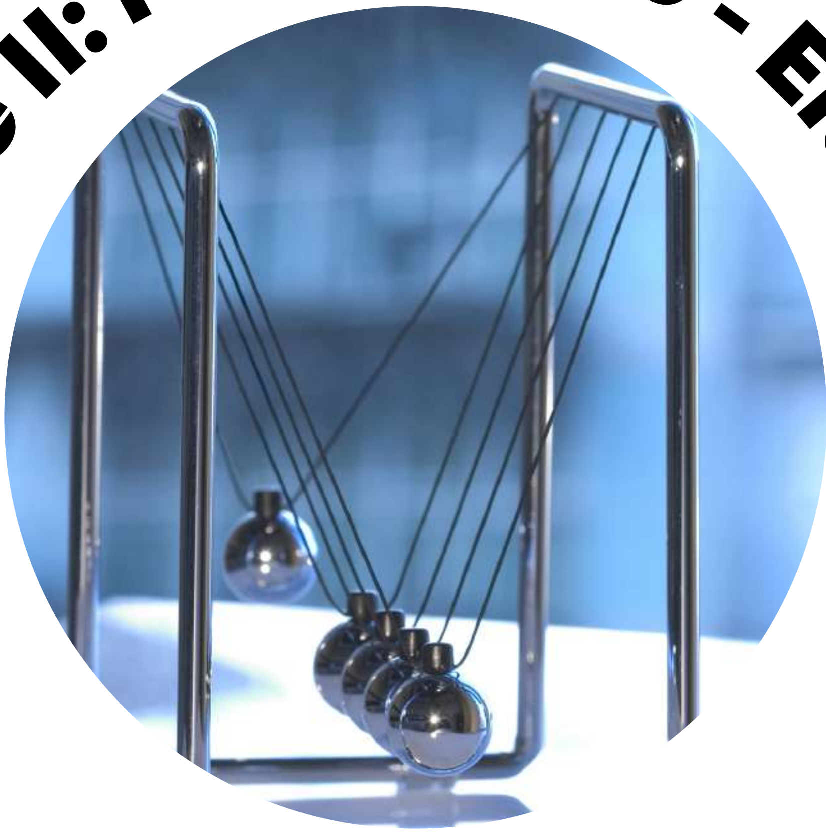
BIOLOGIE MAROC
www.biologie-maroc.com

Physique II: Mécanique - Electricité



SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

جامعة القاضي عياض   كلية العلوم السملالية   شعبة الفيزياء

Université Cadi Ayyad
Faculté des Sciences Semlalia
Département de Physique

SUPPORT PEDAGOGIQUE
COURS DE PHYSIQUE
SV- STU (S2)

F. DEBBAGH & M.D. SOUNNY SLITINE

Chapitre I : Electrostatique

I - Généralités :

Les phénomènes électriques reposent sur l'existence de deux types de charges électriques : les charges positives et les charges négatives. Les charges positives sont dues à un excès de protons alors que les charges négatives sont dues à un excès d'électrons. L'unité de la charge électrique est le Coulomb de symbole C. La charge électrique d'un électron est : $-e = -1.6\ 10^{-19}$ C et celle du proton est e.

La charge électrique d'un corps est un multiple de celle du proton ou de l'électron.

Un corps dont la charge électrique est nulle est dit neutre.

L'expérience montre que deux charges de même signe se repoussent alors que deux charges de signes contraires s'attirent.

II – Charge ponctuelle et distributions continues de charges :

Une charge est dite ponctuelle si le volume du corps chargé est infiniment petit par rapport aux distances considérées : c'est l'équivalent du point matériel en mécanique.

On dit qu'un volume V porte une distribution continue de charges si tout élément de volume dV de V porte une charge élémentaire dq. Une telle distribution est dite volumique et le rapport $\rho = \frac{dq}{dV}$ est appelé <u>densité volumique</u> de charges.

Remarques :

- Si la charge est répartie sur une surface S, la distribution est dite surfacique et le rapport $\sigma = \frac{dq}{dS}$ est appelé <u>densité surfacique (ou superficielle)</u> de charges.
- Si la charge est répartie sur une ligne L, la distribution est dite linéique et le rapport $\lambda = \frac{dq}{dL}$ est appelé <u>densité linéique</u> de charges.
- Si la densité de charges est constante, la distribution de charges est dite uniforme et le corps est dit <u>uniformément chargé</u>.

III – Loi de Coulomb :

Considérons deux charges ponctuelles q_1 et q_2, distantes de r et au repos dans le vide. Ces deux charges exercent l'une sur l'autre des forces égales et de sens opposés :

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} = k\frac{q_1 q_2}{r^2}\vec{u}_{12}$$

où $\vec{u}_{12}$ est un vecteur unitaire dirigé de q_1 vers q_2 ; et k est une constante qui dépend du milieu (où se trouvent les deux charges) et du système d'unités choisi.

Dans le vide, $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ où ε_0 est la permittivité du vide ($\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi 10^9}$ dans le système international –MKSA-). Soit donc : $k = 9\ 10^9$ (MKSA).

Puisque la permittivité de l'air est très proche de celle du vide, cette valeur de k reste valable aussi dans l'air avec une très bonne approximation.

IV - Champ et potentiel électrostatiques

1 – Définitions :

- On dit que dans une région de l'espace, il existe un champ électrostatique $\vec{E}$, si une charge électrique ponctuelle q placée en un point quelconque de cette région est soumise à une force électrostatique $\vec{F}$. Le champ $\vec{E}$ est défini par le rapport $\frac{\vec{F}}{q}$.

- On appelle potentiel électrostatique V, la fonction scalaire définie par : $\vec{E} = -\overrightarrow{grad}V$. On dit que le champ électrostatique dérive du potentiel électrostatique.

Remarques :

- Puisque $\overrightarrow{grad}(V + a) = \overrightarrow{grad}V$ (a étant une constante quelconque), le potentiel V est défini à une constante près. Cette constante est choisie, par convention, de telle sorte que le potentiel soit nul à l'infini s'il n'y a pas de charges à l'infini.
- L'unité du potentiel électrostatique est le Volt de symbole V.
- La circulation élémentaire de $\vec{E}$ est égale à l'opposé de la variation élémentaire de V $(\vec{E}.\overrightarrow{d\ell} = -\overrightarrow{grad}V.\overrightarrow{d\ell} = -dV)$

2 – Champ et potentiel créés par une charge ponctuelle :

D'après la définition du champ électrostatique et la loi de coulomb, le champ $\vec{E}$ créé par une charge ponctuelle q (placée au point O) en un point M de l'espace est :

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^3}\vec{r}$$

où $\vec{r} = \overrightarrow{OM}$ est le vecteur position de M par rapport à la charge ponctuelle q.

Puisque $\frac{\vec{r}}{r^3} = -\overrightarrow{grad}(\frac{1}{r})$, le potentiel électrostatique (créé par q en M) dont dérive le champ $\vec{E}$ est :

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r} + a$$

Compte tenu de la convention précédente (V = 0 si $r \to \infty$), la constante *a* doit être égale à zéro.

D'où : $V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

Remarque : Le champ et le potentiel crées par une charge ponctuelle ne sont pas définis au point où se trouve cette charge (c'est à dire en r = 0).

3 – Champ et potentiel crées par une distribution de charges :

Si la distribution de charges est discrète (N charges ponctuelles q_1, q_2, …q_N), le champ électrostatique crée par cette distribution en un point M de l'espace est donné par : $\vec{E} = \sum_{i=1}^{N}\vec{E}_i = \sum_{i=1}^{N}\frac{q_i}{4\pi\varepsilon_0 r_i^3}\vec{r}_i$ où $\vec{r}_i$ est le vecteur position du point M par rapport à la charge q_i.

Le champ $\vec{E}$ est donc donné par la somme des champs créés par chacune des charges q_1, q_2, …q_N.

De même le potentiel au point M est la somme des potentiels créés par chacune de ces charges q_i : $V = \sum_{i=1}^{N} V_i$.

Si la distribution est continue il suffit de remplacer, dans les expressions ci-dessus, la somme discrète ($\sum$) par une somme continue ($\int$) et la charge ponctuelle q_i par la charge élémentaire dq :

$\vec{E} = \int_L \frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r^3}\vec{r}$ et $V = \int_L \frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r}$ pour une distribution linéique (avec $dq = \lambda dl$ la charge de dl). $\vec{E} = \iint_S \frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r^3}\vec{r}$ et $V = \iint_S \frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r}$ pour une distribution surfacique (avec $dq = \sigma ds$ la charge de ds). $\vec{E} = \iiint_V \frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r^3}\vec{r}$ et $V = \iiint_V \frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r}$ pour une distribution volumique (avec $dq=\rho dv$ la charge de dv).

4 – Lignes de champ et surfaces équipotentielles :

On appelle ligne de champ, toute courbe en tout point de laquelle le champ $\vec{E}$ est tangent.

On appelle surface équipotentielle, toute surface sur laquelle le potentiel électrostatique est constant.

Propriété : Les lignes de champ sont perpendiculaires aux surfaces équipotentielles. En effet, sur une surface équipotentielle le potentiel V est constant et par suite dV=0.

Or $dV = \overrightarrow{grad}V.\overrightarrow{d\ell} = -\vec{E}.\overrightarrow{d\ell} = 0$. Donc $\vec{E}$ est perpendiculaire à $\overrightarrow{d\ell}$. $\overrightarrow{d\ell}$ étant un vecteur déplacement élémentaire sur la surface équipotentielle, $\vec{E}$ est donc perpendiculaire à cette surface. Or $\vec{E}$ est tangent aux lignes de champ. Donc, les lignes de champ sont perpendiculaires aux surfaces équipotentielles.

V– Les conducteurs en équilibre électrostatique

1 – Définitions :

La matière est constituée d'atomes formés chacun d'un noyau chargé positivement autour duquel gravitent des électrons. Ces derniers peuvent être fortement ou faiblement liés à la structure.

- Un conducteur électrique est un matériau qui contient des charges faiblement liés à la structure qui peuvent se déplacer sous l'action d'un champ électrique même très faible (tous les métaux sont des conducteurs). Ces charges sont dites libres ou mobiles. Dans le cas contraire (s'il n'existe pas de charges mobiles dans un corps), le corps est dit isolant électrique (c'est le cas du bois sec et des plastiques par exemple).
- Un conducteur est dit en équilibre électrostatique lorsque les charges libres ne sont soumises à aucune force électrostatique.

2 – Propriétés des conducteurs en équilibre électrostatique:

- Le champ électrique est nul à l'intérieur d'un conducteur en équilibre. En effet : $\vec{F} = q\vec{E} = 0 \Rightarrow \vec{E} = \vec{0}$.
- A l'intérieur d'un conducteur en équilibre, le potentiel électrostatique est constant. En effet : $\vec{E} = -\overrightarrow{grad}V = \vec{0} \Rightarrow$ V est une constante. La condition V=constante, à

l'intérieur d'un conducteur, est une condition nécessaire et suffisante pour que celui-ci soit en équilibre.

- A l'intérieur d'un conducteur en équilibre, la densité volumique de charges est nulle. Donc, si le conducteur en équilibre est chargé, la charge est répartie sur la surface.

- Puisque la surface du conducteur en équilibre constitue une surface équipotentielle (V est constant sur tout le conducteur), le champ électrique $\vec{E}$ au voisinage du conducteur est perpendiculaire à sa surface, et vaut: $\vec{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{n}$. ($\vec{n}$ étant le vecteur unitaire perpendiculaire à la surface du conducteur et orienté vers l'extérieur).Ce résultat constitue le théorème de Coulomb .

- Dans un conducteur chargé en équilibre, chaque élément ds de sa surface S porte une charge dq=σds et subit l'action d'une force: $d\vec{F} = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0} ds\vec{n}$ due aux autres charges du conducteur. Cette force est analogue à une force de pression, et la quantité: $P = \frac{d\vec{F}.\vec{n}}{ds} = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0}$ est appelée pression électrostatique du conducteur.

Remarque : La présence d'une ou plusieurs petites ouvertures dans la parois d'un conducteur en équilibre ne modifie pas sa propriété fondamentale ($\vec{E}$ =0 à l'intérieur du conducteur). Ceci a été vérifié expérimentalement par Faraday qui a utilisé, comme conducteur présentant de petites ouvertures, une cage portée à un potentiel constant (cage de Faraday) et qui a vérifié que le champ est bien nul à l'intérieur de la cage (même en présence d'un champ extérieur non nul) ; ce qui veut dire que la parois d'une telle cage constitue un écran électrostatique qui isole l'intérieur (de la cage) de l'action de tout champ extérieur.

VI – Les condensateurs électriques

1 - Définition :

On appelle condensateur électrique tout système de deux conducteurs A et B en influence totale. Ces conducteurs A et B sont appelés : les armatures du condensateur.
L'espace entre les deux armatures peut être du vide ou tout autre milieu non conducteur (diélectrique).

2 - Capacité d'un condensateur :

Si on applique une différence de potentielle V_A-V_B>0 entre les armatures d'un condensateur (V_A et V_B étant respectivement les potentiels des armatures A et B), il apparaît sur la surface de l'armature A une charge positive Q_A et sur la surface de l'armature B une charge $Q_B = -Q_A$. La capacité du condensateur est définie par le rapport :

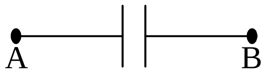
$$C = \frac{Q_A}{V_A - V_B} = \frac{Q_B}{V_B - V_A}$$

Remarque : La capacité d'un condensateur électrique est toujours positive et sa valeur dépend de la forme géométrique des armatures et du milieu diélectrique qui les sépare.

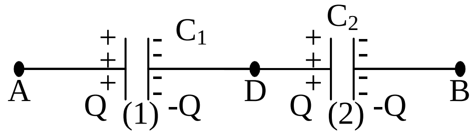
3 - Associations ou groupements de condensateurs:

1°/ Représentation d'un condensateur: Les condensateurs électriques sont des éléments d'utilisation courante dans les circuits électroniques. On les représente par le symbole suivant:

A et B sont les bornes du condensateurs.



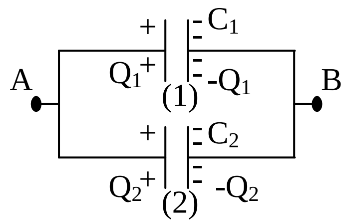
2°/ Association en série:



Considérons deux condensateurs, initialement neutres, groupés en série comme l'indique la figure ci-contre.
L'ensemble des deux condensateurs de capacités C_1 et C_2 est équivalent à un seul condensateur de capacité C telle que : $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$.

Plus généralement, un ensemble de N condensateurs groupés en série est équivalent à un condensateur unique dont la capacité C est donnée par : $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + ... + \frac{1}{C_N} = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{C_i}$.

3°/ Association en parallèle:



L'ensemble de deux condensateurs groupés en parallèle est équivalent à un condensateur unique de capacité C égale à la somme des capacités de ces deux condensateurs $C = C_1 + C_2$.
Pour N condensateurs groupés en parallèle, la capacité C du condensateur équivalent est égale à la somme des capacité C_i des condensateurs considérés : $C = \sum_{i=1}^{N} C_i$.

4 – Energie emmagasinée dans un condensateur électrique:
La charge d'un condensateur électrique aux bornes duquel on applique une d.d.p. positive ($V = V_A - V_B$) est : $Q = Q_A = C\,V$. L'énergie W emmagasinée dans ce condensateur est donc:

$$W = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} .$$

<u>Remarque</u> : L'espace entre les armatures d'un condensateur est un isolant (le vide par ex.). Il s'ensuit que le condensateur ne peut être traversé par un courant électrique. Cependant, en régime variable (c-à-d quand Q varie avec le temps), les fils de connexion du condensateur au circuit externe sont parcourus par un courant : $i = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dV}{dt}$ le condensateur donne donc l'impression d'être traversé par un courant électrique.

Chapitre II : Electrocinetique

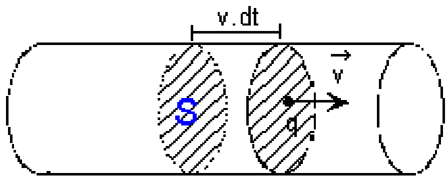
I- Courant électrique :

1 -Définition :

On appelle courant électrique un déplacement d'ensemble de charges électriques véhiculées par des porteurs de charge.

2 - Intensité du courant électrique :

Soit un conducteur C parcouru par un courant c'est-à-dire qu'il est le siège d'un déplacement d'ensemble de charges. Soit dQ la quantité de charge traversant une section S du conducteur pendant le temps dt.



L'intensité du courant est définie par l'expression :

$$I = \frac{dQ}{dt} .$$

L'unité de l'intensité du courant, dans le système international (SI), est l'Ampère noté A. L'ampère est l'une des unités fondamentales du système international (MKSA). Pour un courant d'intensité 1 A, une quantité de charge de 1 C traverse une section du conducteur pendant 1s.

3 – Sens du courant :

Par convention, le sens du courant correspond au déplacement des charges positives. C'est l'opposé du déplacement des charges négatives (électrons, anions…). Dans les conducteurs métalliques, ce sont les électrons qui se déplacent et par conséquent, le sens conventionnel est opposé au sens réel de déplacement des porteurs de charges.

II - Résistance d'un conducteur

1- Définition : Un conducteur ohmique (ou résistance) est un conducteur aux bornes duquel la différence de potentiel est proportionnelle à l'intensité de courant qui le traverse : $V_A - V_B = RI$.

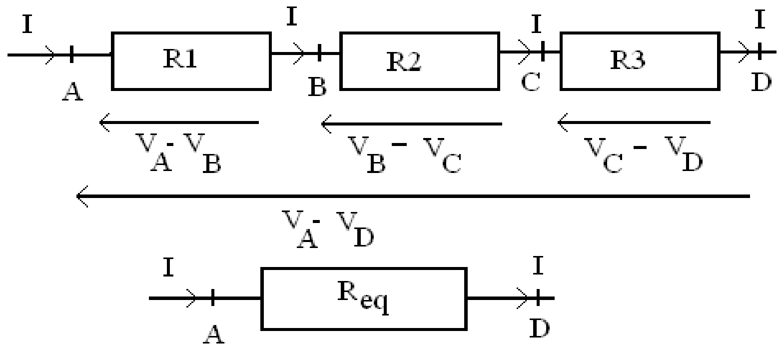
Le coefficient de proportionnalité **R** est appelé « résistance » du conducteur.

2- Association de résistances

Dans les circuits électriques, nous rencontrons des résistances associées de différentes manières. Nous pouvons alors, au lieu d'étudier le comportement individuel de chacune d'entre elle, les remplacer par un conducteur équivalent pour simplifier les calculs.

a- Résistances en série

Des résistances sont dites associées en série si elles sont traversées par le même courant I



Nous avons: $\mathbf{V_A - V_D = (V_A - V_B) + (V_B - V_C) + (V_C - V_D)}$

$\mathbf{= R_1\, I + R_2\, I + R_3\, I}$

$\mathbf{= (R_1 + R_2 + R_3)\, I = R_{eq}\, I}$

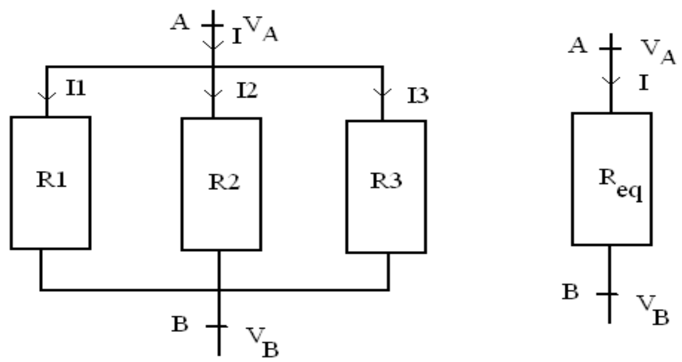
Soit, $\mathbf{R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3}$.

Dans le cas général, pour des résistances R_i en série la résistance équivalente est donnée par :

$$\mathbf{R_{eq} = \sum R_i}$$

b- Résistances en parallèle

Des résistances sont dites associées en parallèle si elles ont le même potentiel à leurs bornes.



$$\mathbf{V_A - V_B = R_1 I_1 = R_2 I_2 = R_3 I_3 = R_{eq} I \quad or \quad I = I_1 + I_2 + I_3}$$

$$\mathbf{I = \frac{V_A - V_B}{R_{eq}} = \frac{V_A - V_B}{R_1} + \frac{V_A - V_B}{R_2} + \frac{V_A - V_B}{R_3}}$$

$$\mathbf{\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

III - Générateurs en courant continu :

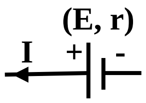
1 - Définition :

Un générateur est un appareil capable de créer un courant permanent dans un circuit, il doit donc être capable de maintenir une différence de potentielle non nulle entre ses bornes. Les bornes du générateur sont appelées pôles : la borne positive, notée pôle +, est celle ayant le potentiel le plus élevé, et la borne négative, notée pôle –, est celle ayant le potentiel le moins élevé.

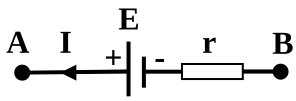
2- Générateur à vide :

Un générateur est dit à vide si aucun circuit n'est branché entre ses bornes. Dans ce cas aucun courant ne circule. La différence de potentiel aux bornes du générateur à vide (notée **E)** est appelée force électromotrice (f.e.m) du générateur , son unité est donc le Volt.

3 – Représentation d'un générateur :



ou



Dans un générateur, le courant circule de la borne positive vers la borne négative à travers le circuit extérieur. Nous pouvons donc écrire :

$$V_A - V_B = E - r\,I.$$

Un générateur est dit idéal si sa résistance interne est nulle (r = 0).

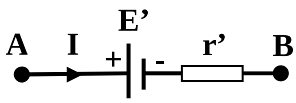
IV - Récepteurs en courant continu :

1 - Définition :

Un récepteur est un circuit capable de transformer de l'énergie électrique en une autre forme d'énergie : mécanique (moteurs), chimique (solution électrolyte)…

2- Force contre électromotrice (f.c.e.m.)

Les récepteurs passifs ont besoin d'un générateur externe pour pouvoir fonctionner.



Ils sont caractérisés par une force résistante au déplacement des porteurs de charges mobiles. C'est l'analogue de la force électromotrice dans le cas des générateurs et c'est pour cela qu'on l'appelle force contre électromotrice. On définit de même une résistance interne pour les récepteurs. Nous pouvons donc écrire :

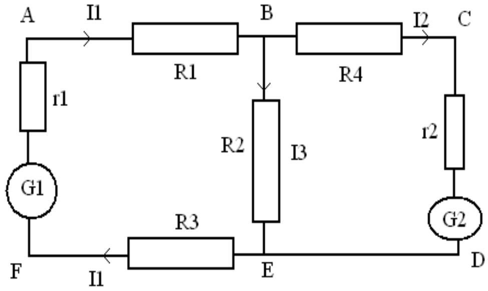
$$V_A - V_B = E' + r'\,I.$$

Chapitre III : Réseaux linéaires en régime permanant

I - **Définitions des éléments d'un réseau linéaire**

1- Réseau linéaire

Un réseau est l'association de plusieurs dipôles (actifs et /ou passifs) branchés entre eux par des fils de résistances pratiquement nulles.



2- Nœud

Un nœud d'un réseau est une interconnexion où arrivent 3 fils ou plus (les points B et E sont des nœuds).

3- Branche

Une branche est une portion de circuit située entre deux nœuds consécutifs (elle est parcourue par le même courant), les dipôles la constituant sont donc en série. Les parties AB, BCDE, BE, EFA sont des branches dans le réseau de l'exemple ci-dessus.

4- Maille

Une maille est une partie du réseau formée par un ensemble de branches formant un circuit **fermé** dans lequel un nœud n'est rencontré qu'une seule fois. ABEFA, ABCDEFA, BCDEB sont des mailles.

Sur le réseau précédent, nous avons trois branches EFAB, BE, BCDE, deux nœuds B et E et trois mailles ABEFA, BCDEB, ABCDEFA.

L'étude des réseaux consiste en la détermination des intensités des courants et des différences de potentiels dans les branches du réseau. Pour faire cette étude nous devons adopter des conventions de sens pour les courants et les mailles dans le réseau:

<u>Conventions</u> :

Dans chaque branche d'un réseau nous choisissons un sens positif arbitraire pour l'intensité du courant. Si après calcul, on trouve une intensité négative, cela veut dire que le sens réel du courant est l'opposé de celui choisi.

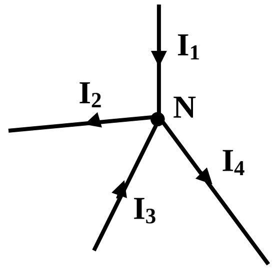
Dans chaque maille d'un réseau nous choisissons aussi un sens de parcours arbitraire par rapport auquel nous calculons les d.d.p dans cette maille.

II- Lois de conservation dans un circuit : lois de Kirchhoff :

Les lois de l'électrocinétique, connues sous le nom de lois de Kirchhoff, sont en fait de simples lois de conservation.

a. Conservation du courant : loi des nœuds :

En régime permanent dans un réseau, la conservation de la charge électrique se traduit par la conservation du courant : en aucun point du circuit il ne peut y avoir d'accumulation (ou perte) de charge. Ceci nous permet d'énoncer la loi des nœuds comme suit : La somme algébrique des courants entrants dans un nœud et des courants sortant du nœud est nulle : $\sum \mathbf{I}_{\mathbf{entrant}} - \sum \mathbf{I}_{\mathbf{sortant}} = \mathbf{0}$



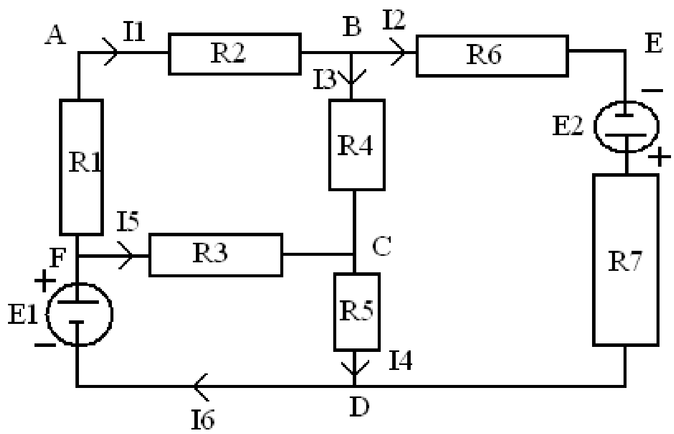
Cette loi est appelée la première loi de Kirchhoff ou loi des nœuds

Exemple : Au nœud N de la figure ci contre, les courants I_1 et I_3 sont considérés entrants et les courants I_2 et I_4 sont considérés sortants.

$$\mathbf{I_1 + I_3 = I_2 + I_4}$$

b. Conservation de l'énergie : loi des mailles :

Soit le réseau ci-dessous :



E_1, E_2 sont les f.e.ms du réseau et Ri les résistances. Si nous considérons la maille ABCFA, nous pouvons écrire $(V_A - V_B) + (V_B - V_C) + (V_C - V_F) + (V_F - V_A) = 0$

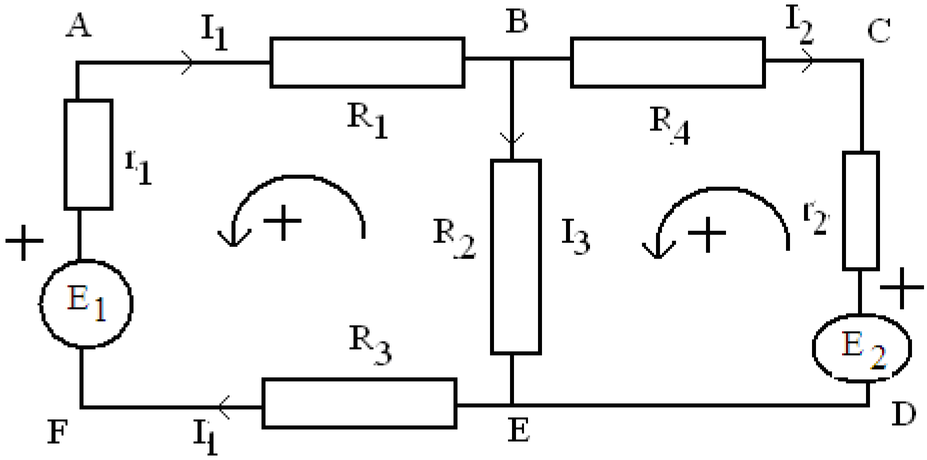
Loi des mailles : Le long d'une maille d'un réseau, la somme des différences de potentiel aux bornes des branches formant cette maille est nulle. Cette loi est aussi connue sous le nom de $2^{ème}$ loi de Kirchhoff.

Remarque :

Soit un réseau à b branches et n noeuds, l'étude du réseau nécessite donc la détermination de b intensités. Or, n nœuds nous fournissent (n – 1) équations indépendantes. Dans le réseau nous aurons donc m = (b - n + 1) mailles indépendantes i.e., fournissant des équations indépendantes

c. Exemple d'application :

Déterminer les intensités des courants dans les mailles du réseau ci-dessous en utilisant la loi des mailles et la loi des nœuds. E_1 et E_2 sont les f.e.m des générateurs et r_1 et r_2 leurs résistances internes.



Nous avons 3 branches, donc 3 inconnues à déterminer qui sont soit les intensités dans les 3 branches, soit les tensions à leurs bornes. Nous avons choisi un sens de parcours arbitraire pour les mailles et un sens pour les courants. Dans ce réseau, nous avons 3 branches, 2 nœuds, et 3 mailles. Les 2 nœuds nous donnent 1 équation indépendante. Nous aurons donc (3 -3 + 1= 2) mailles indépendantes.

Dans la maille ABEFA, nous pouvons écrire :

$$\mathbf{(V_A - V_B) + (V_B - V_E) + (V_E - V_F) + (V_F - V_A) = R_1 I_1 + R_2 I_3 + R_3 I_1 - E_1 + r_1 I_1 = 0}$$

Dans la maille BCDEB :

$$\mathbf{(V_B - V_C) + (V_C - V_D) + (V_D - V_B) = R_4 I_2 + r_2 I_2 + E_2 - R_2 I_3 = 0}$$

Loi des nœuds: nous avons deux noeuds B et E

en B : $I_1 = I_2 + I_3$, en E : $I_3 + I_2 = I_1$ (c'est la même équation qu'en B) donc une seule équation indépendante. En ajoutant les deux équations indépendantes des mailles, nous obtenons un système de 3 équations à 3 inconnues :

$$\begin{cases} \mathbf{(R_1 + R_3 + r_1) I_1 + R_2 I_3 = E_1} \\ \mathbf{(R_4 + r_2) I_2 - R_2 I_3 = -E_2} \\ \mathbf{I_1 - I_2 - I_3 = 0} \end{cases}$$

La résolution de ce système par la méthode du déterminant nous donne :

$$I_1=\frac{\Delta I_1}{\Delta}=\frac{\begin{vmatrix} E_1 & 0 & R_2 \\ -E_2 & R_4+r_2 & -R_2 \\ 0 & -1 & -1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} R_1+R_3+r_1 & 0 & R_2 \\ 0 & R_4+r_2 & -R_2 \\ 1 & -1 & -1 \end{vmatrix}}=\frac{E_1(R_4+r_2+R_2)-R_2E_2}{(R_1+R_3+r_1)(R_2+R_4+r_2)+R_2(R_4+r_2)}$$

$$I_2=\frac{\Delta I_2}{\Delta}=\frac{\begin{vmatrix} R_1+R_3+r_1 & E_1 & R_2 \\ 0 & -E_2 & -R_2 \\ 1 & 0 & -1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} R_1+R_3+r_1 & 0 & R_2 \\ 0 & R_4+r_2 & -R_2 \\ 1 & -1 & -1 \end{vmatrix}}=\frac{-E_1R_2-E_2(R_1+R_3+r_1+R_2)}{(R_1+R_3+r_1)(R_2+R_4+r_2)+R_2(R_4+r_2)}$$

$$I_3=\frac{\Delta I_3}{\Delta}=\frac{\begin{vmatrix} R_1+R_3+r_1 & 0 & E_1 \\ 0 & R_4+r_2 & -E_2 \\ 1 & -1 & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} R_1+R_3+r_1 & 0 & R_2 \\ 0 & R_4+r_2 & -R_2 \\ 1 & -1 & -1 \end{vmatrix}}=\frac{(R_1+R_3+r_1)E_2+(R_4+r_2)E_1}{(R_1+R_3+r_1)(R_2+R_4+r_2)+R_2(R_4+r_2)}$$

III- Théorème de Thevenin

1- Enoncé:

Un circuit actif pris entre deux points A et B est équivalent à un générateur unique (appelé générateur de Thevenin) dont la f.e.m. est $E_{th} = V_A - V_B$, et la résistance interne R_{th} est la résistance équivalente vue entre A et B quand on annule toutes les f.e.m et les f.c.e.m.

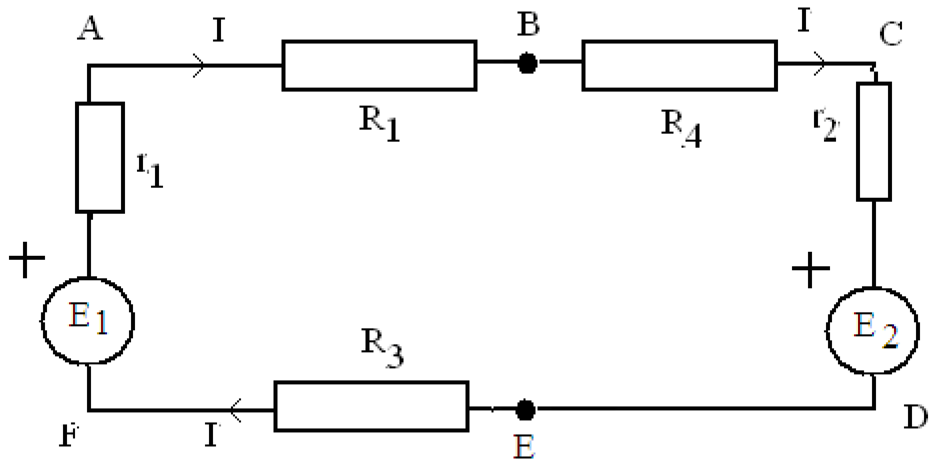
Méthode d'application

Pour déterminer le courant I circulant dans une branche AB d'un circuit quelconque, On remplace le reste du circuit (circuit sans la branche AB) par le générateur de Thevenin équivalent. t. q. $E_{th} = (V_A - V_B)_{\text{à vide}}$ (c-à-d. sans la branche AB) et la résistance interne R_{th} est la résistance équivalente vue entre A et B (sans la branche AB) en annulant toutes les f.e.m et les f.c.e.m.

2- Exemple d'application

Reprenons l'exemple traité ci-dessus, pour calculer le courant dans la branche BE. On procède en deux étapes :

<u>1ère étape</u> : on enlève la branche BE et on calcule la d.d.p $(V_B - V_E)_{\text{à vide}}$ qui correspond à la f.e.m. du générateur de Thevenin équivalent. D'où le schéma suivant :



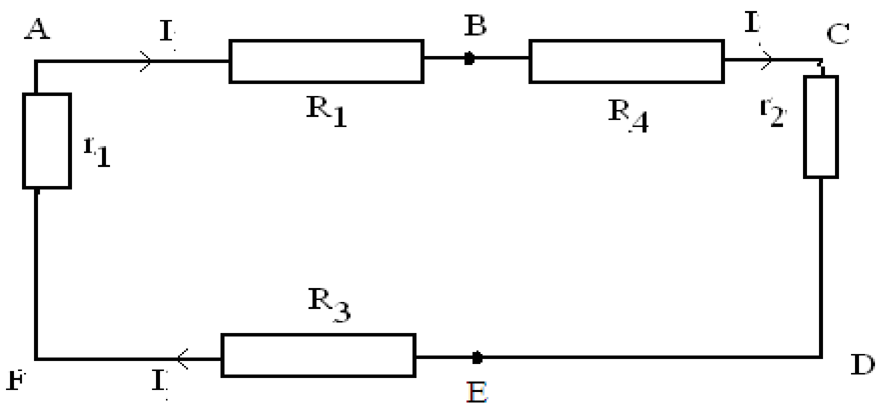
D'après la loi de maille : $\mathbf{I = \dfrac{E_1 - E_2}{R_1 + R_4 + R_3 + r_1 + r_2}}$

donc, $\mathbf{E_{Th} = (V_B - V_E)_{\grave{a}\ vide} = -(R_1 + r_1 + R_3)\, I + E_1}$

et

$$\mathbf{E_{Th} = -(R_1 + r_1 + R_3)\frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_4 + R_3 + r_1 + r_2} + E_1 = \frac{(R_4 + r_2)E_1 + (R_1 + r_1 + R_3)E_2}{R_1 + R_4 + R_3 + r_1 + r_2}}$$

<u>2ème étape</u> : on enlève les générateurs E_1 et E_2 et on ne laisse que leurs résistances internes r_1 et r_2 puis, on calcule la résistance équivalente vue entre les points B et E, on obtient alors le schéma suivant :

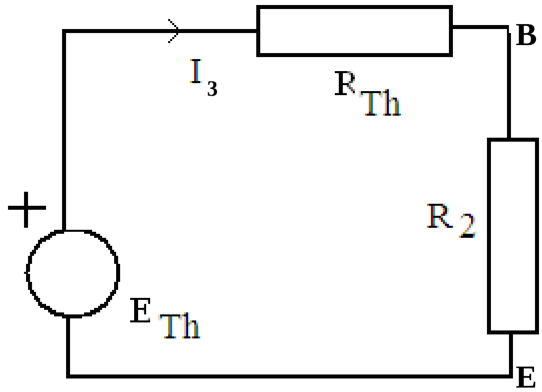


Entre B et E, les résistances (R_1+ r_1 + R_3) et (R_4 + r_2) sont associées en parallèle. Donc,

$$\mathbf{\frac{1}{R_{Th}} = \frac{1}{R_1 + r_1 + R_3} + \frac{1}{R_4 + r_2}}$$

$$\mathbf{R_{Th} = \frac{(R_4 + r_2)(R_1 + r_1 + R_3)}{R_1 + R_4 + R_3 + r_1 + r_2}}$$

On remplace le circuit entre B et E par le générateur de Thevenin équivalent puis on remet la branche BE entre B et E, on obtient le schéma équivalent suivant :



Le courant I_3 dans la branche BE (R_2) est donc :

$$\mathbf{I_3 = \frac{E_{Th}}{R_2 + R_{Th}} = \frac{\dfrac{(R_4 + r_2)E_1 + (R_1 + r_1 + R_3)E_2}{R_1 + R_4 + R_3 + r_1 + r_2}}{R_2 + \dfrac{(R_4 + r_2)(R_1 + r_1 + R_3)}{R_1 + R_4 + R_3 + r_1 + r_2}}}$$

$$\mathbf{I_3 = \frac{(R_4 + r_2)E_1 + (R_1 + r_1 + R_3)E_2}{(R_1 + r_1 + R_3)(R_4 + r_2 + R_2) + R_2(R_4 + r_2)}}$$

Cette expression du courant $\mathbf{I_3}$ est bien la même que celle trouvée par application des lois de Kirchhoff.

IV- Loi de Joule et puissance

Soit une branche AB parcourue par un courant I. L'énergie dW dissipée dans cette branche pendant l'intervalle de temps dt est : $\mathbf{dW = I\,(V_A - V_B)\,dt}$ et La puissance dissipée est :

$$\mathbf{P = \frac{dW}{dt} = I\,(V_A - V_B)}$$

1-Energie dissipée dans une résistance

Si nous considérons une résistance soumise à une d.d.p : $V_A - V_B$ (avec $V_A > V_B$) constante. Pendant un intervalle de temps dt, l'énergie dissipée est donnée par :

$$\mathbf{dW = I\,(V_A - V_B)\,dt = R\,I^2\,dt = \frac{(V_A - V_B)^2}{R}\,dt}$$

La puissance dissipée dans R est : $\mathbf{P = \dfrac{dW}{dt} = R\,I^2 = \dfrac{(V_A - V_B)^2}{R}}$

La dissipation de cette puissance apparaît sous forme thermique: une résistance parcourue par un courant se chauffe, c'est l'effet Joule.

Applications de l'effet Joule

Parmi les applications de l'effet Joule, l'utilisation des résistances pour :

- le chauffage domestique : les radiateurs électriques à rayonnement
- les fours électriques domestiques et industriels
- l'éclairage à incandescence (filament chauffé devenant lumineux)
- Les fusibles de protection qui chauffent et coupent le circuit s'il y a dépassement de valeurs critiques pour le circuit…

2 - Puissances d'un générateur:

Aux bornes d'un générateur on a la relation : $V_A - V_B = E - r\,I$

Où **: E** est la f.e.m et **r** la résistance interne.

La puissance fournie par le générateur est donnée par :

$$P = (V_A - V_B)\,I = (E - r\,I)\,I = E\,I - r\,I^2$$

P est la puissance fournie par le générateur au circuit extérieur, **E I** représente la puissance totale produite par le générateur, et $r\,I^2$ représente la puissance consommée sous forme de chaleur par effet Joule dans la résistance interne r du générateur.

3 - Puissances d'un récepteur:

Aux bornes d'un récepteur, la tension et l'intensité sont liées par la relation :

$$V_A - V_B = E' + r'.\,I$$

Où: **E'** est la f.c.e.m. du récepteur et **r'** sa résistance interne; d'où l'expression de la puissance:

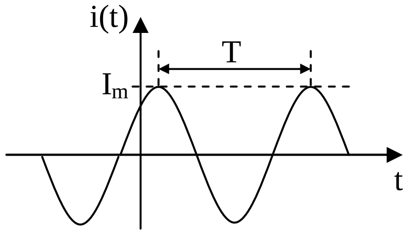
$$P = (V_A - V_B)I = (E' + r'\,I)\,I = E'\,I + r'.I^2$$

P : représente la puissance totale reçue par le récepteur.

$r'\,I^2$ représente la puissance dissipée par effet Joule dans le récepteur ; et **E'I** représente la puissance utile transformée par le récepteur.

Chapitre IV Les réseaux électriques en courant alternatif sinusoïdal

Dans ce chapitre nous allons aborder l'étude des réseaux électriques en courant alternatif sinusoïdal. Ces réseaux sont en général composés d'un <u>élément actif</u> (générateur à courant alternatif sinusoïdal) et <u>d'éléments passifs</u> (résistances, condensateurs et bobines).



I- Généralités sur le courant alternatif sinusoïdal :

1- Définitions :

Un courant électrique est dit alternatif sinusoïdal si l'intensité i de ce courant varie d'une façon sinusoïdale avec le temps :

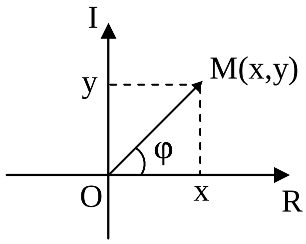
$\mathbf{i = i(t) = I_m \cos(\omega t + \varphi)}$.

- I_m et ω sont respectivement <u>l'amplitude</u> et <u>la pulsation</u> de i(t)
- $\mathbf{(\omega t + \varphi)}$ et φ sont respectivement <u>la phase à l'instant t</u> et <u>la phase à l'origine (t = 0)</u> de i(t)
- $\mathbf{T = \frac{2\pi}{\omega}}$ et $\mathbf{f = \frac{1}{T}}$ sont respectivement <u>la période</u> et <u>la fréquence</u> de i(t).

2- Représentation complexe :

- **Rappels sur les nombres complexes :**

Un nombre complexe $\overline{\mathbf{Z}}$ est caractérisé par sa partie réelle x et sa partie imaginaire y : $\overline{\mathbf{Z}} = \mathbf{x + jy}$ où j est le nombre complexe dont le carré est égal à –1.



Dans le plan complexe dont les axes sont les parties imaginaire (OI) et réelle (OR), le nombre complexe $\overline{\mathbf{Z}}$ est représenté par un vecteur $\overrightarrow{\mathbf{OM}}$, de composantes x et y, faisant un angle φ par rapport à l'axe OR.

$\mathbf{\left|\overline{Z}\right| = Z = OM = \sqrt{x^2 + y^2}}$ est <u>le module</u> du nombre complexe $\overline{\mathbf{Z}}$.

$\mathbf{Arg\overline{Z} = \varphi = Arctg\left(\frac{y}{x}\right)}$ est <u>l'argument</u> du nombre complexe $\overline{\mathbf{Z}}$.

$\mathbf{\overline{Z} = x + jy = Z(\cos\varphi + j\sin\varphi) = Ze^{j\varphi}}$

Soient deux complexes $\overline{\mathbf{Z_1}}$ et $\overline{\mathbf{Z_2}}$ t. q. $\mathbf{\overline{Z_1} = x_1 + jy_1 = Z_1e^{j\varphi_1}}$ et $\mathbf{\overline{Z_2} = x_2 + jy_2 = Z_2e^{j\varphi_2}}$ on a alors:

$\mathbf{\overline{Z} = \overline{Z_1} + \overline{Z_2} = (x_1 + x_2) + j(y_1 + y_2) = Ze^{j\varphi}}$ où $\mathbf{Z = \sqrt{(x_1 + x_2)^2 + (y_1 + y_2)^2}}$ et $\mathbf{\varphi = Arctg\left(\frac{y_1 + y_2}{x_1 + x_2}\right)}$

$$\mathbf{\overline{Z} = \overline{Z_1} * \overline{Z_2} = Z_1Z_2e^{j(\varphi_1+\varphi_2)} = Ze^{j\varphi} \quad \Rightarrow Z = Z_1Z_2 \;\; et \quad \varphi = (\varphi_1 + \varphi_2)}$$

$$\mathbf{\overline{Z} = \frac{\overline{Z_1}}{\overline{Z_2}} = \frac{Z_1}{Z_2}e^{j(\varphi_1-\varphi_2)} = Ze^{j\varphi} \quad \Rightarrow Z = \frac{Z_1}{Z_2} \;\; et \quad \varphi = (\varphi_1 - \varphi_2)}$$

- **Représentation complexe :**

La représentation complexe d'une fonction sinusoïdale $\mathbf{a(t) = A_m \cos(\omega t + \varphi)}$ consiste à associer à cette fonction la fonction complexe $\mathbf{\bar{a}(t) = A_m e^{j(\omega t+\varphi)}}$.

$a(t)$ est la partie réelle de la fonction complexe associée ($\mathbf{a(t) = Re(\bar{a}(t))}$).

L'amplitude A_m est le module de la fonction complexe associée ($\mathbf{A_m = |\bar{a}(t)|}$).

La phase à l'instant t est l'argument de la fonction complexe associée ($\mathbf{\omega t + \varphi = Arg(\bar{a}(t))}$).

En courant alternatif, les équations qui relient les grandeurs complexes dépendants du temps (tensions et courants complexes) sont des équations dans lesquelles le terme $\mathbf{e^{j\omega t}}$ se trouve toujours en facteur dans les deux membres (de ces équations) et par conséquent il se simplifie. Pour ne pas laisser traîner ce facteur dans tous les passages de ces équations, on l'élimine dès le début en associant à toute grandeur sinusoïdale $\mathbf{a(t) = A_m \cos(\omega t + \varphi)}$ la grandeur complexe simplifiée $\mathbf{\bar{A} = A_m e^{j\varphi}}$.

Remarque : Cette représentation permet de faciliter les calculs dans l'étude des réseaux en courant alternatif.

3- Valeur efficace :

On appelle valeur efficace A d'une grandeur sinusoïdale a(t) (intensité ou tension), la racine carré de la valeur moyenne du carré de cette grandeur :

$$\mathbf{A_{eff}^2 = \langle a^2(t) \rangle = \frac{1}{T}\int_0^T A_m^2 \cos^2(\omega t + \varphi)dt = \frac{A_m^2}{2} \Rightarrow A_{eff} = \frac{A_m}{\sqrt{2}}}$$

II- Les éléments passifs en courant alternatif :

Lorsqu'on applique une tension alternative $\mathbf{u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)}$ aux bornes d'un élément passif, on constate qu'il s'établit un courant alternatif de même pulsation que u(t) : $\mathbf{i(t) = I_m \cos(\omega t + \varphi')}$

La différence de phase (φ' - φ) est appelée déphasage de i(t) par rapport à u(t). Si le déphasage (φ' - φ) est nul alors i(t) et u(t) sont dits en phase.

Si on applique une tension alternative $\mathbf{u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)}$ aux bornes d'une résistance pure R, elle sera parcourue par un courant alternatif d'intensité i(t) tel que : $\mathbf{u(t) = Ri(t)}$.

- En notation complexe, on a : $\mathbf{\bar{U} = R\bar{I}}$

Cette dernière relation est analogue à la loi d'Ohm en courant continu. On montre qu'elle est aussi vérifiée pour :

- les condensateurs: $\mathbf{\bar{U} = \bar{Z}_C \bar{I}}$ avec $\mathbf{\bar{Z}_C = \frac{1}{jC\omega}}$ est l'impédance complexe associée à la capacité C.
- et les bobines: $\mathbf{\bar{U} = \bar{Z}_L \bar{I}}$ avec : $\mathbf{\bar{Z}_L = jL\omega}$ est l'impédance complexe associée à l'inductance L.

1- Associations d'éléments passifs :

Les règles d'association des éléments passifs en courant alternatif sont les mêmes que celles des résistances en courant continu :

- **Association en série :**

L'impédance complexe $\overline{\mathbf{Z}}$ de l'élément passif équivalent à l'association de N éléments passifs d'impédances complexes $\overline{\mathbf{Z}}_1$, $\overline{\mathbf{Z}}_2$, $\overline{\mathbf{Z}}_3 \ldots$ $\overline{\mathbf{Z}}_N$, branchés en série est la somme de ces impédances : $\overline{\mathbf{Z}} = \overline{\mathbf{Z}}_1 + \overline{\mathbf{Z}}_2 + \overline{\mathbf{Z}}_3 + \ldots + \overline{\mathbf{Z}}_N = \sum_{i=1}^{N} \overline{\mathbf{Z}}_i$

- **Association en parallèle :**

L'impédance complexe $\overline{\mathbf{Z}}$ de l'élément passif équivalent à l'association de N éléments passifs, d'impédances complexes $\overline{\mathbf{Z}}_1$, $\overline{\mathbf{Z}}_2$, $\overline{\mathbf{Z}}_3 \ldots$ $\overline{\mathbf{Z}}_N$, branchés en parallèle est telle que : $\frac{1}{\overline{\mathbf{Z}}} = \frac{1}{\overline{\mathbf{Z}}_1} + \frac{1}{\overline{\mathbf{Z}}_2} + \frac{1}{\overline{\mathbf{Z}}_3} + \ldots + \frac{1}{\overline{\mathbf{Z}}_N} = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{\overline{\mathbf{Z}}_i}$

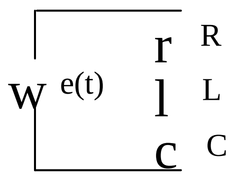
III- Les réseaux électriques en courant alternatif :

En courant alternatif, les mots réseau, maille, branche et nœud gardent les mêmes définitions qu'en courant continu.

Puisqu'en représentation complexe les éléments passifs en courant alternatif se comportent comme les résistances en courant continue, l'étude des réseaux en courant alternatif est régie par les mêmes lois que celles utilisées en courant continue à condition de considérer les grandeurs complexes. Les lois de Kirchhoff et le théorème de Thevenin restent valables en courant alternatif.

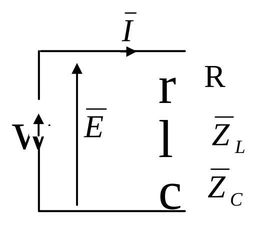
<u>Exemple</u> : (circuit RLC série)

Considérons l'exemple d'un circuit composé d'une résistance, une capacité pure et une inductance pure branchées en série aux bornes d'un générateur de tension sinusoïdale $e(t) = E_m\cos(\omega t)$. Déterminons le courant circulant dans le circuit :



En représentation complexe, $\overline{\mathbf{E}} = \mathbf{E_m}$; $\overline{\mathbf{Z}}_C = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{jC\omega}}$ et $\overline{\mathbf{Z}}_L = \mathbf{jL\omega}$. On peut donc écrire :

$$\overline{\mathbf{E}} = \left(\mathbf{R} + \mathbf{jL\omega} - \frac{\mathbf{j}}{\mathbf{C\omega}}\right)\overline{\mathbf{I}} = \overline{\mathbf{Z}}\,\overline{\mathbf{I}} \Rightarrow \overline{\mathbf{I}} = \frac{\overline{\mathbf{E}}}{\overline{\mathbf{Z}}}$$



Donc : $\mathbf{i(t) = I_m\cos(\omega t + \varphi)}$

avec : $\mathbf{I_m} = \left|\overline{\mathbf{I}}\right| = \frac{\left|\overline{\mathbf{E}}\right|}{\left|\overline{\mathbf{Z}}\right|} = \frac{\mathbf{E_m}}{\sqrt{\mathbf{R}^2 + \left(\mathbf{L\omega} - \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{C\omega}}\right)^2}}$ et

$$\varphi = \mathbf{Arg}(\overline{\mathbf{I}}) = \mathbf{Arg}(\overline{\mathbf{E}}) - \mathbf{Arg}(\overline{\mathbf{Z}}) = \mathbf{0} - \mathbf{Arctg}\left(\frac{\mathbf{L\omega} - \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{C\omega}}}{\mathbf{R}}\right) = \mathbf{Arctg}\left(\frac{\mathbf{1} - \mathbf{LC\omega^2}}{\mathbf{RC\omega}}\right)$$

IV – Les puissances électriques en courant alternatif:

1- Puissance instantanée :

Dans une branche AB parcourue par un courant électrique d'intensité i(t), la puissance électrique P(t), à l'instant t, est donnée par : P(t) = u(t) i(t) où u(t) est la d.d.p entre A et B. P(t) est appelée puissance instantanée.

Cette puissance n'est pas accessible à la mesure à cause du temps de réponse des appareils de mesure qui est généralement très supérieur à la période de P(t).

2- Puissance active :

On appelle puissance active P_a (dissipée dans une branche AB), la valeur moyenne de la puissance instantanée P(t). Soit :

$$\mathbf{P_a = \frac{1}{T}\int_0^T u(t)\, i(t)dt = \frac{1}{T}\int_0^T U_m \cos\omega t\, I_m \cos(\omega t + \varphi)dt}$$

$$\mathbf{= \frac{U_m I_m}{2T}\int_0^T \left[\cos\varphi + \cos(2\omega t + \varphi)\right] dt = \frac{U_m I_m T}{2T}\cos\varphi = U_{eff} I_{eff} \cos\varphi}$$

Si $\mathbf{\overline{Z} = R + jX}$ est l'impédance complexe de la branche AB considérée, alors : $\mathbf{U_m = \left|\overline{Z}\right| I_m}$ et $\mathbf{\cos\varphi = \frac{R}{\left|\overline{Z}\right|}}$ d'où : $\mathbf{P_a = \left|\overline{Z}\right| \frac{I_m^2}{2} \frac{R}{\left|\overline{Z}\right|} = R\frac{I_m^2}{2} = RI^2}$

Remarque :

Cette deuxième expression de P_a, qui n'est autre que la puissance dissipée par effet joule dans une résistance R, est à l'origine de la définition de la valeur efficace. En effet, la valeur efficace d'un courant (ou d'une tension) sinusoïdal est la valeur du courant (ou de la tension) continu qui donnerait la même puissance, que la puissance active dissipée par effet joule, aux bornes de R. Soit : $\mathbf{RI^2 = P_a = R\frac{I_m^2}{2} \Rightarrow I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}}$

Chapitre V – La magnétostatique dans le vide

Introduction :

Dans ce chapitre nous allons aborder les phénomènes d'interactions magnétiques en régime statique (forces magnétiques et champs magnétiques créés par des courants continus) dans le vide.

I – Loi de Biot et Savart :

Considérons un fil conducteur parcouru par un courant électrique continu d'intensité I. Chaque élément de longueur $\mathbf{d\vec{\ell}}$, de ce fil, crée en tout point M de l'espace un champ d'induction magnétique $d\vec{B}$ donné par : $\mathbf{d\vec{B} = k\frac{I\,d\vec{\ell} \wedge \vec{r}}{r^3}}$

où $\vec{r} = \overrightarrow{PM}$ est le vecteur position de M par rapport au centre P de $d\vec{\ell}$ et k est une constante qui dépend du milieu et du système d'unités.

Cette expression de $\mathbf{d\vec{B}}$, déduite d'expériences (par Biot et Savart) constitue la loi de Biot et Savart.

La constante k est liée à la perméabilité magnétique μ du milieu par : $k = \frac{\mu}{4\pi}$. Dans le vide, de perméabilité magnétique μ_o, $k = \frac{\mu_0}{4\pi} \approx 10^{-7}(SI)$.

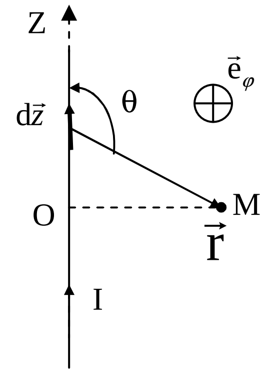
Le champ d'induction magnétique $\vec{B}$, créé par le fil conducteur parcouru par le courant I, est la somme des champs élémentaires $d\vec{B}$ créés par tous les éléments de longueur $d\vec{\ell}$ du fil : $\mathbf{\vec{B} = \int_{fil} d\vec{B} = \int_{fil} k\frac{I\,d\vec{\ell} \wedge \vec{r}}{r^3} = k\,I\int_{fil}\frac{d\vec{\ell} \wedge \vec{r}}{r^3}}$. Dans le vide, $\mathbf{\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\int_{fil}\frac{d\vec{\ell} \wedge \vec{r}}{r^3}}$.

Remarques :

- ♣L'unité de B dans le système international est le Tesla (de symbole T).
  Une autre unité également souvent utilisé est le Gauss (de symbole G).
- ♣La perméabilité magnétique de l'air est très proche de celle du vide; ce qui fait que toutes les expressions qu'on va établir par la suite restent valables, avec une très bonne approximation, dans l'air.
- ♣Le champ créé, en un point M de l'espace, par une charge ponctuelle **q** qui se déplace avec une vitesse $\vec{v}$ est donné par : $\mathbf{\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\vec{v} \wedge \vec{r}}{r^3}}$ où $\vec{r}$ est le vecteur position du point M par rapport à la charge ponctuelle.

II - Exemple d'application : *(Champ crée par un fil infini parcouru par un courant d'intensité I)*

Considérons un fil infini parcouru par un courant d'intensité I.



$$\mathbf{\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\int_{fil}\frac{d\vec{z} \wedge \vec{r}}{r^3}}$$

Le champ d'induction magnétique $\vec{B}$ créé par ce fil en un point M quelconque de l'espace est donné par :

Or, $\mathbf{d\vec{z} \wedge \vec{r} = dz\,r\,\sin\theta\,\vec{e}_\varphi}$, $\mathbf{tg(\pi - \theta) = \frac{OM}{z} = \frac{\rho}{z}}$ et $\mathbf{\sin(\pi - \theta) = \frac{\rho}{r}}$.

z étant l'abscisse du centre de dz.

Soit donc : $\mathbf{z = \dfrac{\rho}{tg(\pi - \theta)} = -\dfrac{\rho}{tg\theta} = -\rho\, ctg\theta \;\Rightarrow dz = \rho\dfrac{d\theta}{sin^2\theta}}$

et $\mathbf{sin(\pi - \theta) = \dfrac{\rho}{r} = sin\,\theta \Rightarrow r\,sin\theta = \rho}$. D'où :

$$\vec{\mathbf{B}} = \frac{\mu_0 \mathbf{I}}{4\pi}\int_{fil}\frac{\mathbf{r\,sin\theta\,dz}}{\mathbf{r}^3}\vec{\mathbf{e}}_\varphi = \frac{\mu_0 \mathbf{I}}{4\pi}\int_{fil}\frac{\mathbf{sin\theta\,dz}}{\mathbf{r}^2}\vec{\mathbf{e}}_\varphi = \frac{\mu_0 \mathbf{I}}{4\pi}\int_{fil}\frac{\rho\,\mathbf{sin\theta\,d\theta}}{\mathbf{r^2 sin^2\theta}}\vec{\mathbf{e}}_\varphi = \frac{\mu_0 \mathbf{I}}{4\pi}\int_0^\pi\frac{\rho\,\mathbf{sin\theta\,d\theta}}{\rho^2}\vec{\mathbf{e}}_\varphi = \frac{\mu_0 \mathbf{I}}{2\pi\rho}\vec{\mathbf{e}}_\varphi$$

III - Forces magnétiques :

1-Force magnétique agissant sur une charge ponctuelle en mouvement :

Une charge ponctuelle q qui se déplace à la vitesse $\vec{\mathbf{v}}$ dans un champ d'induction magnétique $\vec{B}$ est soumise à une force magnétique $\vec{\mathbf{F}}$ qui s'exprime par :

$$\vec{\mathbf{F}} = \mathbf{q}\vec{\mathbf{v}} \wedge \vec{\mathbf{B}}$$

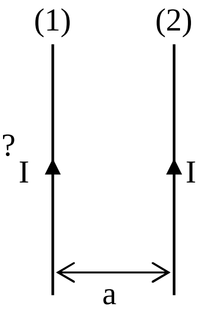
2-Force de Laplace :

On appelle force de Laplace la force magnétique $\mathbf{d}\vec{\mathbf{F}}$ agissant sur un élément de longueur dℓ d'un fil conducteur, parcouru par un courant électrique d'intensité I, placé dans un champ d'induction magnétique $\vec{\mathbf{B}}$. Cette force est donnée par :

$$\mathbf{d}\vec{\mathbf{F}} = \mathbf{dq}\;\vec{\mathbf{v}} \wedge \vec{\mathbf{B}} = \mathbf{dq}\frac{\mathbf{d}\vec{\ell}}{\mathbf{dt}} \wedge \vec{\mathbf{B}} = \mathbf{Id}\vec{\ell} \wedge \vec{\mathbf{B}}$$

où dq est la charge élémentaire qui traverse la section du fil pendant le temps dt.

3- Exemple



On considère deux fils conducteurs infinis, rectilignes, parallèles, distants de a, parcourus par des courants de même intensité I et de même sens.

Calculons la force exercée par le conducteur (1) sur une longueur ℓ du conducteur (2) ?

Réponse :

Si on suppose que le fil (1) est confondu avec l'axe oz, alors le champ d'induction magnétique qu'il crée à la distance a (où se trouve le fil (2)) est : $\vec{\mathbf{B}} = \dfrac{\mu_0 \mathbf{I}}{\mathbf{2\pi a}}\vec{\mathbf{e}}_\varphi$

(voir exemple ci-dessus).

La force subie par un élément dℓ du fil (2) est : $\mathbf{d}\vec{\mathbf{F}} = \mathbf{I}\overrightarrow{\mathbf{d}\ell} \wedge \vec{\mathbf{B}} = \mathbf{Id\ell B}(\vec{\mathbf{e}}_z \wedge \vec{\mathbf{e}}_\varphi) = -\mathbf{Id\ell B}\vec{\mathbf{e}}_\rho$

D'où, la force subie par une longueur ℓ du fil (2) est : $\vec{\mathbf{F}} = -\mathbf{I\ell B}\vec{\mathbf{e}}_\rho = -\dfrac{\mu_0 \mathbf{I}^2\ell}{\mathbf{2\pi a}}\vec{\mathbf{e}}_\rho$

Il s'agit donc d'une force d'attraction.

RADIOACTIVITE

I- Généralités

Les noyaux de certains atomes ont la propriété d'émettre des rayonnements : C'est la radioactivité, et ces noyaux sont dits radioactifs. On distingue deux types de radioactivité :

- Radioactivité naturelle découverte par Henri Becquerel en 1896.Elle est produite par changement spontané du noyau avec émission d'énergie.
- Radioactivité artificielle découverte par Irène et Frederic Julliot-Curie en 1933. Elle est produite par bombardement du noyau par des particules.

Les principaux rayonnements émis par les noyaux radioactifs sont :

- Alpha (α) c'est un noyaux d'Hélium 4.
- Bêta (β) c'est un électron β^- ou un positron β^+ .
- Gamma (γ) c'est un photon.

1- Rappels sur la structure du noyau de l'atome

Un atome est constitué d'un noyau et d'un cortège d'électrons (Ze$^-$) autour du noyau.
Le noyau est formé de A nucléons : Z protons et N neutrons.
Un noyau (ou nuclide) est représenté par le symbole :

${}^{A}_{Z}X$ où X représente l'élément chimique (ou noyau), A=Z+N est le nombre de masse du noyau (ou élément) considéré et Z est le numéro atomique (nombre de protons) du noyau.

Exemple : ${}^{12}_{6}C$; ${}^{16}_{8}O$; ${}^{238}_{92}U$

2- Isotopes, Isotones et Isobares

On appelle isotopes les différents noyaux qui appartiennent à un même élément chimique.
Ils ont :

- des propriétés chimiques identiques,
- le même numéro atomique donc le même nombre de protons,
- des nombres de masse A différents, donc des nombres de neutrons différents.

Exemple : ${}^{123}_{53}I$; ${}^{124}_{53}I$; ${}^{125}_{53}I$; ${}^{129}_{53}I$; ${}^{139}_{53}I$

On appelle isotones les différents noyaux ayant le même nombre de neutrons N, mais des nombres de protons Z différents.

Exemple : ${}^{99}_{37}Rb$; ${}^{100}_{38}Sr$

On appelle isobares les différents noyaux ayant le même nombre de masse A , mais des nombres de protons différents.

Exemple : ${}^{122}_{50}Sn$; ${}^{122}_{51}Sb$; ${}^{122}_{52}Te$

3- Noyaux stables et noyaux instables

Les noyaux stables sont des noyaux dont la composition reste inchangée. Leur bombardement par des particules donnera naissance à des noyaux instables : Ce sont éléments radioactifs artificiels. Cette transformation se fait en une ou plusieurs étapes pour conduire finalement à des noyaux stables.
Le passage spontané de noyaux instables vers l'état stable obéit aux lois de conservation suivantes :

1- Conservation de la charge (Z)

$\sum_i Z_i$ (état initial) = $\sum_f Z_f$ (état final)

2- Conservation du nombre de masse (A)

$\sum_i A_i$ (état initial) = $\sum_f A_f$ (état final)

3- Conservation de l'énergie totale (E)

$\sum_i E_i$ (état initial) = $\sum_f E_f$ (état final)

Exemple : ${}^{27}_{13}Al + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{30}_{15}P + {}^{1}_{0}n$

4- Equivalence Masse-Energie

D'après la théorie de la relativité, à chaque particule de masse m_0 au repos est associée une énergie $E = m_0\ c^2$ avec c vitesse de la lumière dans le vide (relation d'Einstein).
Lorsque cette particule est animée d'une vitesse $\vec{v}$, la masse de la particule devient égale à,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Lorsque v est négligeable devant c, l'énergie cinétique correspondante est : $E_C = \frac{1}{2} m_0 v^2$.

Dans le cas contraire (relativiste) $E_C = (m - m_0)c^2$.

La masse est donc une forme d'énergie et réciproquement. Puisqu'on a équivalence entre la masse et l'énergie on doit donc les exprimer avec une unité équivalente. D'où l'introduction de l'unité de masse atomique (u.m.a).
1u.m.a = 1/12 de la masse de l'atome ^{12}C (noyau + électrons).

- La masse d'une mole de ^{12}C est égale à 12g.
- Dans une mole de ^{12}C on a N atomes avec N nombre d'avogadro égal à $6{,}02.10^{23}$.
- La masse d'un atome est 12/N de ^{12}C.

Donc 1u.m.a $c^2 \approx$ 932MeV/c^2 où c est la vitesse de la lumière dans le vide.

II- <u>Désintégration radioactive</u>

On appelle désintégration radioactive le passage d'un noyau entre deux états différents avec émission de particules.

1- Différents types de désintégration

1-1- Désintégration alpha

C'est une transformation du noyau avec émission d'une particule identique au noyau d'Hélium (^4_2He). Le schéma de désintégration correspondant est :

$$^A_ZX \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2He$$

Exemple : $^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{231}_{90}Th + {}^4_2He$

Conservation de l'énergie :

$$M_X c^2 = M_Y c^2 + T_Y + M_\alpha c^2 + T_\alpha$$

avec, M_X : masse de l'atome X
M_Y : masse de l'atome Y
M_α : masse de l'atome d'Hélium
T_α : énergie cinétique de la particule α
T_Y : énergie de recul de Y

L'énergie de désintégration Q est donnée par :

$$Q = T_Y + T_\alpha \approx T_\alpha = \left[M_X - (M_Y + M_\alpha)\right] c^2$$

On néglige l'énergie T_Y puisqu'elle est très faible.

1-2- Désintégration Bêta

C'est une transformation du noyau avec émission d'une particule β^- (un électron : ${}_{-1}^{0}e$) ou β^+ (un positron : ${}_{+1}^{0}e$)

Le schéma de la désintégration β^- est :

$${}_{Z}^{A}X \longrightarrow {}_{Z+1}^{A}Y + \beta^- + \overline{\upsilon}$$

C'est-à-dire ${}_{0}^{1}n \longrightarrow {}_{1}^{1}P + {}_{-1}^{0}e + \overline{\upsilon}$

Exemple : ${}_{6}^{14}C \longrightarrow {}_{7}^{14}N + \beta^- + \overline{\upsilon}$

$\overline{\upsilon}$ étant une particule de masse presque nulle appelée antineutrino.

Conservation de l'énergie :

$$m_X\, c^2 = m_Y c^2 + T_Y + m_0\, c^2 + T_{e-} + T_{\overline{\upsilon}}$$

$$+ \qquad\qquad\qquad +$$

$$Z_{m_0} c^2 = \qquad\qquad Z_{m_0} c^2$$

$$M_X\, c^2 = M_Y c^2 + T_Y + T_{e-} + T_{\overline{\upsilon}}$$

avec, m_X : masse du noyau X

M_X : masse de l'atome X

m_Y : masse du noyau Y

M_Y : masse de l'atome Y

m_0 : masse de l'électron

T_{e-} : énergie cinétique de l'électron

$T_{\overline{\upsilon}}$: énergie cinétique de l'antineutrino

L'énergie libérée (sous forme cinétique) Q est donnée par :

$$Q = T_Y + T_{e-} + T_{\overline{\upsilon}} \approx T_{e-} + T_{\overline{\upsilon}} = \left[M_X - M_Y\right] c^2$$

On néglige l'énergie T_Y puisqu'elle est très faible.

Le schéma de la désintégration β^+ est :

$$ {}_{Z}^{A}X \longrightarrow {}_{Z-1}^{A}Y + \beta^+ + \upsilon$$

C'est-à-dire ${}_{1}^{1}P \longrightarrow {}_{0}^{1}n + {}_{+1}^{0}e + \upsilon$

Exemple : ${}_{7}^{13}C \longrightarrow {}_{6}^{13}C + \beta^+ + \upsilon$

υ étant une particule de masse presque nulle appelée neutrino.

Conservation de l'énergie :

$$m_X c^2 = m_Y c^2 + T_Y + m_0 c^2 + T_{e+} + T_\upsilon$$

$+ \qquad\qquad +$

$$Z_{m_0} c^2 = \qquad Z_{m_0} c^2$$

$$M_X c^2 = M_Y c^2 + 2m_0 c^2 + T_Y + T_{e+} + T_\upsilon$$

avec, m_X : masse du noyau X

M_X : masse de l'atome X

m_Y : masse du noyau Y

M_Y : masse de l'atome Y

m_0 : masse du positron

T_{e+} : énergie cinétique du positron

T_υ : énergie cinétique du neutrino

L'énergie libérée (sous forme cinétique) Q est donnée par :

$$Q = T_Y + T_{e+} + T_\upsilon \approx T_{e+} + T_\upsilon = \left[M_X - M_Y - 2m_0\right] c^2$$

$$Q = \left[M_X - M_Y - 2m_0\right] c^2 \approx T_{e+}(\max) = \frac{1}{2} m_0 v^2 \qquad (T_\upsilon \longrightarrow 0)$$

On néglige l'énergie T_Y puisqu'elle est très faible.

1-3- Désintégration gamma

C'est une transformation qui permet à un noyau de passer d'un état excité vers un autre état (encore excité ou non) d'énergie plus faible avec émission d'un photon γ. La désintégration gamma suit souvent les désintégrations alpha et bêta.

Exemple : ${}_Z^AX^* \longrightarrow {}_Z^AX + \gamma$

$${}_Z^AX^* \text{ ------------------------ } E_i$$
$$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$$
$${}_Z^AX \text{ ------------------------ } E_f$$

Le photon γ comporte la différence d'énergie entre les deux niveaux :

$$E_\gamma = E_f - E_i$$

2- Loi de décroissance radioactive

Cette loi a été établie expérimentalement en 1902 par Rutherford et Soddy :
Soit N(t) le nombre de noyaux d'une substance radioactive présents à l'instant t. La quantité $\frac{dN}{dt}$ est la variation par unité de temps de ce nombre N ; cette quantité est négative car les noyaux se désintègrent (leur nombre N diminue). Donc ($-\frac{dN}{dt}$) correspond au nombre de désintégration par unité de temps.

Il a été observé que cette quantité ($-\frac{dN}{dt}$) est proportionnelle à N telle que :

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda \mathrm{N}$$

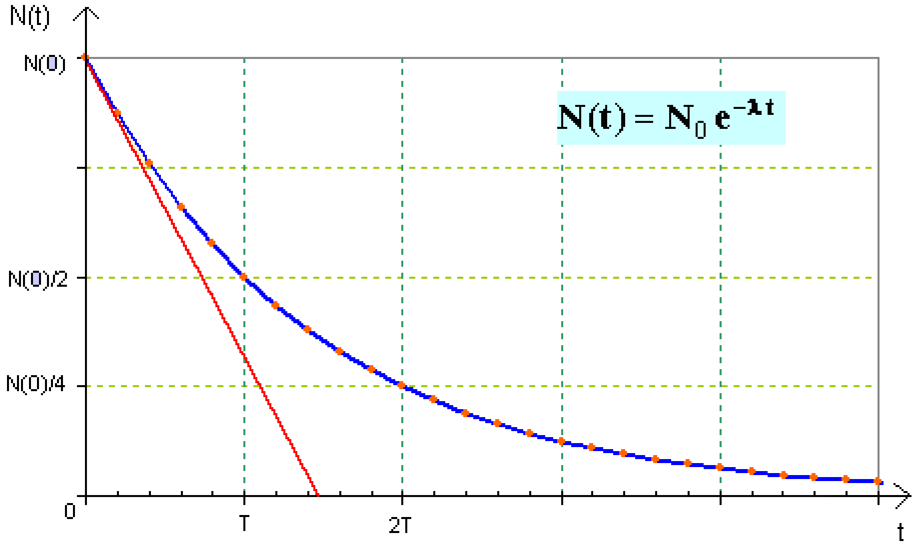
Où λ est la constante de désintégration d'un rayon radioactif (exprimée en s^{-1}). Cette constante est une caractéristique du noyau considéré.
Après intégration on aura : $N(t) = N(0)e^{-\lambda t}$.
C'est la loi de décroissance radioactive où :

N(0) est le nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant t=0, (ou initial) et N(t) est le nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant t.
Cette loi montre que le nombre de noyaux radioactifs décroît exponentiellement. Le nombre de noyaux qui se sont désintégrés entre l'instant t=0 et l'instant t est:

$$N'(t) = N(0) - N(t) = N(0).(1 - e^{-\lambda t})$$

3- Période

C'est le temps au bout duquel le nombre initial de noyaux est réduit de moitié.



Au bout d'une période on a : $$N(t = T) = \frac{N(0)}{2} = N(0).e^{-\lambda T}$$

D'où $T = \dfrac{\ln 2}{\lambda}$

4- Activité

L'activité d'une substance radioactive est le nombre de désintégration qui se produisent par unité de temps :

$$A(t) = -\frac{dN}{dt} = \lambda\, N(t) = \lambda\, N(0).e^{-\lambda t} = A(0)\,.\,e^{-\lambda t}$$

A(0) étant l'activité initiale à l'instant t=0.

L'unité est le Becquerel (Bq) : 1Bq=1désintégration par seconde. L'ancienne unité encore utilisée est le Curie : $1Ci = 3.7\ 10^{10}\ Bq$

L'activité représente la vitesse de désintégration d'un noyau :

$$A(t) = A(0).e^{-\lambda t}$$

L'activité suit donc la même loi que la décroissance radioactive avec la même période.

III- <u>Filiation radioactive</u>

Un noyau instable A se désintègre pour donner un noyau B qui à son tour se désintègre pour donner un noyau C qui peut être stable ou non.
On appelle ce processus : **filiation radioactive**

$$(A \longrightarrow B \longrightarrow C \longrightarrow ....)$$ (si C est instable)

A est appelé le noyau père ou précurseur
B est appelé le noyau premier fils ou premier descendant
C est appelé le noyau deuxième fils ou deuxième descendant

Exemple : $^{235}U \longrightarrow {}^{231}Th \longrightarrow {}^{231}Pa \longrightarrow ..... \ {}^{207}Pb$ (stable)

Filiation radioactive à 3 noyaux

$$^{A_1}_{Z_1}A \xrightarrow{\lambda_1} {}^{A_2}_{Z_2}B \longrightarrow {}^{A_3}_{Z_3}C$$ (stable)

La variation du nombre de noyaux de ces trois éléments pendant un intervalle de temps dt, en prenant comme condition initiale :

A t=0 $N_1(0) \neq 0, \quad N_2(0) = N_3(0) = 0$

$$\frac{dN_1}{dt} = -\lambda_1 N_1$$

$$\frac{dN_2}{dt} = \lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2$$

$$\frac{dN_3}{dt} = \lambda_2 N_2$$

IV- <u>Réactions nucléaires</u>

Ce sont des réactions qui affectent les noyaux des atomes. Il y a deux grandes classes importantes de réactions nucléaires : les réactions de fusion et les réactions de fission.

1- La fusion

La fusion est un processus nucléaire qui permet de combiner deux noyaux légers pour former un noyau plus lourd.

Exemples : 1- Une réaction importante de fusion utilisée dans les bombes thermonucléaires ou dans les réacteurs à fusion, combine deux isotopes de l'hydrogène le deutérium (^2_1H) et le tritium (^3_1H) pour former un isotope de l'Hélium :

$$^2_1H + ^3_1H \longrightarrow ^4_2H + ^1_0n$$

Une telle réaction libère une très grande quantité d'énergie, plus d'un million de fois qu'une réaction chimique.

2- Les réactions qui ont lieu dans les étoiles, commencent par la fusion de l'hydrogène pour donner l'hélium ; peu à peu, les noyaux de plus en plus lourds ainsi formés fusionnent à leur tour. Ces réactions de fusion s'arrêtent vers la masse atomique 60 (Fer) qui correspond à une énergie de liaison maximum. Une fois que la plupart du cœur de l'étoile est formé de fer, elle approche de sa fin de vie. En suite, l'étoile se comprime. Les étoiles suffisamment massives peuvent exploser de façon très soudaine et violente pour former une supernova.

2- La fission

Les réactions de fission se produisent essentiellement par les noyaux lourds : un noyau lourd se scinde en deux parties en libérant de l'énergie.

Exemple : L'exemple le plus courant est celui de la fission de l'uranium 235 (^{235}U). Il a été utilisé dans les premières bombes atomiques et aussi utilisé dans la plupart des réacteurs nucléaires civils pour la production de l'énergie électrique.

$$^1_0n + ^{235}_{92}U \longrightarrow ^{134}_{54}Xe + ^{100}_{38}Sr + 2(^1_0n)$$

La fission libère, tout comme la fusion, une quantité d'énergie considérable.

En moyenne chaque fission de ^{235}U donne 2,5 neutrons, si on utilise suffisamment de matériaux combustible (^{235}U), ces neutrons une fois thermalités peuvent provoquer la fission d'autres noyaux d'uranium et conduire à une réaction en chaîne.

On appelle facteur de multiplication de neutrons dans une réaction de fission en chaîne, le rapport du nombre de neutrons d'une génération au nombre de neutrons de la génération précédente :

$$k = \frac{nombre\ de\ neutrons\ nés\ à\ une\ génération\ de\ fission}{nombre\ de\ neutrons\ nés\ à\ la\ génération\ précédente}$$

- Si k=1 : C’est une réaction en chaîne contrôlée (cas d’un réacteur nucléaire).
- Si k >1 : Le nombre de neutrons produits est supérieur à celui utilisé et la réaction en chaîne donne rapidement lieu à une explosion gigantesque (cas d’une bombe nucléaire).
- Si K < 1 : La réaction en chaîne s’éteint rapidement (cas d’une pile nucléaire).

V- Datation

Les méthodes de datation sont fondées sur la décroissance progressive de la radioactivité contenue dans les vestiges que l’on souhaite dater. En effet, les éléments radioactifs sont de véritables chronomètres permettant d’une certaine façon de remonter le temps.

1- Méthode du carbone 14

Le bombardement des gaz de la haute atmosphère par les rayons cosmiques fait que l’azote se transforme en carbone 14 selon l’équation suivante :

$$ {}_0^1n + {}^{14}N \longrightarrow {}^{14}C + {}_1^1P $$

Le carbone 14 formé s’oxyde rapidement. La molécule de ${}^{14}CO_2$ formée se disperse et marque d’une façon uniforme par sa radioactivité le gaz carbonique atmosphérique. Ce gaz est absorbé par les organismes vivants qui présentent la même radioactivité que le gaz carbonique atmosphérique. Après la mort, les échanges gazeux cessent, ${}^{14}C$ n’est plus renouvelé dans les vestiges, sa radioactivité décroît alors lentement à raison de la moitié tous les 5730 années (période du ${}^{14}C$) :

$$ {}^{14}C \longrightarrow {}^{14}N + \beta^- + \overline{\upsilon} $$

Ainsi, si on mesure aujourd’hui l’activité du ${}^{14}C$ dans les vestiges, et en la comparant à l’activité du carbone 14 dans l’atmosphère, on peut en déduire le temps t qui s’est écoulé depuis la mort, c’est ce qu’on appelle l’âge :

A t=0 on a l’activité A_0

A l’instant t après la mort on a l’activité A(t)

$$ A(t) = A_0 e^{-\lambda t} \longrightarrow t = \frac{1}{\lambda} \ln(\frac{A_0}{A}) $$

Cette méthode cesse d’être applicable pour des âges dépassants les 50000 ans.

2- Méthode de l'uranium-Plomb

Le produit de désintégration finale de la filiation de l'uranium 238 est le plomb 206 stable. Puisque la période de l'uranium 238 est très grande devant les périodes des membres de la filiation Uranium-Radon, on peut considérer que l'uranium 238 se désintègre directement en plomb selon la réaction suivante :

$$^{238}U \longrightarrow {}^{206}Pb + 8\alpha + 6\beta^- \qquad (T = 4{,}5.10^9 \ ans)$$

La désintégration de chaque noyau d'uranium donne naissante à un noyau de plomb 206, donc le nombre d'atomes de plomb 206 dans un minerai au temps t est égal au nombre de noyaux d'uranium 238 désintégrés pendant ce temps :

$$N_{Pb}(t) = N_U^O - N_U(t) = N_{U(t)}(e^{\lambda t} - 1) \longrightarrow t = \frac{1}{\lambda}\ln(1 + \frac{N_{Pb}(t)}{N_U(t)})$$

λ étant la constante de désintégration de ^{238}U .

Or $N_{Pb}(t)$ et $N_U(t)$ sont reliés aux masses de plomb et d'uranium contenus dans le minerai considéré :

$$N_{Pb}(t) = \frac{m_{Pb}(t)}{A_{Pb}}.N$$

$$N_U(t) = \frac{m_U(t)}{A_U}.N$$

Avec N nombre d'Avogadro, A masse atomique et m la masse à l'instant t.

Il est donc possible de déterminer l'âge d'un minerai par la mesure du rapport $\frac{N_{Pb}(t)}{N_U(t)}$

ou $\frac{m_{Pb}(t)}{m_U(t)}$.

$$t = \frac{1}{\lambda}.\ln(1 + \frac{A_U}{A_{Pb}}.\frac{m_{Pb}(t)}{m_U(t)})$$

3- Méthode du Potassium-Argon

Cette méthode est applicable à des matériaux d'origine volcanique riche en potassium.

Le potassium 40 (^{40}K) se transforme naturellement en ARGON 40 (^{40}Ar). La dimension de l'atome d'Argon ne lui permet pas de s'échapper de la structure cristalline du minéral dans lequel il est apparu.

La proportion d'Argon contenu dans le minéral est alors directement liée au temps écoulé depuis la modification de la roche.

Cette technique s'applique à des périodes anciennes de plusieurs milliers d'années.

$$^{40}_{19}K \longrightarrow \ ^{40}_{18}Ar + \beta^{+} + \upsilon \qquad (T = 1{,}28.10^{9}\ ans)$$

VI- Applications de la radioactivité

1- Utilisations médicales

a- Investigation clinique

- Exploration fonctionnelle : C'est l'ensemble des techniques qui utilisent des radio-isotopes (radio-éléments) pour :

- Visualiser le fonctionnement d'un organe ou d'un appareil : C'est la scintigraphie ou imagerie fonctionnelle.
- Avoir l'image anatomique d'un organe : C'est la radiodiagnostie.

- Radiographie : C'est une méthode permettant de voir le squelette au moyen de rayon X.

- Radio-immunologie : Cette méthode est utilisée pour des dosages extrêmement précis tel que le dosage d'hormones, de médicaments,…etc

b- Thérapie

La radiothérapie : C'est un traitement fondé sur l'action biologique des rayons ionisants et plus spécialement des rayons X (utilisation de cobalt 60 ou d'iode 131).

c- Autres

- Stérilisation Gamma : Cette méthode est utilisée pour stériliser les produits médicaux grâce à la destruction par les rayons Gamma , à froid des bactéries, virus,…etc

- Stimulateurs cardiaques : (pile au plutonium). Ces appareils électriques permettent de provoquer des contractions cardiaques quand celles-ci ne s'effectuent pas automatiquement.

2- Utilisation dans l'agriculture et l'alimentation

a- Utilisation des radio-isotopes

- Pour la création de nouvelles races végétales (grâce aux radiations, on peut augmenter la fréquence de survenue des mutations.
- Pour l'extermination des insectes, (des mouches) grâce à la stérilisation des mâles.
- Pour accélérer la production naturelles des végétaux.

b- Irradiation

Cette méthode permet de conserver 4 à 5 fois plus longtemps certains aliments en les soumettant à des rayonnements radioactifs en bloquant la germination et en tuant les parasites.

c- Radiovaccins

Ce sont des vaccins qui permettent de protéger les animaux d'élevage de certaines maladies.

d- Recherche

La photosynthèse : Grâce à l'utilisation de traceurs, on peut suivre le déroulement de la photosynthèse ou de l'assimilation un engrais.

2- Utilisation dans l'industrie

a- Jauges radiométriques gammagraphiques

Ces dispositifs permettent de détecter des défauts dans des pièces mécaniques, contrôler des épaisseurs, vérifier des soudures par mesure de l'absorption des rayons gamma.

b- Traceurs radioactifs

Il permettent de mesurer l'usure des pièces en mouvement d'un moteur, de détecter les fuites d'un pipe-line, d'étudier le cours d'un fleuve… ce sont des radio-isotopes.
Les éliminateurs radioactifs éliminent l'électricité statique gênante dans l'industrie du tissage ou de matière plastique.

3- Autres utilisations

a- Conservation des œuvres d'arts

C'est une méthode permettant de stériliser les œuvres d'arts ou de documents grâce à une exposition au rayonnement Gamma.

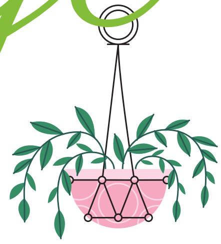
b- Détecteurs d'incendies

Il s'agit d'un couple source radioactive-détecteur qui permet de détecter la fumée d'un incendie.

c- Batteries nucléaires

Ce sont des batteries permettant de produire plusieurs centaines de Watts en convertissant la chaleur émise par la radioactivité en électricité.

Bon courage



LIENS UTILES ☝

Visiter :

1. https://biologie-maroc.com
   - Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. https://biologie-maroc.com/shop/
   - Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
   - Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
   - Trouver des bourses et des écoles privées

3. https://biologie-maroc.com/emploi/
   - Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
   - Trouver des offres d'emploi et de stage