

GENERALITES

I. INTRODUCTION :

- La matière est constituée d'un grand nombre d'atomes, ceux-ci sont regroupés en molécules.

- Un atome est constitué :
 - D'un noyau
 - Des électrons gravitant autour
Du noyau
- Dans le noyau on trouve des protons et des neutrons.

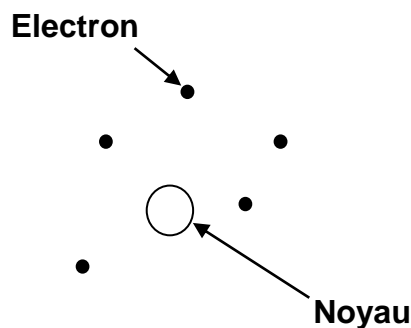


Fig.1

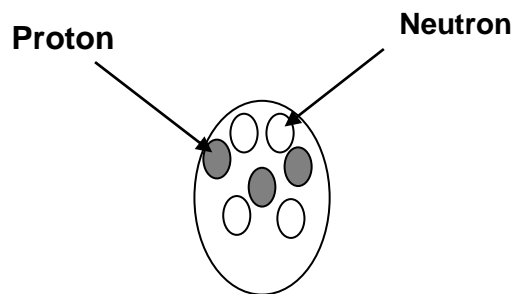


Fig.2

- Les électrons et les protons sont des particules qui portent une charge électrique.
- L'électron porte une charge négative (-e) alors que le proton porte une charge positive (+e).
- Comme dans un atome il y a autant d'électrons que de protons et que les neutrons ne portent pas de charge. L'atome est électriquement neutre.
- Il est à noter que deux charges de même signe se repoussent alors que deux charges de signe contraire s'attirent. Les électrons sont donc attirés par la charge positive des protons.

II. PARTICULARITE ELEMENTAIRE :

a. Electron :

- C'est une particule élémentaire contenant la plus petite charge électrique qui est négative, la charge de l'électron $Q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ sa masse $m = 9,1 \times 10^{-31} \text{ g}$.

b. Proton :

- C'est une particule élémentaire contenant la plus petite charge d'électricité positive dont la masse est de l'ordre de celle de l'hydrogène $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ g}$.

c. Neutron :

- C'est une particule élémentaire dont la masse est sensiblement égale à celle du proton ($m_n = 1,6726.10^{-27}$ g) et la charge totalement neutre.

d. Atome :

- Est constitué d'un noyau atomique autour duquel gravite un cortège des électrons, ces électrons sont réparties sur toute la masse de l'atome il est constitué par l'ensemble des protons et des neutrons.

e. Molécule :

- Est formée d'un ou plusieurs nombres d'atome.

Remarque :

- On dit qu'un atome est neutre si le nombre des protons est égale au nombre des électrons ; on appelle le numéro atomique Z le nombre des protons et on appelle le nombre de masse l'ensemble des protons et des neutrons.

III. LES COUCHES ELECTRIQUES :

- Les couches périphériques sont distinctes et elles reçoivent un nombre nominal des électrons.

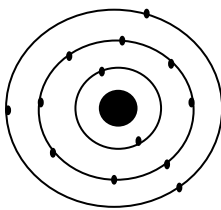
Pour la couche K (1^{ère} couche) $2 \times 1^2 = 2$.

Pour la couche L (2^{ème} couche) $2 \times 2^2 = 8$.

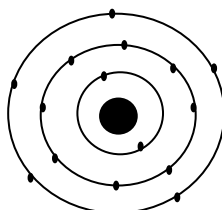
Pour la couche M (3^{ème} couche) $2 \times 3^2 = 18$.

Pour la N^{ème} couche $2 \times N^2$

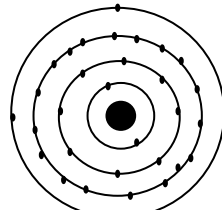
EX : Al : Z=13 Ph : Z=15 Ge : Z=32



AL (conducteur)



Ph (Isolant)



Ge (semi conducteur)

IV. ION POSITIF / ION NEGATIF :

- L'ionisation c'est une perte ou gain d'un ou plusieurs électrons, l'atome se charge :
 - ♦ Positivement s'il perd un ou plusieurs électrons (ion positif).
 - ♦ Négativement s'il gagne un ou plusieurs électrons (ion négatif)

V. LIAISON INTERATOMIQUE :

- Les atomes existent à l'état excité, en générale ils s'associent entre eux pour définir deux modes généraux de liaison interatomique.

Pour tous les atomes de la classification atomique, on distingue deux sortes de liaison :

- ✓ La liaison covalente.
- ✓ La liaison ionique.

- Lorsque l'association se fait entre deux atomes de même nature, l'élément obtenu est appelé corps simple. (H₂, O₂)

- Lorsque l'association se fait entre deux atomes de nature différente, l'élément obtenu est appelé corps composé (H₂O CO₂).

STRUCTURE ELECTRIQUE DES SOLIDES CONDUCTEURS ET ISOLANTS

I. CONDUCTION DANS LES SOLIDES :

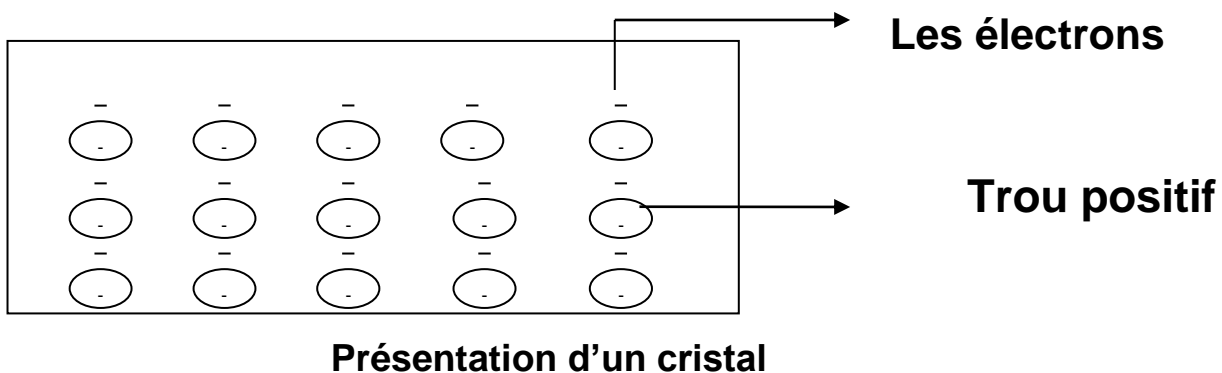
Le phénomène de conduction a lieu, lorsque des électrons libres sont disponibles pour porter une charge sous l'action d'un champ.

Les solides varient selon le type, le nombre de porteurs de charge disponible et selon la capacité avec laquelle les porteurs se déplacent sous l'action d'un champ appliqué.

- a. **Les isolants** : On dit isolant lorsqu' il n'y a pas de porteurs de charge.
- b. **Les conducteurs** : Ils possèdent un grand nombre de porteurs de charge.
- c. **Les semi-conducteurs** : Ils possèdent une conductivité intermédiaire entre les isolants et les conducteurs.

II. CONDUCTION DANS LES METAUX :

Dans un métal tel que le cuivre (Cu), l'argent (Ag), les atomes sont arrangés d'une manière symétrique pour former un cristal, les électrons des couches externes sont attirés par les atomes voisins et par conséquent ils ne sont associés à aucun noyau, ces électrons sont considérés comme libre pour se déplacer à l'intérieur du cristal.



III. MISE EN EVIDENCE DU COURANT ELECTRIQUE :

Expérience fondamentale: soit A et B les bornes d'une source d'électricité G, C et D Celles d'une lampe à incandescence L, E et F deux tiges de fer ou de Nickel qui traversent le fond d'une cuve K, I et J les extrémités d'une tige de cuivre placée parallèlement à l'aiguille NS d'une boussole et au-dessus d'elle, Met P les bornes d'un interrupteur, des fils métalliques réunissent B et C, D et E, Fet I, Jet M, Pet A (fig3) .

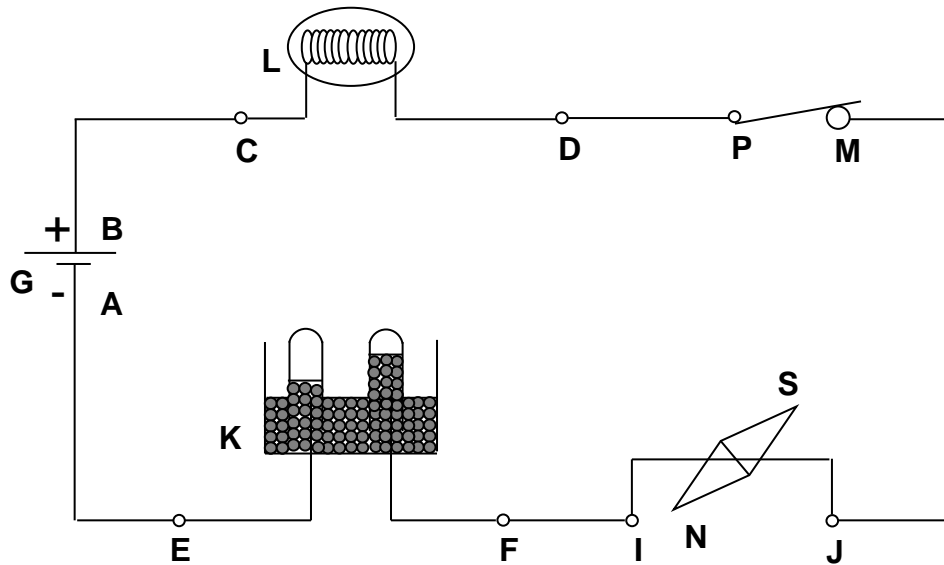


Fig.3

Si l'on met dans la cuve K de l'eau pure, on n'observe aucun phénomène. Mais si l'on remplace cette eau par une solution de soude, on constate les effets suivants :

1. le filament de la lampe est porté à l'incandescence, il s'y produit donc un dégagement de chaleur.
2. Il se dégage des gaz sur E et F ; il est facile de les recueillir en recouvrant E et F de tubes à essais remplis de solution de soude ; on recueille sur F de l'oxygène, sur E de l'hydrogène celui-ci en volume double du premier. De l'eau a été décomposée, on dit qu'il y a eu électrolyse.
3. l'aiguille de la boussole dévie : c'est ce que l'on appelle effet magnétique on interprète cette expérience en disant que les conducteurs sont parcourus par un courant électrique.

Le passage du courant se manifeste par trois effets :

- un effet CALORIFIQUE (ou effet Joule)
- un effet CHIMIQUE (ou électrolyte)
- un effet MAGNETIQUE

IV. POURQUOI LE COURANT ELECTRIQUE :

On a vu qu'il existe deux sortes de corps. Ceux qui laissent passer le courant (les conducteurs) et ceux qui ne le laissent pas passer (les isolants).

Dans les isolants tous les électrons sont liés à un atome déterminé, par contre dans les conducteurs certains électrons sont liés mais d'autre ne dépendent pas d'un atome en particulier, on dit qu'ils sont libres.

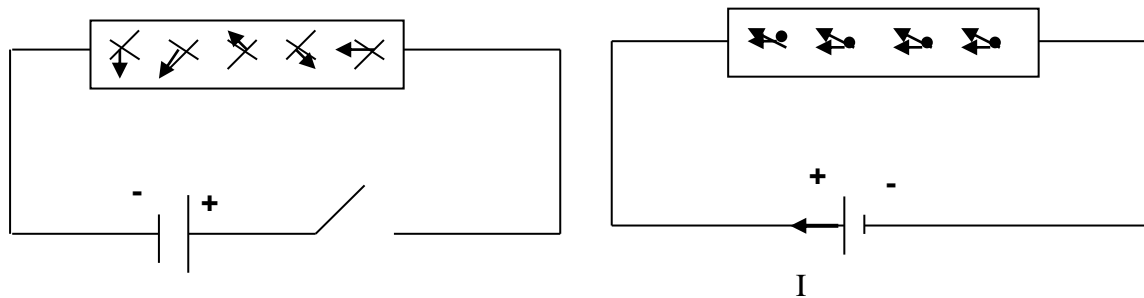
En l'absence de source d'électricité les électrons libres se déplacent au hasard entre les noyaux comme du gaz dans l'air.

Si on applique une source d'électricité telle qu'un générateur, les électrons libres se déplacent tous dans le même sens. En effet le générateur agit de la même manière que si l'on mettait une forte charge positive d'un côté et une forte charge négative de l'autre, ces côtés s'appellent respectivement pôle positif et pôle négatif du générateur.

Le générateur joue le rôle d'une pompe : il « aspire » les électrons par son pôle + et les « refoule » par son pôle - . Les électrons libres sont chargés négativement, ils sont donc attirés par le pôle + du générateur.

Ce mouvement d'ensemble de charges constitue le courant électrique dans un conducteur métallique.

ELECTRON LIBRE



- **Remarque :** Le sens conventionnel du courant est du (+) vers (-)

À l'extérieur du générateur

V. QUANTITE D'ELECTRICITE ; INTENSITE :

Analogie avec l'hydraulique : on sait que le débit d'un robinet est par exemple la quantité d'eau qui s'écoule en une seconde.

On peut donc écrire : **Débit d'eau = Quantité d'eau / temps**

Alors on peut définir un débit d'électrons qui sera égal au nombre d'électrons passés devant l'observateur, divisé par la durée du comptage,

Soit : **Débit d'électrons = quantité d'électrons / temps**

Le débit d'électrons est ce qu'on appelle **l'intensité du courant** noté **I**

La relation qui lie **Q**, **I** et **t** est **$Q = I \cdot t$**

Q s'exprime en coulombs (C) si **t** est exprimé en (s)

Q s'exprime en ampères heures (AH) si **t** est exprimé en heures (h)

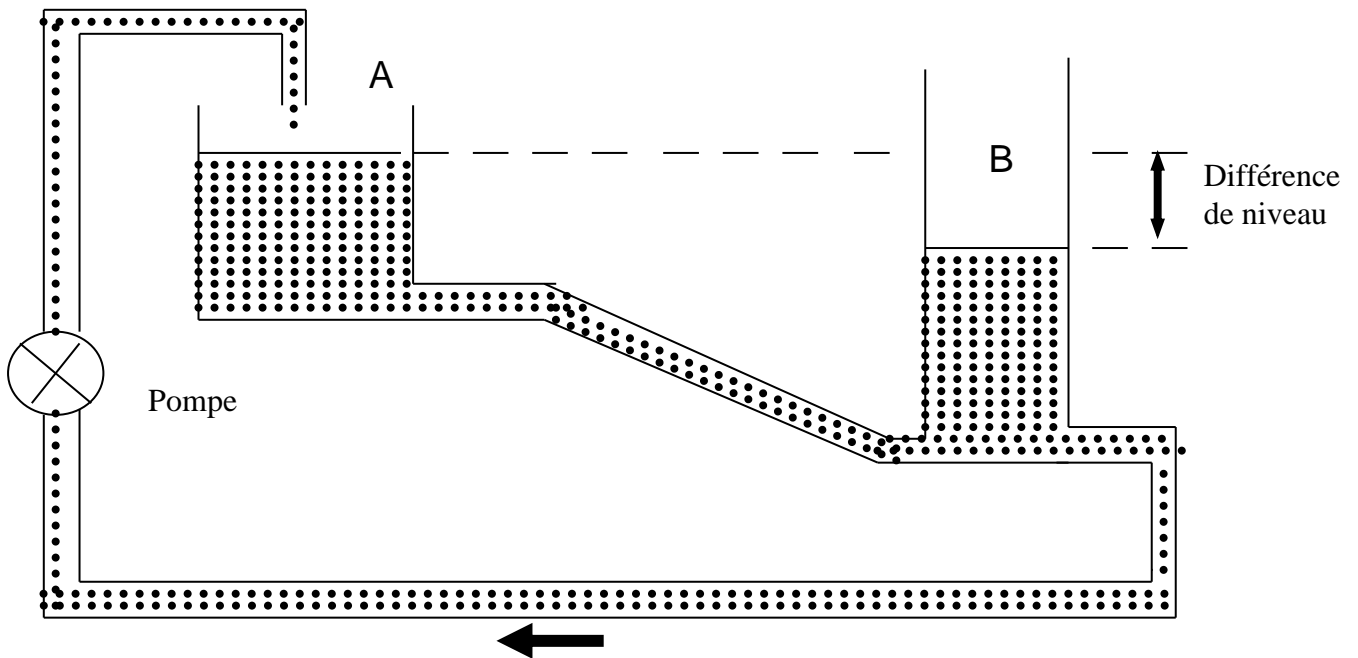
I est toujours exprimé en ampère (A)

VI. DIFFERENCE DE POTENTIEL :

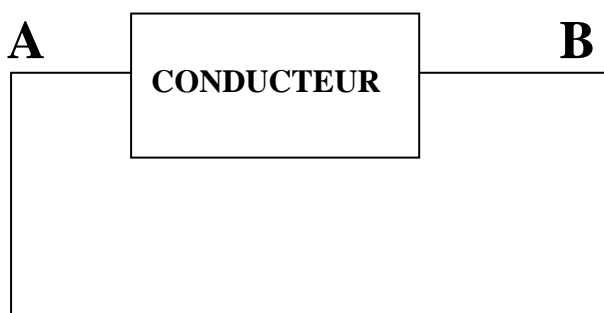
- Nous avons déjà vu que pour pouvoir faire « circuler » un courant dans un conducteur, il faut un générateur dont le pôle (+) attire les électrons et le pôle (-) les repousse. Ceci revient à établir une différence de potentiel (D.D.P) aux bornes du conducteur.

a- Circuit hydraulique :

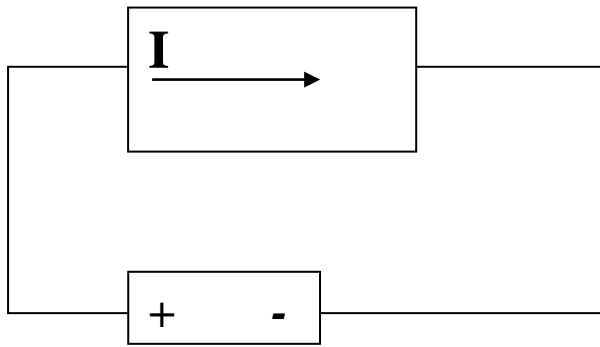
Comme il n'y a pas de différence de niveau entre A et B il n'y a pas d'écoulement d'eau entre les bacs par le tuyau les reliant



Pour entretenir la différence de niveau, il faut pomper l'eau de B pour le refouler en A

b- Analogie entre circuits hydraulique et électrique :

Pas de différence de potentiel entre A et B, donc pas de courant électrique traversant le conducteur.



Si on branche un générateur, la différence de potentiel et le courant restent constants.

c- D.D.P-Tension-Potentiel :

La principale caractéristique d'un générateur est la D.D.P qu'il crée entre sa borne + et sa borne -. La D.D.P se note par la lettre U et si on parle de D.D.P entre A et B on écrit :

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

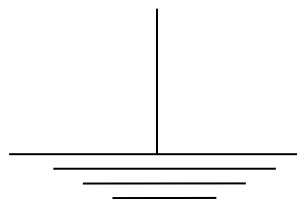
$$U_{AB} = - U_{BA}$$

Remarque : Convention d'orientation d'une D.D.P

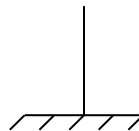
SI en écrit	cela signifie
	$U_{TS} = U_T - U_S$

d- Masse et mise à la terre :

Symbole de Masse



Symbole de Terre



LES LOIS FONDAMENTALES

I) LOI D'OHM

A) RESISTANCE D'UN CONDUCTEUR :

1) DEFINITION :

Si l'on branche successivement de divers conducteurs à un générateur on constate le passage du courant d'intensité différente, , les conducteurs offre des résistances différent au passage de courant .

La résistance du conducteur dans ce cas est définie par :

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad ; \quad \begin{array}{l} L = \text{la longueur} \\ S = \text{la section} \\ \rho = \text{la résistivité} \end{array}$$

Pour le cuivre ρ est egal $1,5.10^{-8} \Omega m$

2) VARIATION AVEC LA TEMPERATURE

L'études de la résistivité est liée à variation de la température à l'l laquelle se trouve le métal .

$$\rho = \rho_0 (1 + a \theta)$$

ρ_0 = la résistivité en $t = 0c^{\circ}$; θ est la température en $0c^{\circ}$.

a = le coefficient du métal .

3) DEFINITION LEGAL D'Ohm:

L'ohm est la résistance électrique qui existe entre deux point d'un fil conducteur lorsque une DDP constante de 1V applique entre ces bornes et qui produit un courant de 1 A

$$U = R . I$$

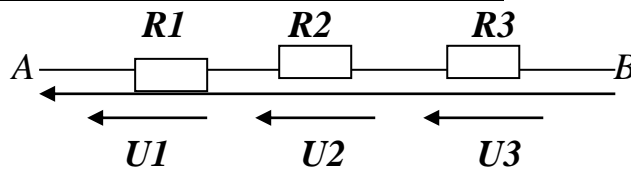
B) LOI D'Ohm:

1) Enonce de la DDP au borne d'une Résistance :

La DDP au borne d'un conducteur purement Résistant est proportionnel à l'intensité du courant qu'il traverse.

$$U_{AB} = RI$$

2) Association des résistances en série :

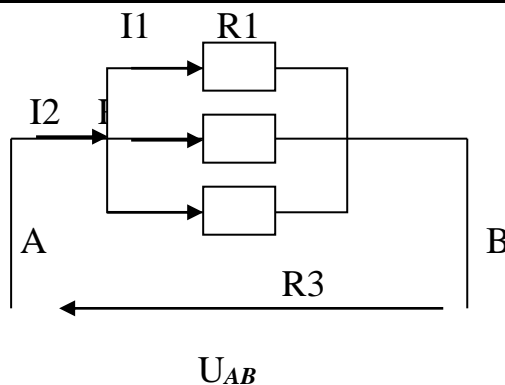


$$U_{AB} = u_1 + u_2 + u_3 \quad U_{AB} = R_1 I + R_2 I + R_3 I$$

$$U_{AB} = I (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$U_{AB} = R_{eq} I = (R_1 + R_2 + R_3) I$$

3) Association des Résistances en parallèle :



$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

$$i = U_{AB}/R_{eq} = U_{AB}/R_1 + U_{AB}/R_2 + U_{AB}/R_3$$

$$\text{Donc } \Rightarrow 1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

- ***LOI DE JOULE :***

Tout conducteur traversé par le courant se chauffe, si l'on détermine la quantité de chaleur ainsi dégagée par le conducteur on la trouve proportionnelle.

- A la Résistance des conducteurs
- Au Carré de l'intensité
- Au temps des passages du courant.

$$W_j = R_{\Omega} I_A^2 t \text{ s}$$

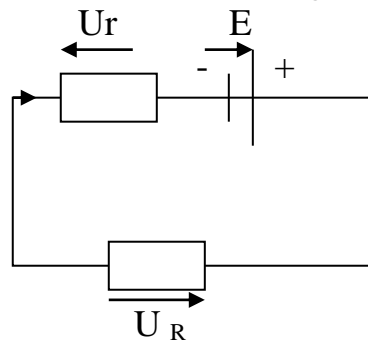
I. **PUISSANCE DESSIPÉ PAR EFFET JOULE :**

C'est la puissance thermique déssipé par un Conducteur, la puissance étant définie par le rapport du travail sur le temps qui dure se travail.

$$P = RI^2 = W/t = RI^2 t/t = U.I$$

II. **GENERATEUR :**

C'est un appareil qui transforme de l'énergie chimique ou mécanique en 'énergie électrique. On caractérise un générateur par sa puissance électrique.



$$U_r + U_R - E = 0$$

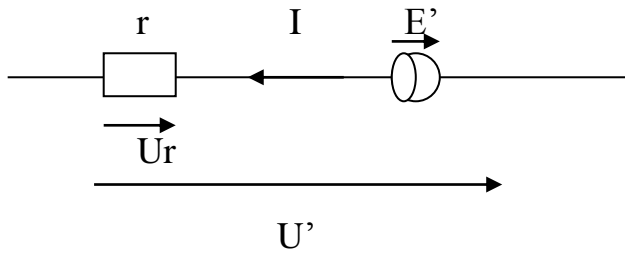
$$U_R = E - U_r, \text{ et } U_r = r.I$$

$$\text{Donc } U_R = E - rI$$

III. **RECEPTEUR :**

Il transforme l'énergie électrique en autre forme d'énergie la puissance total qu'il va consommer étant alimenter sous une tension U' et un courant I sera de :

$$P = U' I$$



$$U' = U_r + E'$$

$$U' = r_i + E'$$

II. LOIS DE KIRCHHOF:

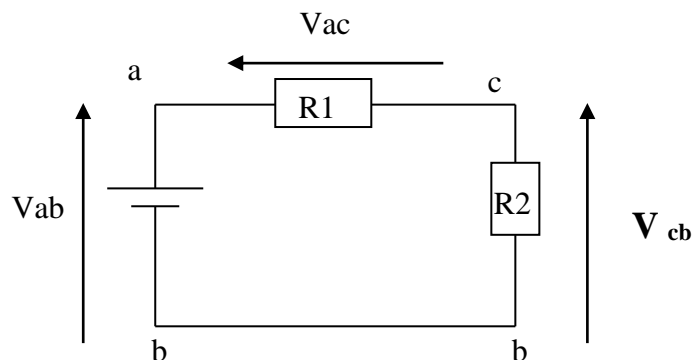
Lorsque les lois simples de l'électrotechnique (loi d'ohm et loi d'ohm pour un générateur etc.) ne sont pas applicables directement pour déterminer un inconnu dans un circuit il est possible d'arriver au résultat en déterminant une équation ou des équations de ce circuit, dont les lois de KIRCHHOF sont les outils.

II.1. LOI DES MAILLES :

Enoncé : la somme algébrique des DDP instantanées rencontrées en parcourant une maille est nulle.

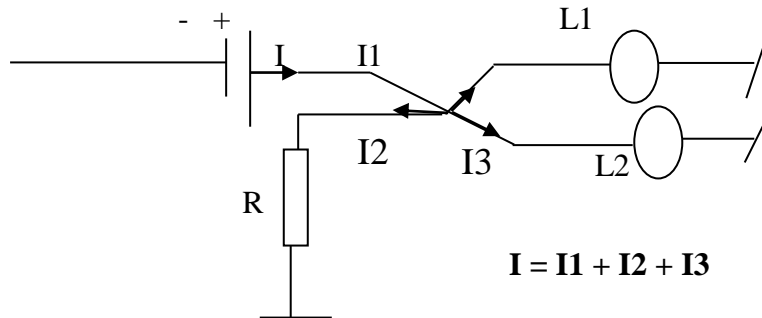
Exemple :

$$U_{ab} - U_{ac} - U_{cb} = 0$$

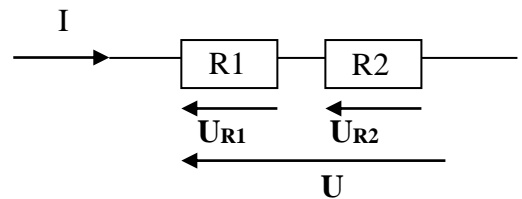
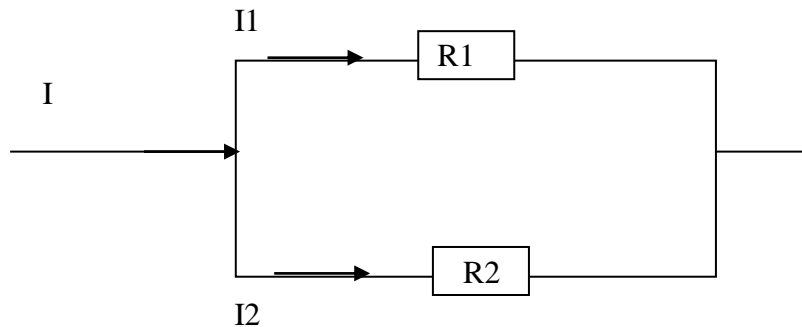


II.2. LOI DES NŒUDS :

La somme algébrique des courants qui arrivent à un Nœud est nulle.

**II.3. DIVISEUR DE TENSION:**

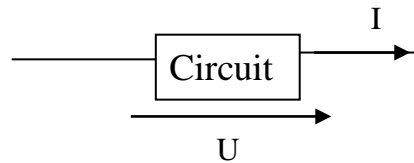
$$U_{R1} = R_1 U / R_1 + R_2 \quad \text{et} \quad U_{R2} = R_2 U / R_1 + R_2$$

**II.4. DIVISEUR DE COURANT:**

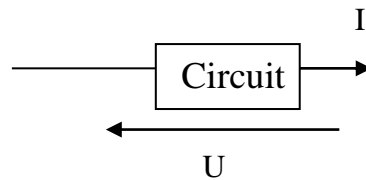
$$I_1 = R_2 I / R_1 + R_2 \quad , \quad I_2 = R_1 I / R_1 + R_2$$

III. CONVENTION D'ORIENTATION DU COURANT ET DU TENSION DANS UN CIRCUIT ELECTRIQUE :

Dans un circuit générateur : on Identifie le circuit en fléchant la DDP à ses bornes et le courant qui le traverse dans le même sens.



Dans un circuit récepteur : on Identifie le circuit en fléchant la DDP à ses bornes et le courant qui le traverse avec sens opposés.

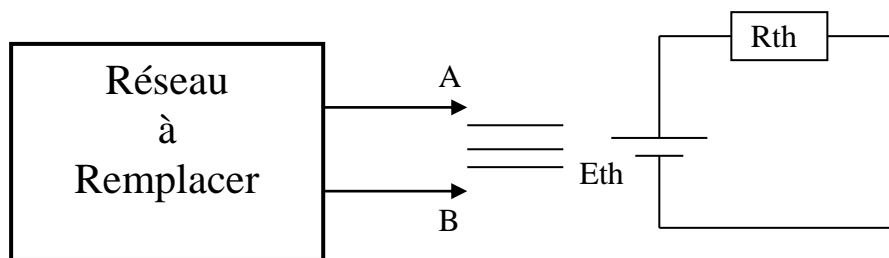


THEOREMES FONDAMENTAUX

I. THEOREME DE THEVENIN :

1/- **Enoncé** : tout dipôle AB peut être remplacé par un générateur équivalent (Thévenin) caractérisé par :

- Sa Force Electromotrice est égale à la DDP entre A et B le dipôle étant en circuit ouvert.
- Sa Résistance interne égale à la Req des réseaux caractérisés par A et B, les sources de tension étant remplacées par des court-circuits, et les sources de courant par des circuits ouverts.



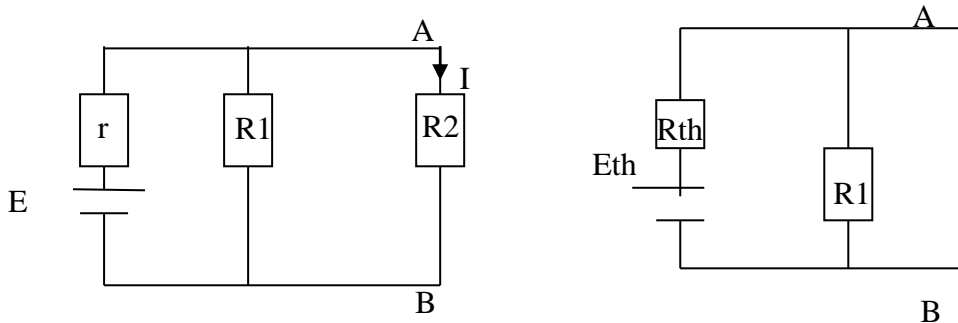
2/- Exemple :

Soit le circuit dont lequel nous cherchons le courant I qui traverse la branche AB.

On supprime la branche en question on obtient le circuit (2)

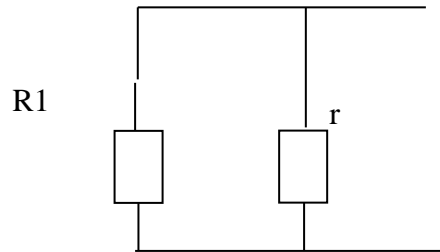
$$\text{Donc : } U_{AB} = U_{th}$$

$$U_{AB} = U_{th} = (R_1 / r + R_1) E$$



r

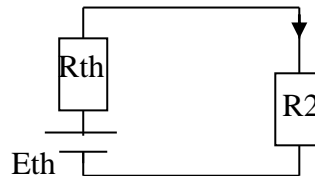
On calcule R_{th} , (résistance de Thévenin du dipôle) . On court-circuite le générateur E.



$$R_{th} = R_1 r / (R_1 + r)$$

Pour calculer le courant de la branche AB (le circuit équivalent de Thévenin).

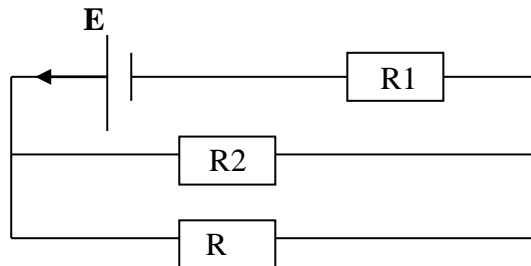
$$I = E_{th} / (R_{th} + R_2)$$



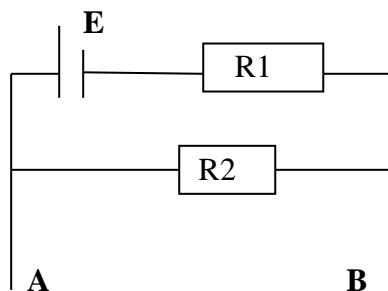
Exercice :

Soit le circuit $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R = 2/3\Omega$, $E = 12V$

Déterminer la tension U_{th} et R_{th} et le courant qui circule dans la résistance R

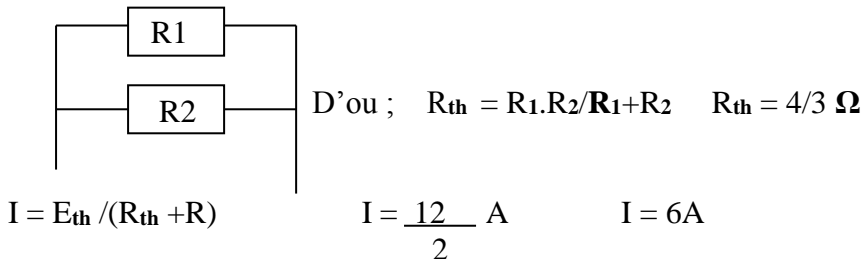


On détermine U_{th}



$$U_{th} = \frac{R_2 E}{R_1 + R_2} \quad U_{th} = \frac{2}{2+4} \times 12 = 4V$$

On détermine R_{th} on court-circuite le générateur de tension on obtient :

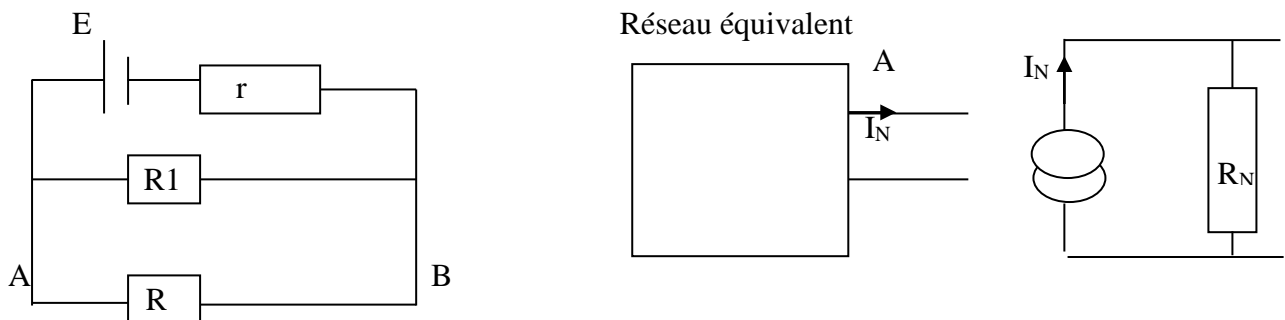


II. THEOREME DE NORTON :

Enoncé : Tout dipôle AB peut être remplacé par un générateur de courant caractérisé par :

- Son intensité I égale au courant circulant dans la branche AB, (A et B étant relié par un court-circuit)
- Sa résistance interne R_N égale à la résistance équivalente du réseau considéré, les sources de tension étant remplacées par des courts – circuits et les sources de courant étant remplacées par des circuits ouverts :

Exemple :



Déterminer le courant qui circule dans la résistance R

Pour calculer le courant I_N du générateur de Norton on court-circuite la charge.

$$I_N = E / r + (R_1 // 0) \\ = E / r$$

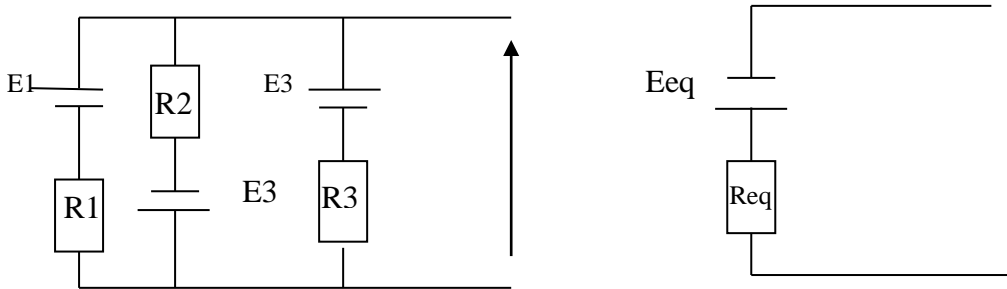
On calcule la résistance équivalente de la même façon que la résistance de Thévenin

$$R_N = R_{th} = R_1 r / (R_1 + r)$$

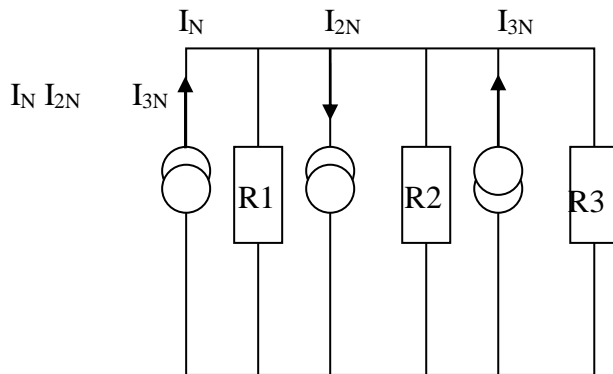
Pour calculer le courant $I_R = (R_N / R_N + R) \cdot I_N$

III. Théorème de MILLMAN:

Soit le circuit suivant comprenant plusieurs circuits en parallèle chacun d'eux comporte son propre générateur et sa résistance.



Le générateur E étant en circuit ouvert, le courant I est nul donc $I_1 + I_2 + I_3 = 0$, transformant chaque générateur en générateur de northon.



$$I_N = E_1/R_1 ; I_{2N} = E_2/R_2 , I_{3N} = E_3/R_3$$

$$I_t = I_{1N} - I_{2N} + I_{3N}$$

$$R_{eq} = R_n = R_1 // R_2 // R_3$$

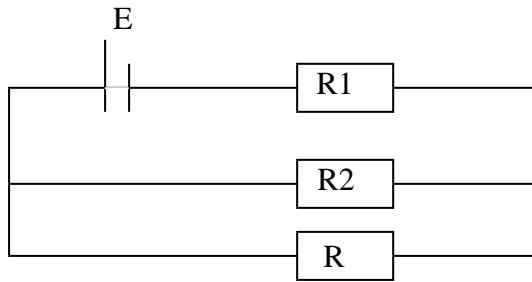
$$R_{eq} = R_1.R_2.R_3 / R_1.R_2 + R_1.R_3 + R_2.R_3 \quad I_t = E_1 / R_1 - E_2 / R_2 + E_3 / R_3$$

donc : $E = I_t . R_{eq}$

Donc $E = (E_1 / R_1 - E_2 / R_2 + E_3 / R_3) \times (1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3)$

EXERCICE :

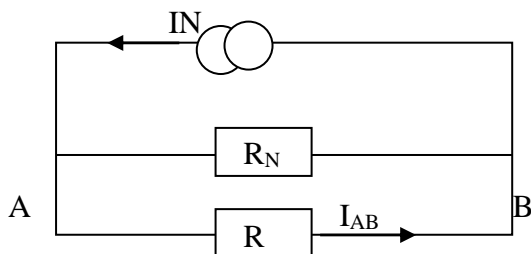
Soit le circuit suivant : Déterminer le courant qui traverse la résistance R



$$\begin{aligned} E &= 12V \\ R &= 2/3 \Omega \\ R_2 &= 4 \Omega \\ R_1 &= 2 \Omega \end{aligned}$$

NORTHON $E = R_1 \cdot I_N$ $I_N = E / R_1 = 6A$
 $R_N = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2) = 4/3 \Omega$

Schéma :



$$\begin{aligned} I_{AB} &= (R_N / (R + R_N)) \cdot I_N = (4/3 \times 1/2) \times 6 \\ I_A &= 2/3 \times 6 = 4A \end{aligned}$$

ELECTROMAGNETISME

I. CHAMPS MAGNETIQUE :

1/ Définition :

On appelle champ magnétique toute région de l'espace où l'aiguille aimantée est soumise à une action directe.

Une aiguille aimantée éloignée de toute substance magnétique prend toujours la même direction, ceci met en évidence le champ magnétique terrestre.

2/ Vecteur induction magnétique :

Le champ magnétique en un point est caractérisé par le vecteur d'induction magnétique $\vec{\beta}$ en ce point ; c'est la force qui exercerait sur une masse magnétique en ce point par conséquent une masse magnétique est soumise à une force \vec{F} :

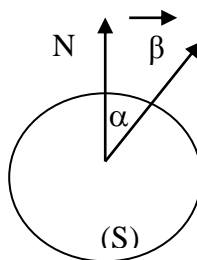
$$\vec{F} = m \vec{\beta}$$

L'Unité d'induction est (*TESLA* « *T* »)

3. Flux –magnétique –d'induction :

Considérons une surface pleine d'air (S) placée dans un champ magnétique uniforme. (l'induction $\vec{\beta}$ a la même valeur et le même sens en tout point de la surface s).

Soit α l'angle formé par la normale à la surface



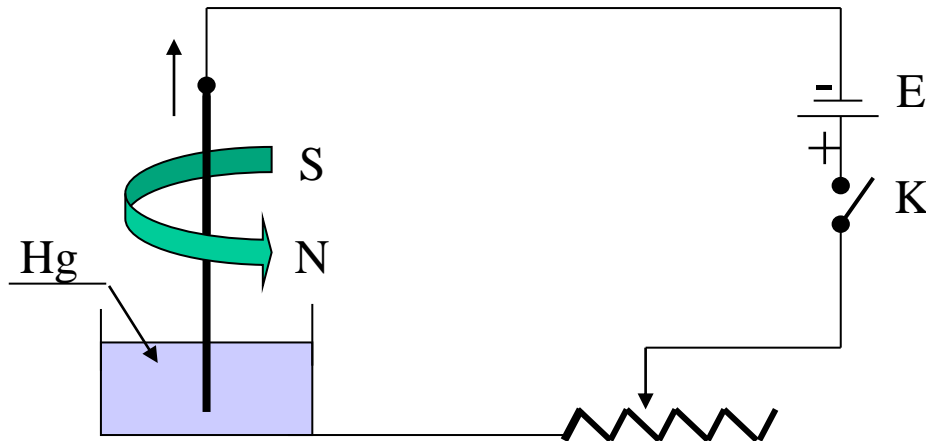
Par définition on appelle le flux d'induction Magnétique à travers la surface (S) la quantité $\Phi = \beta \cdot S \cdot \cos \alpha$

L'unité de flux d'induction est le *Weber* (Wb)

II. ACTION D'UNE INDUCTION MAGNETIQUE SUR UN COURANT

1/- MISE EN EVIDENCE :

Soit une tige conductrice soumise librement dont l'extrémité inférieure plongée dans un bac de mercure un aimant placer horizontalement à cheval sur le fil.



- Lorsque on ferme K la tige se déploie vers la gauche.
- Si on change le sens du courant (en inversant la polarisation du générateur) la tige dévie sur la droite ; De même si on inverse le sens des pôles de l'aimant, le sens de la tige déploie inversement plus au moins proportionnellement.
- Si on augmente ou on diminue l'intensité du courant la tige dévie(+) ou (-) proportionnellement au courant.

2/- Règle d'ampère :

D'après des observations précédentes on déduit que la force électromagnétique exercé par un champ d'induction $\vec{\beta}$ sur un courant rectiligne dirige vers la gauche d'un observateur d'ampère placé sur le conducteur ; le courant lui entrant par les pieds regardant dans le sens d'induction magnétique $\vec{\beta}$.

3/- La loi de la place :

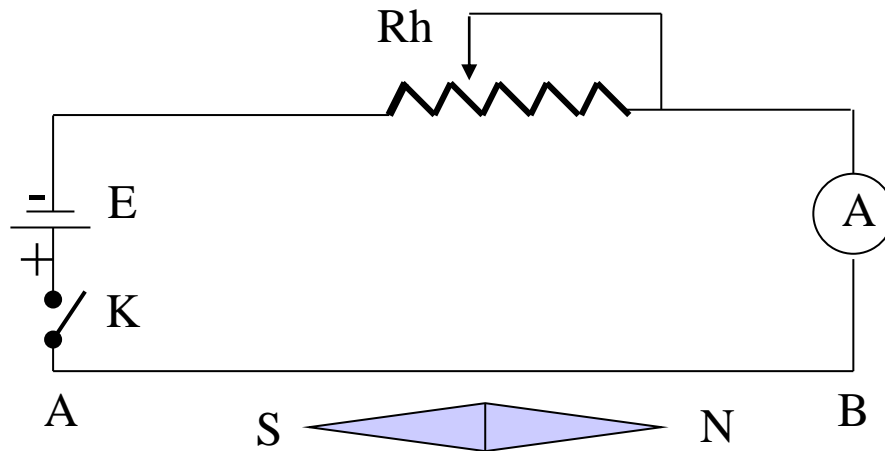
Des mesures précises ont permis d'établir que la force électromagnétique est proportionnelle.

- l'intensité du courant I
- la longueur L du conducteur
- l'inductance magnétique B
- Au sin α de l'induction avec le courant

$$F = iLB \sin \alpha$$

III. CHAMP MAGNETIQUE CREE PAR UN COURANT :

L'aiguille aimantée est initialement en équilibre dans le champ magnétique terrestre le conducteur AB lui est parallèle.



Lorsqu'on ferme K un courant circule dans le conducteur on constate une déviation de l'aiguille aimantée vers l'ouest.

Si on inverse la polarité (\pm) de la source, le courant circule dans le sens inverse, l'aiguille aimantée dévie du même angle vers l'Est.

Si le courant varie en intensité à l'aide d'un rhéostat l'amplitude de déviation varie proportionnellement.

IV. INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE :

Soit un solénoïde relié à un galvanomètre très sensible, approchant le pôle Nord d'un barreau aimanté on constate l'apparition d'un courant qui dure tant que l'aimant se déplace et cesse lorsque l'aimant s'arrête.

Lorsque on retire le barreau aimanté, le sens du courant s'inverse, le même phénomène se produit en sens inverse ce courant est appelé « courant induit » c'est le courant qui prend naissance dans la bobine.

V. LOI D'INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE :

1/- LOI DE FARADY

Toute variation de flux à travers un circuit fermé, entraîne la naissance d'un courant induit.

2/- LOI DE LENZ

Le sens du courant induit est tel que le flux induit qu'il produit tend à s'opposer à la variation de flux qui lui a donné naissance.

3/- FORCE ELECTROMOTRICE :

On appelle force électromotrice d'induction, la force électromotrice d'un générateur sans résistance interne, qui produit dans le circuit un courant qui est égale au courant induit.

La force électromotrice $E = \Delta \Phi / \Delta t$

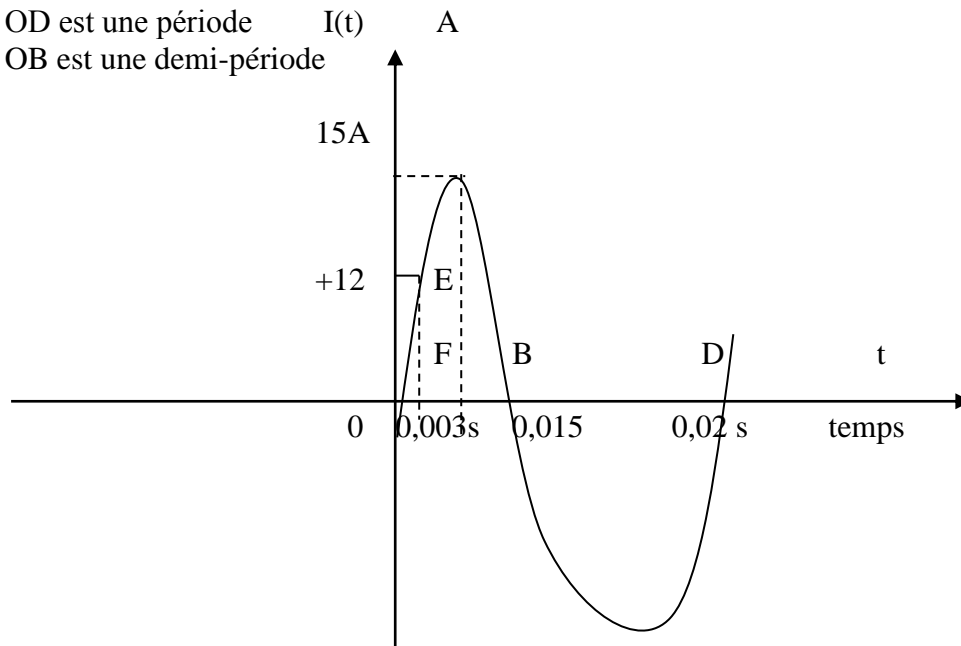
LE COURANT ALTERNATIF

I. ETUDE DE LA COURBE REPRESENTANT UN COURANT SINUSOIDAL :

La courbe suivante représente les variations de l'intensité d'un courant alternatif en fonction du temps.

- sur l'axe (ot) sont représentées les durées de passage du courant évaluées en secondes (s) et comptées à partir d'un instant initial correspondant au point O.

- OD est une période
- OB est une demi-période



- sur l'axe $i(t)$ sont représentées les intensités atteintes par le courant à divers instants :
 - A l'instant $t=0$, le courant est nul.
 - Il croît à un instant déterminé, par exemple au bout de 0,003s son intensité représentée par EF atteint une valeur de 12 A, c'est l'intensité instantanée $i(t)$ à l'instant $t = 0,003s$
 - L'intensité continue à croître jusqu'à une valeur max de 15 A correspondant à un quart de période c'est l'intensité I_{MAX} du courant alternatif
 - Ensuite l'intensité décroît, et s'annule à la demi-période, change de signe, passe par la valeur -15A pour changer de nouveau de sens jusqu'à la fin de la période et ainsi de suite.

II. REPRESENTATION PAR UNE FORMULE MATHEMATIQUE :

On peut chercher l'expression mathématique dans la courbe et la représentation graphique on obtient une formule de la grandeur $i(t)$ en fonction sinusoïdale du temps

$$I(t) = I_m \sin (Wt+\varphi)$$

Définition :

Le courant alternatif est un courant sinusoïdal dont l'intensité du courant s'exprime en fonction du temps. (I_m ; ω ; ϕ sont des constantes).

a) Amplitude :

I_m s'appelle l'intensité maximale en amplitude et s'exprime en Ampère
 $\sin(\omega t + \phi)$ Varie entre (-1) et (1) donc l'intensité $i(t)$ varie entre I_m et $-I_m$

b) Pulsation :

ω s'appelle pulsation du courant sinusoïdal et s'exprime en rad/s

c) Phase :

ϕ est la phase à l'origine du temps à $t = 0$

d) L'intensité efficace :

L'intensité efficace d'un courant alternatif se définit comme suit :

$$I_{\text{eff}} = I_m / \sqrt{2}$$

e) Période :

T est la durée au bout de laquelle le courant se reproduit identique à lui-même et s'exprime en seconde

f) Fréquence :

f est le nombre de périodes en seconde elle s'exprime en Hertz

$$f = 1 / T$$

g) Relation entre f, ω , T :

$$\omega = 2\pi f = 2\pi / T$$

EXEMPLE :

Soit l'expression de l'intensité du courant en fonction du temps $i(t) = 2 \sin(100 \pi t)$

1- Quelle est la nature de ce courant ; Déterminer I_m ; I_{eff} et la pulsation du courant $i(t)$

2- Donner la période T ?

SOLUTION

- 1) D'après l'équation $i(t) = 2 \sin(100\pi)$; le courant est de nature sinusoïdal variable en fonction du temps, d'où c'est un courant alternatif.

$$I_m = 2A$$

$$I_{2ff} = I_m / \sqrt{2} = \sqrt{2} A = 1.44 A$$

$$W = 100\pi = 2\pi f \quad f = 100/2 = 50 \text{ Hz}$$

2) $T = 1/f = 1/50 \quad T = 20 \text{ ms}$

III. LOI D'Ohm EN COURANT ALTERNATIF :

- a) Résistance :

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \ell)$$

Donc :

$$U_t = R i(t)$$

Si le courant est de la forme $i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi)$ l'équation donne une expression de tension $U(t) = R i(t) = R I_m \sin(\omega t + \varphi)$ cette fonction admis pour amplitude $V_m = R I_m$ pour déphasage $\varphi = 0$ puisque les phases des tensions et des courant sont identique on peut dire que le courant et la tension sont en phase

$i(t)$

$U(t)$

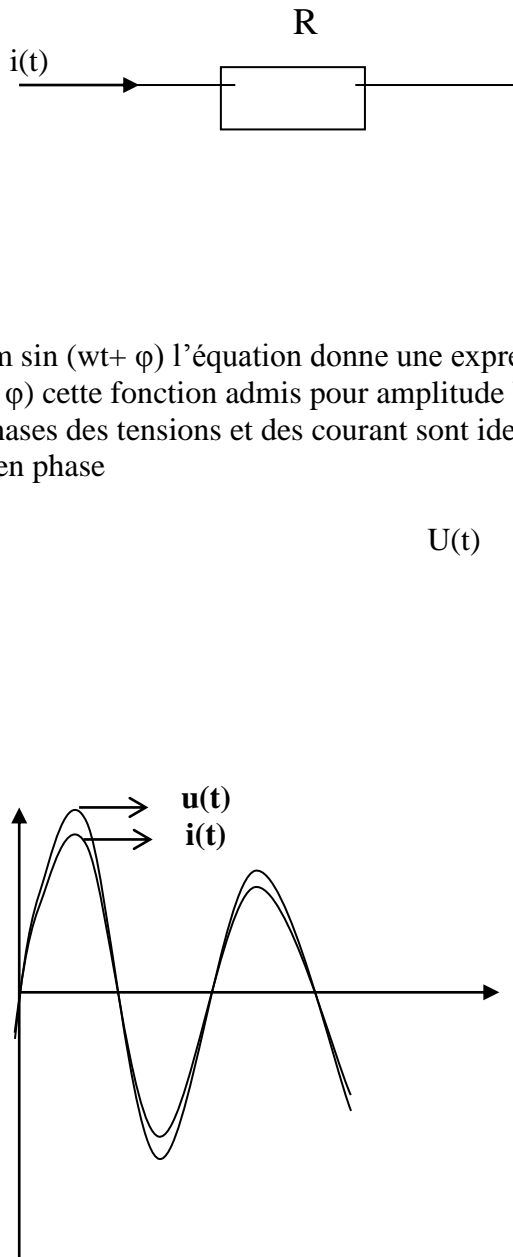
NOTA : Dans une résistance

$$i(t) = I_n \sin \omega t$$

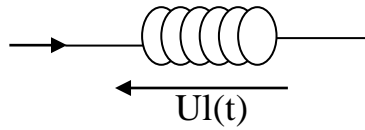
$$u(t) = R I_m \sin \omega t$$

$$u(t) = u_m \sin(\omega t + \varphi)$$

$$u_m = R I_m$$



b) **Inductance pure** :



Le potentiel aux bornes de l'inductance est

$$V_l(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

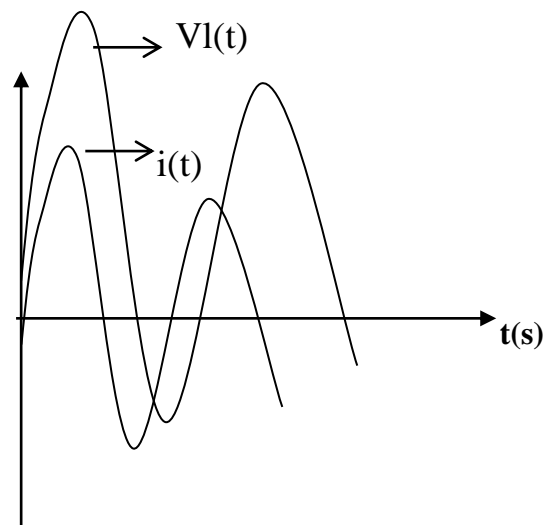
Le courant est de la forme $i(t) = I_m \sin \omega t$; l'expression de la tension $V_l(t) = L \frac{di(t)}{dt}$

Le courant est de la forme $i(t) = I_m \sin \omega t$ l'expression de la tension $V(t)$ est égale : $V_l(t) = L \frac{di(t)}{dt} \longrightarrow V_l(t) = L \frac{d(I_m \sin \omega t)}{dt}$

$$V_m \sin(\omega t + \varphi) = L \omega I_m \sin(\omega t + \pi/2)$$

$$V_m = L I_m \omega \quad \text{et} \quad \varphi = \pi/2$$

On dit que la tension $V_l(t)$ est en avance de $\pi/2$ par rapport $i(t)$



C/ CAPACITE PURE :

$$Q = C.U$$

$$\left\{ \begin{array}{l} i(t)dt = c dU_c(t) \text{ et } dU_c(t) = 1/c i(t)dt \\ \int dU_c(t)dt = 1/C \int i(t)dt \\ \int dU_c(t)dt = \frac{I_m}{\omega C} \sin(\omega t - \pi/2) \\ U_{C\max} = I_m / \omega C \end{array} \right.$$

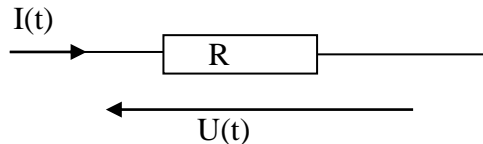
On dit que la tension est en retard de $\pi/2$ par rapport le courant dans une capacité pure

LES CIRCUITS EN ALTERNATIF

I. CIRCUIT COMPRENANT UNE RESISTANCE :

La loi d'Ohm s'applique normalement à la borne d'une résistance.

La ddp au borne de la résistance est en phase avec le courant qui la traverse.

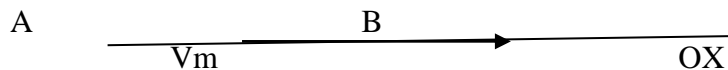


$$\begin{cases} i(t) = I_m \sin \omega t \\ v(t) = R I_m \sin \omega t \\ V_m = I_m R \end{cases}$$

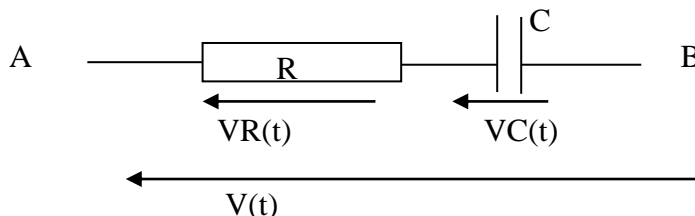
II. REPRESENTATION DE FRESNEL :

La représentation de FRESNEL est utilisée pour représenter simultanément plusieurs grandeurs.

Exemple : tension existant aux différents points. Il est praticable de choisir l'origine des phases telle que la phase $\varphi=0$ on dit alors qu'on prend cette grandeur comme origine des phases.



III. CIRCUIT COMPRENANT UNE CAPACITE ET UNE RESISTANCE EN SERIE :



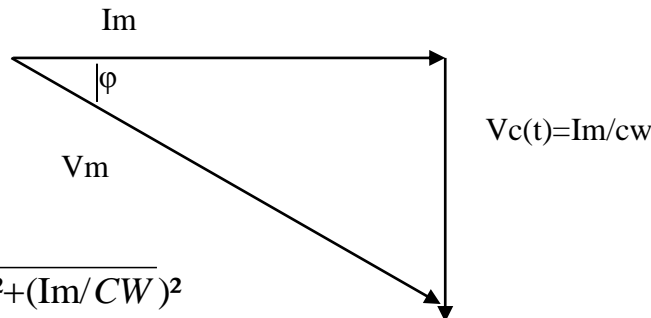
La tension existante aux bornes du circuit AB est la somme vectorielle des tensions existantes aux bornes des différents composants. En effet la tension existante est en retard de $\pi/2$ par rapport à l'intensité qui traverse le circuit.

$$V(t) = V_m \sin (wt + \varphi)$$

$$V_R(t) = R I_m \sin(wt)$$

$$V_C(t) = 1/C \int i(t) dt \longrightarrow V_C(t) = I_m / \omega C \sin (wt - \pi/2)$$

La représentation de FRESNEL permet de réaliser graphiquement la somme des tensions existant dans le circuit



$$V_m^2 = V_R^2 + V_C^2$$

$$V_m = \sqrt{(R I_m)^2 + (I_m / \omega C)^2}$$

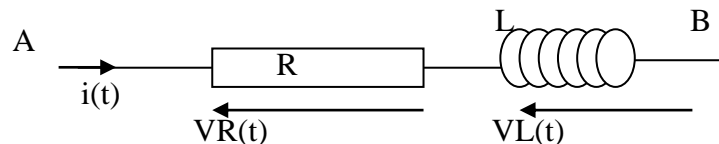
$$V_m = I_m \sqrt{R^2 + (1 / \omega C)^2}$$

$$Z = V_m / I_m = \sqrt{R^2 + (1 / \omega C)^2}$$

$$\tan \varphi = 1 / \omega R C$$

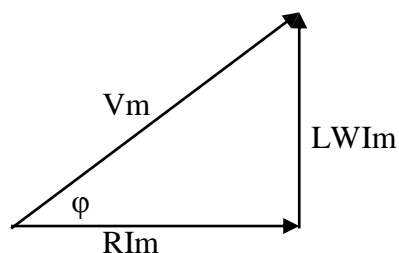
IV. CIRCUIT COMPRENANT UNE RESISTANCE ET UNE BOBINE EN SERIE :

Soit le circuit :



$$\begin{cases} V(t) = V_R(t) + V_L(t) \\ V_m \sin(wt + \varphi) = R I_m \sin wt + L \omega I_m \sin(wt + \pi/2) \end{cases}$$

La représentation de FRESNEL permet d'effectuer la somme vectorielle des tensions

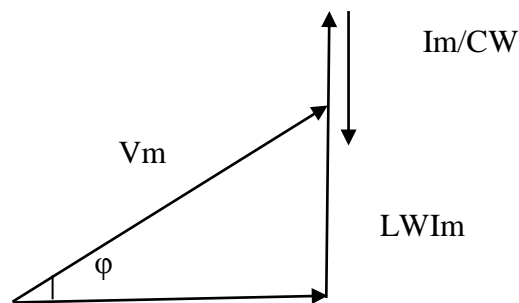


$$\left\{ \begin{array}{l} V_m^2 = (RI_m)^2 + (L\omega I_m)^2 \\ V_m^2 = I_m^2 (R^2 + (L\omega)^2) \\ Z = V_m / I_m = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2} \\ \tan \varphi = L\omega / R \end{array} \right.$$

V. CIRCUIT COMPRENANT UNE RESISTANCE UNE BOBINE ET UNE CAPACITE EN SERIE :

La tension apparaissant aux bornes de l'ensemble est la somme vectorielle des différents éléments.

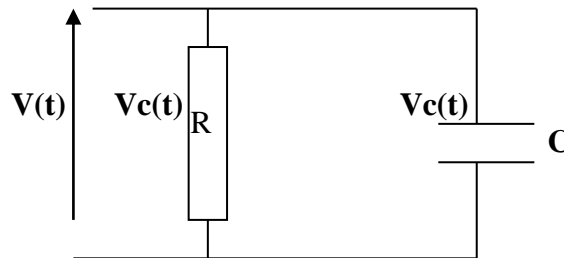
La représentation de FRESNEL permet d'effectuer la somme vectorielle des tensions



$$\left\{ \begin{array}{l} V_m^2 = (RI_m)^2 + (L\omega I_m - I_m / C\omega)^2 \\ V_m^2 = I_m^2 (R^2 + (L\omega - 1/C\omega)^2) \\ Z = V_m / I_m = \sqrt{R^2 + (L\omega - 1/C\omega)^2} \\ \tan \varphi = L\omega - 1 / C\omega R \end{array} \right. \quad -$$

On dit qu'un circuit à la résonance si $Z=R$ c.à.d $L\omega=1/C\omega$

VI. CIRCUIT COMPRENANT UNE RESISTANCE ET UNE CAPACITE EN PARALLELE :



La tension $V(t)$ est commune à tous les éléments R et C :

Sa phase sera prise comme référence, L'intensité I_m résultante sera la somme vectorielle des intensités partielles, parcourant les différentes branches du circuit, ces intensités étant :

- En phase avec V_m dans la résistance.
- En avance de $\pi/2$ sur V_m dans la capacité.

$$I(t) = R \cdot i_R(t) + i_C(t)$$

$$U(t) = R \cdot i_R(t) \longrightarrow i_R(t) = U(t)/R = \frac{U_m}{R} \cdot \sin \omega t$$

$$u(t) = 1/c \int i_C(t) dt \longrightarrow i_C(t) = c \cdot du(t)/dt = c \cdot \omega \cdot U_m \cdot \sin(\omega t + \pi/2)$$

$$I(t) = I_m \cdot \sin(\omega t + \varphi) = \frac{U_m}{R} \sin \omega t + c \omega \cdot U_m \cdot \sin(\omega t + \pi/2)$$

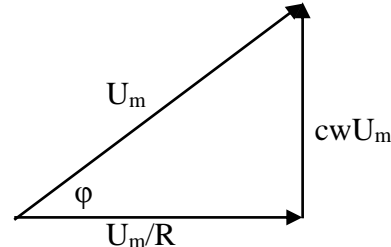
$$I_m^2 = (c \cdot \omega \cdot U_m)^2 + (U_m/R)^2 \longrightarrow I_m^2 = U_m^2 [(c \cdot \omega)^2 + (1/R)^2]$$

$$(U_m^2/I_m^2) = Z^2 \quad I_m^2/U_m^2 = 1/Z^2 = Y^2 = (c \cdot \omega)^2 + 1/R^2$$

$$1/Z = Y = \sqrt{(c \cdot \omega)^2}$$

$$\tan \varphi = \frac{C \cdot \omega \cdot U_m}{U_m/R}$$

$$\tan \varphi = C \cdot \omega \cdot R$$



VII. Circuit comprenant une résistance et une self en // :

La tension V_m est commune tous les éléments R et L sa phase sera prise comme référence.

L'intensité I_m résultante sera la somme vectorielle des intensités partielles parcourant les différentes branches des circuits. ses intensités

En phase V_m avec dans la résistance.

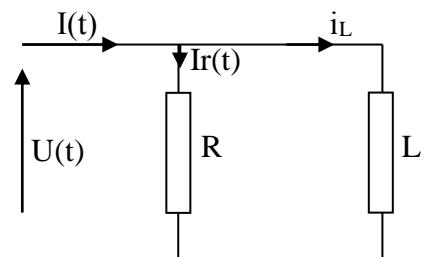
En retard sur V_m dans l'inductance de $\pi/2$.

$$I(t) = i_R(t) + i_L(t) \quad U(t) = U_m \cdot \sin \omega t$$

$$U(t) = R \cdot i_R(t) \longrightarrow i_R(t) = U(t)/R = U_m/R \cdot \sin \omega t$$

$$U(t) = L \cdot d i_L(t) / dt \longrightarrow i_L(t) = 1/L \int U_m \cdot dt = U_m/L\omega \cdot \sin(\omega t - \pi/2)$$

$$I(t) = U_m/R \cdot \sin \omega t + U_m/L\omega \cdot \sin(\omega t - \pi/2)$$



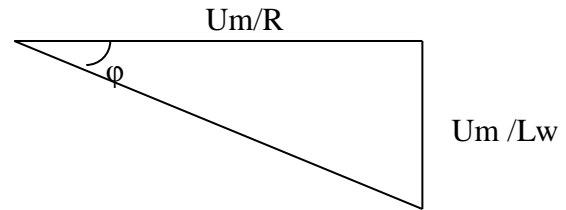
D'après le théorème de Péthagons : $I_m^2 = (U_m/L\omega)^2 + (U_m/R)^2$

$$1/Z^2 = I_m^2 / U_m^2 = 1/(L\omega)^2 + 1/R^2$$

$$1/Z = Y = \sqrt{1/(L\omega)^2 + 1/R^2}$$

$$\tan \varphi = (U_m/L\omega) * 1/U_m/R$$

$$\tan \varphi = R/L\omega$$



VIII Circuit comprenant une résistance ,une capacité et une self en parallèle.

$$I(t) = i_{R(t)} + i_{L(t)} + i_{C(t)}$$

$$U(t) = i_{R(t)} * R \longrightarrow U(t)/R = I(t)$$

$$U(t) = L * di(t)/dt$$

$$U(t) = 1/C \int di * dt$$

$$I_m \cdot \sin(\omega t + \varphi) = U_m/R \cdot \sin \omega t + U_m \cdot C \cdot \omega \cdot \sin(\omega t + \pi/2) + U_m/L\omega \cdot \sin(\omega t - \pi/2)$$

$$I_m^2 = (U_m/R)^2 + (U_m \cdot C \cdot \omega - U_m/L\omega)^2$$

$$I_m^2 = (1/R^2 + (C\omega - 1/L\omega)^2) \cdot U_m^2$$

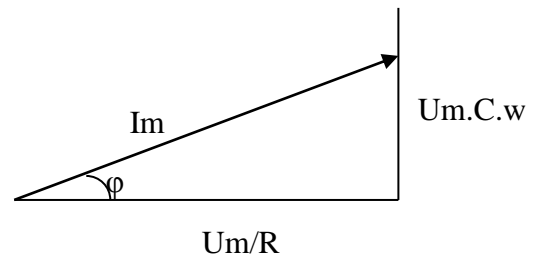
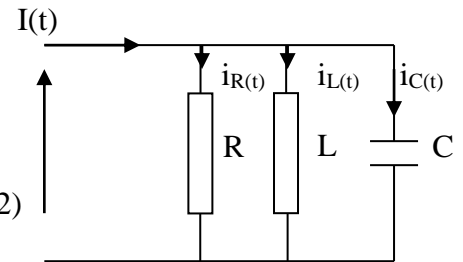
$$I_m^2/U_m^2 = 1/R^2 + (C\omega - 1/L\omega)^2 = 1/Z^2$$

$$1/Z = \sqrt{1/R^2 + (C\omega - 1/L\omega)^2}$$

$$\tan \varphi = (U_m \cdot C \cdot \omega - U_m/L\omega) / U_m/R$$

$$\tan \varphi = R \cdot (C\omega - 1/L\omega)$$

-



PUISSANCE EN COURANT ALTERNATIF

I. INTRODUCTION :

Dans le courant continu, la puissance dissipée dans une portion de circuit parcouru par un courant I était donné par la formule $P = U.I$

En courant alternatif nous pouvons appliquer la notion de puissance aux valeurs instantanées du courant $I_{(t)}$ et de la tension $U_{(t)}$, c'est la même formule qu'on courant continu. Donc la puissance instantané dans un circuit alimenté en alternatif à l'instant « t » est : $P_{(t)} = U_{(t)} \cdot I_{(t)}$

II. PUISSANCE MOYENNE OU REELLE :

Par définition la puissance moyenne est la puissance dissipée pendant une période, pour un circuit alimenté par le courant alternatif sinusoïdal.

$$I(t) = I_m \sin \omega t$$

$$U(t) = U_m \sin (\omega t + \varphi)$$

$$P_{(t)} = i_{(t)} \cdot U_{(t)} = I_m \sin \omega t \times U_m \sin (\omega t + \varphi)$$

Pendant une période la puissance moyenne $P_{\text{moy}} = \frac{I_m \cdot U_m \cos \varphi}{2}$

$$P_{\text{moy}} = \frac{I_m \cdot U_m \cos (\varphi)}{2} = I_{\text{eff}} \cdot U_{\text{eff}} \cos (\varphi)$$

$\cos \varphi$: *facteur de puissance de circuit Iff.*

$$P_{\text{moy}} = I_{\text{eff}} \cdot U_{\text{eff}} \cos (\varphi)$$

$$P_{\text{apparente}} = I_{\text{eff}} \cdot U_{\text{eff}} \quad \Longrightarrow \quad P_{\text{moy}} = P_{\text{app}} \cdot \cos \varphi$$

$$U_m = U_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2}; \quad I_m = I_{\text{eff}} \sqrt{2}$$

III. PUISSANCE ACTIVE . PUISSANCE . REACTIVE

Les deux termes provient du calcul de la puissance moyenne on appelle puissance active c'est la puissance égal $P_{\text{ac}} = I_{\text{eff}} \cdot U_{\text{eff}} \cdot \cos \varphi$ *la Pac* s'identifier à la P réel c'est elle qui fait tourner le compteur électrique.

On appelle puissance réactive c'est le produit $P_R = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \sin \varphi$

$$P_R = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \sin \varphi$$

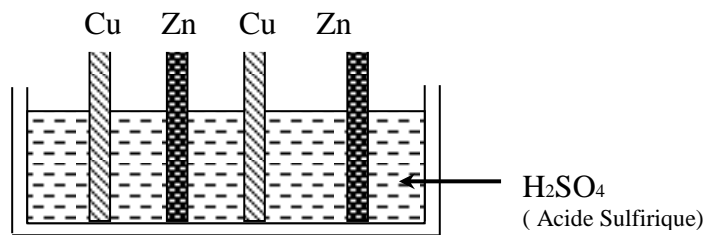
La P_R ne fait pas tourner le courant électrique mais par un courant important peut provoquer un dégagement de chaleur importante.

LES PILES ET LES ACCUMULATEURS

I. PILES :

1- Expérience

$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu} \rightarrow 0\text{V}$
 $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn} \rightarrow 0\text{V}$
 $\text{Zn} \rightarrow \text{Cu} \rightarrow 1\text{V}$



2- Observation :

On constate qu'il n'existe pas de DDP entre deux électrodes identiques mais il existe entre deux électrodes différentes.

On constate qu'il y a un dégagement gazeux sur le cuivre

Le cuivre est le pôle positif du générateur et le zinc est le pôle négatif du générateur

3- Interprétation :

Deux métaux différents plongés dans un électrolyte constituent un générateur dont la force électromotrice est indépendante des dimensions de la cellule, elle dépend seulement des électrodes et de la solution

La FEM dépend de la dissymétrie entre les électrodes.

L'élément Volta est : $\text{Cu}^+ \backslash \text{H}_2\text{SO}_4 \backslash \text{Zn}^-$

4- Polarisation d'une pile

- Si on fait fonctionner un élément pendant un certain temps on constate que la DDP passe de 1,1V à 0,5V on dit que la pile s'est polarisée. se sont les molécules d'hydrogène qui changent le contact cuivre solution. Donc il modifie la dissymétrie de l'électrode et par conséquent la DDP aux bornes des piles diminue.
- Si on inverse sur le cuivre un oxydant l'hydrogène est oxydé, la DDP remonte de 0,5V à 1,1V.

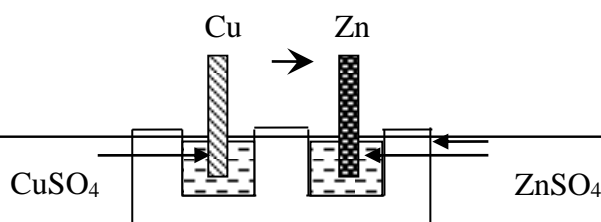
II. AUTRES TYPES DE PILE :

1- Pile à déplacement Leclanché

Elément volta $\text{C}^+ \backslash \text{NH}_4\text{Cl} \backslash \text{Z}^-$ (chlorure d'ammonium)

Remarque : la dissymétrie des électrodes ne change pas la DDP est et la FEM

2- Piles impolarisation



- **Pile Daniel**

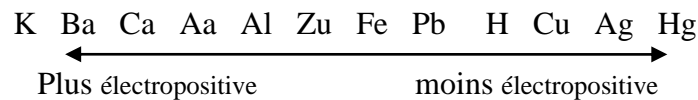
Elément Volta $\text{Cu}^+ \backslash \text{CuSO}_4 \backslash \text{ZnSO}_4 \backslash \text{Zn}^-$

- **Pile Weston**

Elément $\text{Hg} \backslash \text{H}_2\text{SO}_4 \backslash \text{CdSO}_4$

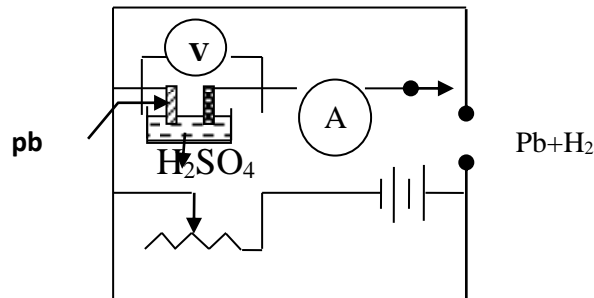
III. **L'ECHELLE D'ELECTROPOSITIVITE DU METAUX :**

L'étude des piles permet une classification de l'électropositivité des métaux par rapport à l'électropositivité de l'Hydrogène



IV. **LES ACCUMULATEURS :**

1- **Expérience**



- ❖ Cette expérience montre que le courant traverse la cellule ce qui implique le phénomène d'électrolyte
- ❖ La cellule débite au sens inverse l'énergie sous forme de courant continue pour le restituer en suite. c'est le rôle d'un accumulateur.

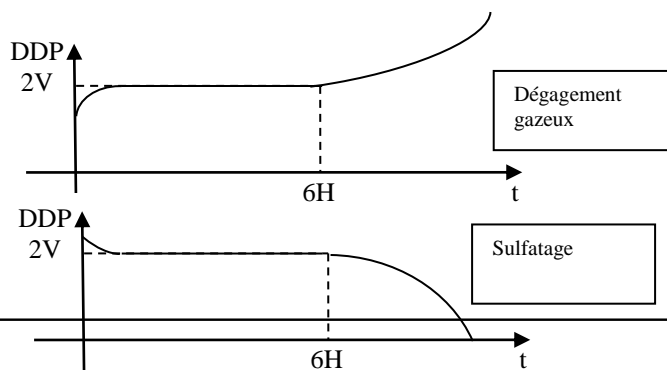
Il existe des diverses sortes d'accumulateur dont la technologie nouvelle nécessite d'améliorer leur performance au niveau de la capacité de la taille et du poids

La dissymétrie des électrodes - solution élément volta $\text{Pb} \backslash \text{H}_2\text{SO}_4 \backslash \text{Pb}^+ \text{H}_2$

La cellule débute un courant continu du fait que la dissymétrie existe ?

2- **Caractéristique**

- Pendant la charge ; l'accumulateur se comporte comme un récepteur la FEM=2,2V
- Pendant la décharge, l'accumulateur se comporte comme un générateur, la FEM=2V



V. DEFINITIONS :**1- Capacité :**

On appelle capacité la quantité d'électricité qu'un accumulateur peut fournir au cours de sa décharge, elle s'exprime en Ah.

2- Rendement en quantité :

C'est le rapport entre la quantité d'électricité fournie à la décharge et la quantité d'électricité qui traverse l'appareil pendant la charge.

$$R_q = \frac{Q \text{ fournie pendant la décharge}}{Q \text{ fournie pendant la charge}}$$

3- Rendement en énergie

C'est le rapport entre l'énergie utilisable pendant la décharge et l'énergie dépensée pendant la charge.

$$R_E = \frac{E_u \text{ pendant la décharge}}{E_u \text{ pendant la charge}}$$