

Electricité : Rappels & Compléments

A. Analogie hydraulique

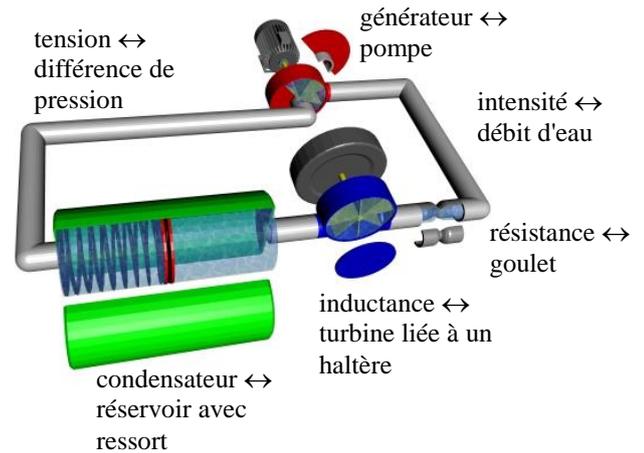
Pour comprendre certaines propriétés du courant électrique, il est intéressant de le comparer à de l'eau s'écoulant dans un circuit de tuyaux.

⇒ Le générateur peut alors être vu comme une pompe chargée de mettre en pression ce liquide dans les tuyaux.

⇒ La différence de potentiel, ou tension, ressemble alors à la différence de pression entre deux points du circuit d'eau.

⇒ L'intensité du courant électrique peut être rapprochée du débit d'eau dans le tuyau.

⇒ La résistance d'un circuit électrique serait alors analogue au diamètre des tuyaux.



B. Intensité

Lorsque deux corps de charges électriques opposées sont reliés par un conducteur les électrons se déplacent du corps négatif vers le corps positif de façon à rétablir un équilibre.

Par convention, le courant électrique va dans le sens inverse des électrons, c'est-à-dire dans le sens de passage des charges positives.

Pour un courant continu (d'intensité constante), l'intensité (notée I) est égale au débit de charge :

$$I = \frac{\text{charge qui traverse un point du circuit}}{\text{durée } \Delta t} = \frac{Q}{\Delta t}$$

L'intensité du courant électrique se mesure en ampère (A).

Pour un courant d'intensité variable (qui dépend du temps t), on définit l'intensité instantanée notée i :

$$i = \frac{\text{charge qui traverse un point du circuit}}{\text{durée } \Delta t \text{ avec } \Delta t \text{ petit}} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

En faisant tendre Δt vers 0 :

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}$$

⇒ l'intensité est la dérivée de la charge par rapport au temps.

L'intensité est une grandeur algébrique : elle dépend du sens d'orientation choisi pour i par l'expérimentateur (matérialisée par une flèche : $\rightarrow i$).

– l'intensité est positive si le sens d'orientation de i est le même que le sens du courant électrique.

– l'intensité est négative si le sens d'orientation de i est dans le sens contraire à celui du courant électrique.

Loi des nœuds :

La somme des intensités des courants qui arrivent à un nœud du circuit est égale à la somme des intensités des courants qui en partent.

C. Tension

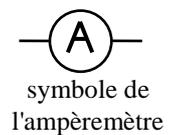
La tension U_{AB} , exprimée en volt (V), est égale à la différence de potentiel électrique $V_A - V_B$ entre les deux points A et B du circuit.

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

Elle est représentée par une flèche hors du circuit et orientée de B vers A. Dans tout circuit conducteur, le courant s'écoule du point de plus haut potentiel au point de potentiel le plus bas (sauf dans le générateur).

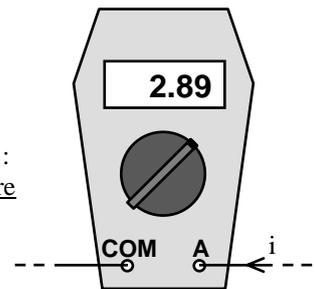


Analogie hydraulique : le courant électrique peut être assimilée à un débit d'eau.

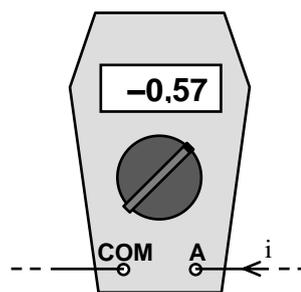


symbole de l'ampère

L'ampèremètre mesure le débit de charge qui traverse le circuit ⇒ il se branche en série.
Le branchement de l'ampèremètre oriente le circuit : la flèche orientant le circuit entre par sa borne A et sort par sa borne COM.

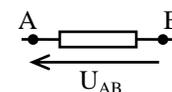
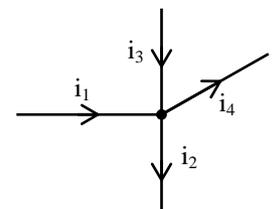


Sur le schéma ci-dessus, l'ampèremètre mesure une intensité positive : le courant électrique circule dans le même sens que le sens d'orientation choisi.



Sur le schéma ci-contre, l'ampèremètre mesure une intensité négative : le courant électrique circule dans le opposé au sens d'orientation choisi.

Loi des nœuds :
 $i_1 + i_3 = i_2 + i_4$



Analogie hydraulique :

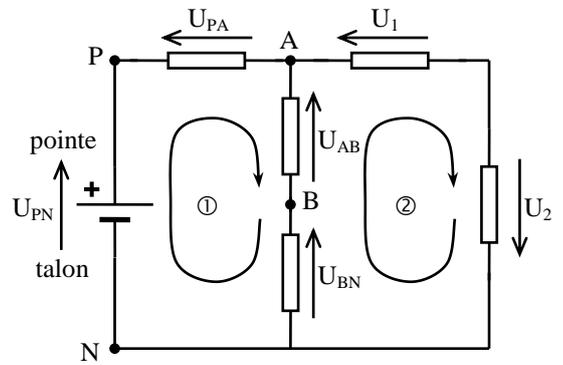
L'eau dans le circuit s'écoule dans le sens du point de plus haute pression vers le point de plus basse pression ↔ le courant électrique circule dans le sens des potentiels décroissants.

Loi d'additivité des tensions :

La tension U_{PN} entre deux points N et P d'un circuit est égale à la somme des tensions entre différents points du circuit, en partant de P pour arriver à N (cf. loi de Chasles) :

$$U_{PN} = U_{PA} + U_{AB} + U_{BN}$$

La loi des mailles est une façon de traduire la loi d'additivité des tensions à partir de flèches tensions qui sont déjà représentées dans le circuit. Une maille est un ensemble de branches qui forme une boucle fermée.



Règle d'écriture de la loi des mailles :

On choisit un sens de parcours arbitraire pour la maille. On décrit la maille dans le sens choisi et on écrit que la somme algébrique des tensions est nulle en respectant la convention suivante :

⇒ si la flèche-tension est rencontrée par la **pointe**, la tension est affectée du signe + ;

⇒ si la flèche-tension est rencontrée par le **talon**, la tension est affectée du signe -.

Loi des mailles :

maille ① : $U_{BN} - U_{PN} + U_{PA} + U_{AB} = 0$

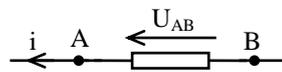
maille ② : $-U_2 - U_{BN} - U_{AB} + U_1 = 0$

En convention récepteur, la flèche précisant l'orientation de la branche et la flèche tension de U_{AB} aux bornes d'un dipôle sont en sens contraire.

En convention générateur, les deux flèches sont dans le même sens.

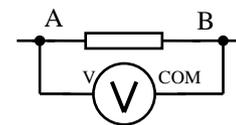


⇒ convention récepteur

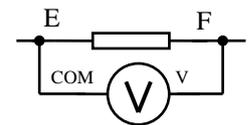


⇒ convention générateur

Une tension électrique se mesure avec un voltmètre branché en dérivation. Pour mesurer la tension U_{AB} , il faut relier la borne V du voltmètre au point A et la borne COM au point B.



Le voltmètre mesure : U_{AB}



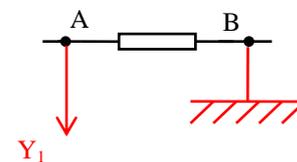
Le voltmètre mesure : U_{FE}

Pour visualiser une tension variable, on peut utiliser un oscilloscope (ou une carte d'acquisition reliée à un ordinateur). Comme le voltmètre, il se branche en dérivation sur le dipôle.

Chaque voie comporte deux bornes : la masse (borne noire Y_1) et Y_1 (borne rouge).

Pour visualiser la tension U_{AB} , il faut relier le point A à la borne Y_1 et le point B à la masse.

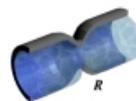
L'oscilloscope visualise U_{AB} :



D. Résistance

Analogie hydraulique : plus les tuyaux sont petits, plus il faut de pression pour avoir le même débit ; de façon analogue, plus la résistance d'un circuit est élevée, plus il faut une différence de potentiel élevée pour avoir la même intensité.

La résistance électrique mesure donc la faculté de limiter plus ou moins le passage du courant.



Analogie hydraulique : une résistance correspond à un rétrécissement de la section d'un tuyau.

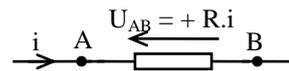
La résistance d'un conducteur ohmique se mesure en ohm (Ω).

La tension U_{AB} aux bornes d'un conducteur ohmique de résistance R est liée à l'intensité i du courant qui le traverse par la loi d'Ohm.

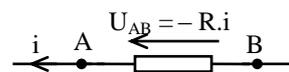
Loi d'Ohm :

En convention récepteur : $U_{AB} = + R.i$

En convention générateur : $U_{AB} = - R.i$



⇒ convention récepteur

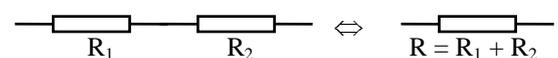


⇒ convention générateur

Loi d'association en série :

Deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 associés en série sont équivalents à un conducteur ohmique de résistance :

$$R = R_1 + R_2.$$



La résistance d'un conducteur ohmique se mesure avec un multimètre réglé en ohmmètre branché en dérivation sur le dipôle.

E. Générateur

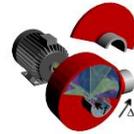
Analogie hydraulique : le générateur peut être vu comme une pompe chargée de mettre en pression le liquide dans les tuyaux.

Générateur idéal de tension : il fournit une tension constante E (appelée force électromotrice) quelle que soit l'intensité fournie.

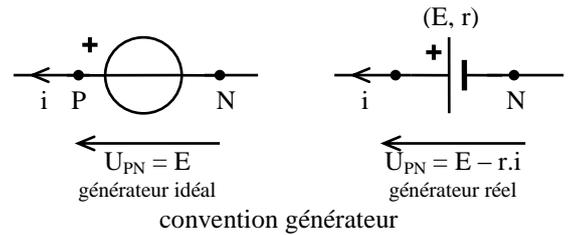
$$U_{PN} = E$$

Générateur réel de tension : il possède une résistance interne r qui provoque une diminution de la tension aux bornes du générateur lorsque l'intensité du courant électrique augmente.

$$U_{PN} = E - r.i$$



Analogie hydraulique : le générateur peut alors être vu comme une pompe



F. Condensateur

Analogie hydraulique : l'équivalent du condensateur est un réservoir dans lequel se trouve un piston étanche (au milieu du réservoir à l'équilibre) lié à un ressort. Il peut stocker un volume d'eau avec une énergie certaine énergie potentielle grâce à l'élasticité du ressort lorsque ce réservoir est soumis à une différence de pression ↔ le condensateur peut stocker une charge lorsqu'il est soumis à une tension.

Tension aux bornes d'un condensateur :

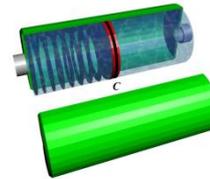
$$q_A = C.u_{AB}$$

C est la capacité du condensateur et se mesure en farad (F).

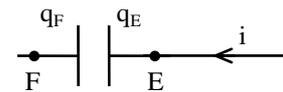
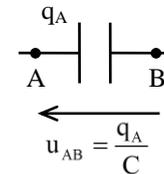
Sens d'orientation de l'intensité et charge d'une armature :

Si le sens d'orientation de l'intensité est orienté vers l'armature A du condensateur alors :

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



Analogie hydraulique : le condensateur est l'équivalent d'un réservoir avec un piston mobile lié à un ressort.



ici, i est orienté vers l'armature E donc :

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

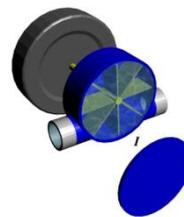
G. Inductance

Analogie hydraulique : un équivalent de l'inductance est une turbine, constituée d'une cavité dans laquelle tourne une roue à aubes solidaire par un axe à une masse (de type haltère). L'inertie de la masse impose un débit continu. L'inertie de la masse impose un retard à l'établissement de la circulation de l'eau. En d'autres termes la vitesse de rotation de la roue ne peut varier instantanément d'une valeur à une autre, mais varie progressivement. C'est un récepteur d'énergie qui permet de limiter les variations du débit, et stocke de l'énergie cinétique.

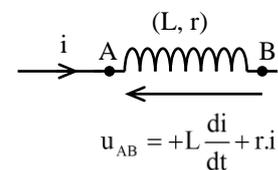
Tension aux bornes d'une bobine (convention récepteur) :

$$u_{AB} = L \frac{di}{dt} + r.i$$

L est l'inductance de la bobine et s'exprime en henry (H).
 r est la résistance interne de la bobine.



Analogie hydraulique : l'inductance est l'équivalent d'une turbine dont l'axe est lié à un haltère.



H. Puissance et énergie

Puissance électrique reçue par un récepteur :

$$P = u_{AB} \times i$$

La puissance s'exprime en watt (W) et traduit la vitesse à laquelle le dipôle reçoit de l'énergie ($1W \leftrightarrow 1J.s^{-1}$)

$$P = \frac{dE}{dt}$$

"A la maison, on dépense d'autant plus d'énergie que des appareils électriques de puissance importante reste branché longtemps ⇒ $E = P \times \Delta t$ "

Une ampoule de 60W consomme 60J par seconde quand elle est branchée.

Pour un conducteur ohmique : $P = u_{AB} \times i = (R.i) \times i = R.i^2$