

## Circuits électriques dans l'ARQS

### Plan du chapitre

<b>I. Cadre d'étude</b>	<b>3</b>
A. L'électrocinétique .....	3
B. L'approximation des régimes quasi-stationnaires .....	3
<b>II. Circuits et grandeurs électriques</b>	<b>5</b>
A. Vocabulaire des circuits .....	5
B. Charge et courant électrique .....	6
C. Intensité du courant électrique .....	7
D. Potentiel et tension électrique .....	9
<b>III. Lois fondamentales de l'électrocinétique</b>	<b>10</b>
A. Lois de l'intensité .....	10
B. Lois de la tension .....	12
<b>IV. Dipôles électrocinétiques</b>	<b>14</b>
A. Puissance, convention générateur et récepteur .....	14
B. Sources de tension et de courant .....	15
C. Récepteurs modèles .....	17
<b>IV. Dipôles équivalents</b>	<b>20</b>
A. Association en série de résistances .....	20
B. Association en parallèle de résistances .....	??
C. Ponts diviseurs .....	22

### Ce qu'il faut connaître

- La condition d'application de l'ARQS en fonction de la taille du circuit et de la fréquence.
- Le vocabulaire des circuits électriques.
- Le fait que la charge électrique est quantifiée
- La relation entre intensité du courant électrique et débit de charge
- Le fait que la tension est une différence de potentiel
- La définition de la masse d'un circuit
- Des ordres de grandeur d'intensité et de tension dans différents domaines

- Les appareils de mesure de tension et d'intensité, ainsi que leur utilisation
- Connaître la loi des mailles et la loi des noeuds
- Lier la loi des noeuds au postulat de conservation de la charge
- Modéliser une source en utilisant la représentation de Thévenin (EC7)
- Citer des ordres de grandeurs de  $R$ ,  $L$  et  $C$ .
- La puissance dissipée par effet Joule dans une résistance
- L'énergie stockée dans un condensateur et une bobine
- Les relations des diviseurs de courant et de tension

---

## Ce qu'il faut savoir faire

---

- Exploiter la condition de l'ARQS (EC1)
- Exploiter la relation charge - intensité (EC2)
- Appliquer les lois de Kirchoff (EC3, EC4 et EC5)
- Utiliser les conventions générateur et récepteur
- Utiliser les lois de comportement des différents dipôles liant intensité et tension (résistance, condensateur, bobine, sources)
- Remplacer une association série ou parallèle de résistances par une résistance équivalente (EC7 et EC8)
- Exploiter les relations des ponts diviseurs (EC9 et EC10)
- Capacité expérimentale (TP)** : étudier l'influence des résistances d'entrée et de sortie sur le signal délivré par un GBF, sur la mesure effectuée par un oscilloscope ou un multimètre
- Capacité expérimentale (TP)** : évaluer une résistance d'entrée ou de sortie afin d'appréhender les conséquences de leurs valeurs sur le fonctionnement du circuit

## I - Cadre d'étude

### I.A - L'électrocinétique

#### Définition de l'électricité

L'électricité est l'ensemble des phénomènes physiques associés à la présence et au mouvement de la matière chargée.

C'est donc un monde de la physique extrêmement vaste, qui recouvre des phénomènes aussi différents que la transmission de l'influx nerveux, la retouche d'une photo numérique ou l'alimentation d'un four industriel. On distingue traditionnellement les domaines suivants :

- ▷ **l'électrostatique** qui fait le lien entre le déplacement des particules chargées et les forces qu'elles subissent, c'est dans ce cadre qu'on explique la foudre ou le fait que les cheveux collent à un ballon de baudruche
- ▷ **l'électrotechnique** ou génie électrique qui s'intéresse au transport de l'énergie électrique
- ▷ **l'électronique** qui concerne le traitement de l'information encodée dans les signaux électriques.

**Remarque :** l'électronique et l'électrotechnique sont deux limites opposées : en électronique, les signaux portent peu d'énergie mais beaucoup d'information, alors qu'en électrotechnique les signaux contiennent beaucoup d'énergie mais aucune information.

L'**électrocinétique** se situe au carrefour de ces domaines et vise à donner une description effective du mouvement des charges dans les circuits formés de conducteurs électriques.

### I.B - L'approximation des régimes quasi-stationnaires

"L'électricité" ne se propage pas instantanément : elle le fait sous forme d'onde électromagnétique, à une vitesse égale à celle de la lumière  $c = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ . Attention à ne pas confondre : ce n'est pas la vitesse à laquelle les particules chargées *se déplacent*, mais celle à laquelle *l'information se propage*. Il faut donc distinguer :

- ▷ **La vitesse du signal électrique**, et donc la vitesse à laquelle se propage l'énergie électrique, est égale à la vitesse de la lumière  $c$ . C'est la vitesse à laquelle les électrons se mettent en marche.
- ▷ **La vitesse de déplacement des porteurs de charge (électrons)** : ceux-ci se déplacent à une vitesse très faible, de l'ordre de  $0,1 \text{ mm.s}^{-1}$ .

**Analogie :** on peut comprendre la différence entre ces deux vitesses avec l'analogie des voitures à l'arrêt au feu : toutes les voitures ne démarrent pas en même temps. Lorsque le feu passe au vert, l'information du feu "remonte la file" à une certaine vitesse, qui n'a rien à voir avec les 50 km/h auxquels se déplacent les voitures une fois qu'elles sont en mouvement. Dans notre cas, la vitesse du signal est la vitesse de la lumière et la vitesse des voitures est analogue à celle des électrons dans le circuit.

Si le circuit a une taille  $L$ , le temps que met l'information pour aller d'une extrémité à l'autre du circuit est de l'ordre de  $\Delta t = L/c$ . Pour savoir s'il est important de tenir compte de ce temps de propagation, il faut le comparer au temps caractéristique de variation des signaux, qui peut être par exemple leur période  $T$ . L'approximation des régimes quasi-stationnaires permet de savoir s'il est nécessaire de tenir compte des phénomènes de propagation dans le circuit étudié.

**L'approximation des régimes quasi-stationnaires (ARQS)**

L'ARQS consiste à négliger les phénomènes de propagation du signal dans le circuit.

L'approximation est valable si et seulement si :

$$\Delta t \ll T$$

où  $T$  désigne la période du signal électrique et  $\Delta t$  le temps de propagation du signal sur le circuit.

Dans l'ARQS, la propagation de l'information est donc **instantanée**.

On peut aussi donner le critère de l'ARQS en fonction de la taille du circuit :

$$\Delta t \ll T \quad \text{soit} \quad \frac{L}{c} \ll \frac{1}{f} \quad \text{d'où} \quad \boxed{L \ll \lambda}$$

Le circuit doit donc être beaucoup plus petit que la longueur d'onde du signal assurant le transport de l'information dans le circuit.

► **Toute l'étude de l'électrocinétique se fera dans l'ARQS.**

**EC1 : Validité de l'ARQS**

1. Rappeler la fréquence de la tension délivrée par EDF. Une ligne électrique de longueur  $L = 300$  km peut-elle être étudiée dans l'ARQS ?
2. Même question pour une puce électronique de côté  $a = 1$  cm, sachant que les signaux utilisés ne dépassent pas  $f = 10$  MHz.
3. Même question pour un circuit électrique typique de TP de longueur  $l = 1$  m, avec des signaux de fréquence maximale  $f = 100$  kHz.

## II - Circuits et grandeurs électriques

### II.A - Vocabulaire des circuits

- **Dipôle**

#### Dipôle

On appelle **dipôle** un composant électrique connecté au reste du circuit par deux bornes.

▷ Exemples :

- **Branche**

#### Branche

On appelle **branche** un ensemble de dipôles montés bout à bout sans que rien de supplémentaire ne soit branché entre eux. Deux dipôles appartenant à une même branche sont dits montés **en série**.

▷ Exemples :

- **Maille**

#### Maille

On appelle **maille** un ensemble de branches formant une boucle fermée.

▷ Exemples :

- **Noeud**

#### Noeud

On appelle **nœud** un point de jonction du circuit d'où partent aux moins trois fils. Deux dipôles dont les bornes sont connectées aux deux mêmes nœuds sont dits montés **en parallèle** ou **en dérivation**.

## II.B - Charge et courant électrique

### • Charge électrique

#### Charge électrique

- ▷ La charge est une propriété qualifiée d'**intrinsèque** <sup>a</sup>.
- ▷ Il existe deux types de charges : **positives** et **negatives**.
- ▷ L'unité de la charge est le **Coulomb** (de symbole C)
- ▷ Il existe une **charge élémentaire** :

$$e \simeq 1,60.10^{-19} \text{ C}$$

C'est la charge portée par un proton, et l'opposé de celle portée par un électron.

- ▷ La charge électrique est **quantifiée** : toutes les charges rencontrées dans la nature sont des multiples entiers de la charge élémentaire ( $e, 2e, -4e, \dots$ ).

**Principe de conservation de la charge** : la charge électrique ne peut être ni créée, ni détruite, mais seulement transportée d'un point à un autre.

a. Au même titre que la masse, deux particules identiques (deux électrons, deux protons) auront toujours la même charge, mais ils n'auront pas forcément la même vitesse, qui n'est donc pas une propriété intrinsèque

**Remarque** : Dans l'ARQS, la charge ne peut pas non plus s'accumuler en un point du circuit.

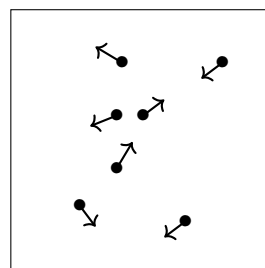
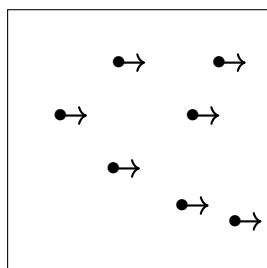
### • Courant électrique

#### Courant électrique

Le courant électrique est un **mouvement ordonné** de porteurs de charges au sein d'un matériau conducteur. Par convention, le sens du courant électrique est celui des porteurs de charge **positives**.

Dans un métal, où les porteurs de charge sont les électrons libres, le sens du courant est donc le sens opposé au mouvement des électrons. Dans une solution électrolytique, les porteurs de charge sont les **ions**.

**Remarque** : Même lorsqu'il n'y a pas de courant, les porteurs de charge sont animés d'un mouvement, cette fois **désordonné**, appelé **agitation thermique**. La figure ci-dessous permet d'illustrer cette distinction



## II.C - Intensité du courant électrique

### • Signification physique et définition

L'intensité est la grandeur physique qui quantifie le courant électrique circulant dans un conducteur, ou en d'autres termes le débit de charge électrique dans le conducteur. Elle compte la charge nette  $\delta q$  qui traverse une section  $\Sigma$  du fil pendant une durée  $\delta t$  :

▷ intensité moyenne pendant  $\delta t$  :  $i = \frac{\delta q}{\delta t}$

▷ intensité instantanée :  $i = \lim_{\delta t \rightarrow 0} \frac{\delta q}{\delta t}$

Comme l'intensité compte une traversée d'électrons sur une certaine surface, il est nécessaire de préciser le sens dans lequel se fait cette traversée. Sur le schéma ci-dessous, on voit que le passage au travers de  $\Sigma$  d'un électron allant vers la droite est compensé par celui d'un électron allant vers la gauche.

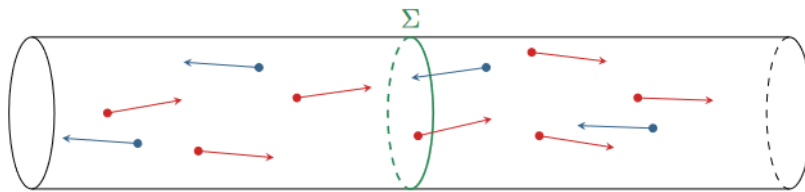


FIGURE 1 – Passage des porteurs de charge à travers une surface  $\Sigma$

### Intensité du courant électrique

L'**intensité** du courant électrique, notée  $i$  est définie par :

$$i(t) = \frac{dq}{dt}$$

où  $q$  désigne la charge électrique. L'intensité s'exprime en **Ampères**, de symbole A.

Dans le cas **stationnaire** c'est-à-dire où les grandeurs électriques ne varient plus dans le temps, on a :

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

où  $N$  désigne le nombre d'électrons, et  $e$  la charge élémentaire.

### EC2 : Bataille de courants

1. L'intensité du courant traversant un fil de cuivre vaut  $I = 4,0$  mA. Combien d'électrons traversent la section du fil pendant 10 s ?

2. Lequel de ces trois courants électriques présente la plus forte intensité ?

On rappelle que  $\mathcal{N}_A = 6,0 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

- (a) 5 000 électrons durant 1 ms
- (b) 0,2 mol d'électrons durant 1 an
- (c) 20 milliards d'électrons durant 1 min

### • Ordres de grandeurs

On remarque donc que  $1 \text{ A} = 1 \text{ C.s}^{-1}$ . Il est à noter que l'ampère est une grande unité : une intensité d'un ampère est donc une forte intensité. Les intensités typiques que nous rencontrerons dans les circuits en TP seront de l'ordre de quelques mA à plusieurs centaines de mA ( $1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$ ). Le tableau ci-dessous résume quelques ordres de grandeur des intensités courantes.

Seuil de perception	Seuil léthal	Circuits électroniques	Ampoule électrique	Orage
1 mA	40 mA pendant 3s	10-100 mA	1 A	$10^5 \text{ A}$

**Remarque sur les dangers du courant** : ce n'est pas parce que l'intensité d'un courant est faible qu'il n'est pas dangereux, il faut aussi prendre en compte le temps d'exposition. Un courant électrique de 25 mA qui parcourrait un corps humain pendant 30 secondes peut potentiellement entraîner la mort. Pour vous donner une idée des dangers auxquels nous sommes exposés, sachez qu'un corps en contact avec une tension de 220V (celles des prises domestiques) est traversé par un courant de 250 mA.

### • Mesure de l'intensité du courant

#### L'ampèremètre

Une intensité se mesure expérimentalement grâce à un **ampèremètre**, qui se place directement dans la branche où l'on souhaite mesurer l'intensité. On dit qu'un ampèremètre se monte **en série**. Le sens du courant affiché par l'ampèremètre est relié au sens de branchement.



## II.D - Potentiel et tension électrique

Le courant électrique et l'intensité décrivent le mouvement des charges, mais pas leur mise en mouvement. Pour cela, il faut faire appel à la notion de potentiel.

### • Analogie mécanique et définition de la tension

On peut s'en faire une image par analogie avec l'écoulement d'un fleuve. Le sens spontané d'écoulement de l'eau se fait des zones de haute altitude (haute énergie potentielle de pesanteur) vers les zones de basse altitude. L'argument est semblable pour les charges électriques : il existe des zones de haute énergie potentielle électrique, et d'autres zones d'énergie potentielle électrique plus faible. L'énergie potentielle électrique dépend du type de charge : on admet (on le justifiera dans le cours de mécanique) qu'on peut définir un potentiel électrique  $V$  tel que  $qV(M)$  soit l'énergie potentielle électrique d'une particule de charge  $q$  placée en un point  $M$ . Le tableau suivant résume cette analogie :

Mécanique	Electricité
Masse $m$	Charge $q$
Différence de hauteur $\Delta h$	Différence de potentiel $\Delta V$
$E_{pp} = mg\Delta h$	$E_{pe} = q\Delta V$

La différence de potentiel électrique est donc à l'origine de la mise en mouvement des particules chargées.

### Tension électrique

La **tension** électrique, notée  $U$  est définie par la différence de potentiel :

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

où  $V_A$  et  $V_B$  désignent respectivement les potentiels électrique aux points  $A$  et  $B$ . La tension s'exprime en **Volts**, de symbole  $V$ . On la représente de la manière suivante :

**Remarque :** Il est à noter qu'il est impossible de mesurer directement le potentiel, on ne peut mesurer qu'une différence de potentiel (de la même manière qu'on ne peut pas mesurer une altitude absolue : il nous faut une référence, prise au niveau de la mer). On peut donc choisir arbitrairement le "zéro de potentiel", que l'on appelle la **masse** du circuit. Son symbole est le suivant :

Le tableau suivant résume quelques ordres de grandeur de tension électrique.

Signal nerveux	Piles	Lignes haute-tension	Orage	Circuits électroniques
75 mV	Quelques volts	150 à 1200 kV	$10^8$ V	Centaines de mV

## • Mesure de la tension électrique

### Le voltmètre

Une tension se mesure à l'aide d'un **voltmètre**, qui se branche entre les points A et B où l'on veut mesurer la tension, donc **en parallèle** du ou des dipôles qui s'y trouvent déjà.

Pour mesurer la tension  $U_{AB}$ , il faut placer la borne V au point A et la borne COM au point B. Sinon, la tension mesurée sera  $U_{BA} = -U_{AB}$ .

## III - Lois fondamentales de l'électrocinétique

Après avoir présenté le vocabulaire des circuits ainsi que les grandeurs électriques fondamentales, il est temps de s'intéresser aux lois qui régissent ces grandeurs au sein d'un circuit électrique étudié dans l'ARQS.

### III.A - Lois de l'intensité

#### • Unicité de l'intensité

Considérons un fil au sein d'une branche. On y définit une surface délimitée par la surface extérieure du fil et deux sections droites orientées, notées  $\Sigma_1$  et  $\Sigma_2$ , comme sur la figure 2.

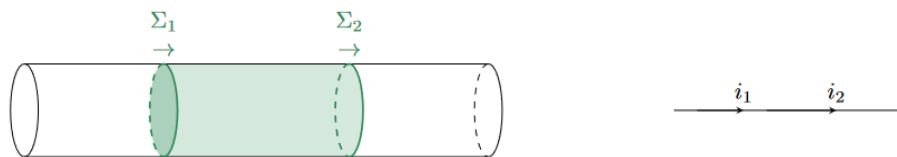


FIGURE 2 – Passage du courant au sein d'une branche

D'après l'hypothèse de l'ARQS, la charge ne peut être ni créée ni détruite, ni accumulée en un point du circuit : on en déduit ainsi que la charge sortant par  $\Sigma_2$  pendant un petit intervalle de temps  $\delta t$  est exactement compensée par celle entrant par  $\Sigma_1$ . Ainsi,

$$dq_1 = dq_2 \quad \text{d'où} \quad i_1 \delta t = i_2 \delta t$$

On en déduit ainsi que  $i_1 = i_2$ . Ce résultat se généralise sous la forme suivante.

### Unicité de l'intensité au sein d'une branche

L'intensité circulant dans une branche d'un circuit est la même en tout point de cette branche.

#### • Loi des noeuds

Considérons maintenant un nœud, autour duquel on définit une surface délimitée par la surface extérieure des fils et trois sections droites orientées, notées  $\Sigma_1$  à  $\Sigma_3$ , comme sur la figure ci-dessous.

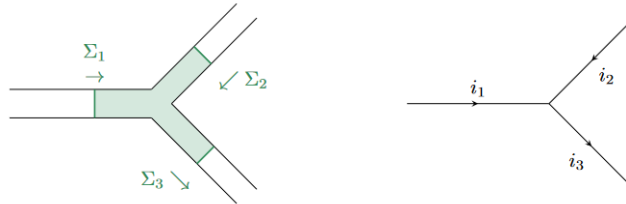


FIGURE 3 – Passage du courant au sein d'un nœud

On déduit du **principe de conservation de la charge** que la charge sortant par  $\Sigma_3$  pendant un petit intervalle de temps  $dt$  est exactement compensée par celle entrant par  $\Sigma_1$  et  $\Sigma_2$ . On peut ainsi écrire

$$dq_1 + dq_2 = dq_3 \quad \text{soit} \quad i_1 dt + i_2 dt = i_3 dt$$

D'où  $i_1 + i_2 = i_3$ . On peut aussi écrire la nullité de la somme algébrique  $i_1 + i_2 - i_3 = 0$ , le signe des  $i_n$  étant déterminé en fonction de l'orientation de la surface  $\Sigma_n$ .

### Loi des noeuds (ou 1ère loi de Kirchoff)

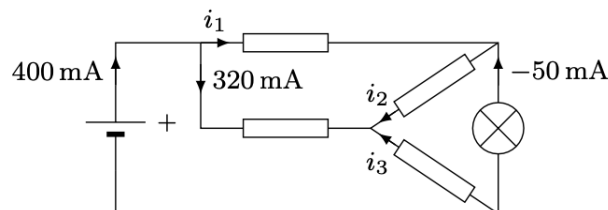
La somme des intensités des courants qui entrent par un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui sortent du même nœud.

Les intensités étant **algébriques** (puisqu'elles dépendent de l'orientation de la surface orientée du fil), on peut aussi écrire que la somme algébrique des intensités sur un nœud est nulle :

$$\sum_{k=1}^n i_k = 0$$

#### EC3 : Loi des noeuds

On considère le circuit électrique représenté ci-dessous.



▷ À partir de la loi des noeuds, calculer les intensités des courants  $i_1$ ,  $i_2$  et  $i_3$  sans utiliser la calculatrice.

### III.B - Lois de la tension

#### • Additivité de la tension

##### Additivité de la tension

La tension aux bornes d'un ensemble de dipôles branchés en série est la somme des tensions aux bornes de chacun d'entre eux.

Il s'agit simplement d'une relation de Chasles appliquée à la tension.

#### • Loi des mailles

Considérons la maille ABCD ci-contre. On peut écrire :

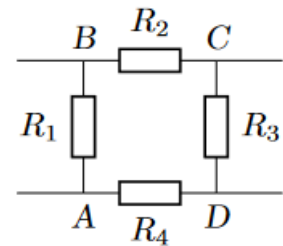
$$U_1 + U_2 + U_3 + U_4 = U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} + U_{DA}$$

Or, d'après la l'additivité des tensions, on peut écrire :

$$U_{AB} + U_{BC} = U_{AC} \quad \text{et} \quad U_{CD} + U_{DA} = U_{CA}$$

Or,  $U_{AC} = -U_{CA}$  donc la somme écrite jusqu'ici est nulle.

Ce résultat se généralise à une maille quelconque.



##### Loi des mailles (ou 2de loi de Kirchoff)

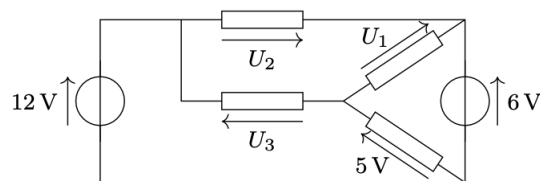
La somme des tensions algébriques rencontrées dans une maille est nulle.

$$\sum_{k=1}^n U_k = 0$$

Il faut donc être vigilant lors de la définition des tensions : il faudra toujours veiller à orienter correctement les flèches de tension au sein d'un circuit. Nous reverrons l'importance des conventions dans la partie suivante.

#### EC4 : Loi des mailles (I)

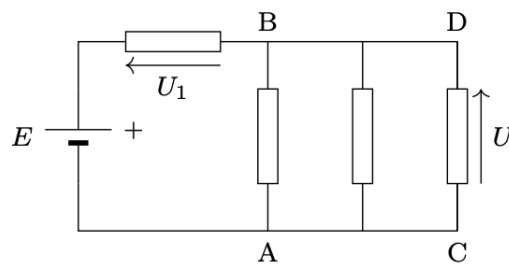
On considère le circuit électrique représenté ci-dessous.



▷ À partir de la loi des mailles, calculer les tensions  $U_1$ ,  $U_2$  et  $U_3$ .

**EC5 : Loi des mailles (II)**

Un circuit électrique est formé d'une pile de f.é.m  $E$  et de quatre dipôles. Certaines tensions sont indiquées.



▷ À partir de la loi des mailles, exprimer en fonction de  $E$  et  $U_1$  les tensions  $U$ ,  $U_{AB}$ ,  $U_{DA}$ .

## IV - Dipôles électrocinétiques

### IV.A - Puissance, convention générateur et récepteur

#### ● Puissance électrique

L'état d'un dipôle est déterminé par trois grandeurs :

- ▷ La **tension**  $u$  à ses bornes.
- ▷ L'**intensité**  $i$  du courant qui le traverse
- ▷ La **puissance**  $P$  qu'il échange avec le reste du circuit.

#### Puissance électrique

La puissance électrique est définie par la relation :

$$P = u \times i$$

Elle s'exprime en watts (de symbole W). On rappelle que puissance et énergie  $E$  (en Joule) sont liées par la relation

$$P(t) = \frac{dE}{dt} \quad \Leftrightarrow \quad E = \int_{t_1}^{t_2} P(t) dt$$

et dans le cas où la puissance est constante,

$$E = P \times T = P \times (t_2 - t_1)$$

**Remarque :** On a donc  $1 \text{ W} = 1 \text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$

#### EC6 : Unités de base du Watt

- ▷ Exprimer le Watt en fonction des unités de base du système international d'unités.

#### ● Conventions d'orientation

Le courant et la tension sont algébriques et le sens d'algèbrisation est conventionnel : on peut choisir librement l'orientation de ces deux grandeurs. Deux conventions sont possibles, nommées en fonction de l'orientation relative de la tension et du sens positif du courant.

**Convention récepteur**

Un dipôle est orienté en convention récepteur si la tension  $u$  à ses bornes et l'intensité  $i$  le traversant sont dans des sens opposés.

Dans ce cas,  $P = u \times i$  désigne la puissance **reçue** par le dipôle.

**Convention générateur**

Un dipôle est orienté en convention **générateur** si la tension  $u$  à ses bornes et l'intensité  $i$  le traversant sont dans le même sens.

Dans ce cas,  $P = u \times i$  désigne la puissance **cédée** par le dipôle.

## IV.B - Sources de tension et de courant

Habituellement, les **générateurs** sont orientés en convention générateur. Toutefois, le caractère intrinsèquement générateur d'un dipôle ne dépend pas de la convention choisie : il fournira l'énergie, même si on l'oriente en convention récepteur.

- **Source idéale de courant**

**Source idéale de courant**

Une source idéale de courant impose une valeur fixe de courant dans sa branche, appelée **courant de court-circuit**, souvent noté  $\eta$  ou  $I_0$ , quelle que soit la tension à ses bornes. Son symbole est le suivant :

Un dipôle est dit "court-circuité" lorsque ses deux bornes sont reliées par un fil. Dans ce cas, le courant dans toute la maille est égal à  $\eta$ , ce qui justifie le nom de courant de court-circuit. On peut ainsi tracer la **caractéristique** (représentation graphique de  $u$  en fonction de  $i$ ) de cette source :

- Sources de tension

**Source idéale de tension**

Une source idéale de tension impose une valeur fixe de tension entre ses bornes, appelée **tension à vide** ou **force électromotrice**, notée  $E$ , quelle que soit l'intensité dans sa branche. Son symbole est le suivant

On parle de tension à vide car c'est la tension observée aux bornes du dipôles lorsqu'il est hors du circuit. La caractéristique d'une source idéale de tension est donnée ci-dessous :

**Remarque :** Ces deux sources sont idéales, au sens qu'elles sont des modèles : elles n'existent jamais en réalité.

On peut toutefois affiner le modèle de la source idéale de tension.

**Modèle de Thévenin d'une source de tension**

Une source réelle de tension peut être modélisée comme l'association d'une source idéale de tension, de force électromotrice  $E$ , et d'une résistance  $r$  en série, de telle sorte que la tension fournie par cette source s'écrit :

$$U_g = E - rI$$

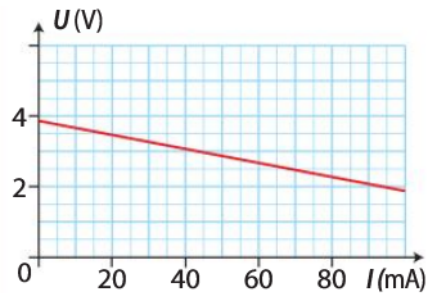
Une source réelle de tension est schématisée comme ci-après :

Il y a donc une chute de tension lorsque l'intensité augmente. Typiquement, pour un GBF utilisé en TP,  $r = 50\Omega$ .



**EC7 : Source de tension**

La caractéristique  $U = f(I)$  d'une source de tension est donnée ci-dessous.



1. Est-ce une source de tension *réelle* ou *idéale* ? Justifier la réponse.
2. Écrire l'équation littérale de la caractéristique  $U = f(I)$  en fonction de la force électromotrice  $E$  et de sa résistance interne  $r$ .
3. Déterminer  $E$  et  $r$  par lecture graphique.

**IV.C - Récepteurs modèles**

Intéressons-nous maintenant aux **récepteurs** usuels. Ceux-ci sont généralement orientés en convention récepteur : ce sont eux qui reçoivent l'énergie de la part du générateur. Nous verrons toutefois, notamment dans le cas de la bobine et du condensateur, qu'il sera judicieux de les orienter en convention générateur.

- **Fil de connexion**

- ▷ Symbole :
- ▷ La tension aux bornes d'un fil idéal est nulle, quel que soit le courant qui le traverse. Sa résistance est donc nulle (en pratique, elle est très faible devant les autres résistances du circuit).

- **Interrupteur**

- ▷ Interrupteur fermé (identique à un fil de connexion) :
- ▷ Interrupteur ouvert :
- ▷ Le courant qui traverse un interrupteur ouvert est nul.

**Remarque :** La tension aux bornes d'un interrupteur ouvert n'est pas pour autant nulle ! Ce n'est d'ailleurs pas souvent le cas, pensez aux prises de secteur qui sont "sous-tension".

## • Le conducteur ohmique (ou résistance)

### La résistance

#### • Symbole :

• **Loi de comportement :** la tension à ses bornes et l'intensité la traversant sont proportionnels. Il s'agit de la loi d'Ohm :

$$u = R \times i$$

où  $R$  désigne la résistance du conducteur ohmique, exprimée en Ohms (symbole  $\Omega$ ).

#### • Comportement énergétique :

$$P = u \times i = R \times i^2$$

Il s'agit de la puissance dissipée par **effet Joule** (conversion puissance électrique  $\rightarrow$  puissance thermique).

On définit également la **conductance**  $G$  comme l'inverse de la résistance :

$$G = \frac{1}{R}$$

avec  $G$  en Siemens ( $1\text{S} = 1\Omega^{-1}$ ).

**Remarque :** La loi d'Ohm s'écrit  $u = R \times i$  en **convention récepteur** ! En convention générateur, la loi de comportement devient  $u = -R \times i$ .

▷ Ordre de grandeur de  $R$  en TP :  $1\Omega - 1\text{M}\Omega$ .

## • Le condensateur

Un condensateur est fait de deux armatures conductrices qui se font face, séparées par un isolant. Si on applique une tension  $u$ , alors des électrons quittent une armature, ce qui entraîne un mouvement de proche en proche dans le circuit, et par conservation de la charge autant d'électrons rejoignent l'armature opposée : il y a accumulation d'une charge opposée  $\pm q_c$  sur les armatures. On peut montrer que la charge et la tension sont proportionnels.

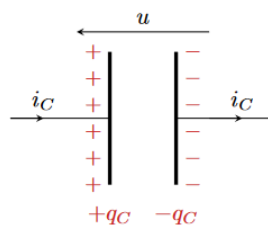


FIGURE 4 – Structure d'un condensateur

On peut montrer que la charge et la tension sont proportionnels :

$$q_c = C \times u$$

Comme c'est la même charge qui arrive d'un côté et part de l'autre, tout se passe comme si un courant  $i_c$  "traversait" le condensateur avec une intensité :

$$i_c = \frac{dq_c}{dt}$$

En réalité, aucun courant ne traverse l'isolant, en revanche le courant  $i_c$  qui traverse le fil d'un côté est égal à celui qui traverse le fil de l'autre côté.

### Le condensateur

- **Symbole :**

- **Loi de comportement :** la charge  $q$  sur les armatures est proportionnelle à la tension  $u$  à ses bornes :

$$q = C \times u \quad \Longleftrightarrow \quad i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt}$$

où  $C$  désigne la **capacité** du condensateur, exprimée en Farad (symbole F).

- **Comportement énergétique :** on peut montrer (cf chapitre 4) que le condensateur peut stocker une énergie

$$E = \frac{1}{2} C u^2$$

▷ Ordre de grandeur de  $C$  en TP : 1 pF - 1  $\mu$ F.

- **La bobine**

Il s'agit simplement de l'enroulement d'un long fil conducteur, parfois autour d'un matériau magnétique. Le principe de fonctionnement sera expliqué dans le cours d'induction en fin d'année. Une bobine est capable de stocker de l'énergie sous forme magnétique. La description d'une bobine sera donnée dans le chapitre d'induction.

### La bobine

- **Symbole :**

- **Loi de comportement :**

$$i = L \frac{di}{dt}$$

où  $L$  désigne l'**inductance** de la bobine, exprimée en Henry (symbole H).

- **Comportement énergétique :** on peut montrer (cf chapitre 4) que la bobine peut stocker une énergie

$$E = \frac{1}{2} L i^2$$

▷ Ordre de grandeur de  $L$  en TP : 1 mH - 1H.

---

## IV - Dipôles équivalents

---

Nous allons voir dans cette partie l'équivalence des dipôles dans un circuit, et plus particulièrement des résistances : grâce aux lois que nous avons donné dans les parties précédentes, nous verrons qu'il sera possible de "simplifier" des circuits.

### V.A - Association de résistances en série

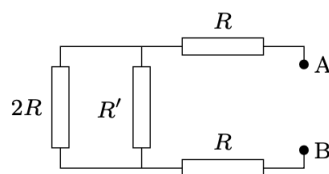
On rappelle que deux résistances sont en série si elles sont traversées par le même courant.

## V.B - Association de résistances en parallèle

On rappelle que deux résistances sont en parallèle si elles sont soumises à la même tension.

### EC8 : Résistance équivalente

On considère le dipôle AB constitué uniquement de conducteurs ohmiques.



▷ Exprimer la résistance équivalente du dipôle AB en fonction de  $R$  et  $R'$ .

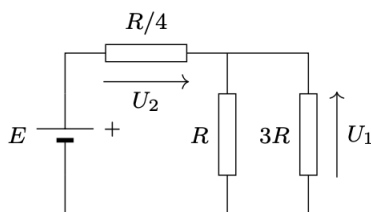
## V.C - Ponts diviseurs

On se place maintenant du point de vue du signal. Comment peut-on modéliser le "signal équivalent" ?

- Pont diviseur de tension

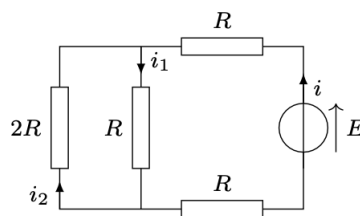
### EC9 : Utiliser le pont diviseur de tension

On forme un circuit avec une pile et trois conducteurs ohmiques. On définit les tensions  $U_1$  et  $U_2$  comme indiqué ci-dessous.



1. Calculer la résistance équivalente aux deux conducteurs ohmiques en parallèle.
2. À l'aide de la formule du diviseur de tension, exprimer  $U_1$  en fonction de  $E$  et  $R$ .
3. Faire la même chose pour  $U_2$ .

- **Pont diviseur de courant**

**EC10 : Utiliser le pont diviseur de courant**

1. Après avoir simplifié le circuit, calculer  $i$  en fonction de  $E$  et  $R$ .
2. En déduire  $i_1$  à partir de la formule du diviseur de courant.
3. En déduire  $i_2$ .