

# CHAPITRE 1

## LES LOIS GENERALES DE L'ELECTRICITE

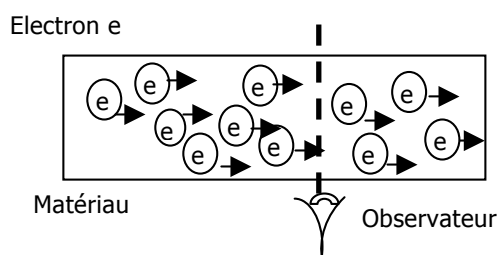
### 1. Définition

#### 1.1. Le courant électrique $i$

Un courant électrique est un déplacement de charges électriques dans un matériau. Ce courant se caractérise par son intensité qui correspond au débit (ou flux) des charges passant dans le matériau. Cela se traduit par l'équation suivante :

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

$i$  : intensité du courant en Ampère (A)  
 $dq$  : charge électrique en Coulomb (C)  
 $dt$  : temps en seconde (s)



Tout se passe comme si un "observateur" comptait les charges  $dq$  qui traversent le matériau pendant le laps de temps  $dt$  afin de caractériser l'intensité de ce courant électrique.

#### Remarque :

L'électron porte une charge électrique fondamentale négative  $q = -1,602 \cdot 10^{-19}$  Coulomb.  
La masse d'un électron est d'environ  $9,109 \cdot 10^{-31}$  kg.

Historiquement, au début de l'étude de la conduction de l'électricité, les scientifiques ont pensé que les particules qui se déplaçaient dans les matériaux étaient chargées positivement et ont défini en conséquence le **sens conventionnel du courant** comme étant le sens de déplacement des charges positives de la borne + vers la borne -.

Plus tard, on a mis en évidence que ce sont très majoritairement les électrons, particules chargées négativement, qui se déplacent dans les matériaux et qui permettent la circulation des courants électriques.

L'intensité du courant se mesure à l'aide d'un ampèremètre qui doit être branché en série, il doit voir "passer le flux d'électrons" du courant que l'on désire mesurer.

#### Les scientifiques à l'origine de la découverte du courant électrique :

**André Marie AMPERE** (20/01/1775 - 10/06/1836) était un mathématicien physicien français. Il inventa le premier télégraphe électrique et avec François Arago l'électroaimant. Il énonça en 1827 la théorie de l'électromagnétisme. Son nom a été attribué à l'unité internationale de l'intensité du courant électrique.

**Charles Augustin COULOMB** (14/06/1736 - 23/08/1806) était un officier, ingénieur et physicien français. Coulomb est surtout connu pour les expériences historiques qu'il a réalisées à l'aide d'une balance de torsion pour déterminer la force qui s'exerce entre deux charges électriques (loi portant son nom). Membre de l'Académie des sciences, il a laissé, des mémoires, et des recherches sur les moyens qui permettent d'exécuter des travaux hydrauliques sous l'eau.

On a donné son nom à l'unité de la charge électrique, le Coulomb. Son nom est inscrit sur la tour Eiffel.

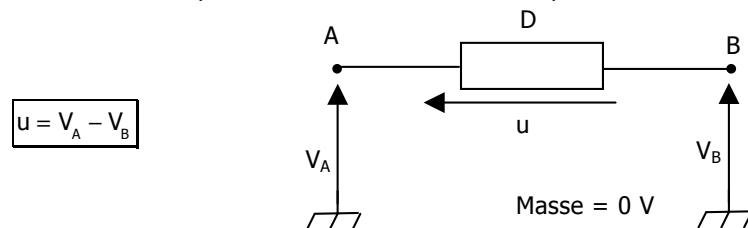
### 1.2. Le potentiel, la différence de potentiel (ou tension)

Le potentiel électrique est l'une des grandeurs définissant l'état électrique d'un point de l'espace. Son unité est le Volt (V).

Le potentiel électrique en un point P situé dans le voisinage d'une charge source est donné par le travail  $dw$  pour déplacer à vitesse constante une charge témoin  $q$  d'un point de potentiel nul au point P divisé par la charge  $q$ . L'équation ci-dessous traduit cette définition :

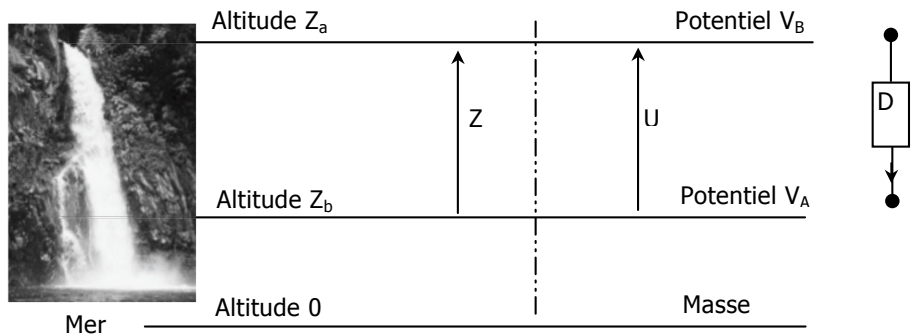
$$V_P = \frac{dw}{dq}$$

Différence de potentiel  $u$  : On considère un dipôle D



**Remarque** : dans les montages la masse n'est pas toujours représentée.

#### Analogie hydraulique : une cascade d'eau



Les altitudes  $Z_a$  et  $Z_b$  sont des potentiels gravitationnels. Les altitudes sont référencées par rapport au niveau de la mer (altitude 0 m).

$Z$  est la différence d'altitude en mètre telle que  $Z = Z_a - Z_b$ . C'est cette différence de hauteur qui provoque le courant d'eau (débit en  $m^3 \cdot s^{-1}$ ) du haut vers le bas. La différence de hauteur  $Z$  traduit la différence de potentiel  $U$ , tandis que le courant d'eau traduit la circulation du courant électrique  $i$ .

### Le scientifique à l'origine de la découverte de la tension :

**Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio VOLTA** (18/02/1745 - 5/03/1827) était un physicien italien. Il est connu pour ses travaux sur l'électricité et pour l'invention de la première pile électrique, appelée pile voltaïque. Napoléon Bonaparte le nomme comte en 1810 et en 1815 l'empereur d'Autriche le nomme professeur de philosophie à Padoue. En 1881 on attribue le Volt comme unité de la tension électrique en son honneur.

## 2. Les lois de Kirchhoff

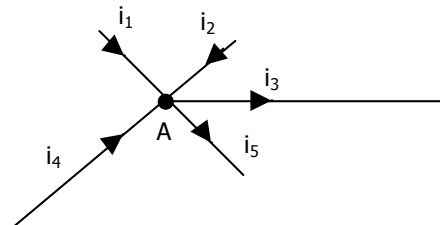
Les lois de Kirchhoff expriment la conservation de l'énergie et de la charge dans un circuit électrique.

### 2.1. La loi des nœuds (relative aux courants électriques)

On considère un nœud nommé A reliant plusieurs branches d'un circuit. Du fait que les charges ne peuvent pas s'accumuler à un endroit quelconque du circuit, les charges qui arrivent à un nœud compensent celles qui en repartent.

Autrement dit :

$$\sum_{k=1}^{k=n} \delta_k \cdot i_k = 0$$
 avec  $\delta = \pm 1$  et n le nombre de branches qui arrivent au nœud.



$\delta = +1$  si l'intensité se rapproche du nœud sinon  $\delta = -1$ .

Dans notre cas :  $i_1 + i_2 + i_4 - i_3 - i_5 = 0$

Une autre manière d'énoncer cette loi est de dire que la somme des courants entrants est égale à la somme des courants sortants du nœud. Dans ce cas on ne tient pas compte de  $\delta$ .

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

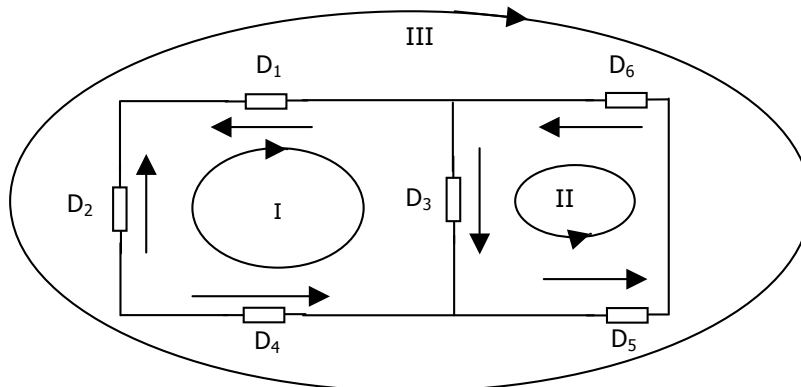
### 2.2. La loi des mailles

On considère un circuit électrique avec des dipôles  $D_i$  interconnectés et les tensions  $u_i$  respectivement à leurs bornes. Ces dipôles peuvent être des composants actifs ou passifs. D'après la loi des mailles, la somme algébrique des tensions le long de la maille est constamment nulle. Une maille est un parcours fermé. On part d'un point, on parcourt des tensions pour revenir à ce même point.

$$\sum_{n=1}^{n=x} \delta_n \cdot u_n = 0$$
 avec  $\delta = \pm 1$  et n le nombre de tension dans la maille.

La discrimination du signe opérée par  $\delta$  se fait de la manière suivante : on oriente la maille et on la parcourt en comptant positivement les tensions dans le sens du parcours et négativement les tensions à l'inverse du parcours.

**Illustration :** dans le circuit suivant nous pouvons identifier 3 mailles :



**La maille I donne :**  $u_{D2} - u_{D1} + u_{D3} - u_{D4} = 0$

Si nous avons choisi d'orienter notre maille dans l'autre sens, nous aurions eu :

$-u_{D2} + u_{D4} - u_{D3} + u_{D1} = 0$  ; c'est en tout point égal à la relation précédente.

De même nous pouvons commencer à écrire la loi à partir de n'importe quelle tension. Cela découle des propriétés commutatives de l'addition.

La difficulté dans un circuit réside dans l'identification d'une maille judicieuse pour réaliser le calcul.

**Remarque :** la tension aux bornes d'un fil est considérée égale à 0 V sauf spécifications contraires.

**Le scientifique à l'origine de la loi des mailles et de la loi des nœuds :**

**Gustav Robert KIRCHHOFF** (12/03/1824 - 17/10/1887) était un physicien allemand. Bien qu'il doive sa renommée aux lois relatives au courant électrique dans les circuits (loi des mailles et loi des nœuds dites lois de Kirchhoff), qu'il a établies alors qu'il était encore étudiant, c'est surtout en tant que fondateur de la spectroscopie qu'il a apporté sa plus grande contribution à la science.

### 3. Comportement énergétique

Aucune réserve n'est formulée sur le type de tension et de courant. Les définitions ci-dessous s'appliquent si les grandeurs sont invariables dans le temps (continues) ou dépendantes du temps (alternatives, sinusoïdales, impulsionnelles etc.).

**Définition de la puissance électrique p :**

La puissance p est égale au produit de la tension par le courant  $p = u.i$ .

Où p est exprimée en Watt (W).

Dans le cas de grandeurs périodiques, on définit la puissance moyenne comme étant :

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u.i. dt$$

Où T désigne la période de p en seconde.

Nous verrons dans un chapitre à venir les extensions nécessaires de la notion de puissance dans le cas particulier du régime sinusoïdal et/ou continu.

**Le scientifique à l'origine de la découverte de la puissance électrique :**

**James WATT** (19/01/1736 - 19/08/1819) était un ingénieur écossais dont les améliorations sur la machine à vapeur furent une étape clé dans la révolution industrielle.



## CHAPITRE 2

### LES DIPOLES

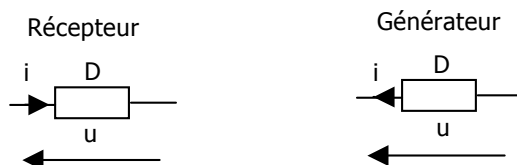
Nous allons préciser dans ce chapitre ce que nous appelons dipôle. Nous présenterons les principaux dipôles sans être exhaustif.

La loi du dipôle exprime la relation qu'il y a d'une manière générale entre la tension aux bornes du dipôle et le courant qui le traverse :  $u = f(i)$  ;  $f$  est la fonction décrivant cette loi, elle est bien sûr différente selon les dipôles.

Le dipôle peut avoir un comportement générateur ou récepteur. En récepteur ce dernier reçoit de la puissance. En générateur il fournit de la puissance.

Ces notions dépendent du point de vue, par conséquent pour un générateur comme pour un récepteur la puissance est positive.

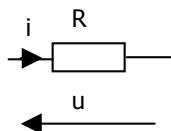
Lorsque les calculs conduisent à une puissance négative, cela implique que le rôle qui était dévolu initialement au dipôle est inversé.



#### 1. La résistance R

La résistance caractérise l'aptitude d'un matériau à s'opposer au passage du courant électrique.

##### 1.1. La loi $u = f(i)$



C'est une loi de type proportionnel où  $R$  caractérise la résistance du matériau exprimée en Ohm ( $\Omega$ ).

C'est un récepteur, cela veut dire qu'il absorbe de la puissance.

$$u = R \cdot i$$

Sous une tension de 1 V, une résistance de 1  $\Omega$  laisse passer un courant d'une intensité de 1 A.

Dans la pratique on construit des résistances dans des matériaux et des alliages ayant des propriétés résistives. Cela aboutit à un composant nommé résistor.

On confond souvent la propriété (résistance) et le composant (résistor) en les nommant tous les deux résistances.

#### Le scientifique à l'origine de la résistance électrique :

**Georg Simon OHM** (16/03/1789 - 06/07/1854). En utilisant du matériel de sa propre invention, Ohm a déterminé qu'il y a une relation de proportionnalité directe entre la différence de potentiel appliquée aux bornes d'un conducteur et le courant électrique qui le traverse.

### 1.2. Comportement énergétique

D'une manière générale :  $p = u.i$ .

Or  $u = R.i$  en remplaçant on obtient  $p = R.i^2$ . De la loi d'Ohm nous pouvons aussi écrire

$$i = \frac{u}{R} \text{ que l'on reporte dans l'expression de } p \text{ qui devient alors } p = \frac{u^2}{R}.$$

Cette puissance se traduit physiquement par un développement de chaleur connu sous le nom d'effet Joule.

$P = \frac{1}{T} \int_0^T R.i^2 . dt$  ou encore  $P = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{u^2}{R} . dt$  ; une des applications industrielles des résistances est donc le chauffage.

En introduisant la notion de la valeur efficace  $E$  d'une grandeur  $e$  périodique :

$$E = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e^2 . dt} .$$

Il vient les deux expressions de la puissance moyenne :  $p = \frac{U^2}{R} = R.I^2$ .

Où  $I$  et  $U$  désignent les valeurs efficaces.

### Le scientifique à l'origine de la découverte de l'échauffement d'une résistance :

**James Prescott JOULE** (24/12/1818 - 11/10/1889) était un physicien britannique. Son étude sur la nature de la chaleur et sa découverte de la relation avec le travail mécanique l'ont conduit à la théorie de la conservation de l'énergie (la première loi de la thermodynamique). Il a également énoncé une relation entre le courant électrique traversant une résistance et la chaleur dissipée par celle-ci, appelée au 21<sup>ème</sup> siècle la loi de Joule.

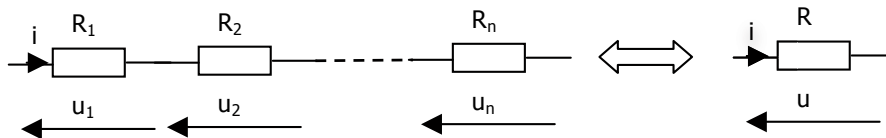
### 1.3. Associations de résistances

Il s'avère que dans certaines applications les résistances ne supportent pas la tension désirée, ou l'intensité du courant désirée. Cela se traduit dans les faits par une valeur de résistance ou de puissance indisponibles. On doit les associer afin d'obtenir ce que l'on désire.

#### Association série :

Des résistances sont en série si elles sont parcourues par le même courant.

On considère  $n$  résistances en série. On cherche la résistance équivalente  $R$  à cette association telle que  $u = R.i$ .



On peut écrire la loi des mailles  $u = u_1 + u_2 + \dots + u_n$ .

Avec  $u_k = R_k.i$  ; où  $k$  varie de 1 à  $n$ .