

1 RAPPELS D'ELECTRODYNAMIQUE

1.1 Introduction

L'électrodynamique étudie la circulation des courants électriques dans les circuits électriques composés d'un ensemble d'éléments appelés composants comme les générateurs (piles, ...), les composants passifs (résistance, bobine d'induction, condensateur) et les composants actifs (transistor, amplificateur opérationnel, ...). Ces éléments sont reliés entre eux par des fils conducteurs.

1.2 Matériaux en électricité

Les électrons se déplacent dans les solides plus ou moins facilement selon les matériaux. La charge d'un électron est égale à $1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb. On distingue 3 types de matériaux :

- ✓ Les conducteurs : matériaux dans lesquels un champ très faible suffit à fournir une énergie permettant le déplacement des électrons libres (porteurs de charges arrachés à chaque atome). On a un à deux électrons libres en moyenne par atome. La concentration en électrons dépend du matériau ; par exemple pour le cuivre, on a 10^{28} électrons par m^3 .
- ✓ Les isolants : pas d'électron libre. La qualité de l'isolant dépend de la pureté du matériau
- ✓ Les semi-conducteurs : la concentration en électrons dépend du matériau et de la température. Les électrons sont disposés dans des bandes permises séparées par des bandes dites interdites. Une certaine quantité d'énergie permet de faire passer des électrons d'une bande permise pleine (bande de valence) vers la bande vide (bande de conduction) générant ainsi des trous électriquement équivalents à des charges positives dans la bande de valence. Les semi-conducteurs sont utilisés dans la plupart des circuits actifs.

1.3 Champ électrique et différence de potentiel

Si on applique une différence de potentiel $V_{AB} = V_A - V_B$ entre deux points A et B, les charges se déplacent à cause du champ électrique \vec{E} . Le champ est dirigé vers les potentiels décroissants (potentiel élevé vers potentiel faible). On a la relation :

$$V_{AB} = V_A - V_B = \int_A^B \vec{E} d\vec{r}$$

Les différences de potentiel s'exprime en volt et le champ électrique $\|\vec{E}\|$ s'exprime en volt par mètre.

1.4 Courant électrique

Le débit de charge ou courant électrique est donné par la relation :

$$I = \frac{dq}{dt}$$

I s'exprime en ampère.

Les lois du courant électrique ont été étudiées par Ampère (1755-1836) au début du 19^{ième} siècle.
Par convention le sens du courant est le sens contraire du déplacement des électrons.

1.5 Lois fondamentales

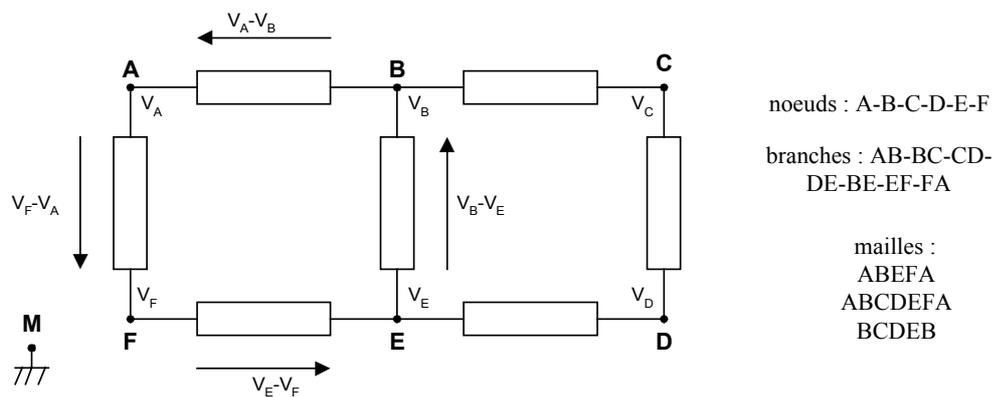
Un réseau ou circuit électrique est un ensemble de conducteurs reliant entre eux des éléments appelés composants : résistance, condensateur, bobine de self-induction, diode, transistor, ...

Dans un réseau électrique, on distingue :

- le nœud : point de raccordement entre au moins deux conducteurs
- la branche : portion du réseau compris entre deux nœuds
- la maille : partie du réseau qui se referme sur elle même

1.5.1 Loi des mailles

Soit le réseau suivant :

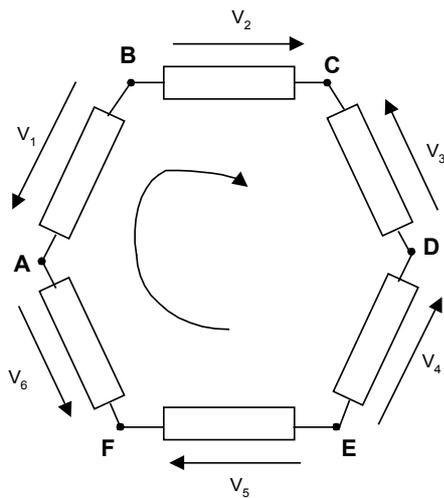


Soit une charge q se déplaçant le long d'une maille ; chaque nœud de la maille se trouve à un potentiel bien défini par rapport à un nœud d'origine ou de référence commune M dont le potentiel est appelée masse.

q se déplace le long de la maille ABEFA et subit des variations d'énergie potentielle le long du parcours. On a :

$$q(V_A - V_B + V_B - V_E + V_E - V_F + V_F - V_A) = q(0) = 0$$

car la charge q est revenue au point initial.



On choisit un sens arbitraire de parcours sur la maille : par exemple le sens des aiguilles d'une montre.

Les différences de potentiel sont des grandeurs algébriques et ont des orientations arbitraires.

Par convention, les différences de potentiel v_i des flèches parcourues dans le même sens que le parcours seront comptées positivement.

$$v_1 = V_A - V_B$$

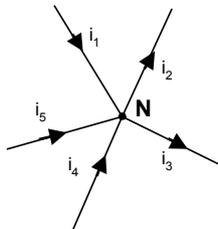
$$\text{On a ici : } -v_1 + v_2 - v_3 - v_4 + v_5 - v_6 = 0$$

Définition : La somme des différences de potentiel le long d'une maille est nulle. Cette loi est baptisée loi des mailles ou première loi de Kirschhoff.

Mathématiquement on a :
$$\sum_i v_i = 0$$

1.5.2 Loi des nœuds

Le mouvement des charges, créant le courant est soumis aux lois de la physique : conservation de l'énergie, de la quantité de mouvement et de la charge (de la matière).



On choisit un sens arbitraire pour chaque courant. Par convention, les courants i_i se dirigeant dans le même sens que les flèches seront comptés positivement.

Soit le nœud N un point de raccordement de plusieurs conducteurs traversés par des courants.

En un nœud, il ne peut y avoir accumulation de charges.

On a donc ici :

$$i_1 + i_4 + i_5 = i_2 + i_3$$

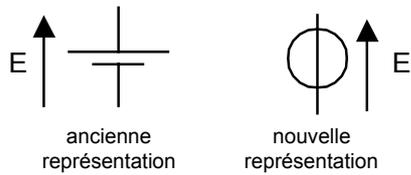
Définition : La somme des courants entrant est égale à la somme des courants sortant. Cette loi est baptisée loi des nœuds ou seconde loi de Kirschhoff.

Mathématiquement on a :
$$\sum_i i_i = 0$$

1.6 Générateurs idéaux

1.6.1 Générateur de tension idéal

Un générateur de tension idéal délivre une différence de potentiel indépendante du courant qu'il délivre. On représente ce générateur par les symboles suivants :



Ce générateur de tension n'existe pas et en pratique, la différence de potentiel en sortie d'un générateur de tension décroît en fonction du courant de sortie.

1.6.2 Générateur de courant idéal

Un générateur de courant idéal délivre un courant indépendamment de la différence de potentiel entre ses bornes.

On représente ce générateur par les symboles suivants :

