

# Chapitre 3 : Circuits électriques dans l'ARQS

Deux unités du Système International tirent leurs noms de scientifiques ayant fait des découvertes majeures dans le domaine de l'électricité :



- le Volt, unité de la tension électrique, en hommage au physicien italien Alessandro Volta (1745-1827) qui a mis au point la première pile.
- l'Ampère, unité du courant électrique, en hommage au physicien français André-Marie Ampère (1775-1836) qui a le premier introduit la notion de courant électrique et créé le vocabulaire de l'électricité.

## Plan du cours

<b>I Vocabulaire en électricité</b>	<b>2</b>	<b>IV Puissance, conventions générateur et récepteur</b>	<b>8</b>
<b>II Le courant électrique</b>	<b>2</b>	<b>V Dipôles électriques en courant continu</b>	<b>9</b>
II.1 Nature du courant électrique . . . . .	2	V.1 Source de tension . . . . .	9
II.2 Intensité du courant électrique . . . . .	3	V.2 Conducteurs ohmiques . . . . .	10
II.3 L'ARQS . . . . .	4	V.3 Condensateurs . . . . .	11
II.4 Loi des nœuds . . . . .	5	V.4 Bobines . . . . .	13
<b>III Tension électrique</b>	<b>6</b>	<b>VI Association de résistances</b>	<b>14</b>
III.1 Définition et mesure . . . . .	6	VI.1 Association de deux résistances en série . . .	14
III.2 Loi des mailles . . . . .	8	VI.2 Pont diviseur de tension . . . . .	15
		VI.3 Association de deux résistances en dérivation	16
		VI.4 Pont diviseur de courant . . . . .	17

### À savoir

Savoir que la charge électrique est quantifiée.	II.1
Relier l'intensité du courant électrique en termes de débit de charge.	II.2
Citer les ordres de grandeur d'intensités, de tensions et de puissances dans différents domaines d'application.	II.2 III.1
Citer les ordres de grandeurs des composants R, L, C.	V.2,3,4
Modéliser une source non idéale en utilisant la représentation de Thévenin.	V.1

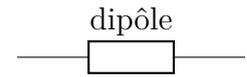
### À savoir faire

Utiliser la loi des nœuds et la loi des mailles.	(B) (C) <b>TD3,9</b>
Algébriser les grandeurs élec. et utiliser les conventions récepteur et générateur.	<b>TD1,7</b>
Utiliser les relations tension-intensité des dipôles R,L,C, générateur de tension.	V <b>TD7,8,9</b>
Remplacer une association série ou parallèle de deux résistances par une résistance équivalente.	<b>TD2</b>
Exploiter des ponts diviseurs de tension ou de courant.	<b>TD4,5</b>
Exprimer la puissance dissipée par effet Joule dans une résistance.	V.2 <b>TD8</b>
Établir l'expression de l'énergie stockée dans un condensateur ou dans une bobine.	V.3,4
Exploiter l'expression fournie de la capacité d'un condensateur en fonction de ses caractéristiques.	(E)
Mettre en évidence l'influence de la résistance d'entrée d'un voltmètre ou d'un ampèremètre sur les valeurs mesurées.	<b>TP7</b>

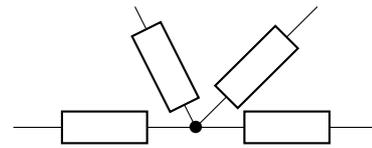
## I Vocabulaire en électricité

### ♥ Définitions

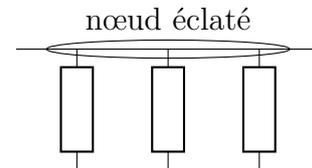
**Dipôle** : composant électrique connecté au reste du circuit par deux bornes.



**Nœud** : point du circuit où au moins 3 fils se rejoignent.



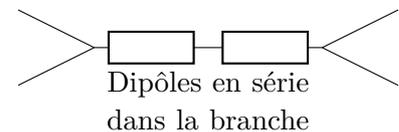
Pour rendre le schéma plus lisible, on peut « éclater » le nœud :



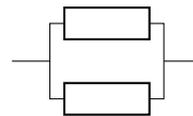
**Branche** : portion d'un circuit entre deux nœuds consécutifs.

**Maille** : parcours fermé, constitué de branches successives, qui ne passe qu'une seule fois par les nœuds rencontrés.

**Dipôles en série** : dipôles qui appartiennent à une même branche, ils ne sont séparés par aucun nœud.



**Dipôles en parallèle (ou en dérivation)** : dipôles connectés aux deux mêmes nœuds.



**Régime continu (= permanent stationnaire)/régime variable** : lorsque les grandeurs électriques (tension et intensité) ne varient pas dans le temps, on parle de régime continu, si elles varient on parle de régime variable.

## II Le courant électrique

### II.1 Nature du courant électrique

#### ♥ Définition et propriétés

**Charge électrique** : c'est une propriété intrinsèque d'une particule qui caractérise sa propriété à en attirer une autre par l'intermédiaire des forces électriques. L'unité de la charge électrique est le **coulomb**, noté C.

**Propriétés de la charge électrique** :

- la charge électrique peut être positive ou négative.
- La charge électrique est **quantifiée** : les charges  $q$  observées sont toujours des multiples entiers de la **charge élémentaire**  $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$  :

$$q = k \times e$$

avec  $k$  un nombre entier positif, négatif ou nul.

- La charge électrique ne peut être ni créée ni détruite, mais peut être échangée.
- Dans l'ARQS, la charge ne peut s'accumuler en aucun point du circuit.

## ♥ Définition

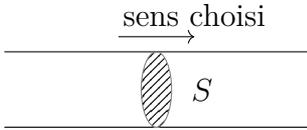
**Courant électrique** : c'est un déplacement d'ensemble de porteurs de charge (= particules chargées) sous l'action de forces électromagnétiques (générées par un champ électrique  $\vec{E}$ ).

### 💡 Remarques

- Un matériau est conducteur du courant électrique s'il possède des porteurs de charge libres, sinon c'est un isolant.
- Il existe différents types de porteurs de charge :
  - dans les métaux (constituant les fils électriques par exemple), les porteurs de charge sont les électrons de conduction.
  - dans les solutions ioniques, les porteurs de charge sont les anions et les cations.
  - dans un semi-conducteurs, les porteurs de charge sont des électrons ou des « trous » (= lacunes électroniques).
- Par convention le sens du courant est celui des charges positives (donc dans un fil électrique le courant électrique a un sens opposé au déplacement des électrons).
- Au niveau microscopique, les particules chargées sont animées en permanence d'un mouvement aléatoire sous l'effet de l'agitation thermique. Cependant la moyenne temporelle de ce mouvement est nulle ce qui ne donne pas lieu à un courant électrique.
- La branche de la physique qui étudie le courant électrique (= mouvement d'ensemble des porteurs de charge dans un circuit) est l'électrocinétique.

## II.2 Intensité du courant électrique

Analogie avec le courant de la rivière :

Courant d'eau dans une rivière	Courant électrique dans un conducteur
Soit $\Delta V$ le volume d'eau passant, dans un sens choisi, en un lieu précis (par ex. sous le pont) pendant une durée $\Delta t$ .	Soit $\Delta q$ la <b>charge algébrique</b> traversant, <b>dans un sens choisi</b> , une section $S$ en un lieu précis (au point $M$ ) pendant une durée $\Delta t$ .
On note $D$ le débit du fleuve en $M$ : $D = \frac{\Delta V}{\Delta t}$	L'intensité du courant électrique, notée $I$ , est le débit des charges au point $M$ considéré.
	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Si <math>\Delta q</math> ne dépend pas du temps <math>I = \frac{\Delta q}{\Delta t}</math></li> <li>— Si <math>\Delta q</math> dépend du temps : <math>i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}</math></li> </ul>

## ♥ Définition et formule

**Intensité  $i$**  : c'est le débit de charge électrique à travers une section de conducteur (= c'est la charge électrique qui traverse la section de conducteur par unité de temps) :

$$i = \frac{dq}{dt} \quad \text{avec :} \quad \begin{array}{l} i = \text{intensité du courant en ampères (A)} \\ dq = \text{charge électrique (en (C) traversant une section} \\ \text{du conducteur pendant la durée } dt \text{ (en s).} \end{array}$$



### Remarques

- Ordres de grandeur à connaître :

téléphones portables, ordinateurs	$\approx$ mA
courants domestiques, prises électriques	qq A
TGV, usines, lignes hautes tension	500 à 1000 A
éclairs d'orages	$10^4$ A (durée très brève)

- On utilise une majuscule  $I$  pour une intensité constante (= en régime continu).

### ★ Méthode

L'intensité du courant électrique se mesure avec un **ampèremètre** branché en série avec le dipôle dont on souhaite mesurer l'intensité du courant qui le traverse.

L'ampèremètre mesure l'intensité du courant qui entre par la borne A/mA. Dans la situation ci-dessus, si  $i$  mesurée est positive, on aurait mesuré  $i < 0$  avec des branchements inversés.



## II.3 L'ARQS

Dans un fil électrique, les électrons sont mis en mouvement par un champ électrique. Pour que l'intensité soit la même en tous les points d'un fil, il faut que le champ électrique soit le même en tous ses points. Or le champ électrique se propage à une vitesse proche de  $c$  la vitesse de la lumière. Pour une portion de longueur  $\ell$  du fil électrique, la durée de propagation est donc proche de  $\tau = \frac{\ell}{c}$ . Pour que les fluctuations du champ électrique (qui sont de l'ordre de  $T$ , la période de l'onde électromagnétique) soient perçues instantanément en tout point du fil, il faut donc  $T \gg \tau$ , soit  $\ell \ll c \times T$ . Un régime variable qui vérifie cette condition est qualifié de **quasi-stationnaire**.



### Définition

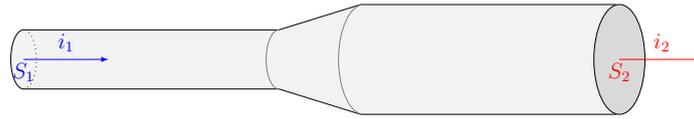
Dans l'approximation des régimes quasi-stationnaires (**ARQS**), tous les effets liés à la propagation des signaux sont négligés.



### Exercice de cours (A)

- Q1. Peut-on considérer que l'on est dans le cadre de l'ARQS (c'est à dire négliger les phénomènes de propagation) en TP d'électrocinétique, où les fréquences utilisées restent inférieures au MHz ?
- Q2. Même question pour le transport de l'électricité pour une ligne électrique de 3000 km ?

♥ **Propriété**

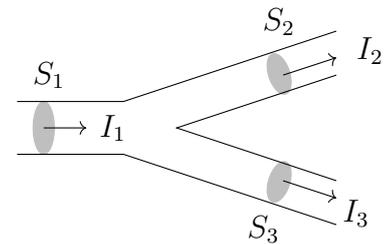


Dans l'ARQS un fil conducteur reste électriquement neutre. Par conséquent, la charge électrique sortant par la section  $S_2$  est égale à la charge électrique entrant par la section  $S_1$ , ce qui entraîne l'égalité des courants  $i_1$  et  $i_2$ .

**Dans l'ARQS, l'intensité du courant électrique à un instant donné est la même en tout point d'une branche du circuit.**

II.4 **Loi des nœuds**

Au niveau d'un nœud, la charge située entre les sections  $S_1$ ,  $S_2$  et  $S_3$  est constante, la charge électrique ne peut pas s'accumuler au niveau d'un nœud. La charge  $Q_1$  entrant à travers la section  $S_1$  est égale à la charge sortant  $Q_2$  à travers la section  $S_2$  plus la charge sortant  $Q_3$  à travers la section  $S_3$  :  $Q_1 = Q_2 + Q_3$ .



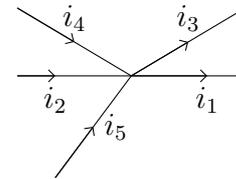
On a donc  $\frac{Q_1}{\Delta t} = \frac{Q_2}{\Delta t} + \frac{Q_3}{\Delta t}$ , soit  $I_1 = I_2 + I_3$ .

♥ **Loi des nœuds**

La somme algébrique des intensités des courants électriques arrivant **en un nœud** est nulle :

$$\sum \varepsilon_k i_k = 0$$

$\varepsilon_k = +1$  si la flèche du courant  $i_k$  est dirigée vers le nœud ;  
 $\varepsilon_k = -1$  si la flèche du courant  $i_k$  part du nœud



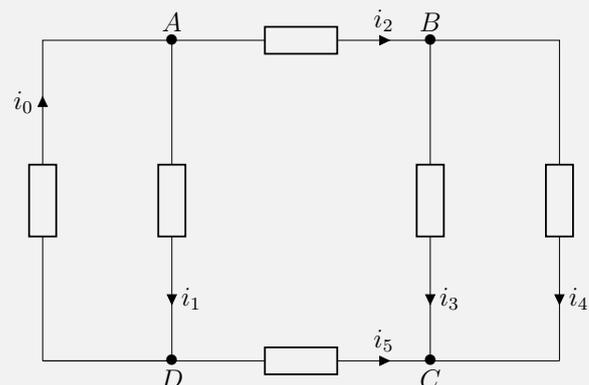
★ **Méthode**

1. Sur le schéma du circuit, placer une intensité dans chaque branche reliée au nœud étudié et les nommer ( $i_1$ ,  $i_2$ , etc.).
2. Appliquer la loi des nœuds en mettant :
  - un « + » devant les noms des intensités des courant arrivant au nœud ;
  - un « - » devant les noms des intensités des courant partant du nœud.

💣 **Exercice de cours** (B)

On donne  $i_0 = 4,0 \text{ A}$  ;  $i_1 = 1,0 \text{ A}$  et  $i_3 = 2,0 \text{ A}$ .

- Q1. Écrire la loi des nœuds pour chaque nœud du circuit.
- Q2. En déduire la valeur des intensités des courants inconnus.





### Remarque

Dans un circuit avec  $B$  branches et  $N$  nœuds, il y a  $B - N + 1$  courants indépendants.

## III Tension électrique

### III.1 Définition et mesure



#### Définitions

**Potentiel électrique** : on admet l'existence d'une grandeur appelée **potentiel électrique** définie en tout point de l'espace. Elle est couramment notée  $V$  et s'exprime en Volt (V).

On choisit une **référence de potentiel** = un point  $M$  (appelée la **masse**) auquel on attribue le potentiel  $V_M = 0$  V et on donne les potentiels des autres points par rapport à cette référence.

Symbole :

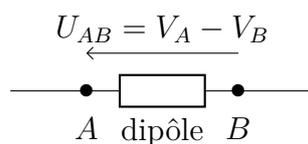
**Tension électrique** : la tension électrique  $U_{AB}$  entre deux points  $A$  et  $B$  d'un circuit est égale à la différence de potentiel entre ces deux points :  $U_{AB} = V_A - V_B$ , avec  $V_A$  le potentiel au point  $A$  et  $V_B$  le potentiel au point  $B$ .

L'unité de la tension et du potentiel est le **Volt**, de symbole V.



#### Notation

Sur un schéma électrique, la tension  $U_{AB}$  est représentée par une flèche allant de  $B$  vers  $A$ .



### Remarques

- Il faut être très rigoureux avec le sens de la flèche : si la flèche pointe vers  $A$ , alors il s'agit de la tension  $U_{AB}$ , si la flèche pointe vers  $B$ , il s'agit de la tension  $U_{BA}$  ( $= -U_{AB}$ ).
- Le choix du sens d'une tension ne présume pas du signe de sa valeur réelle.

- ⚠ On dit « tension **aux bornes de...** » et « intensité du courant **traversant...** »

Valeurs particulières :	interrupteur ouvert	fil
Tension aux bornes d'un ...	valeur quelconque	<b>toujours nulle</b>
Intensité à traversant un ...	<b>toujours nulle</b>	valeur quelconque

- Ordres de grandeur à connaître :

foudre	qq centaines de MV
lignes de transport d'électricité	150 à 1000 kV
basse tension EDF	220 à 380 V
batteries d'accumulateurs	12 V
pile électrochimique	1 à 9 V

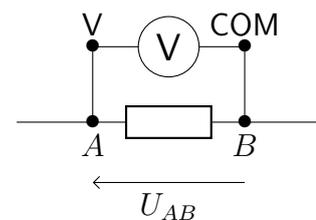
- On utilise une majuscule  $U$  pour une tension constante (= en régime continu).

### ★ Méthode

Une tension électrique se mesure à l'aide d'un **voltmètre** que l'on branche en dérivation (en parallèle) du dipôle dont on mesure la tension à ses bornes.

La tension mesurée à l'aide du voltmètre est la tension dont la pointe de la flèche est au niveau de la borne **V** et la « base » de la flèche au niveau de la borne **COM**.

Dans la situation ci-dessus, si  $U_{AB}$  mesurée est positive, on aurait mesuré  $U_{BA} < 0$  avec des branchements inversés.



### Retour sur l'analogie avec l'écoulement de la rivière :

	Écoulement de la rivière	Conduction électrique
Cause	diminution de l'altitude ( $z$ ) entre la source du fleuve et son embouchure	variation du potentiel électrique ( $V$ ) entre 2 points $A$ et $B$ du circuit
Énergie	haute altitude $\leftrightarrow$ énergie potentielle de pesanteur élevée $E_p(M) = mgz_M$	haut potentiel électrique $\leftrightarrow$ énergie potentielle électrique élevée $E_p(M) = qV_M$
Sens de l'écoulement	l'eau coule des zones d'énergie potentielle élevée vers les zones d'énergie potentielle plus faible.	les charges positives se déplacent des zones de potentiels élevés vers les zones de potentiels plus faibles ( $\rightarrow$ sens du courant d'intensité positive)
« Écart » entre 2 points	dénivelé = différence d'altitude : $z_A - z_B$	tension = différence de potentiel : $U_{AB} = V_A - V_B$ .
Référence	on donne les altitudes par rapport au niveau de la mer, d'altitude $z_O = 0$ m	on donne les potentiels par rapport à la masse du circuit de potentiel $V_{masse} = 0$ V

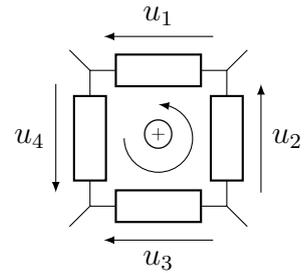
## III.2 Loi des mailles

### ♥ Loi des mailles

Dans une **maille orientée**, la somme algébrique des tensions est nulle :

$$\sum \varepsilon_k u_k = 0$$

$\varepsilon_k = +1$  si la tension  $u_k$  est orientée dans le sens de parcours de la maille  
 $\varepsilon_k = -1$  si la tension  $u_k$  est orientée dans le sens opposé à celui de parcours de la maille



### ★ Méthode

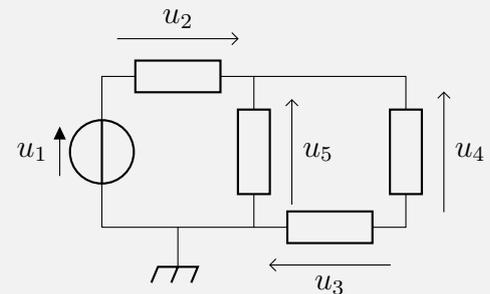
1. Sur le schéma du circuit, mettre une flèche orientée aux bornes de **TOUS** les dipôles présents et nommer les tensions ( $u_1$ ,  $u_2$ , etc.)
2. Orienter la maille dans un sens positif choisi et l'indiquer sur la maille étudiée.
3. Appliquer la loi des mailles en mettant :
  - un « + » devant les noms des tensions situées dans le sens positif choisi ;
  - un « - » devant les noms des tensions situées dans le sens opposé au sens positif choisi.

### 💣 Exercice de cours ©

On donne  $u_1 = 2,0 \text{ V}$  ;  $u_2 = -3,0 \text{ V}$  ;  $u_3 = -5,0 \text{ V}$

Q1. Écrire deux lois des mailles indépendantes.

Q2. Déterminer les tensions inconnues.



## IV Puissance, conventions générateur et récepteur

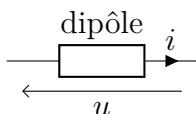
L'état d'un dipôle électrocinétique est déterminé par 3 grandeurs :

- l'intensité  $i$  du courant électrique qui le traverse
- la tension  $u$  à ses bornes
- la puissance algébrique  $P$  qu'il échange avec le reste du circuit électrique :  $P = u \times i$ , cette puissance est reçue ou cédée en fonction de la convention choisie, voir ci-dessous.

♥ Conventions

**Convention récepteur**

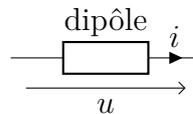
La flèche indiquant le sens de l'intensité du courant et la flèche de la tension sont **en sens opposé** :



Avec cette convention  $P = u \times i$  est la puissance reçue du circuit extérieur par le dipôle.

**Convention générateur**

La flèche indiquant le sens de l'intensité du courant et la flèche de la tension sont **dans le même sens** :



Avec cette convention  $P = u \times i$  est la puissance cédée par le dipôle au circuit extérieur.

💡 **Remarques**

• **En général**, on utilise :

— la convention générateur pour la source d'énergie électrique du circuit : Ainsi, la  $P = u \times i$  représente la puissance réellement cédée par la source au circuit.

— la convention récepteur pour les dipôles récepteurs : (résistance, bobine, condensateur, etc.) Ainsi, la  $P = u \times i$  représente la puissance réellement reçue par le dipôle de la part du circuit extérieur.

• Ordres de grandeur à connaître :

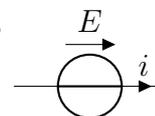
puissance produite par un réacteur nucléaire	1 GW
puissance produite par une éolienne	1 MW
consommée par un radiateur	1 kW
smartphone	1 W

V **Dipôles électriques en courant continu**

V.1 **Source de tension**

♥ Définition

Une **source idéale de tension** impose à ses bornes une tension  $E$  constante, appelée **force électromotrice** quel que soit le courant qui la traverse.  $E$  étant une tension, elle s'exprime en Volt (V).



En pratique lorsqu'on relève la caractéristique intensité-tension d'une source réelle de tension, on constate que la tension délivrée diminue lorsque l'intensité du courant débitée augmente.

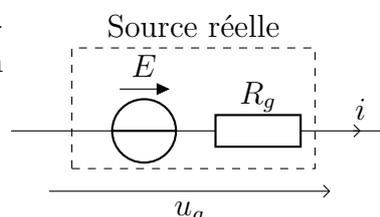
♥ Définition

**Modèle de Thévenin d'une source non idéale de tension :**

Une source réelle de tension est modélisée par l'association série d'un générateur idéal de force électromotrice  $E$  (ou tension à vide) et d'une résistance  $R_g$ .

Relation intensité-tension :

$$u_g = E - R_g \times i$$

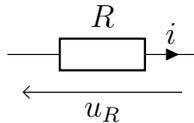


## V.2 Conducteurs ohmiques

### ♥ Loi d'Ohm

Un **conducteur ohmique** est un dipôle qui vérifie la **loi d'Ohm**.

**Loi d'Ohm en convention récepteur :**

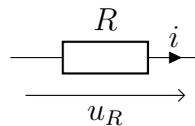


$$u_R = R \times i \quad \text{avec } R = \text{résistance en Ohm } (\Omega)$$

On définit la **conductance** par  $G = \frac{1}{R}$  qui s'exprime en Siemens (S).

### 💡 Remarques

- En convention générateur :



$$u_R = -R \times i$$

- Ordres de grandeur à connaître :

résistance d'un voltmètre ou oscilloscope	quelques $M\Omega$
résistance électronique	1 à $10 M\Omega$
résistance d'un fer à repasser	$\approx 40 \Omega$
résistance d'un ampèremètre	quelques $\Omega$

- La résistance est une propriété qui ne dépend pas du courant électrique traversant le conducteur ohmique ou de la tension à ses bornes. Elle dépend de la nature du matériau, de sa géométrie, de sa température, de la fréquence, etc.

### 💣 Exercice de cours ①

Pour un conducteur cylindrique homogène, la résistance est proportionnelle à la longueur du conducteur  $\ell$  et inversement proportionnelle à sa section  $S$  :  $R = \rho \times \frac{\ell}{S}$  où  $\rho$  est la résistivité, en  $\Omega \cdot m$ , qui est égale à l'inverse de la conductivité  $\sigma$  exprimée en  $S \cdot m^{-1}$ . Le cuivre, qui constitue les câbles électriques, est un des meilleurs conducteurs, sa résistivité vaut  $\rho = 1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ . Calculer la résistance d'un fil électrique utilisé en TP de longueur environ 1 m et de diamètre 1 mm. Commenter.

### 🔪 Démonstration

Exprimer la puissance reçue par un conducteur ohmique de résistance  $R$ .

Quel est le signe de cette puissance ? La résistance reçoit-elle ou cède-t-elle réellement de la puissance au reste du circuit ? En quoi est transformée la puissance reçue ? Dans quelles applications de la vie courante utilise-t-on ce phénomène ? Dans quelles applications ce phénomène est-il néfaste ?

Exprimer l'énergie reçue par une résistance  $R$ , traversée par un courant  $I$  permanent pendant une durée  $\Delta t$ . Comment généraliser cette expression au cas où l'intensité du courant dépend du temps ?

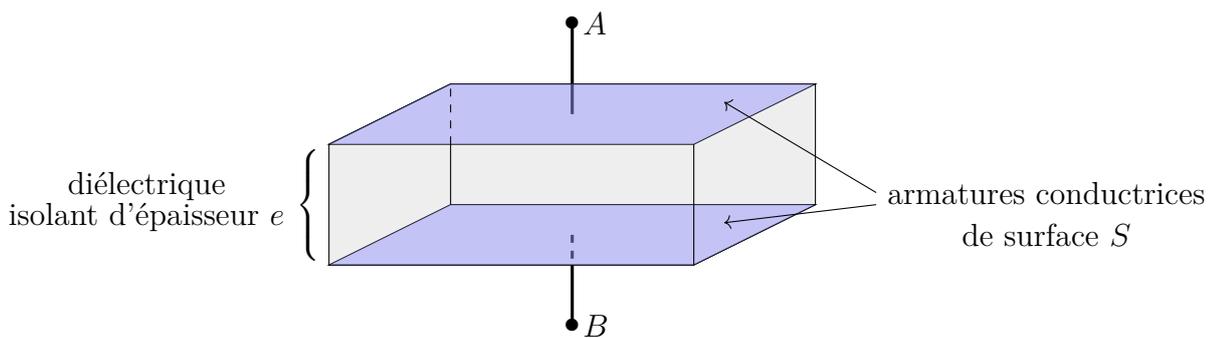
### ♥ Formule

La puissance dissipée par effet Joule dans une résistance  $R$  traversée par un courant d'intensité  $i$  et dont la tension à ses bornes vaut  $u$  s'écrit :

$$P_{\text{Joule}} = Ri^2 = \frac{u_R^2}{R}$$

## V.3 Condensateurs

Un condensateur est un composant constitué de deux armatures métalliques, pouvant être chargées, séparées par un isolant électrique. Ils sont présents dans presque tous les circuits électriques en régime variable (ordinateur, tél. portable).



### ♥ Formule

Un condensateur est caractérisé par sa **capacité**  $C$ , exprimée en Farad (F).

L'armature située à la pointe de la flèche de la tension  $u$  porte la charge :  $q = Cu_C$

**Loi intensité-tension du condensateur en convention récepteur :**

$$i = C \frac{du_C}{dt}$$



### Remarques

- Ordres de grandeur à connaître :

condensateur en électronique	1 pF à 1 $\mu$ F
condensateur en électrotechnique	$1 \times 10^{-6}$ à 1 F
condensateur en TP	1 nF à 1 $\mu$ F

- La capacité  $C$  d'un condensateur est proportionnelle à la surface des armatures  $S$  et inversement proportionnelle à la distance qui les sépare  $e$  :  $C = \varepsilon \frac{S}{e}$ , avec  $\varepsilon =$  permittivité du diélectrique, en  $\text{F}\cdot\text{m}^{-1}$ .



### Exercice de cours (E)

Déterminer la taille d'un condensateur plan de capacité  $C = 1 \mu\text{F}$  dont les armatures sont carrées et séparées par 1 mm de plexiglas ( $\varepsilon = 3,0 \times 10^{-11} \text{F}\cdot\text{m}^{-1}$ ). Commenter.

### ★ Outil mathématique

En utilisant la dérivation du carré d'une fonction, on a :  $\frac{d(f(x))^2}{dx} = 2f'(x) \times f(x)$ .

On peut donc mettre le produit d'une fonction par sa dérivée première,  $f'(x) \times f(x)$ , sous la

forme de la dérivée d'une fonction :  $f'(x) \times f(x) = \frac{1}{2} \frac{d(f(x))^2}{dx}$



### Démonstration

Exprimer la puissance reçue par un condensateur de capacité  $C$ .

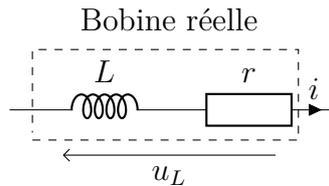
Mettre cette expression sous la forme d'une dérivée par rapport au temps, et en déduire l'expression de l'énergie stockée dans le condensateur.



## ♥ Propriétés très importantes

- Lorsque  $i$  est constante,  $u_L = L \frac{di}{dt} = 0$  donc **en régime permanent continu, une bobine idéale est équivalente à un fil.**
- L'intensité du courant à travers une bobine est une fonction continue du temps (au sens mathématique du terme), elle ne peut pas subir de discontinuité.

Une bobine est constituée d'une très grande longueur de fil conducteur, dont la résistance n'est souvent pas négligeable par rapport aux autres résistances du circuit. On modélise une **bobine réelle** par l'association série d'une bobine idéale d'inductance  $L$  et d'une résistance  $r$  :



### 🔪 Démonstration

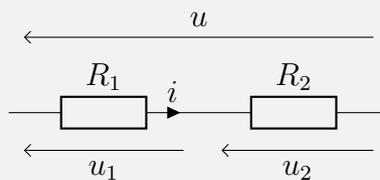
Établir la relation intensité-tension d'une bobine réelle.

## VI Association de résistances

### VI.1 Association de deux résistances en série

### 🔪 Démonstration

On considère deux résistances  $R_1$  et  $R_2$  en série. On note  $u_1$  la tension aux bornes de  $R_1$  et  $u_2$  la tension aux bornes de  $R_2$ . La tension aux bornes de l'ensemble est notée  $u$ , et l'intensité du courant à travers les deux résistances est notée  $i$ . On se place en convention récepteur.

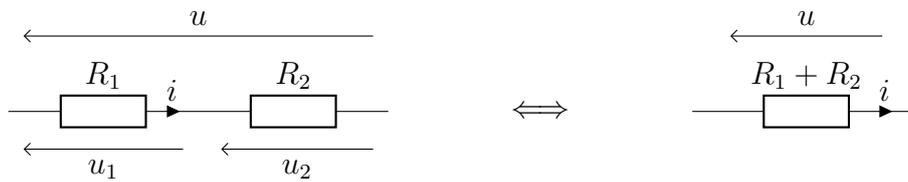


- Établir la relation donnant  $u$  en fonction de  $i$ .
- En déduire que l'association des deux résistances  $R_1$  et  $R_2$  en série est équivalente à une unique résistance  $R_{\text{eq}}$  dont on donnera l'expression.

### ♥ Formule

L'association en série de 2 résistances  $R_1$  et  $R_2$  est équivalente à une résistance  $R_{\text{éq}}$  dont la valeur est égale à la somme des deux résistances :

$$R_{\text{éq}} = R_1 + R_2$$



Cette relation est généralisable à  $n$  résistances placées en série :  $R_{\text{éq}} = \sum_{i=1}^n R_i$

## VI.2 Pont diviseur de tension

### 🔪 Démonstration

On se place dans la situation précédente, dans laquelle deux résistances  $R_1$  et  $R_2$  placées en série. On utilise la convention récepteur.

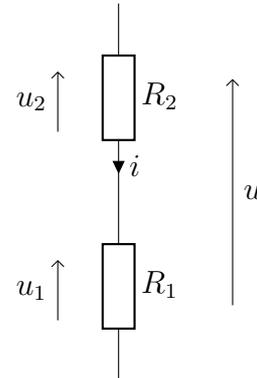
- Exprimer  $u_1$  en fonction de  $i$  et  $R_1$ , et  $u$  en fonction de  $i$ ,  $R_1$  et  $R_2$ .
- En déduire l'expression de  $u_1$  en fonction de  $u$  et des résistances.
- Donner par un raisonnement analogue  $u_2$  en fonction de  $u$ .

## ♥ Formule

### Formule du pont diviseur de tension :

La tension aux bornes d'une résistance en série avec une autre est liée à la tension aux bornes des deux résistances et aux résistances :

$$u_1 = u \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$



### Généralisation :

pour  $n$  résistances montées en série, la tension  $u_k$  aux bornes de  $R_k$  est donnée par :

$$u_k = u \times \frac{R_k}{\sum_{i=1}^n R_i} \quad \left( = u \times \frac{R_k}{R_{\text{éq}}} \right)$$

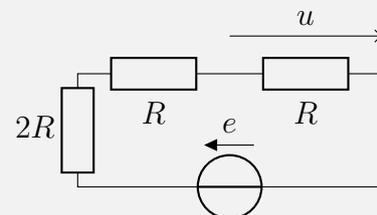
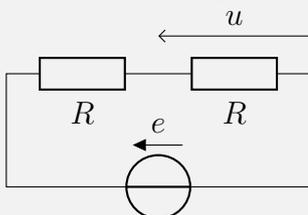


### Remarques

Comment utiliser correctement la formule du pont diviseur de tension ?

- Vérifier que les deux résistances sont bien en série (= dans la même branche).
- Représenter clairement les tensions sur le schéma en faisant attention au sens des flèches (convention récepteur).

**Exercice de cours** (F) Pour chaque circuit ci-dessous, donner la tension  $u$  en fonction de  $e$ .

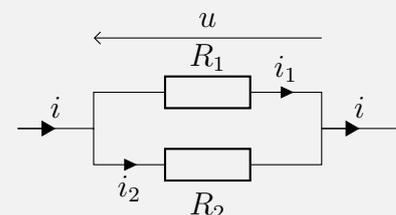


## VI.3 Association de deux résistances en dérivation

### Démonstration

On considère deux résistances  $R_1$  et  $R_2$  en parallèle. On note  $i_1$  l'intensité du courant à travers  $R_1$  et  $i_2$  l'intensité du courant à travers  $R_2$ . La tension aux bornes de l'association parallèle est notée  $u$ , et l'intensité du courant qui arrive en entrée de l'association parallèle est notée  $i$ . Tous les composants sont en convention récepteur.

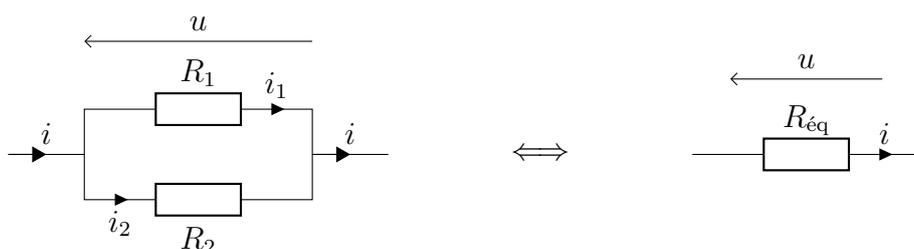
- En utilisant une loi des nœuds, établir l'expression de  $i$  en fonction de  $u$ .
- Mettre cette expression sous la forme  $i = \frac{u}{R_{\text{éq}}}$ , en précisant l'expression de  $\frac{1}{R_{\text{éq}}}$  en fonction de  $R_1$  et  $R_2$ .



### ♥ Formule

L'association parallèle de deux résistances est équivalente à une résistance  $R_{\text{éq}}$  dont l'inverse est égale à la somme des inverses des deux résistances en parallèles :

$$\frac{1}{R_{\text{éq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$



Cette relation est généralisable à  $n$  résistances placées en parallèle :  $\frac{1}{R_{\text{éq}}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$

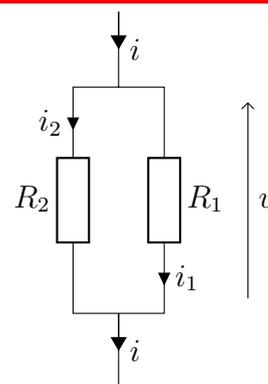
## VI.4 Pont diviseur de courant

### ♥ Formule

**Formule du pont diviseur de courant :**

L'intensité traversant une résistance en parallèles avec une autre résistance est liée à l'intensité traversant l'ensemble des deux résistances en parallèle :

$$i_1 = i \times \frac{\frac{1}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$



**Généralisation :**

pour  $n$  résistances montées en parallèle, l'intensité  $i_k$  traversant  $R_k$  est donnée par :

$$i_k = i \times \frac{\frac{1}{R_k}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}} \quad \left( = i \times \frac{R_k}{R_{\text{éq}}} \right)$$

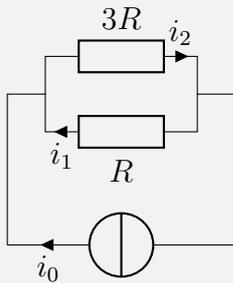
 **Remarques**

Comment utiliser correctement la formule du pont diviseur de courant ?

- Vérifier que les deux résistances sont bien en parallèle (= avec la même tension à leurs bornes).
- Représenter clairement les courants sur le schéma en faisant attention au sens des flèches (convention récepteur).

 **Exercice de cours** ©

Pour le circuit ci-dessous, donner les expressions des intensités  $i_1$  et  $i_2$  en fonction de  $i_0$ .



(le symbole  représente une source idéale de courant)