

Sessions 1 : les grandeurs électriques

Préambule : Nous allons dans cette première session chercher à décrire un phénomène que nous utilisons chaque jour : le courant électrique.

Pour cela nous allons introduire deux grandeurs fondamentales : l'intensité du courant électrique et la tension électrique.

Mon but est de faire en sorte que vous distinguiez bien ces deux grandeurs et que vous compreniez leurs significations physiques.

Certaines des définitions proposées seront quelquefois une simplification de la définition académique mais elles vous permettront, je l'espère d'appréhender la nature de la grandeur en question.

Plus tard dans vos études, en cours d'électromagnétisme, vous rencontrerez des définitions plus complètes.

Le courant électrique

La matière, vous le savez est composée de particules (proton, neutron, électron...) certaines de ces particules possèdent une charge électrique :

L'électron dont la charge est de $-1,6 \cdot 10^{19}$ coulomb,
Le proton dont la charge est de $1,6 \cdot 10^{19}$ coulomb.

D'autre ne sont pas chargé : le neutron.

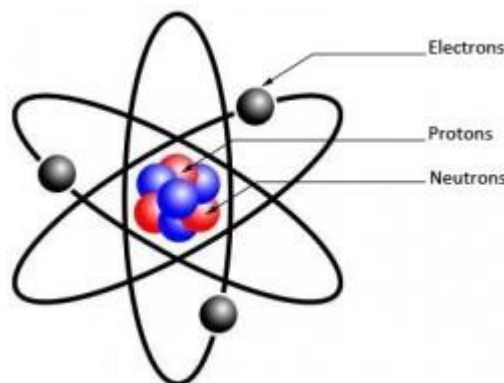


Figure 1

Ces particules s'associent pour former des atomes et ces atomes des molécules qui peuvent aussi présenter une charge (on parle alors d'ions).

Un courant électrique est un déplacement d'ensemble de particules chargées.

Les particules qui peuvent se déplacer sont les ions dans les solutions et les électrons dans les matériaux conducteurs.

Un matériau est dit conducteur s'il possède des électrons libres c'est-à-dire des électrons qui



L'électron libre (en rouge) gravite loin du noyau (en bleu) et peut s'en éloigner.

sont peu liés à un atome et qui par conséquent sont libres de se déplacer dans le matériau.

Dans un matériau conducteur, dès que la température dépasse 0 K (-273°C) les électrons sont soumis à une agitation thermique et par conséquent se déplacent dans tous les sens. Il y a un courant électrique si un lent mouvement de dérive vient s'ajouter à ce mouvement aléatoire.

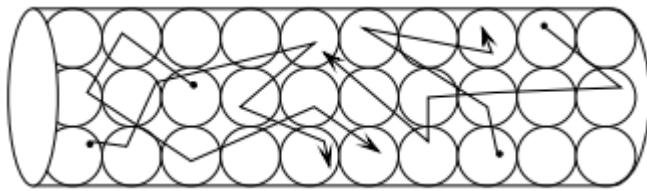
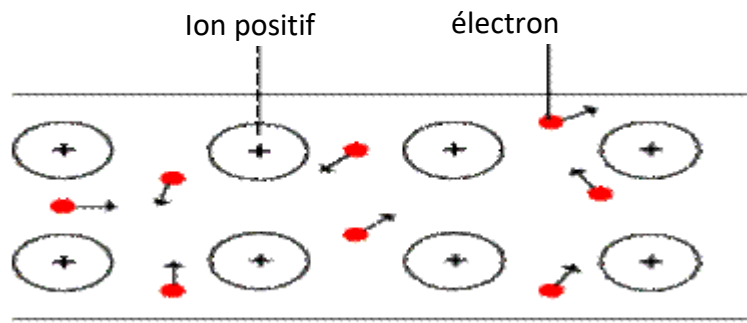


Figure 2 : pas de courant

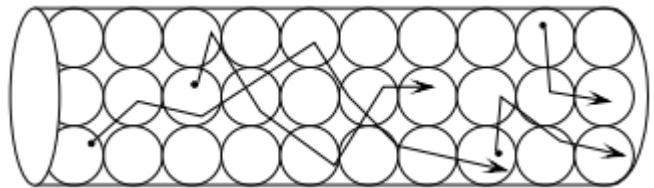
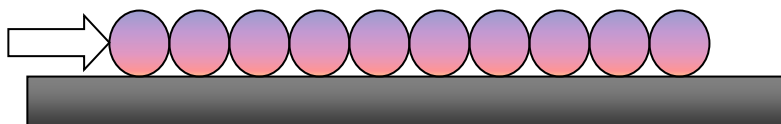


Figure 3: en présence d'un courant

Puisqu'il y a un déplacement, on peut légitimement se poser la question de la vitesse : Il faut alors distinguer la vitesse du courant qui est de l'ordre de celle de la lumière ($300\,000\text{ km s}^{-1}$) de la vitesse de déplacement d'ensemble des électrons qui est très lente (de l'ordre de 60 cm/heure).

Cette lenteur a quelque chose de surprenant et il faut alors expliquer la rapidité des transmissions électriques. Celle-ci est simplement due à la vitesse de propagation de l'ébranlement et non pas à la vitesse de déplacement des électrons. On peut comparer ce phénomène à celui qui se produit lorsque l'on place des billes l'une derrière l'autre. Si l'on déplace la première bille la dernière se met en mouvement immédiatement même si le

Si l'on pousse la bille de gauche, même à vitesse lente, celle de droite se met en mouvement quasiment en même temps : la vitesse de la mise en mouvement est très grande même si la vitesse de déplacement des billes est petite



déplacement des billes est lent la vitesse de déplacement de la mise en mouvement est très rapide.

Le courant électrique est donc comparable à un liquide qui s'écoule, ou à un flux de véhicules automobiles sur une route. On va quantifier l'importance du courant comme on le fait pour un liquide ou pour un trafic de véhicules : en donnant **son débit que l'on appellera ici l'intensité du courant**.

On a vu que la charge électrique s'exprime en coulomb (C). L'intensité du courant I (son débit) s'exprimera donc en Coulomb par seconde que l'on appellera ampère (A).

$$1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}}.$$

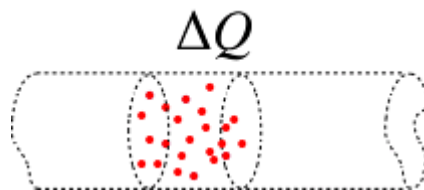
On pourrait imaginer déterminer l'intensité d'un courant électrique en comptant le nombre d'électrons (en rouge sur l'image ci-dessous) franchissant une section d'un conducteur pendant une seconde puis en multipliant le résultat par la charge $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ d'un électron.



En réalité, on mesure l'intensité du courant à l'aide d'un ampèremètre.

Si n électrons (en rouge sur l'image ci-dessus) franchissent une section d'un conducteur pendant une durée $T = t_2 - t_1$, une charge $Q = n \cdot q$ a franchi cette section et on peut donner la relation suivante :

$$I = \frac{Q}{T}$$



Si le déplacement change au cours du temps, il faut alors déterminer l'intensité du courant à chaque instant $i(t)$ et faire la même opération que précédemment mais sur un temps très très court sur lequel on pourra considérer que l'intensité est constante.

La relation devient alors $i(t) = \frac{dq}{dt}$

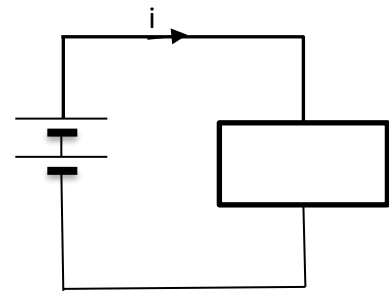
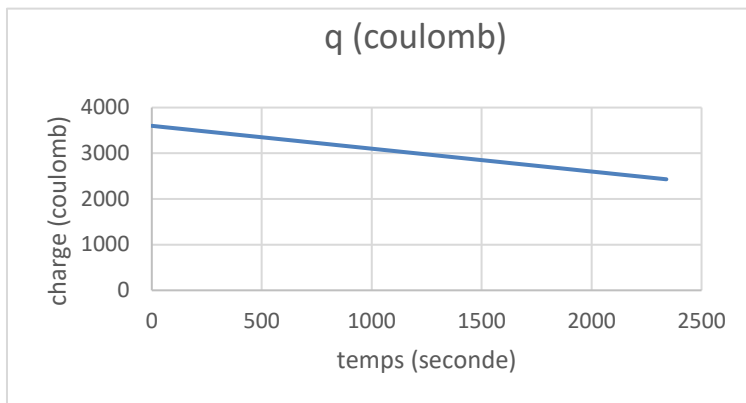
Dans cette relation, dq est la charge élémentaire qui franchit une section du conducteur pendant le temps très court dt .

On notera que la notation $\frac{dq}{dt}$ signifie la dérivée de la grandeur **q** par rapport au temps.

Exemple :

Supposons une batterie dont la charge exprimée en coulomb évolue au cours du temps suivant la relation $q = 3600 - 0.5t$.

gh



On peut calculer l'intensité du courant en dérivant **q** par rapport à **t**. Ici on trouve un courant d'intensité $i = -0,5A$.

Dans l'exemple précédent, le résultat est négatif, cela nous donne une information sur le sens du courant. Le sens du courant est le sens de déplacement des charges positives, c'est le sens inverse du sens de déplacement des électrons qui ont eux une charge négative.

Sur un schéma électrique on représente le courant par une flèche sur le conducteur, le sens de la flèche indique le sens qui est choisi comme sens positif. Si le résultat du calcul donne une intensité positive, cela signifie que le courant est dans le sens indiqué par la flèche, sinon qu'il circule dans l'autre sens.

La tension électrique

Qu'est ce qui provoque le déplacement des charges ?

Il existe des forces entre les particules chargées : des particules dont les charges sont de signes identiques se repoussent et des particules dont les charges sont de signes différents s'attirent.

S'il existe des concentrations de charges différentes aux deux extrémités d'un conducteur alors les charges qui le peuvent vont se déplacer de façon à rétablir l'équilibre : il apparaît un courant électrique.

On définit le potentiel électrique pour décrire ces concentrations de charge. On se met d'abord d'accord sur un potentiel nul : souvent celui de la terre. Si en certain point, on compte une concentration de charges positives plus importante que sur le potentiel nul on

dira que ces points ont un potentiel positif. Si au contraire il y a un excès de charges négatives, on parlera de potentiel négatif.

Un courant va circuler dans un conducteur si ses deux extrémités ne sont pas au même potentiel. **On dit alors qu'il existe entre les deux points une différence de potentiel aussi appelé tension électrique** non nulle. $U_{AB} = V_A - V_B$.

L'unité pour une tension ou un potentiel est le volt (V).

Dans un conducteur le courant se met naturellement à circuler des points à potentiel élevé vers les points à potentiel bas : il descend les potentiels.

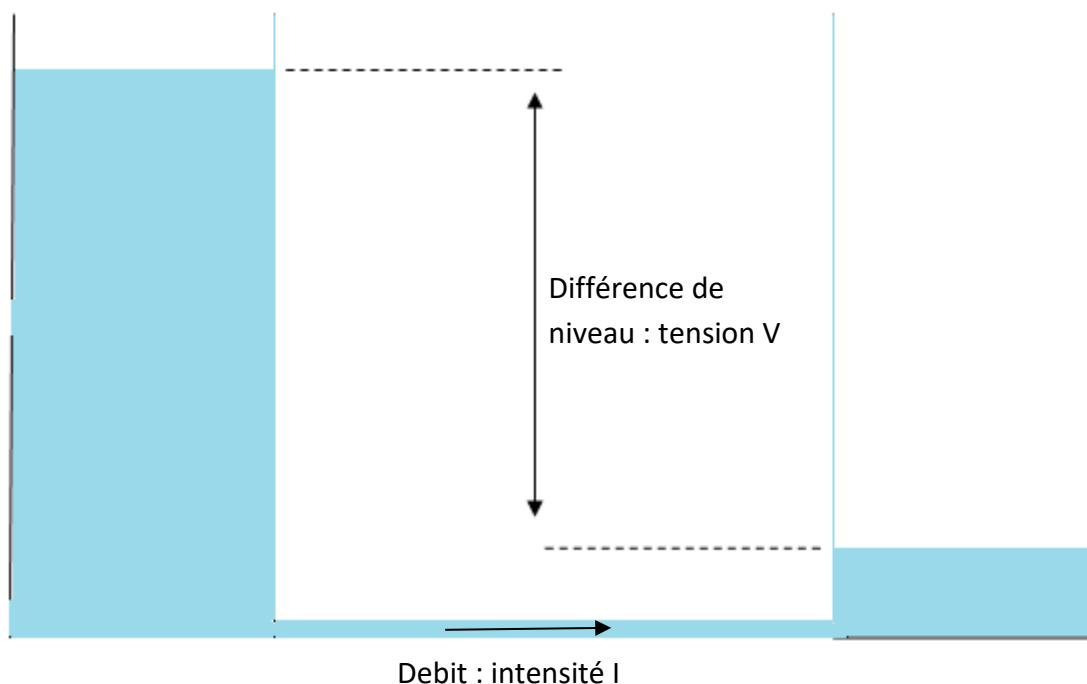
On peut facilement faire une comparaison avec l'altitude :

Là aussi on définit une altitude 0 (généralement celle de la mer)

Pour connaître le dénivelé entre deux points il faut calculer la différence d'altitude,

L'eau s'écoule naturellement des altitudes élevées vers les altitudes basses.

On peut aussi s'aider de la figure suivante pour mieux comprendre la notion de tension et de courant : La différence de niveau entre les deux récipients est une image de la tension électrique, l'eau qui circule dans le tuyau est une image du courant électrique et l'intensité serait donc le débit d'eau dans le tuyau. S'il n'y a pas de différence de niveau (tension nulle) alors l'eau ne se déplace pas (Intensité nulle).



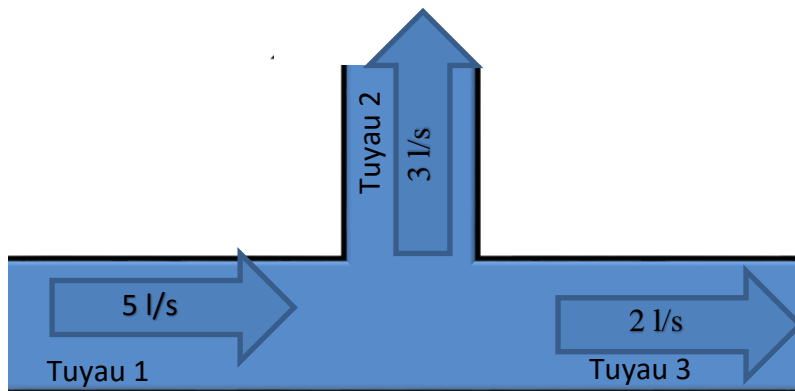
On représente la tension entre deux points d'un circuit par une flèche à côté du circuit sur laquelle on indique le nom de cette tension.

Conséquence des définitions : la loi des nœuds et la loi des mailles

La loi des nœuds

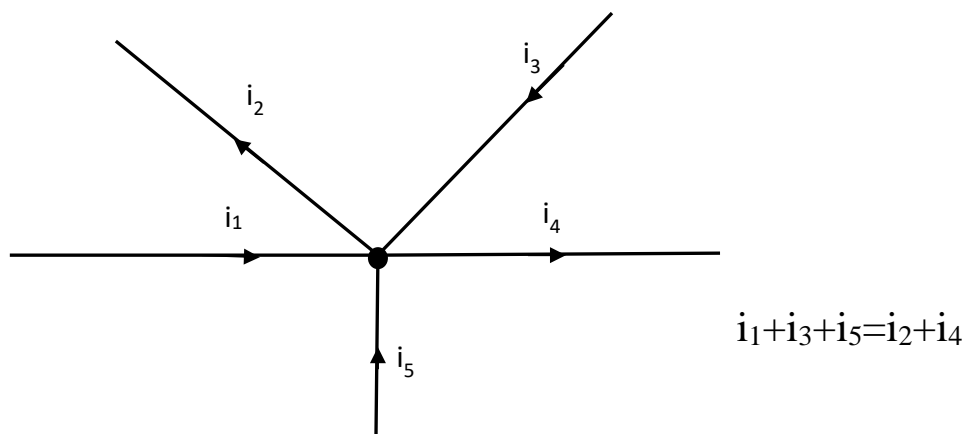
On a vu que l'intensité du courant est un débit.

Imaginons maintenant trois tuyaux contenant de l'eau se rencontrant à un point. Si l'eau arrive par le tuyau 1 et repart par les tuyaux 2 et 3, il est clair que le débit dans le tuyau 1 est la somme des débits dans les tuyaux 2 et 3 .



Si le débit dans le tuyau 1 est de 5 l/s et celui dans le tuyau 2 de 3 l/s, on peut en conclure que le débit dans le tuyau 3 est de 2 l/s.

De même dans un circuit électrique on appelle nœud la connexion d'au moins trois conducteurs et comme dans l'exemple précédent, **on peut écrire que la somme des intensités des courants qui arrivent à un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui sortent de ce nœud**. C'est la loi des nœuds.



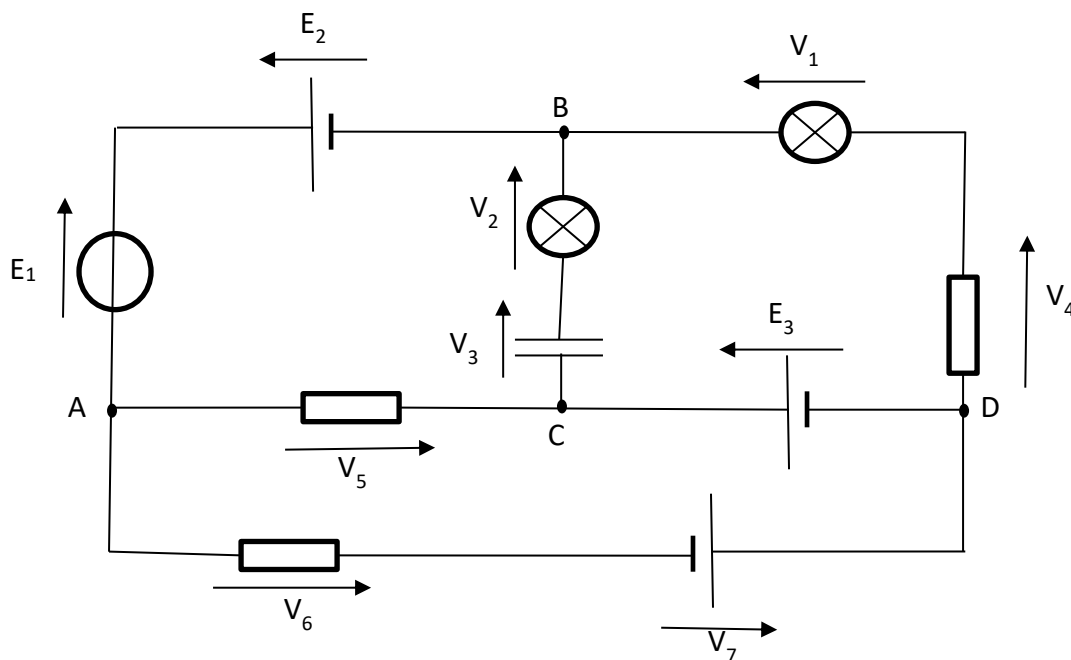
La loi des mailles

On a vu que la tension électrique est une différence de potentiel « *de niveau électrique* » et que l'on peut comparer cette notion avec celle d'altitude et de dénivelé.

Si on imagine un randonneur dans un pays vallonné faisant une randonnée fermée qui le ramène à son point de départ. Si on compte comme positif tous les dénivelés en montée qu'il franchit et comme négatif ceux en descente on pourra dire à la fin que la somme des dénivelés est nulle. En effet puisque notre randonneur est revenu à son point de départ, il a obligatoirement autant descendu que monté.

De même dans un circuit électrique, on appelle maille un chemin fermé passant par différents constituants du circuit

Loi des mailles : **La somme algébrique des tensions rencontrées dans une maille est nulle.**



Dans le circuit ci-dessus, il y a quatre nœuds : A, B, C et D ;

on peut distinguer 7 mailles : ABCA ; BDCB ; ACDA ; ABDCA ; ABCDA ; ACBDA ; ABDA.

Pour écrire la loi des mailles dans une maille, il faut choisir un sens de parcours pour la maille et écrire la somme algébrique des tensions rencontrées dans cette maille en plaçant un + devant les tensions dont la flèche est dans le sens choisi et un – devant les autres.

Maille ABCA : $E_1 - E_2 - V_2 - V_3 - V_5 = 0$

Maille BDCB : $-V_1 - V_4 + E_3 + V_3 + V_2 = 0$

$$\text{Maille ACDA : } V_5 - E_3 - V_7 - V_6 = 0$$

$$\text{Maille ABDCA : } E_1 - E_2 - V_1 - V_4 + E_3 - V_5 = 0$$

$$\text{Maille ABCDA : } E_1 - E_2 - V_2 - V_3 - E_3 - V_7 - V_6 = 0$$

$$\text{Maille ACBDA : } V_5 + V_3 + V_2 - V_1 - V_4 - V_7 - V_6 = 0$$

$$\text{Maille ABDA : } E_1 - E_2 - V_1 - V_4 - V_7 - V_6 = 0$$