

## Chapitre II Rappels sur les lois fondamentales De l'électricité

### I<sup>ère</sup> partie-Régime continu

#### II.1 Définitions

##### II.1.1 Circuit électrique

Un circuit électrique est constitué d'un ensemble de composants (ou éléments ou de dipôles linéaires) interconnectés. En général, le circuit comporte au moins une source de tension ou de courant, des résistances et éventuellement un ou plusieurs composants actifs, comme par exemple les transistors ou les amplificateurs opérationnels.

##### II.1.2 Courant électrique

On appelle courant électrique tout déplacement de porteurs de charges.

- Par convention, le sens du courant électrique (représenté par une flèche) est celui dans lequel se déplaceraient les charges positives. Il est généralement compté positif de la borne + du générateur à la borne – dans le circuit extérieur.

- L'intensité d'un courant (notée  $i$ ) est un débit de charges  $i = \frac{dq}{dt}$  - Unités :  $i$  en ampères (A) -  $q$  en coulombs (C) -  $t$  en secondes (s)

##### II.1.3 Tension (différence de potentiel)

Par définition la tension entre A et B est égale à la différence entre le potentiel du point A et le potentiel du point B.  $U_{AB} = V_A - V_B$  où  $V_A$  et  $V_B$  sont les potentiels électriques de A et de B. Seule la différence de potentiel est définie; le potentiel d'un point ne l'est pas sauf si l'on convient d'attribuer au potentiel d'un point déterminé du circuit une valeur déterminée (généralement zéro V).

##### Notation

La tension entre A et B est notée  $U_{AB}$ . Elle est représentée comme le montre la figure 2.1 par une flèche dirigée de B vers A.

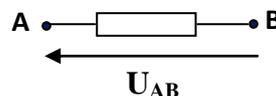


Fig.2.1 tension aux bornes d'une charge

##### II.1.3 .1.Mesure d'une tension

Une tension est mesurée par un voltmètre, appareil qui se place toujours en dérivation par rapport au dipôle aux bornes duquel on veut mesurer la tension.

A, B, C et D étant des points quelconques d'un circuit électrique pris dans n'importe quel ordre:

$$V_A - V_B = V_A - V_C + V_C - V_D + V_D - V_B$$

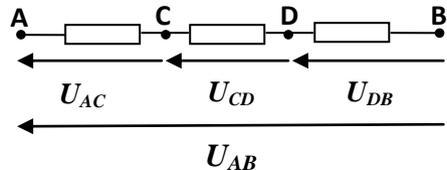
$$U_{AB} = U_{AC} + U_{CD} + U_{DB}$$


Fig. 2.2 Tension aux bornes d'un circuit

### II.1.4. Dipôle

Nous appelons dipôle un élément électrique capable ou non de fournir de l'énergie, communiquant avec l'extérieur seulement par deux bornes (deux pôles). Les deux grandeurs qui le caractérisent sont : L'intensité  $i$  et la tension  $U$ .

### II.1.5. Convention générateur et récepteur:

Selon les sens relatifs des flèches de  $i$  et  $v$  que l'on adopte pour un dipôle, on dira que l'on a adopté la convention récepteur,  $u$  et  $i$  sont de sens contraire ou la convention générateur,  $u$  et  $i$  sont de même sens comme le montre la figure 2-3.a et b.

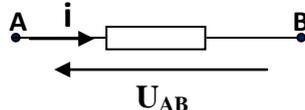


Fig. 2.3.a Convention récepteur

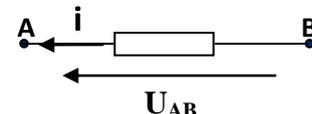


Fig. 2.3.b Convention générateur

### II.1.6. Nœud

Un nœud est un point de connexion (raccordement) entre plusieurs dipôles (éléments). Le nœud est souvent matérialisé sur un schéma par un point lors du croisement de deux conducteurs. Ceci revient à trouver au moins trois fils électriques qui viennent se raccorder au même endroit (figure 2.4).

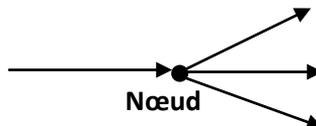


Fig. 2.4 Nœud de raccordement

### II.1.7. Maille

Une maille est un contour fermé délimité par des branches du réseau électrique.

### Loi d'ohm

La loi d'Ohm est une loi physique empirique qui lie l'intensité du courant électrique traversant un dipôle électrique à la tension à ses bornes. Cette loi permet de déterminer la valeur d'une résistance.

La loi d'Ohm établit que (en convention récepteur) :

$$U = R \cdot I$$

La tension est exprimée en volts (V), la résistance en ohms ( $\Omega$ ) et l'intensité en ampères (A).

La loi d'Ohm indique que la tension aux bornes d'une résistance est proportionnelle à l'intensité du courant qui la traverse. Ce coefficient de proportionnalité est la valeur de la résistance.

La valeur de la résistance  $R$  est une constante et ne varie donc pas lorsque l'on modifie la tension ou l'intensité.

## II.2. Réseaux électriques linéaires en régime continu

Un réseau électrique linéaire est une association d'éléments passifs (résistances, condensateurs et inductances) et d'éléments actifs (générateurs de tension et de courant), connectés entre eux par des conducteurs supposés sans résistance (parfaits).

### II.2.1 Associations de dipôles

Deux dipôles sont en série s'ils sont parcourus par le même courant électrique (même intensité). Ils sont en parallèle s'ils ont une même différence de potentiel à leurs bornes. Ces définitions simples s'étendent à  $n$  dipôles ou éléments.

#### II .2.1.1 Association de résistances en série

Considérons les deux dipôles de la figure 2.5, constitués par la mise en série de deux résistances. Calculons maintenant la résistance équivalente  $R_{eq}$  pour que le dipôle résultant soit équivalent aux deux précédents

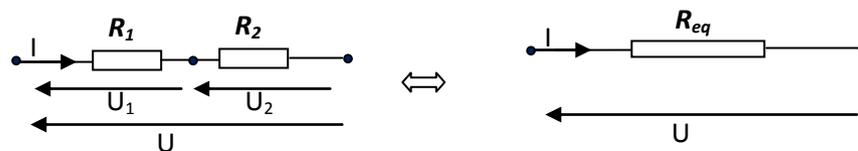


Fig 2.5. Association de résistances en série

La somme des tensions le long de la branche est :

$$U = U_1 + U_2$$

Puisque le courant  $I$  est commun aux deux résistances, nous avons :

$$U_1 = R_1 \cdot I \quad \text{et} \quad U_2 = R_2 \cdot I$$

$$\text{D'où } U = R_1 I + R_2 I = I(R_1 + R_2)$$

$$\text{La loi d'ohm donne : } U = R_{eq} I$$

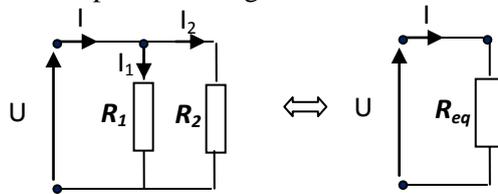
La résistance  $R_{\text{éq}}$  équivalente aux résistances  $R_1$  et  $R_2$  en série vaut donc :

$$R_{\text{éq}} = R_1 + R_2 \text{ et en général : } R_{\text{éq}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

**Généralisation :** La résistance équivalente à  $n$  résistances branchées en série est égale à la somme des  $n$  résistances.

### II .2.1.2 Association de résistances en parallèle

Considérons maintenant les deux dipôles de la figure 2.6 suivante :



**Fig.2.6. Association des résistances en parallèles**

Le courant  $I$  se partage en deux courants  $I_1$  et  $I_2$  avec :

$$I_1 = \frac{U}{R_1} \text{ et } I_2 = \frac{U}{R_2}$$

Avec  $I = I_1 + I_2$

Pour le dipôle équivalent, nous avons :  $U = R_{\text{éq}}.I$ . La résistance  $R_{\text{éq}}$  équivalente aux résistances  $R_1$  et  $R_2$  en parallèle est donc telle que :

$$\frac{1}{R_{\text{éq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R_{\text{éq}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

**Remarque :**  $G_{\text{éq}}$  est appelée *conductance équivalente*  $G_{\text{éq}} = \frac{1}{R_{\text{éq}}}$

**Généralisation :** La résistance équivalente à  $n$  résistances en parallèle est une résistance  $R$  qui a une conductance  $G$  égale à la somme des conductances.

### II .2.1.3. L'inductance d'une bobine

L'inductance est une grandeur physique mesurée en henry (H)

Dans une inductance  $L$ , La tension et le courant sont liés à chaque instant par l'expression suivante :

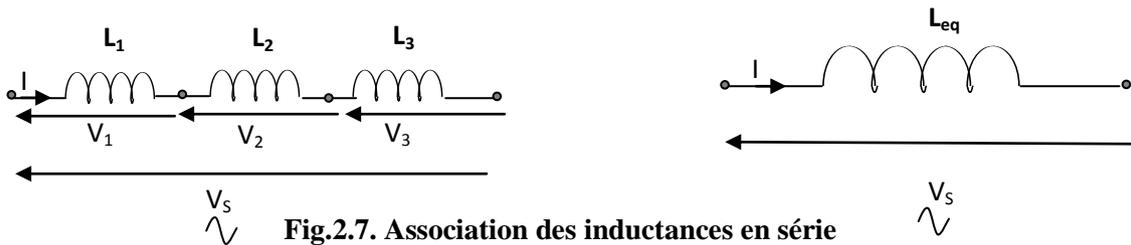
$$u(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

En régime continu, Le courant qui traverse l'inductance  $L$  est constant pour tout instant  $t$ . ( $i(t) = I =$  Constante. Alors  $\frac{di(t)}{dt} = \frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow u(t) = U = 0$

**Donc, En régime continu, l'inductance se comporte comme un court circuit.**

#### II .2.1.4. Association des inductances en série

Soient trois inductances  $L_1$ ,  $L_2$  et  $L_3$  montées en série comme le montre la figure 2-7-a



**Fig.2.7. Association des inductances en série**

$$V_s = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_s = L_1 \frac{di}{dt} + L_2 \frac{di}{dt} + L_3 \frac{di}{dt} = (L_1 + L_2 + L_3) \frac{di}{dt}$$

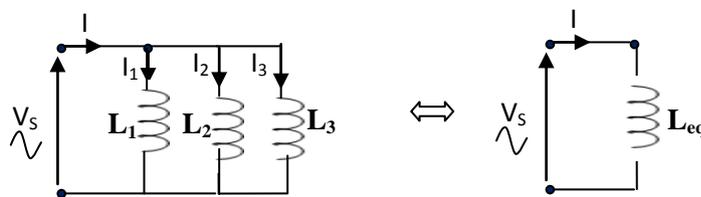
$$V_s = L_{eq} \frac{di}{dt}$$

Ainsi l'inductance équivalente à ces trois inductances montées en série est la somme de ces dernières :

$$L_{eq} = L_1 + L_2 + L_3$$

#### II .2.1.5. Association des inductances en parallèle

Soient maintenant les trois inductances  $L_1$ ,  $L_2$  et  $L_3$  mais montées en parallèle comme le montre la Figure 2-7



**Fig.2.6. Association des inductances en parallèle**

Depuis le montage la relation entre :

-Les tensions s'écrit donc :  $V_s = V_1 = V_2 = V_3$

-les courants d'après la 1<sup>ère</sup> loi de kirchhoff :

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \quad *$$

$$V_1 = V_s = L_1 \frac{di_1}{dt} \quad \text{d'où} \quad \frac{di_1}{dt} = \frac{V_s}{L_1} \Rightarrow i_1 = \frac{1}{L_1} \int V_s dt$$

De même pour les courants  $i_1$  et  $i_2$

En utilisant l'équation \* on peut écrire :

$$i = \frac{1}{L_{eq}} \int V_s dt = \frac{1}{L_1} \int V_s dt + \frac{1}{L_2} \int V_s dt + \frac{1}{L_3} \int V_s dt$$

Donc en déduit

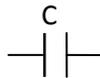
$$\frac{1}{L_{eq}} \int V_s dt = \left( \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \right) \int V_s dt$$

On peut dire que l'inductance équivalente des trois inductances montées en parallèle est définie par la relation suivante :

$$\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

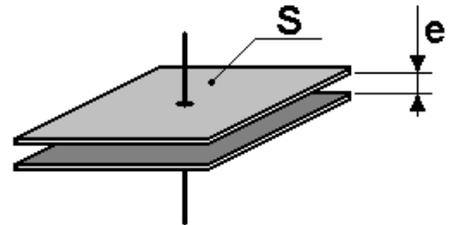
### II 2.1.6. La capacité d'un condensateur

La capacité C est une grandeur qui se mesure en faraday (F). Son schéma électrique est représenté dans la figure suivante :



La capacité peut être calculée avec la formule suivante :

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{e}$$



C se mesure en faraday (F)

avec :

S : surface de la plus petite des armatures en  $m^2$

e : épaisseur du diélectrique en m.

$\epsilon_0$  est la permittivité du vide et  $\epsilon_r$  est la permittivité ou constante diélectrique de l'isolant

En pratique on prendra  $\epsilon_0$  égal à  $8,85 \cdot 10^{-12}$ . Pour le vide  $\epsilon_r$  est égal à 1. L'air sec a une permittivité très proche de celle du vide.

Dans une Capacité la tension  $u(t)$  et le courant  $i(t)$  sont liés à chaque instant par l'expression suivante:

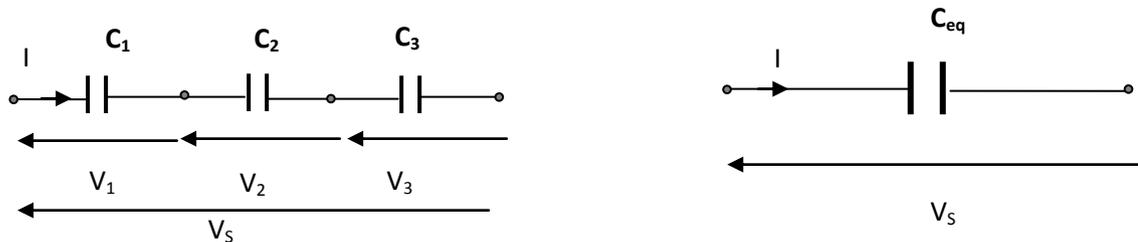
$$i(t) = C \frac{dU(t)}{dt}$$

C se mesure en faraday (F)

Donc si la tension est continue (  $U$  reste constante ), alors le courant qui la traversant la capacité est nulle. Donc **en régime continu une capacité se comporte comme un circuit ouvert**.

### II .2.1.7. Association des capacités en série

Considérons le montage en série (figure 2.8) des condensateurs de capacités,  $C_1$ ,  $C_2$  et  $C_3$



**Fig.2.8. Association des capacités en série**

On peut écrire :

$$V_s = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_s = \frac{Q}{C_{eq}}$$

Étant donné que c'est la même charge dans les condensateurs

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

$$\frac{Q}{C_{eq}} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3}$$

$$\frac{Q}{C_{eq}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

On obtient immédiatement :

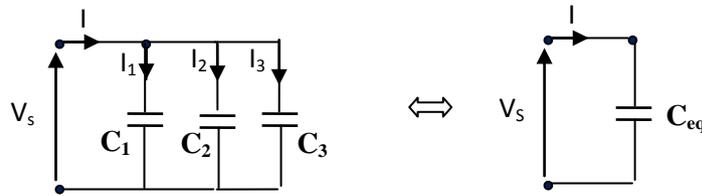
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

D'une manière générale, si  $n$  condensateurs de capacités  $C_1, C_2, \dots, C_n$ , sont montés en série, le condensateur équivalent a la capacité  $C$  telle que :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

### II .2.1.8. Association des condensateurs en parallèle

Dans la figure ci-dessous On a représenté le montage en parallèle trois condensateurs de  $C_1$ ,  $C_2$  et  $C_3$  :



**Fig.2.9. Association des condensateurs en parallèle**

La tension  $V_s$  est les tensions appliquées sur chaque condensateurs sont égaux :

$$V_s = V_1 = V_2 = V_3$$

Equivaut -à-dire:

$$V_s = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{Q}{C_{eq}}$$

Puisque  $Q = C \cdot V$  alors  $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

**Donc on déduit :**

$$\begin{aligned} Q &= C_{eq} \cdot V_s = C_1 \cdot V_s + C_2 \cdot V_s + C_3 \cdot V_s \\ &= V_s(C_1 + C_2 + C_3) \end{aligned}$$

Il vient donc après simplification de la dernière équation que

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$$

D'une manière générale, la capacité  $C$  du condensateur équivalent à  $n$  condensateurs montés en parallèle, de capacité  $C_1$ ,  $C_2$  et  $C_3$  est :

$$C_{eq} = \sum_{i=1}^n C_i$$