

Chapitre E1 – 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 idéale : comportement inductif
 - III.4 Générateurs

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 des ponts diviseurs 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 τ d'un signal électrique devant son temps caractéristique de variation T .

Pour un circuit de taille caractéristique l , le temps de propagation τ 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 ν et λ sont les fréquence et longueur d'onde caractéristiques du signal.

Document 3 – Capacité d'un condensateur

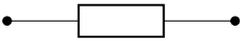


La capacité d'un condensateur dépend de sa géométrie et du matériau isolant utilisé. Pour un condensateur plan :

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

où s est la surface de chacune des armatures du condensateur, d la distance entre les deux armatures, ε_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 responsables des courants électriques dans les situations représentées ci-dessous.



Ligne haute tension



Électrolyse de la saumure



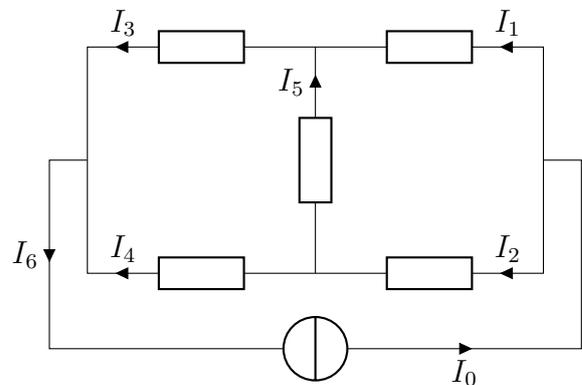
Éclair d'orage

Application 2 – Loi des nœuds

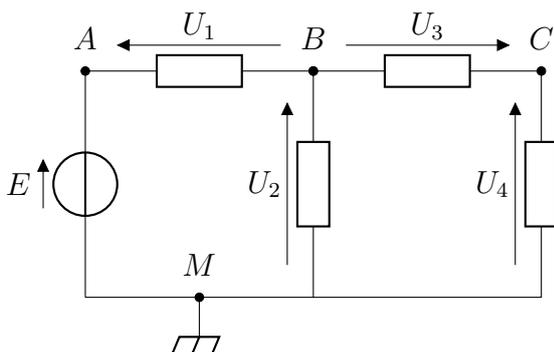
À l'aide d'un ampèremètre, on mesure l'intensité du courant en quelques points du circuit représenté ci-contre. On relève $I_0 = 4\text{ A}$, $I_1 = 1\text{ A}$ et $I_4 = 2\text{ A}$.

- Déterminer les intensités I_2 , I_3 et I_5 .
- 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



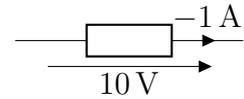
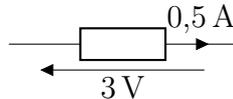
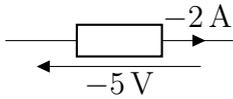
À l'aide d'un voltmètre, on mesure les tensions : $E = 5\text{ V}$, $U_1 = 3\text{ V}$ et $U_4 = 1\text{ V}$.

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

Application 4 – Signe des échanges énergétiques

- 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.

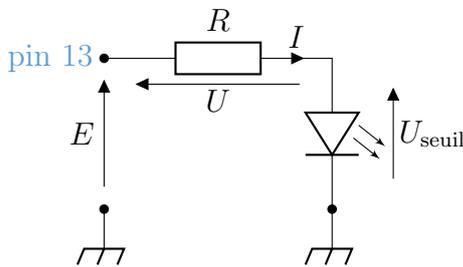
2. Indiquer si les dipôles suivants se comportent comme des générateurs ($\mathcal{P}_{\text{fournie}} > 0$) ou comme des récepteurs ($\mathcal{P}_{\text{reçue}} > 0$) :



3. Calculer l'énergie électrique consommée par un radiateur de 1 kW pendant une heure.

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 $E = 5,0 \text{ V}$. 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

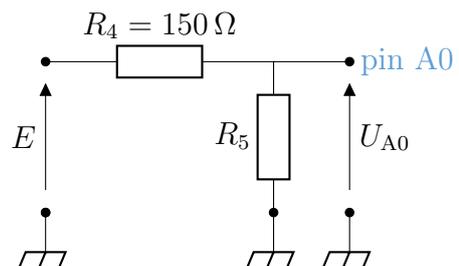
On ne dispose que de trois résistances : $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 200 \Omega$ et $R_3 = 300 \Omega$. Comment obtenir la valeur nécessaire au circuit de l'application 5 ?

Application 7 – Ponts diviseurs

Les cartes Arduino possèdent quelques entrées analogiques ayant une résistance d'entrée très élevée, de l'ordre de $100 \text{ M}\Omega$. Avec l'une de ces cartes, on souhaite mesurer la tension E aux bornes d'un générateur dont la tension de sortie peut monter jusqu'à 15 V . Comme les autres, l'entrée analogique A0 de l'Arduino ne peut mesurer des tensions que si elles sont comprises entre 0 et 5 V .

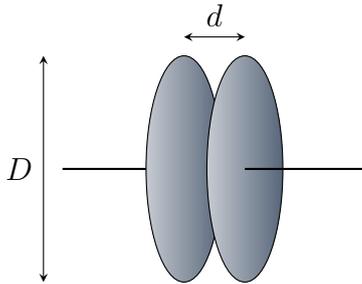
Par ailleurs, les résistances couramment utilisées en électronique sont dites « quart de watt », c'est-à-dire que la puissance qu'elles reçoivent ne doit pas dépasser $0,25 \text{ W}$, sous peine de les endommager de manière irréversible.

1. Exprimer, puis calculer la valeur de la résistance R_5 à utiliser pour pouvoir mesurer toutes les valeurs de E tout en exploitant toute la plage de mesure de l'Arduino.
2. Exprimer et calculer la puissance maximale reçue par la résistance R_5 . Commenter.



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 maximale reçue par chacune de ces résistances. Conclure.
4. EDF utilise des transformateurs pour abaisser la tension des lignes à haute tension avant leur acheminement vers le réseau domestique. Pourquoi n'utilise-t-on pas des ponts diviseurs ?

Application 8 – Capacité d'un condensateur



On s'intéresse au condensateur plan représenté ci-contre, formé de deux disques métalliques de diamètre $D = 30,0$ cm, séparés par une distance $d = 1,00$ 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 ε_0 .