

Chapitre 1

Introduction à l'électrocinétique ; lois générales

Introduction historique (non rédigée)

1.1. Les phénomènes de conduction

1.1.1. La conduction électrique

La conduction électrique est un déplacement de charges. Historiquement, on ne savait pas si les charges mobiles étaient positives ou négatives. Le sens du courant a été choisi comme étant le sens de déplacement des charges positives. En réalité, dans un conducteur métallique (type fil de cuivre par exemple), ce sont des électrons qui se déplacent : **le sens de déplacement des charges (électrons) est donc inverse au sens conventionnel du courant.**

Différents types de conducteurs rencontrés :

- les métaux : formés d'atomes comportant un ou plusieurs électrons libres qui se déplacent ;
- les liquides : certains liquides ne sont pas conducteurs (s'ils ne contiennent pas d'ions, comme l'eau pure), et d'autres le sont (ions + dans le sens de i ; ions - dans le sens inverse).

1.1.2. Le courant électrique

1.1.2.1. L'intensité

L'intensité I d'un courant à travers une surface S est égale à la **quantité de charge traversant S par unité de temps** (on peut donc parler de débit de charges).

Si pendant un court instant dt , la charge dq traverse la section S (qui peut-être la section du fil électrique considéré) :

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

Les **unités** de I sont donc : Coulomb par mètre appelé aussi **Ampère** (noté A ; $1A = 1C/m$)

Exemple 1 Un courant continu d'intensité $I = 1mA$ parcourt un fil électrique de $1,5mm^2$ de section. Combien d'électrons n traversent une section du fil par seconde ?

$I = dq/dt$ constante, donc $I = Q/\Delta t = (ne)/\Delta t$ soit $n = (i\Delta t)/e = 6.10^{15}$ électrons/s.

1.1.2.2. Le vecteur densité de courant

Le vecteur densité de courant (noté \vec{j}) est le vecteur qui a :

- comme norme, **le courant traversant une unité de surface** ;
- la direction du déplacement des charges mobiles ;
- le même sens que celui du courant électrique I .

Le courant I est donc le flux de j à travers la section S ; pour une courant uniforme, il vient :

$$I = \left\| \vec{j} \right\| S.$$

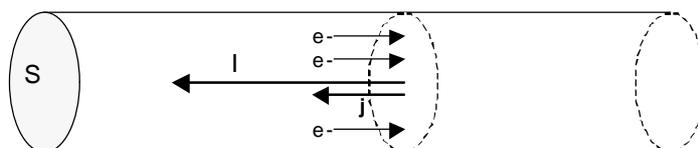


Fig.1.1.

- Unités :**
- charge Q : Coulomb (C)
 - courant I : Ampère ($A = C.s^{-1}$)
 - densité j : ($A.m^{-2}$)

Notons que la charge d'un électron est $1,6.10^{-19}C$.

Remarque 1.1 *La charge électrique se conserve. C'est une grandeur fondamentale de la physique : elle ne peut être ni créée, ni disparaître.*

1.1.3. La tension électrique

En chaque point X d'un circuit électrique dans lequel circule un courant, on peut associer une grandeur réelle, le potentiel (noté V_X), défini à une constante additive près (la même constante pour tout le circuit).

On appelle tension U_{AB} entre deux points A et B d'un circuit, la différence de potentiel entre ces deux points :

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

Cette différence de potentiel est représentée par une flèche sur le schéma électrique (voir figure 1.2). Le sens de la flèche définit aussi le signe : la différence de potentiel est le potentiel de la pointe de la flèche moins celui de la base de celle-ci.

Remarque 1.2 *La différence de potentiel est une grandeur algébrique ; il convient donc d'être vigilant sur les signes : $U_{AB} = -U_{BA}$!*

D'autre part, la différence de potentiel est additive :

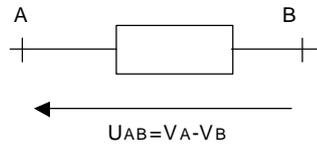


Fig.1.2.

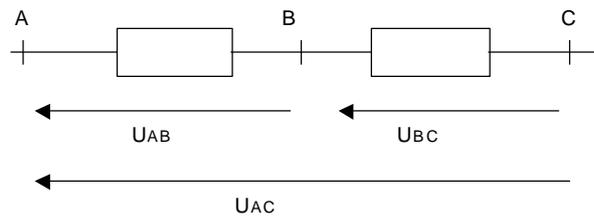


Fig.1.3.

$$U_{AC} = V_A - V_C = V_A - V_B + V_B - V_C$$

$$U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}.$$

1.1.4. L'approximation des régimes quasi-stationnaires

Paragraphe traité en cours.

1.2. Lois générales dans le cadre de l'approximation quasi-stationnaire

1.2.1. Les dipôles

Un **dipôle** est un composant électrique qui est relié à l'extérieur (au reste du circuit) par deux bornes (ou connexions). Ce dipôle est traversé par un courant I , et possède une tension à ses bornes notée U (voir figure 1.4).

Remarque 1.3 *Il est important de représenter le courant I et la tension U par des flèches : celles-ci indiquent le sens positif. Cela signifie que si l'on dit que le courant est de $+1A$, le courant circule effectivement dans le sens indiqué par la flèche ; si au contraire, le courant est de $-1A$, cela signifie que le sens réel du courant est inverse à celui de la flèche. Le choix du sens*

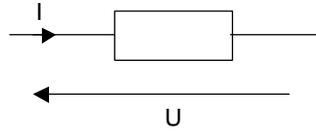


Fig.1.4.

des flèches est effectué avant tout calcul et est libre, mais il est souvent plus judicieux de choisir des sens opposés entre U et I pour les dipôles passifs (résistances, bobines, condensateurs), et dans le même sens pour des générateurs.

Exemple de dipôles (cette partie sera développée dans le prochain chapitre) :

- résistance $U = RI$;
- bobine $u = L(di/dt)$;
- condensateur $i = C(du/dt)$.

Enfin, **un circuit électrique** est un ensemble de composants (dipôles) reliés les uns aux autres par des connexions (fils).

On distingue alors un certain nombre de mailles et de noeuds, dans lesquels on pourra exprimer **les lois de Kirchhoff** (loi des noeuds et lois des mailles).

1.2.2. Loi des noeuds

Un noeud est un point de jonction entre au moins trois fils de connexion.

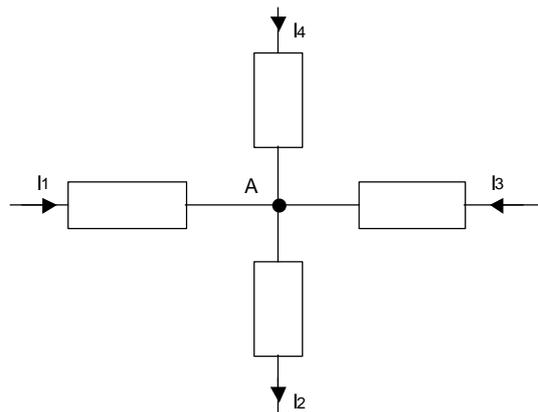


Fig.1.5.

La loi des noeuds est une conséquence de la conservation des charges : les charges arrivant

sur un noeud sont égales aux charges partant du noeud.

courants entrants = courants sortants ;

$$\sum_k i_k = 0,$$

avec i_k positif si le courant est entrant et i_k négatif si la courant est sortant.

1.2.3. Loi des mailles

Une maille est un ensemble de branches que l'on peut parcourir en contour fermé sans passer deux fois par un même noeud.

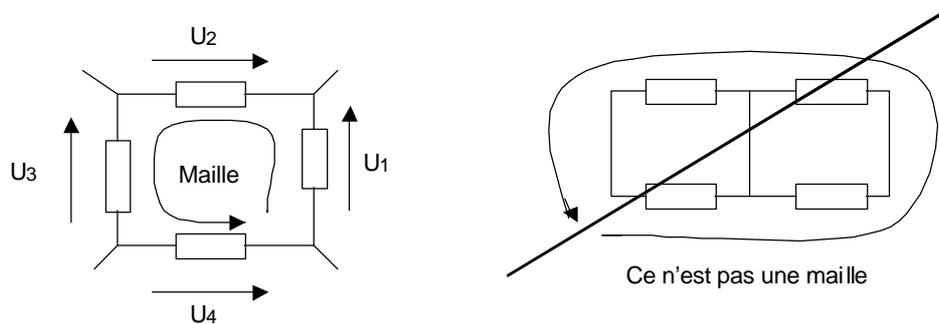


Fig.1.6.

La loi des mailles est une conséquence de l'additivité des tensions. Sur une maille, on peut écrire :

$$\sum_k u_k = 0.$$

Il est essentiel de bien respecter les signes pour u_k . Pour cela, on choisit de parcourir la maille dans un sens bien précis : les tensions rencontrées dans le même sens sont écrites avec un signe positif, et les tensions rencontrées dans un sens opposé sont écrites avec un signe négatif. Sur l'exemple de la figure 1.6, il faudrait donc écrire :

$$U_1 - U_2 - U_3 + U_4 = 0.$$

1.2.4. Etude d'un circuit

Ce paragraphe est traité en détail en cours.

Précisons pour résumer, que l'on écrit les différentes lois de Kirchhoff (loi des noeuds + lois des mailles). Ceci donne un certain nombre de relations. Il faut s'arranger pour écrire autant de lois de Kirchhoff (indépendantes les unes des autres) que d'inconnues (courants et/ou tensions). Ce système d'équations pourra ensuite être résolu, en général par simple substitution.

Toutefois, dès que le nombre de noeuds et de mailles devient assez important, ce type de résolution peut devenir très vite très calculatoire. Pour remédier à ce problème, nous allons donner dans le chapitre suivant un certain nombre de théorèmes qui pourront dans certains cas simplifier la résolution.

1.3. Etude énergétique d'un dipôle

Paragraphe traité en cours