

# Chapitre 3 – Circuits électriques

## Plan du cours

- I** Description d'un circuit électrique
- II** Grandeurs électriques
  - II.1** Charge et courant électrique
  - II.2** Potentiel électrique et tension
  - II.3** Puissance et énergie
- III** Dipôles électriques
  - III.1** Conducteur ohmique : comportement résistif
  - III.2** Condensateur idéal : comportement capacitif
  - III.3** Bobine idéal : comportement inductif
  - III.4** Générateur

## Ce qu'il faut savoir et savoir faire

- Relier l'intensité d'un courant électrique au débit de charges.
- Utiliser la loi des nœuds et la loi des mailles.
- Algébriser les grandeurs électriques et utiliser les conventions récepteur et générateur.
- Citer les ordres de grandeur d'intensités, de tensions et de puissances dans différents domaines d'application.
- Modéliser une source en utilisant la représentation de Thévenin.
- Exprimer la puissance dissipée par effet Joule dans une résistance.
- Remplacer une association série ou parallèle de deux résistances par une résistance équivalente.
- Exploiter des ponts diviseurs de tension ou de courant.
- Établir l'expression de l'énergie stockée dans un condensateur.
- Exploiter l'expression fournie de la capacité d'un condensateur en fonction de ses caractéristiques.
- Établir l'expression de l'énergie stockée dans une bobine.

## Questions de cours

- Donner les ordres de grandeur typiques de tensions, courants et puissances dans différents domaines d'application.
- Citer les lois de comportement d'une résistance, d'un condensateur, d'une bobine accompagnées du schéma indiquant le choix des conventions.
- Établir l'expression de la puissance dissipée par effet Joule dans une résistance et/ou l'énergie stockée dans un condensateur ou une bobine.
- Donner le modèle de Thévenin d'un générateur réel et établir sa loi de comportement.
- Énoncer et démontrer les expressions des résistances équivalentes aux associations série et/ou parallèle.
- Énoncer et démontrer la relation du diviseur de tension et/ou de courant.

## Documents

### Document 1 – Ordres de grandeurs

Application	Courant	Tension	Puissance
Activité neuronale			
Électronique du signal			
Port USB			
Électroménager			
Industrie			
TGV			
Éclair d'orage			

### Document 2 – Approximation des régimes quasi-stationnaires (ARQS) hors programme

Les lois de l'électrocinétique sont valables en régime permanent, mais aussi en régime variable sous réserve que l'approximation des régimes quasi-stationnaires (ARQS) soit vérifiée. Elle consiste à négliger le temps de propagation  $\tau$  d'un signal électrique devant son temps caractéristique de variation  $T$ .

Pour un circuit de taille caractéristique  $l$ , le temps de propagation  $\tau$  est de l'ordre de  $l/c$ . L'ARQS est vérifiée si

$$T \gg \frac{l}{c}, \quad \text{c'est-à-dire} \quad \nu \ll \frac{c}{l}, \quad \text{ou encore} \quad \lambda \gg l,$$

où  $\nu$  et  $\lambda$  sont les fréquence et longueur d'onde caractéristiques du signal.

### Document 3 – Capacité d'un condensateur

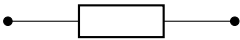
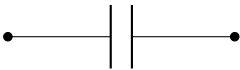
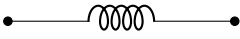



La capacité d'un condensateur dépend de sa géométrie et du matériau isolant utilisé. Pour un condensateur plan :

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{s}{d},$$

où  $s$  est la surface de chacune des armatures du condensateur,  $d$  la distance entre les deux armatures,  $\varepsilon_r$  la permittivité relative du matériau isolant et  $\varepsilon_0 \approx 8,85 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$  la permittivité du vide.

Document 4 – Récapitulatifs des dipôles modèles

Dipôle	Paramètres	Convention	Loi de comportement
Résistance			
Condensateur			
Bobine			
Générateur de Thévenin			

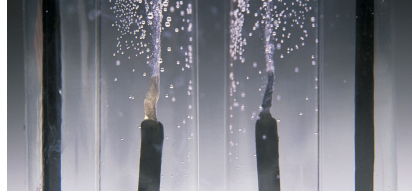
## Applications

### Application 1 – Porteurs de charges

Identifier les porteurs de charge responsable des courants électriques dans les situations représentées ci-dessous.



Éclair d'orage



Électrolyse de la saumure



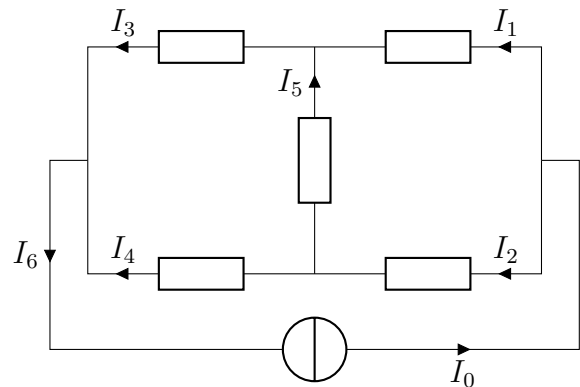
Ligne haute tension

### Application 2 – Loi des nœuds

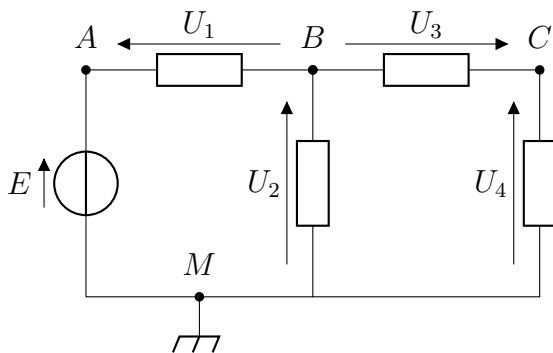
À l'aide d'un ampèremètre, on mesure l'intensité du courant en quelques points du circuit représenté ci-contre. On trouve  $I_0 = 4\text{ A}$ ,  $I_1 = 1\text{ A}$  et  $I_4 = 2\text{ A}$ .

1. Déterminer les intensités  $I_2$ ,  $I_3$  et  $I_5$ .
2. Calculer le nombre d'électrons qui traversent le générateur chaque seconde.

Donnée :  $e = 1,6 \times 10^{-19}\text{ C}$ .



### Application 3 – Loi des mailles



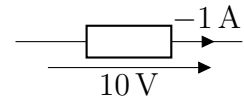
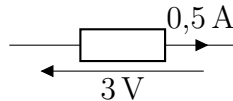
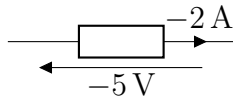
À l'aide d'un voltmètre, on mesure les tensions :  $E = 5\text{ V}$ ,  $U_1 = 3\text{ V}$  et  $U_4 = 1\text{ V}$ .

1. Déterminer les tensions  $U_2$  et  $U_3$ .
2. Déterminer les potentiels aux nœuds  $A$  et  $C$ .
3. Simplifier la représentation du schéma ci-contre.

### Application 4 – Signe des échanges énergétiques

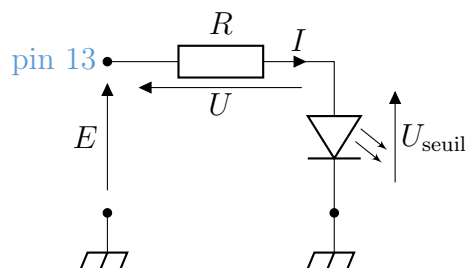
1. En fonctionnement normal, indiquer le signe de la puissance électrique :
  - reçue par une lampe ;
  - fournie par un radiateur ;
  - reçue par une centrale nucléaire ;
  - fournie par une batterie de smartphone.

2. Indiquer si les dipôles suivants se comportent comme des générateurs ( $P_{\text{fournie}} > 0$ ) ou comme des récepteurs ( $P_{\text{reçue}} > 0$ ) :



### Application 5 – Limitation de courant

On souhaite allumer une LED rouge ( $U_{\text{seuil}} = 2,0 \text{ V}$ ,  $I_{\text{max}} = 20 \text{ mA}$ ) avec la sortie 13 d'une carte Arduino, capable de fournir une tension  $E_{13} = 5,0 \text{ V}$ . Pour protéger la carte et limiter le courant traversant la LED, on la branche en série avec une résistance de valeur  $R$ .



1. Déterminer la valeur  $R$  à choisir.
2. Calculer la puissance électrique reçue par la LED. Comment est-elle dissipée ?
3. Exprimer et calculer la puissance électrique reçue par la résistance en fonction de  $R$  et  $U$ , puis en fonction de  $R$  et  $I$ . Comment est-elle dissipée ?

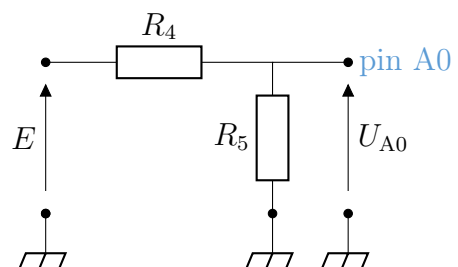
### Application 6 – Association de résistances

On ne dispose que de trois résistances :  $R_1 = 100 \Omega$ ,  $R_2 = 200 \Omega$  et  $R_3 = 300 \Omega$ . Comment obtenir la valeur nécessaire au circuit de l'application 5 ?

### Application 7 – Ponts diviseurs

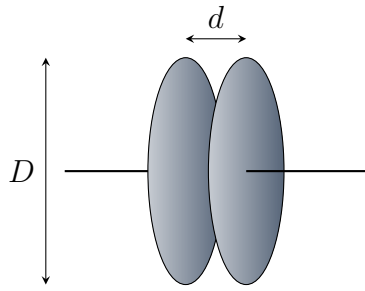
Toujours avec un Arduino, on souhaite mesurer la tension  $E$  aux bornes d'un générateur dont la tension de sortie peut aller jusqu'à  $15 \text{ V}$ . Les résistances couramment utilisées en électronique sont dites « quart de watt », c'est-à-dire que la puissance qu'elles reçoivent ne doit pas dépasser  $0,25 \text{ W}$ .

1. L'entrée analogique A0 de l'Arduino ne supporte pas des tensions supérieures à  $5 \text{ V}$ . Exprimer, puis calculer la valeur de la résistance  $R_5$  à utiliser ( $R_4 = 150 \Omega$ ).
2. Exprimer et calculer la puissance reçue par la résistance  $R_5$ .



3. On remplace  $R_5$  par une association de deux résistances de valeur  $2R_5$  en parallèle. En utilisant un pont diviseur de courant, exprimer et calculer la puissance reçue par chacune de ces résistances.

### Application 8 – Capacité d'un condensateur



On s'intéresse au condensateur représenté ci-contre, formé de deux disques métalliques de diamètre  $D = 30,0\text{ cm}$ , séparés par une distance  $d = 1,00\text{ cm}$ . Le condensateur est dans l'air ( $\varepsilon_{r,\text{air}} \approx 1,00$ ).

En utilisant, la formule du Doc. 3, exprimer et calculer la capacité de ce condensateur en fonction de  $D$ ,  $d$  et  $\varepsilon_0$ .