \times i^2 \times t}$$

3. Condensateur :

Un condensateur de capacité C fonctionne par la charge et la décharge.



a. Loi d'Ohm :

$$\boxed{u_C = \frac{q}{C}}$$

L'intensité du courant qui aboutit aux armatures du condensateur est :

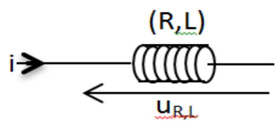
$$\boxed{i = \frac{dq}{dt}}$$

b. Energie électrique emmagasinée dans un condensateur :

$$\boxed{E = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} C \times u^2}$$

4. Bobine :

Une bobine (R,L) est caractérisée par sa résistance R et son inductance L.



a. Loi d'Ohm :

$$\boxed{u_{R,L} = R.i + L\frac{di}{dt}}$$

b. Energie emmagasinée stockée dans une bobine :

$$\boxed{E_m = \frac{1}{2}L \times i^2}$$

Chapitre 1 : LE COURANT ALTERNATIF

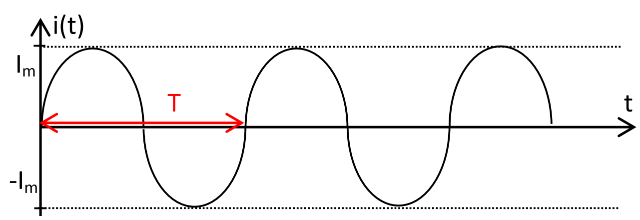
1. Définition :

Un courant alternatif est un courant variable en sens et en intensité.

Dans le cas du courant alternatif sinusoïdal, l'intensité i(t) et la tension u(t) sont des fonctions sinusoïdales de temps.

2. Intensité instantanée : i(t)

$$\boxed{i(t) = I_m \sin(\omega t)} \quad ou \quad \boxed{i(t) = I_m \cos(\omega t)}$$



I_m : amplitude de l'intensité (A)

ω : Pulsation (rad.s^{-1})

T : période (s)

N : fréquence (Hz)

3. Intensité efficace : I

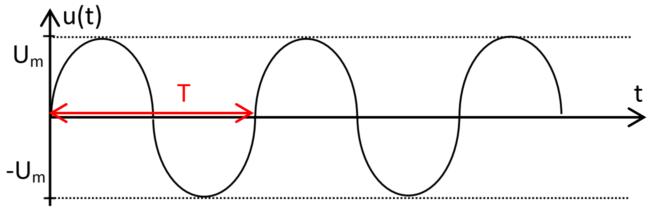
Lorsqu'on mesure l'intensité du courant à l'aide d'un ampèremètre en alternatif, il donne la valeur efficace I de l'intensité.

L'intensité efficace I est égale à l'intensité du courant continue passant par un conducteur et qui produit la même quantité de chaleur que le courant alternatif pendant une période T.

$$\boxed{I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}}$$

4. Tension instantanée : u(t)

$$\boxed{u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi)} \quad ou \quad \boxed{u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)}$$



U_m : amplitude de la tension (V)

ω : Pulsation ($rad.s^{-1}$)

φ : phase de la tension par rapport à l'intensité (rad)

- Si φ>0 : la tension est en avance par rapport à l'intensité i(t).
- Si φ<0 : la tension est en retard par rapport à l'intensité i(t).
- Si φ=0 : la tension et l'intensité sont en phase.

5. Tension efficace : U

C'est la tension mesuré à l'aide d'un voltmètre en alternatif.

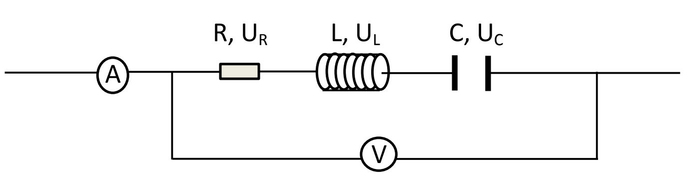
$$\boxed{U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}}$$

Conclusion :

$i(t) = I_m \sin(\omega t) \Rightarrow u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi)$	$u(t) = U_m \sin(\omega t) \Rightarrow i(t) = I_m \sin(\omega t - \varphi)$
$i(t) = I\sqrt{2}\sin(\omega t) \quad u(t) = U\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi)$	$u(t) = U\sqrt{2}\sin(\omega t) \quad i(t) = I\sqrt{2}\sin(\omega t - \varphi)$

6. Impédance : Z

L'impédance Z d'une portion d'un circuit traversée par une intensité efficace I soumise à une tension efficace U est telle que :



$$on\ a: \quad u(t) = u_R + u_L + u_C \quad et \quad U \neq U_R + U_L + U_C$$

$$\boxed{Z = \frac{U}{I} = \frac{U_m}{I_m}} \qquad \begin{cases} U = Z \times I \\ U_m = Z \times I_m \end{cases}$$

résistance: $Z_R = R$ $\qquad \varphi_R = 0$

bobine: $Z_L = L \times \omega$ $\qquad \varphi_R = \frac{\pi}{2} rad$

condensateur: $Z_R = \frac{1}{C \times \omega}$ $\qquad \varphi_R = -\frac{\pi}{2} rad$

7. Puissance électrique :

- La puissance instantanée est :

$$\boxed{p(t) = u(t) \times i(t)}$$

- La puissance moyenne d'un circuit est :

$$\boxed{P = U \times I.\cos\varphi}$$

φ : phase de la tension par rapport à l'intensité.

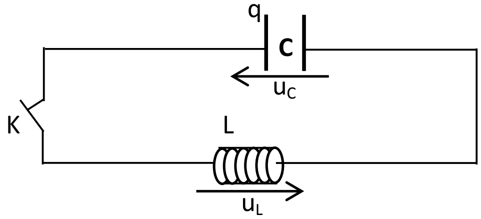
cos φ : facteur de puissance.

Un circuit est traversé par la même intensité instantanée et la même intensité efficace.

Chapitre 2 : CIRCUIT OSCILLANT

1. Définition :

Un oscillateur électrique non amorti ou circuit (L, C) est constitué d'un condensateur initialement chargé et d'une bobine d'inductance pure L (de résistance négligeable).



- Lorsqu'on ferme l'interrupteur, le condensateur se décharge à travers la bobine.
- La bobine traversée par un courant de décharge du condensateur fait circuler un courant auto-induit qui charge à nouveau le condensateur. Ce cycle se répète et on obtient des oscillations électriques.

Remarque : il n'y a pas perte d'énergie par effet joule car R=0, l'oscillation est non amorti.

2. Equation différentielle d'un circuit (L,C) :

$$on\ a :\ u_L + u_C = 0 \qquad \text{(pas de générateur)}$$

$$\frac{q}{C} + L\frac{di}{dt} = 0 \qquad \text{avec}\ \ i = \frac{dq}{dt}$$

$$\frac{q}{C} + L\frac{d}{dt}\left(\frac{dq}{dt}\right) = 0 \qquad \Rightarrow \qquad \frac{q}{C} + L\frac{d^2q}{dt^2} = 0$$

$$\boxed{\begin{array}{l} \dfrac{d^2q}{dt^2} + \dfrac{1}{L.C}q = 0 \\ \ddot{q} + \dfrac{1}{L.C}q = 0 \end{array}}$$

Cette équation différentielle est de la forme : $\ddot{q} + \omega^2 q = 0$ avec $\omega^2 = \dfrac{1}{L.C}$

$$\boxed{\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L.C}}} \quad \textit{pulsation propre} \qquad (L.C.\omega^2 = 1)$$

La fréquence propre et la période sont :

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi.\sqrt{L.C} \qquad N_0 = \frac{1}{T_0}$$

3. Charge du condensateur et intensité du courant :

La solution de cette équation différentielle est :

$$\boxed{q(t) = q_m \sin(\omega_0 t + \phi)}$$

Φ : phase initiale.

L'intensité du courant est :

$$i = \frac{dq}{dt} = q_m.\omega_0 \cos(\omega_0 t + \phi)$$

4. Energie d'un oscillateur électrique :

$$E = E_C + E_L = \frac{1}{2}\cdot\frac{q^2}{C} + \frac{1}{2}\cdot L.i^2$$

$$\boxed{\begin{array}{ll} E = \dfrac{1}{2}\cdot\dfrac{{q_m}^2}{C} & \text{(calcul)} \\ E = \dfrac{1}{2}\cdot\dfrac{q^2}{C} + \dfrac{1}{2}\cdot L.i^2 & \text{(expression)} \end{array}}$$

Remarque :

On peut établir l'équation différentielle du circuit par la conservation de l'énergie totale.

$$E = \frac{1}{2}\cdot\frac{q^2}{C} + \frac{1}{2}\cdot L.i^2 = c^{te} \qquad \Rightarrow \qquad \frac{dE}{dt} = 0$$

$$\frac{dE}{dt} = \frac{1}{2C}\cdot 2.\dot{q}.q + \frac{1}{2}\cdot L.\left(\frac{dq}{dt}\right)^2 = \frac{1}{C}\cdot\dot{q}.q + \frac{1}{2}\cdot L.2.\ddot{q}.\dot{q} = \dot{q}\left(\ddot{q} + \frac{1}{L.C}\right) = 0 \quad \text{avec } \dot{q} \neq 0$$

$$\boxed{\ddot{q} + \omega^2 q = 0}$$

5. Entretien des oscillateurs électriques :

En pratique, la bobine possède une résistance R. La puissance consommée par effet Joule est :

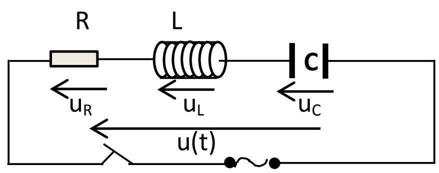
$$P = R \times i^2 = u \cdot i$$

Pour compenser cette perte d'énergie, il faut un générateur qui délivre une tension u_g = R.i avec une puissance P = u_g.i = R. i^2.

Chapitre 3 : CIRCUIT EN REGIME SINUSOÏDAL FORCE

Considérons un circuit (R, L, C) qui comprend une résistance R, une bobine d'inductance L et d'un condensateur de capacité C alimenté par une source de tension alternative.

1. Schéma du circuit :



2. Equation différentielle du circuit :

$$on\ a : \quad u(t) = u_R + u_L + u_C = 0$$

$$= R.i + L\frac{di}{dt} + \frac{q}{C} = 0 \qquad \text{avec } i = \frac{dq}{dt}$$

$$\boxed{u(t) = R.\dot{q} + L.\ddot{q} + \frac{1}{C}\cdot q}$$

3. Détermination dela tension aux bornes de (R,L,C) :

On pose u(t) = U_m sin (ωt + φ).

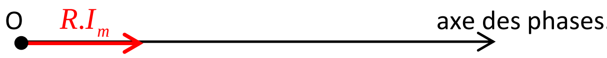
On détermine U_m et φ par la construction ou le diagramme de Fresnel.

a. Tension aux bornes de la résistance R :

L'intensité du courant est :

$$\boxed{i(t) = I_m \sin(\omega t)}$$

$$u_R = R \times i = R.I_m \sin(\omega t) = U_{m_R} \sin(\omega t + \varphi_R) \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} U_{m_R} = R.I_m \\ \varphi_R = 0 \end{cases}$$



b. Tension aux bornes de la bobine :

$$u_L = L\frac{di}{dt} = L.I_m.\omega.\cos(\omega t) \qquad avec \quad \cos\alpha = \sin\left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$u_L = L.I_m.\omega.\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = U_m.\sin(\omega t + \varphi_L) \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} U_m = L.I_m.\omega \\ \varphi_L = \dfrac{\pi}{2} rad \end{cases}$$

c. Tension aux bornes du condensateur :

$$u_C = \frac{q}{C} \qquad avec \quad i = \frac{dq}{dt} \quad \Rightarrow \quad dq = i.dt \quad \Rightarrow \quad \int dq = \int i.dt \quad \Rightarrow \quad q = \int idt$$

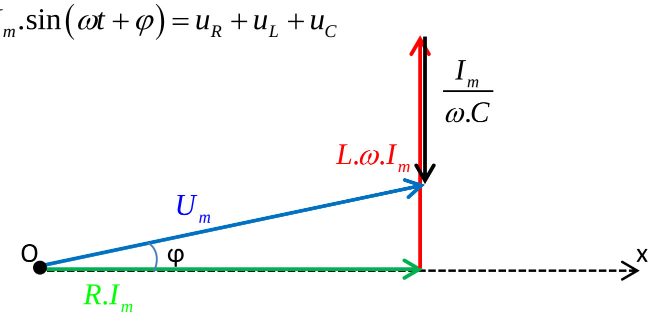
$$q = \int I_m.\sin(\omega t)dt = -\frac{I_m}{\omega}.\cos(\omega t) \qquad or \quad \cos\alpha = \sin\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$= \frac{I_m}{\omega}.\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$on\ a: \qquad u_C = \frac{q}{C} = \frac{I_m}{\omega.C}.\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = U_m.\sin(\omega t + \varphi_C) \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} U_m = \dfrac{I_m}{\omega.C} \\ \varphi_L = -\dfrac{\pi}{2} rad \end{cases}$$

d. Tension aux bornes (R,L,C) :

$$u(t) = U_m.\sin(\omega t + \varphi) = u_R + u_L + u_C$$



$$U_m^{\ 2} = \left(R.I_m\right)^2 + \left(L.\omega.I_m - \frac{I_m}{\omega.C}\right)^2 = \sqrt{R + \left(L.\omega - \frac{1}{C.\omega}\right)} \times I_m$$

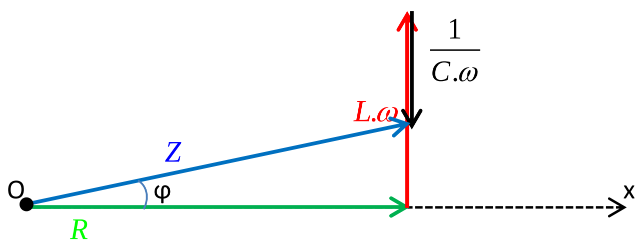
$$d'où : \quad \boxed{Z = \sqrt{R + \left(L.\omega - \frac{1}{C.\omega}\right)}}$$

$$On\ a : \quad \begin{cases} \cos\varphi = \dfrac{R.I_m}{U_m} = \dfrac{R}{Z} \\ \tan\varphi = \dfrac{L.\omega - {}^{1}\!/_{C.\omega}}{R} \end{cases}$$

$$\boxed{\begin{array}{l} \cos\varphi = \dfrac{R}{Z} \quad avec\ signe \quad \begin{cases} L.\omega - {}^{1}\!/_{C.\omega} > 0 : \quad \varphi > 0 \\ L.\omega - {}^{1}\!/_{C.\omega} < 0 : \quad \varphi < 0 \end{cases} \\ \tan\varphi = \dfrac{L.\omega - {}^{1}\!/_{C.\omega}}{R} \end{array}}$$

4. Impédance : Z

Le diagramme de Fresnel en impédance ci-dessous permet de déterminer Z et φ.



5. Résonance d'intensité :

a. Définition :

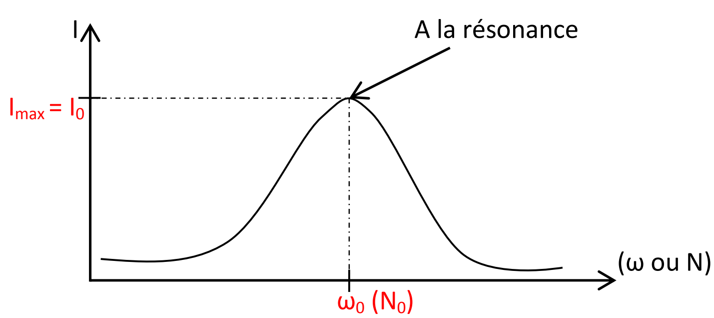
Un circuit R, L, C est à la résonance d'intensité si l'intensité efficace I est maximale.

Une source alternative impose au circuit une tension de pulsation ω et de fréquence N variable.

$$I = \frac{Z}{U} \qquad I_{\max}\ si\ Z_{\min} \quad or\ Z = \sqrt{R + \left(L.\omega - \frac{1}{C.\omega}\right)}$$

$$Z_{\min} \ \Rightarrow \ L.\omega - \frac{1}{C.\omega} = 0 \ \Rightarrow \ L.\omega = \frac{1}{C.\omega} \ \Rightarrow \ L.C.\omega^2 = 1 \ \Rightarrow \ \omega = \frac{1}{\sqrt{L.C}}$$

L'intensité efficace varie en fonction de ω ou N selon la courbe suivante.



b. Propriété à la résonance :

- $L.C.\omega^2 = 1 \quad \Rightarrow \quad \omega = \dfrac{1}{\sqrt{L.C}}$

- La tension efficace aux bornes de la bobine est égale à la tension efficace aux bornes du condensateur.

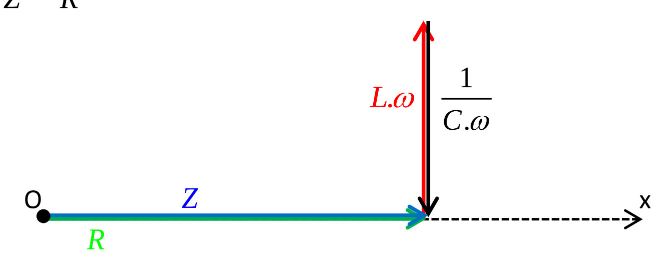
$$L.\omega = \frac{1}{C.\omega} \quad \Rightarrow \quad Z_L = Z_C \quad \Rightarrow \quad U_L = U_C$$

- $Z = R \quad et \quad I = I_0 = \dfrac{U}{Z} = \dfrac{U}{R}$

- $\tan\varphi = \dfrac{L.\omega - {}^{1}\!/_{C.\omega}}{R} = 0 \quad \Rightarrow \quad \varphi = 0$

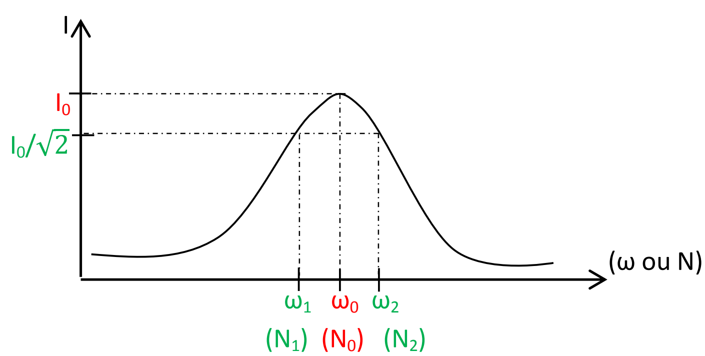
- L'intensité i et la tension u sont en phase.

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{R} = 1 \quad \Rightarrow \quad \varphi = 0$$



6. Bande passante à 3 d.b : (décibel)

a. Définition :

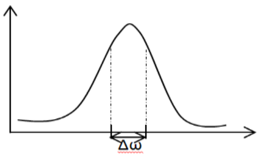


On appelle bande passante, l'intervalle de pulsation [ω_1 ; ω_2] ou l'intervalle de fréquence [N_1 ; N_2] qui correspondent à une intensité efficace $I = I_0/\sqrt{2}$.

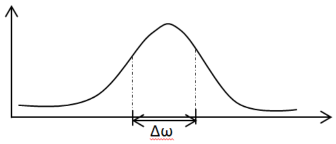
b. Largeur de la bande passante :

- Largeur en pulsation : $\Delta\omega = \omega_1 - \omega_2$
- Largeur en fréquence : $\Delta N = N_1 - N_2$

$$\boxed{\begin{array}{ll}\Delta\omega = \dfrac{R}{L} & \text{en pulsation} \\ \Delta N = \dfrac{R}{2\pi.L} & \text{en fréquence}\end{array}}$$



Résonance aigue



Résonance floue

7. Facteur de qualité : Q

Le facteur de qualité Q est un nombre sans unité définie par :

$$\boxed{Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = \frac{L.\omega_0}{R}} \qquad \boxed{Q = \frac{N_0}{\Delta N}}$$

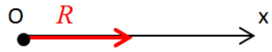
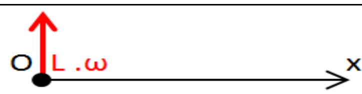
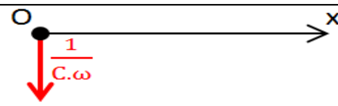
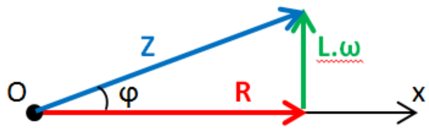
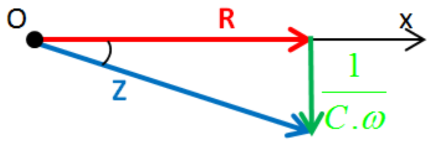
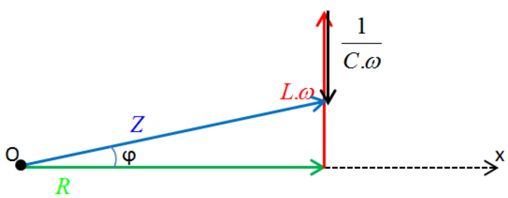
A la résonance d'intensité, il y a une surtension aux bornes du condensateur :

$$\boxed{\begin{array}{l}\text{à la resonance:} \quad Q = \dfrac{U_C}{U} \\ \qquad\qquad\qquad U_C = U_L = Q \times U\end{array}}$$

8. Puissance et énergie :

Cas général	**A la résonance**
Puissance moyenne	
$P = U.I.\cos\varphi$	$P = U.I.\cos 0 = R.I.I = R.I_0^{\ 2}$
Energie du circuit (R, L, C)	
$E = E_L + E_C$ $E = \frac{1}{2}\cdot\frac{q^2}{C} + \frac{1}{2}\cdot L.i^2 = \frac{1}{2}\cdot\frac{q_m^{\ 2}}{C} + \frac{1}{2}\cdot L.I_m^{\ 2}$	$E = \frac{1}{2}\cdot L.\left(I_0.\sqrt{2}\right)^2 = L.I_0^{\ 2} \quad avec \;\; I_0 = \frac{U}{R}$
Energie disposée par effet Joule	
$E = R.I^2.T$	$E = R.I_0^{\ 2}.T_0$ $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L.C}} = \frac{2\pi}{T_0} \;\; \Rightarrow \;\; T_0 = 2\pi.\omega_0$

9. Récapitulation :

Dipôle	Diagramme de fresnel	Impédance	Détermination de φ
R		$Z = R$	$\varphi = 0\ rad$
L		$Z = L.\omega$	$\varphi = \frac{\pi}{2} rad$
C		$Z = \frac{1}{C.\omega}$	$\varphi = -\frac{\pi}{2} rad$
(R, L)		$Z = \sqrt{R^2 + (L.\omega)^2}$	$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$ $\tan\varphi = \frac{L.\omega}{R}$ $\varphi > 0$
(R, C)		$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C.\omega}\right)^2}$	$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$ $\tan\varphi = \frac{-1}{R.C.\omega}$ $\varphi < 0$
(R, L, C)		$Z = \sqrt{R^2 + \left(L.\omega - \frac{1}{C.\omega}\right)^2}$	$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$ avec signe $\tan\varphi = \frac{L.\omega - \frac{1}{C.\omega}}{R.}$

CHIMIE MINERALE

Chapitre 1 : GENERALITE

1. Concentration molaire :

C'est le nombre de mole de soluté dans un litre de solution.

- Concentration molaire d'une solution :

$$\boxed{C = \frac{n}{V}}$$

C : concentration molaire ($mol.L^{-1}$)
n : nombre de mole (mol)
V : volume de la solution (L)

- Concentration molaire d'une espèce X :

$$\boxed{[X] = \frac{n_X}{V}}$$

$[X]$: concentration molaire de l'espèce ($mol.L^{-1}$)
n_X : nombre de mole de l'espèce (mol)
V : volume de la solution (L)

Si le soluté est solide ou liquide :

$$\boxed{n = \frac{m}{M}}$$

n : nombre de mole (mol)
m : masse utilisée (g)
M : masse molaire (g/mol)

Si le soluté est un gaz :

$$\boxed{n = \frac{V_{gaz}}{V_m}}$$

n : nombre de mole (mol)
V_{gaz} : volume du gaz (L)
V_m : volume molaire ($22,4\,L.mol^{-1}$)

2. pH d'une solution aqueuse :

Définition

- le pH d'une solution est le cologarithme décimal de la concentration en ions H_3O^+

$$\boxed{pH = -\log[H_3O^+] \quad \Leftrightarrow \quad [H_3O^+] = 10^{-pH}}$$

$[H_3O^+]$: concentration molaire H_3O^+ ($mol.L^{-1}$)

- Une solution est aqueuse si le soluté est l'eau.

pH et nature d'une solution

Solution acide : $pH < 7$
Solution neutre : $pH = 7$
Solution basique : $pH > 7$

1 solution acide 7 solution basique 13

$[OH^-] << [H_3O^+]$ $[H_3O^+] << [OH^-]$

Très inférieure ou négligeable

solution neutre

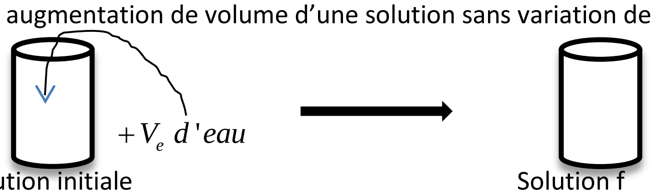
3. Electroneutralité (EN) ou neutralité électrique d'une solution :

Toute solution aqueuse est électriquement neutre (c'est-à-dire la charge est zéro).

$$\boxed{EN : \quad \sum[ions(+)] = \sum[ions(-)]}$$

4. Loi de la dilution (LD) :

C'est une augmentation de volume d'une solution sans variation de la quantité du soluté.



$$\begin{cases} C_i : concentration\ initiale\ (mol.L^{-1}) \\ V_i : volume\ initiale\ (L) \end{cases} \qquad \begin{cases} C_f : concentration\ \ finale\ (mol.L^{-1}) \\ V_f = V_i + V_e : volume\ \ finale\ (L) \end{cases}$$

$$\boxed{LD: \quad C_i \times V = C_f \times V_f}$$

5. L'eau :

La molécule d'eau comprend parties : partie positive (hydrogène H) et partie négative (oxygène O).

Ionisation : deux molécules d'eau en mouvement donnent des ions H_3O^+ et OH^-	$H_2O + H_2O \xrightarrow{ionisation} H_3O^+ + OH^-$
Neutralisation : les ions H_3O^+ et OH^- formés se combinent pour former deux molécules d'eau	$H_3O^+ + OH^- \xrightarrow{neutralisation} 2H_2O$
Autoprotolyse : c'est l'ensemble d'ionisation et de neutralisation.	$H_3O^+ + OH^- \xleftrightarrow{autoprolyse} 2H_2O$

6. Produits ionique de l'eau : K ou K_e

Toute solution aqueuse contient des ions hydronium H_3O^+ et des ions hydroxydes OH^-.

$$\boxed{K = [H_3O^+] \times [OH^-] \qquad \text{à } 25°C : \quad K = 10^{-14}}$$

7. Application :

- Une solution aqueuse a un $pH = 2,3$ alors ; la concentration $[H_3O^+] = 10^{-2,3} = 5,01.10^{-3} mol.L^{-1}$ et $[OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-2,3}} = 1,99.10^{-12} mol.L^{-1}$. De plus, c'est une solution acide.
- Une solution a une concentration $[H_3O^+] = 10^{-12}$; alors son $pH = 12$. Donc c'est une solution basique.
- Dans une solution de méthylamine, les éspèces présentes sont : H_3O^+ ; OH^- ; CH_3NH_2 ; $CH_3NH_2^{3+}$ Alors, d'après l'électroneutralité, on a :

$$EN : \quad [H_3O^+] + [CH_3NH_2^{3+}] = [OH^-]$$

- On considère une solution de jus citron de volume $V_1 = 1,2L$ et de concentration $C_1 = 10^{-2} mol.L^{-1}$. Puis on ajoute dans cette solution un volume d'eau $V = 2,8L$. Calculer la concentration finale de cette solution :

On a : $C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2 \quad \Rightarrow \quad C_2 = \frac{C_1 \times V_1}{V_2} = \frac{C_1 \times V_1}{V_1 + V} = \frac{10^{-2} \times 1,2}{1,2 + 2,8} = 3.10^{-3} mol.L^{-1}$.

Chapitre 2 : SOLUTION ACIDE FORTE ET BASE FORTE

Un acide ou une base est fort(e) si la réaction d'ionisation dans l'eau est totale (c'est-à-dire 100% ionisé).

Exemple d'acide fort : HCl : Acide chlorhydrique

HNO_3 : Acide nitrique

Exemple de la base forte : $NaOH$: Hydroxyde de sodium

$Ca(OH)_2$: Hydroxyde de sodium

1. Solution d'acide chlorhydrique : HCl

On obtient en dissolvant du gaz chlorhydrique HCl dans l'eau.

$$n_{HCl} = \frac{V_{HCl}}{V_m} \quad \Rightarrow \quad C_a = \frac{V_{HCl}}{V_m \times V} \qquad \begin{cases} V_{HCl} : \text{ volume du gaz } HCl \ (L) \\ V : \text{ volume du solution } (L) \\ \mathrm{C_a} : \text{ concentration molaire d'acide} \end{cases}$$

HCl	$[H_3O^+]=C_a$ $pH=-\log C_a$

2. Solution d'hydroxyde de sodium : $NaOH$

On dissout de soude (Hydroxyde de sodium) solide dans l'eau et on obtient une solution basique.

$$n=\frac{m}{M} \quad \Rightarrow \quad C_b=\frac{m}{M\times V} \qquad \begin{cases} m: \text{ masse utilisé } (g) \\ V: \text{ volume du solution } (L) \\ C_b: \text{ concentration molaire de la base} \end{cases}$$

$NaOH$	$[OH^-]=C_b$ $pH=14+\log C_b$

3. Mélange de deux solutions :

DEUX SOLUTIONS ACIDES :

$$HCl \quad + \quad HCl \longrightarrow HCl$$

$$\begin{cases} C_1, V_1, pH_1 \\ n_1[H_3O^+]=C_1\times V_1 \end{cases} \qquad \begin{cases} C_2, V_2, pH_2 \\ n_2[H_3O^+]=C_2\times V_2 \end{cases} \qquad \begin{cases} V=V_1+V_2\ ;\ C\neq C_1+C_2\ ;\ pH\neq pH_1+pH_2 \\ n[H_3O^+]=n_1+n_2 \end{cases}$$

$$C=[H_3O^+]=\frac{C_1\times V_1+C_2\times V_2}{V_1+V_2} \quad \Rightarrow \quad pH=-\log[H_3O^+]$$

DEUX SOLUTIONS BASIQUES :

$$NaOH \quad + \quad NaOH \longrightarrow NaOH$$

$$\begin{cases} C_1, V_1, pH_1 \\ n_1[OH^-]=C_1\times V_1 \end{cases} \qquad \begin{cases} C_2, V_2, pH_2 \\ n_2[OH^-]=C_2\times V_2 \end{cases} \qquad \begin{cases} V=V_1+V_2\ ;\ C\neq C_1+C_2\ ;\ pH\neq pH_1+pH_2 \\ n[OH^-]=n_1+n_2 \end{cases}$$

$$C=[OH^-]=\frac{C_1\times V_1+C_2\times V_2}{V_1+V_2} \quad et \quad [H_3O^+]=\frac{10^{-14}}{[OH^-]}$$

$$\Rightarrow \quad pH=-\log[H_3O^+] \quad ou \quad pH=14+\log[OH^-]$$

UNE SOLUTION ACIDE ET UNE SOLUTION BASIQUE : Il y a une réaction de neutralisation.

$$HCl \quad + \quad NaOH \longrightarrow \text{mélange}$$

$$\begin{cases} C_a, V_a, pH_a \\ n_a[H_3O^+]=C_a\times V_a \end{cases} \qquad \begin{cases} C_b, V_b, pH_b \\ n_b[OH^-]=C_b\times V_b \end{cases} \qquad \begin{cases} nature\ ? \\ pH\ ? \end{cases}$$

- 1er cas : $Si\ n_a=n_b \quad \Rightarrow \quad mélange\ neutre\ (pH=7)$
- 2ème cas : $Si\ n_a>n_b \quad \Rightarrow \quad mélange\ acide$

$$n_{H_3O^+}(\text{restant})=n_a-n_b \quad \Rightarrow \quad [H_3O^+]=\frac{C_a\times V_a-C_b\times V_b}{V_a+V_b} \quad \Rightarrow \quad pH=-\log[H_3O^+]$$

- 3ème cas : $Si\ n_a < n_b \Rightarrow$ *mélange basique*

$$n_{OH^-}(\text{restant}) = n_b - n_a \Rightarrow [OH^-] = \frac{C_b \times V_b - C_a \times V_a}{V_a + V_b} \Rightarrow pH = 14 + \log[OH^-]$$

4. Application :

- On verse 8g de $NaOH$ dans une solution de 5 litres. Alors :

$$n_{NaOH} = \frac{8}{40} = 0,2mol \quad et \quad C_b = \frac{0,2}{5} = 4.10^{-2}mol.L^{-1} \quad et \quad pH = 14 + \log 4.10^{-2} = 12,61$$

- Une solution de 2 litres de $NaOH$ a une concentration $C_b = 10^{-1}mol.L^{-1}$, une autre solution de 6 litres de HCl a une concentration $C_b = 5.10^{-2}mol.L^{-1}$. On mélange ces deux solutions et on veut déterminer la nature et le pH de la solution mélangée. On a :

$$n_{NaOH} = 10^{-1} \times 2 = 2.10^{-1}mol \quad et \quad n_{HCl} = 5.10^{-2} \times 6 = 3.10^{-1}mol \quad donc \quad n_{NaOH} < n_{HCl}$$

La nature de la solution mélangée est acide.

$$C = [H_3O^+] = \frac{n_{HCl} - n_{NaOH}}{V_a + V_b} = \frac{3.10^{-1} - 2.10^{-1}}{2+6} = 1,25.10^{-2}mol.L^{-1} \Rightarrow pH = -\log 1,25.10^{-2} = 1,9$$

Chapitre 3 : COUPLE ACIDE-BASE

1. Les acides carboxyliques :

Formule brute (fb): $C_nH_{2n}O_2$ *Forme générale* : $R-COOH$ *Terminaison* : $-$oïque Exemple : $HCOOH$: Acide méthanoïque. C_2H_5COOH : Acide propanoïque.	*Ion carboxylate* : C'est un acide carboxylique ayant cédé un proton H^+. *Terminaison* : $-$oate. Exemple : $HCOO^-$: ion méthanoate. $C_2H_5COO^-$: ion propanoate.

2. Les amines :

Formule brute (fb) : $C_nH_{2n+1}-NH_2$ *Forme générale* : $R-NH_2$ *Nom de l'amine* : *nom de R + term* $-$ amine Exemple : $C_2H_5-NH_2$: éthylamine. $(CH_3)_2-NH$: diméthylamine.	*Ion ammonium* : C'est une amine ayant capté un proton H^+. *Terminaison* : $-$ammonium. Exemple : $C_2H_5NH_3^+$: ion éthylammonium. $(CH_3)_2NH_2^+$: ion diméthylammonium.

3. Définitions d'un acide et d'une base :

ACIDE : On appelle acide, tout corps chimique capable de céder un proton H^+ au cours d'une réaction chimique. Un acide est faible si la réaction d'ionisation avec l'eau est partielle.	BASE : On appelle base, tout corps chimique capable de capter un proton H^+ au cours d'une réaction chimique. Un acide est faible si la réaction d'ionisation avec l'eau est partielle.

Les acides carboxyliques sont des acide faibles.

Exemple :

$$C_6H_5COOH \quad + \quad H_2O \quad \rightleftarrows \quad C_6H_5COO^- \quad + \quad H_3O^+$$

$$A \quad + \quad H_2O \quad \rightleftarrows \quad B \quad + \quad H_3O^+$$

$$\begin{cases} \bullet \; acide \\ \bullet \; forme\ acide \end{cases} \qquad \begin{cases} \bullet \; \text{base conjugée} \\ \bullet \; forme\ basique \end{cases}$$

$$\boxed{Acide\ faible \quad \begin{cases} \bullet \; ionisation\ partielle \; \rightleftarrows \\ \bullet \; [H_3O^+] < C_a \\ \bullet \; pH > -\log C_a \end{cases}}$$

L'ammoniac et les amines sont des bases faibles.

Exemple :

$$CH_3NH_2 \quad + \quad H_2O \quad \rightleftarrows \quad CH_3NH_3^+ \quad + \quad OH^-$$

$$B \quad + \quad H_2O \quad \rightleftarrows \quad A \quad + \quad OH^-$$

$$\begin{cases} \bullet \; base \\ \bullet \; forme\ basique \end{cases} \qquad \begin{cases} \bullet \; acide\ \text{conjugée} \\ \bullet \; forme\ acide \end{cases}$$

$$\boxed{Base\ faible \quad \begin{cases} \bullet \; ionisation\ partielle \; \rightleftarrows \\ \bullet \; [OH^-] < C_b \\ \bullet \; pH < 14 + \log C_b \end{cases}}$$

4. Définition d'un couple acide base :

C'est un couple formé par la forme acide A et la forme basique B noté A/B ou forme acide/forme basique.

Exemple :

	Couple A/B :	Equation d'ionisation :
ACIDE : C_3H_7COOH	$C_3H_7COOH / C_3H_7COO^-$	$C_3H_7COOH + H_2O \rightleftarrows C_3H_7COO^- + H_3O^+$
BASE : $(CH_3)_3N$	$(CH_3)_3NH^+/(CH_3)_3N$	$(CH_3)_3N + H_2O \rightleftarrows (CH_3)_3NH^+ + OH^-$

5. Conservation de matière (CM):

Soit C la concentration molaire d'une solution d'acide faible ou de la base faible de couple A/B.

$$\boxed{CM : \quad C = [A] + [B]}$$

Exemple : Solution de propylamine.

$$C_3H_7NH_2 + H_2O \rightleftarrows C_3H_7NH_3^+ + OH^-$$

non ionisée ionisée

$$CM : \quad C = [C_3H_7NH_3^+] + [C_3H_7NH_2]$$

Les espèces chimiques présents sont : H_3O^+ ; OH^- ; $C_3H_7NH_2$; $C_3H_7NH_3^+$

6. Coefficient ou degré d'ionisation : α

C'est le pourcentage des molécules ionisées dans la solution.

$$\boxed{\alpha(\%) = \frac{[ionisée] \times 100}{C}}$$

Exemple : Solution d'acide butanoïque.

$$C_4H_{10}COOH + H_2O \rightleftarrows C_4H_{10}COO^- + H_3O^+$$

$$\alpha = \frac{[C_4H_{10}COO^-] \times 100}{C_a}$$

7. Constante d'acidité : K_a

$$\boxed{K_a = \frac{[H_3O^+] \times [B]}{[A]} \qquad K_a : mol.L^{-1}}$$

Exemple : $C_6H_5COOH / C_6H_5COO^-$ alors $K_a = \frac{[H_3O^+]\times[C_6H_5COO^-]}{[C_6H_5COOH]}$.

8. Le pKa d'un couple A/B :

$$\boxed{pKa = -\log K_a \quad \Leftrightarrow \quad pKa = pH - \log\frac{[B]}{[A]}}$$

Le pKa d'un couple A/B est constant, il ne dépend pas de la concentration de la solution ni de la valeur de son pH.

Exemple : CH_3COOH / CH_3COO^- : $pKa = 4,75$

$C_2H_5NH_3^+ / C_2H_5NH_2$: $pKa = 10,8$

Pour déterminer les concentrations des différentes espèces chimiques présentes dans la solution, on utilise :

- $pH \ et \ [H_3O^+]$
- $K_e = 10^{-14}$
- $C.M$
- $L.D : \ C_iV_i = C_fV_f$
- $E.N$
- pKa

9. Application :

Une solution d'acide méthanoïque de concentration molaire $C_b = 10^{-2} mol.L^{-1}$ a un $pH = 2,9$.

- L'équation d'ionisation de l'acide méthanoïque dans l'eau est :

$$HCOOH + H_2O \rightleftarrows HCOO^- + H_3O^+$$

- Montrons que l'acide méthanoïque est une acide faible : (2 méthodes)

$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-2,9} = 1,25.10^{-3} mol.L^{-1}$ Acide faible car : $[H_3O^+] < C_a$ $1,25.10^{-3} < 10^{-2}$	$-\log C_a = -\log 10^{-2} = 2$ Acide faible car : $pH > -\log C_a$ $2,9 > 2$

- Les espèces chimiques présentes sont : H_3O^+ ; OH^- ; $HCOOH$; $HCOO^-$

On calcule leurs concentrations molaires :

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-2,9} = 1,25.10^{-3} mol.L^{-1}$$

$$K_e : \quad [OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{1,25.10^{-3}} = 8.10^{-12} mol.L^{-1}$$

$$E.N : \quad [H_3O^+] = [OH^-] + [HCOO^-]$$

$$milieu\ acide : \quad [OH^-] << [H_3O^+]$$

$$donc \quad [HCOO^-] = [H_3O^+] = 1,25.10^{-3} mol.L^{-1}$$

$$C.M : \quad C_a = [HCOOH] + [HCOO^-]$$

$$[HCOOH] = C_a - [HCOO^-] = 10^{-2} - 1,25.10^{-3} = 8,75.10^{-3} mol.L^{-1}$$

- Le pKa du couple $HCOOH / HCOO^-$:

$$pKa = pH - \log\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} = 2,9 - \log\frac{1,25.10^{-3}}{8,75.10^{-3}} = 3,74$$

10. Force de deux couples acide-base :

Un acide est plus fort qu'un autre si son pKa est le plus petit.

$$\boxed{A\ plus\ fort \Leftrightarrow pKa\ plus\ petit}$$

Exemple :

$$\left.\begin{array}{l} HCOOH/HCOO^- : \quad pKa = 3,74 \\ CH_3COOH/CH_3COO^- : \quad pKa = 4,75 \end{array}\right\} HCOOH\ est\ un\ acide\ plus\ fort\ que\ CH_3COOH$$

11. Domaine de prédominance :

Si pH = pKa , alors [A] = [B] : la solution est une solution tampon.

$pH < pKa$	pKa	$pH > pKa$ → pH
	$pH = pKa$	
$[A] >> [B]$	$[A] = [B]$	$[A] << [B]$
La forme acide prédomine	La solution est tampon	La forme basique prédomine

12. Mélange d'une solution de la forme acide A et d'une solution de la forme basique B d'un couple A/B :

$$Solution\ de\ A \begin{cases} C_a \\ V_a \end{cases} \quad + \quad Solution\ de\ B \begin{cases} C_b \\ V_b \end{cases} \Longrightarrow mélange$$

$$\boxed{Dans\ le\ melange \qquad \frac{[B]}{[A]} = \frac{C_b \times V_b}{C_a \times V_a}}$$

13. Indicateur coloré (I.C) :

C'est un acide faible ou base faible de couple A/B dont la forme acide A et la forme basique B ont des couleurs différents.

- Zone de virage : c'est un intervalle de pH (pH_1 à pH_2) dans lequel s'effectue le changement de couleur.

Zone de virage

pH_1 — Pka de l'I.C — pH_2 → pH

$pH << pKa$	$pH = pKa$	$pH >> pKa$
Couleur acide apparait	$[A] = [B]$	Couleur basique apparait
	Teinte sensible	

Changement de couleur

- Exemple :

Indicateur coloré	Couleur acide	Zone de virage	pKa	Couleur basique
Hélianthine	Rouge	3,1 à 4,4	3,4	Jaune
Bleu de Bromothymol (BBT)	Jaune	6,2 à 7,8	6,8	Bleue
Phénolphtaléine	Incolore	8 à 10	9,4	Rose violacé

Chapitre 4 : REACTION ACIDE-BASE

Lorsqu'on mélange une solution acide avec une solution basique, il y a une réaction de neutralisation, c'est-à-dire les ions H_3O^+ et OH^- se combinent pour former de l'eau.

1. Equivalence acido-basique :

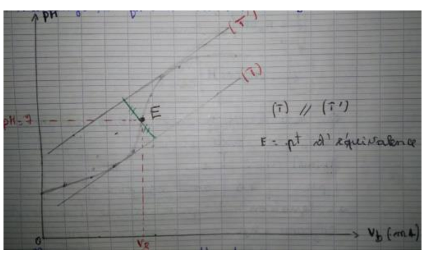
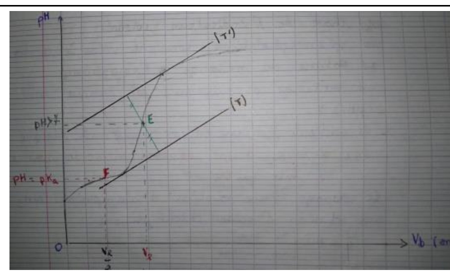
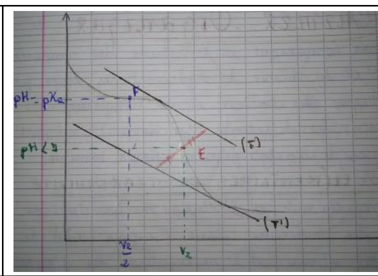
L'équivalence ou la neutralisation totale est telle que le nombre de mol d'ion H_3O^+ de la solution acide est égale au nombre de mol d'ion OH^- de la solution basique.

$$acide \begin{cases} C_a \\ V_a \end{cases} \quad + \quad base \begin{cases} C_b \\ V_b \end{cases} \longrightarrow \quad mélange$$

$$n_{H_3O^+} = C_a \times V_a \qquad n_{OH^-} = C_b \times V_b$$

$$\boxed{à\ l'équivalence \qquad C_a \times V_a = C_b \times V_b}$$

2. Dosage par pH-mètre :

Acide fort et base forte : HCl et Naoh	Acide faible et base fort : NaOH et CH_3COOH	Acide fort et base faible : NH_3 et HCl
Equation d'ionisation de l'acide et de la base :		
$HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$ $NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$	$CH_3COOH + H_2O \rightleftarrows CH_3COO^- + H_3O^+$ $NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$	$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$ $NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$
Equation bilan de la réaction acide-base :		
$HCl + NaOH \rightarrow Na^+ + Cl^- + H_2O$	$CH_3COOH + OH^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$	$NH_3 + H_3O^+ \rightleftarrows NH_4^+ + H_2O$
Courbe de neutralisation :		
		
Point d'équivalence :		
$E \begin{vmatrix} V_b = V_e \\ pH = ... \simeq 7 \end{vmatrix}$	$E \begin{vmatrix} V_b = V_e \\ pH = ... > 7 \end{vmatrix}$	$E \begin{vmatrix} V_a = V_e \\ pH = ... < 7 \end{vmatrix}$
Demi-équivalence :		
$F \begin{vmatrix} V_b = \frac{V_e}{2} \\ pH = pKa \end{vmatrix}$	$F \begin{vmatrix} V_b = \frac{V_e}{2} \\ pH = pKa \end{vmatrix}$	$F \begin{vmatrix} V_a = \frac{V_e}{2} \\ pH = pKa \end{vmatrix}$
Choix de l'indicateur coloré :		
Le Bleue de bromothymol (BBT)	Le phénolphtaléine	Hélianthine ou BBT.
Nature du mélange à l'équivalence :		
Neutre	Basique	Acide