

# Circuits électriques en régime quasi-stationnaire

## I Circuits électriques et grandeurs électriques

### 1 - Vocabulaire :

- Nœud, maille, branche, parallèle, série, dipôle

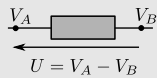
### 2 - Charge et courant

$$I = \frac{dq}{dt} \leftarrow C$$

Régime continu :  $q = I \times t$

Électron, charge élémentaire  $e$

### 3 - Potentiel et tension



U =  $V_A - V_B$

Masse = potentiel nul

### 4 - ARQS

Négliger les effets de la propagation

$$\tau \ll T$$

$T = 1/f$  période du signal

$\tau = L/c$  temps de propagation

Les grandeurs physiques. Reliées entre elles par

## II Lois fondamentales

### 1 - Loi des nœuds

Pour chaque nœud :

$$\sum_{k/\text{courants entrants}} i_k = \sum_{k/\text{courants sortants}} i_k$$

### 2 - Loi des mailles

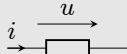
La somme des tensions dans une maille est nulle (en comptant positivement ou négativement les tensions selon le sens de parcours)

et par les lois de comportements des dipôles ou leur caractéristique

## III Dipôles résistifs et sources

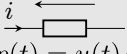
### 1 - Convention

- générateur



puissance fournie  $p(t) = u(t) i(t)$

- récepteur



puissance reçue  $p(t) = u(t) i(t)$

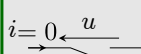
### 2 - Énergie

Lien puissance - énergie

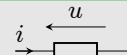
$$\text{Watt} \leftarrow P = \frac{dE}{dt} \leftarrow \text{Joule}$$

### 3 - Fils et interrupteurs

$i = 0$  potentiel  $V$  identique en tout point



### 4 - Résistance



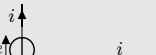
Loi d'Ohm :  $u = Ri$

Puissance dissipée par effet Joule :

$$P = ui = Ri^2 = u^2/R$$

### 5 - Sources

De tension (idéale) :



De courant (idéale) :



De tension (réelle), Thévenin :



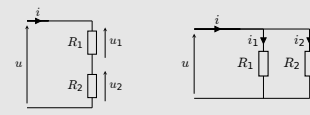
## IV Étude des circuits

### 1 - Associations résistances

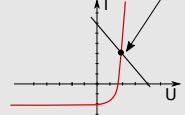
En série  $R_{eq} = R_1 + R_2$

En parallèle  $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

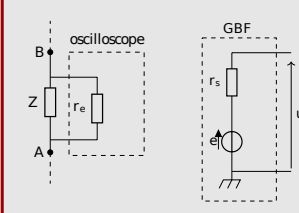
### 2 - Diviseur de tension et de courant



### 3 - Point de fonctionnement d'un circuit



### 4 - Résistance d'entrée et de sortie



## V Dipôles capacitifs et inductifs

### 1 - Condensateur

$$q = Cu \quad i = C \frac{du}{dt}$$

Énergie stockée :  $E = \frac{1}{2} Cu^2$

### 2 - Bobine

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

Énergie stockée :  $E = \frac{1}{2} Li^2$

## Ce qu'il faut connaître

(cours : I)

- <sub>1</sub> Quelle est la relation entre le courant  $i$  et la charge  $q$ ?  
Si le courant dans un fil est positif, cela signifie que les électrons se déplacent dans quel sens? (faire un exemple sur un schéma)
- <sub>2</sub> Savoir que le potentiel  $V$  est défini en un point du circuit.  
Quelle est la relation entre la tension aux bornes d'un dipôle et le potentiel de chaque borne? (faire un exemple sur un schéma)
- <sub>3</sub> Qu'est-ce que la masse d'un circuit?
- <sub>4</sub> Quelles sont les unités de la charge, du courant, de la tension?

- <sub>5</sub> Avec quel appareil mesure-t-on une tension ? un courant ? Comment doivent-ils être branchés dans le circuit ? (faire un schéma de mesure de  $U$  aux bornes d'une résistance, et un schéma de mesure de  $I$  traversant une résistance)
- <sub>6</sub> Quel est l'ordre de grandeur des intensités et des tensions utilisées en TP ? dans un réseau domestique ? sur des lignes à haute tension ?
- \_\_\_\_\_ (cours : II)
- <sub>7</sub> Comment s'écrit la loi des mailles ? (l'illustrer par un exemple)
- <sub>8</sub> Comment s'écrit la loi des nœuds ? (l'illustrer par un exemple)  
Savoir qu'elle est la conséquence de la conservation de la charge.
- \_\_\_\_\_ (cours : III)
- <sub>9</sub> Schématiser un dipôle en convention récepteur ; comment s'exprime la puissance qu'il reçoit ?  
Schématiser un dipôle en convention générateur ; comment s'exprime la puissance qu'il cède au reste du circuit ?
- <sub>10</sub> ★ Quelle est la relation générale entre la puissance et l'énergie ?
- <sub>11</sub> ★ Quelle est la loi de comportement (relation entre  $u$  et  $i$ ) d'une résistance lorsqu'elle est en convention récepteur ? et en convention générateur ?
- <sub>12</sub> ★ Quelle est l'expression de la puissance reçue par une résistance ? Savoir que cette puissance est dissipée par effet Joule sous forme de chaleur.
- <sub>13</sub> Donner des ordres de grandeurs des résistances utilisées en TP.
- <sub>14</sub> ★ Quel est le schéma pour une source de tension idéale ? et une source de courant idéale ?  
Comment modéliser une source de tension réelle (à l'aide de la représentation de Thévenin) ? Faire un schéma et donner la relation entre la tension totale  $U$ , la tension  $E$  de la source idéale, la résistance interne  $r$  et le courant débité  $I$ .
- \_\_\_\_\_ (cours : IV)
- <sub>15</sub> Comment doit-être la résistance d'entrée d'un appareil de mesure de tension par rapport à la résistance à mesurer ?
- <sub>16</sub> Savoir qu'un générateur de tension possède une résistance interne, appelée aussi résistance de sortie, ce qui en fait un générateur de Thévenin non idéal.
- \_\_\_\_\_ (cours : V)
- <sub>17</sub> ★ Quelles sont les lois de comportement (relation entre  $u$  et  $i$ ) d'un condensateur et d'une bobine, lorsqu'ils sont en convention récepteur ?
- <sub>18</sub> Donner des ordres de grandeurs des capacités et inductances utilisées en TP.
- <sub>19</sub> À quoi est équivalent un condensateur en régime continu ? Et une bobine ?
- <sub>20</sub> ★ Quelle est l'expression de l'énergie stockée par un condensateur ? et par une bobine ?  
En déduire la grandeur nécessairement continue pour un condensateur ou une bobine.

## Ce qu'il faut savoir faire \_\_\_\_\_

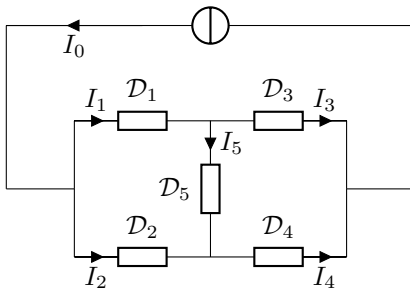
- \_\_\_\_\_ (cours : I)
- <sub>21</sub> Utiliser la relation entre courant et charge.  
– On considère un fil parcouru par un courant  $I = 1$  A. Quelle est la charge débitée par ce fil pendant un temps  $t = 10$  s ? À combien d'électrons ceci correspond-t-il ? (on donne  $e = 1.6 \times 10^{-19}$  C)
- <sub>22</sub> Étant donné un circuit de taille typique  $L$  et des signaux de fréquence  $f$ , comment s'écrit la condition pour être dans le cadre de l'ARQS ? → **EC1**
- \_\_\_\_\_ (cours : II)
- <sub>23</sub> Appliquer la loi des nœuds. → **EC2**, TD IV, V
- <sub>24</sub> Appliquer la loi des mailles. → **EC3**, TD IV, V
- \_\_\_\_\_ (cours : IV)
- <sub>25</sub> Remplacer une association série ou parallèle de deux résistances par une résistance équivalente. → **EC4**, TDIII
- <sub>26</sub> Démontrer les relations des diviseurs de courant et de tension. → cours
- <sub>27</sub> Utiliser les relations de diviseur de courant et de tension. → **EC5**
- <sub>28</sub> Utiliser la caractéristique courant-tension d'un dipôle afin de trouver le point de fonctionnement d'un circuit. → **EC6**

## Exercices de cours

### Exercice C1 – Domaine d'application de l'ARQS

- 1 - Rappeler la fréquence de la tension délivrée par EDF sur le réseau électrique. Une ligne électrique de 300 km peut-elle être étudiée dans le cadre de l'ARQS ?
- 2 - On considère un circuit électrique étudié en TP. La longueur des fils du circuit est d'un mètre environ. Quelle est la condition sur la fréquence des signaux pour que l'on soit dans l'ARQS ?

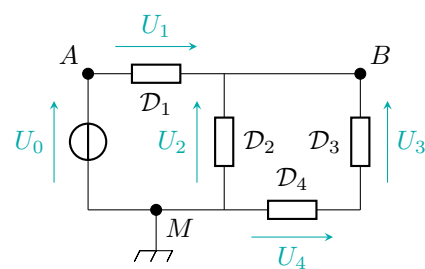
### Exercice C2 – Appliquer la loi des nœuds



Dans le circuit ci-contre, des ampèremètres permettent de mesurer  $I_0 = 4 \text{ A}$ ,  $I_1 = 1 \text{ A}$  et  $I_4 = 2 \text{ A}$ .

- 1 - Comment faut-il placer les ampèremètres pour effectuer les mesures ?
- 2 - Déterminer les intensités  $I_2$ ,  $I_3$  et  $I_5$ .

### Exercice C3 – Appliquer la loi des mailles

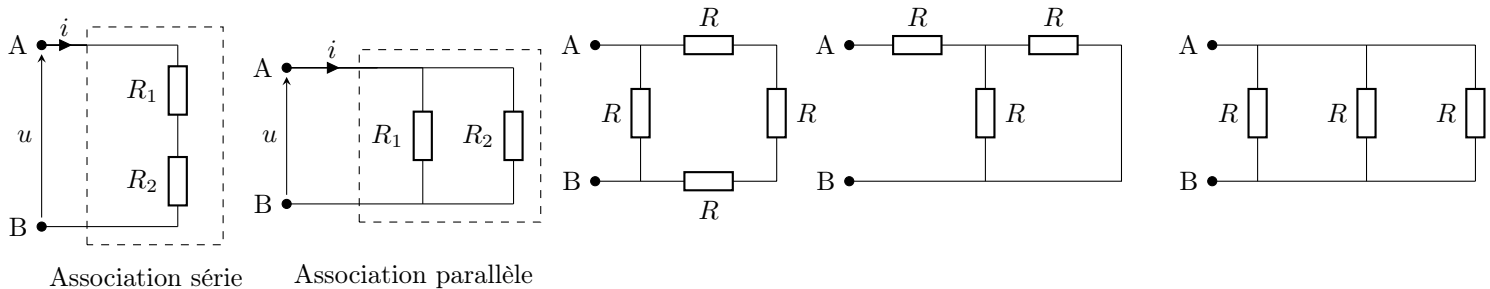


Dans le circuit ci-contre, des voltmètres permettent de mesurer  $U_0 = 5 \text{ V}$ ,  $U_2 = 1 \text{ V}$  et  $U_3 = 3 \text{ V}$ .

- 1 - Comment faut-il placer les voltmètres pour effectuer les mesures ?
- 2 - Déterminer les tensions  $U_1$ ,  $U_4$ .
- 3 - Déterminer les valeurs des potentiels aux points A et B.

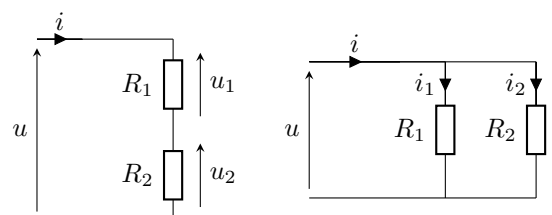
### Exercice C4 – Trouver une résistance équivalente

- 1 - Dans chacun des cas et lorsque c'est possible, donner la résistance équivalente au dipôle AB.



### Exercice C5 – Utiliser un diviseur de tension ou de courant

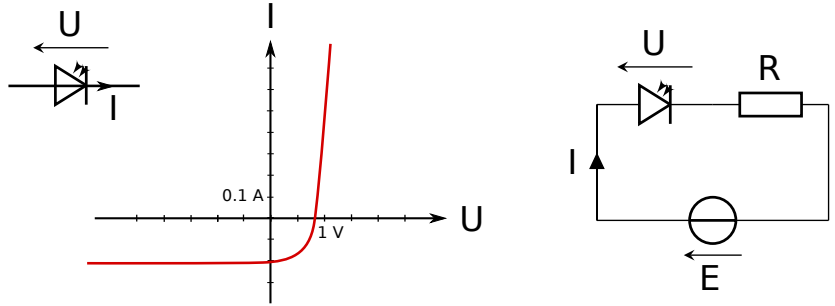
- 1 - Dans le schéma de gauche, exprimer la tension  $u_1$  en fonction de  $u$  et des résistances. Faire de même pour la tension  $u_2$ .
- 2 - Dans le schéma de droite, exprimer le courant  $i_1$  en fonction de  $i$  et des résistances. Faire de même pour le courant  $i_2$ .



## Exercice C6 – Trouver le point de fonctionnement d'un circuit

La photodiode dont on donne la caractéristique ci-dessous est placée dans un montage avec  $E = 2\text{ V}$  et  $R = 4\ \Omega$ .

- Déterminer le point de fonctionnement du circuit.



## Méthodes

### Trouver l'équation qui décrit un circuit électrique

- Faire un schéma, sur lequel on reporte les courants et les tensions (en convention récepteur pour  $R$ ,  $L$  ou  $C$ , générateur pour les générateurs).
- Écrire les lois de comportement ( $u_R = Ri$ ,  $u_L = L \frac{di_L}{dt}$ ,  $i_c = C \frac{du_c}{dt}$ ).
- Écrire une/des loi des mailles, ou loi des nœuds selon les cas.
- Manipuler le tout pour arriver à l'équation voulue !

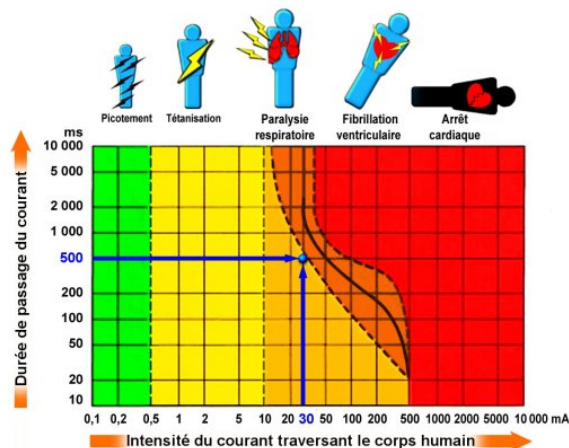
## Documents associés au cours

Introduction, vocabulaire, diagramme des deux mondes, domaine de validité : voir site classe.

## I - Circuits électriques et grandeurs électriques

Type de circuit	Ordre de grandeur du courant	Ordre de grandeur de la tension
Circuit faible puissance (TP, circuit de commande)	1 à 100 mA	1 mV à 10 V
Réseau domestique habitation	1 à 10 A	220 V (valeur efficace)
Ligne haute tension	kA	100 à 1000 kV

**Remarque :** Les répercussions sur le corps humain sont liées au courant le traversant : le seuil létal est de 40 mA pendant 3 s, ou 300 mA pendant 0,1 s.



### III et V - Dipôles et sources

Propriété	Résistance	Bobine	Condensateur
Symbole normalisé			
Loi de comportement	$u = Ri$	$u = L \frac{di}{dt}$	$i = C \frac{du}{dt}$
Dipôle équivalent en basses fréquences ( $\omega \sim 0$ )	Résistance $R$	Fil	Interrupteur ouvert
Dipôle équivalent en hautes fréquences ( $\omega \rightarrow +\infty$ )	Résistance $R$	Interrupteur ouvert	Fil
Puissance reçue $P = ui$	$P = Ri^2 = u^2/R$		
Énergie stockée	aucune	$E = \frac{1}{2}Li^2$	$E = \frac{1}{2}Cu^2$
Grandeur physique nécessairement continue	aucune	$i$	$u$

Remarques importantes :

- ▶ Les lois de comportement sont valables uniquement en convention récepteur (la flèche du potentiel va à contre-courant !). Dans le cas contraire, il faudrait mettre un moins dans la loi de comportement.
- ▶ La grandeur physique nécessairement continue est avant tout l'énergie stockée. On en déduit ensuite que pour une bobine, comme  $E \propto i^2$ , alors  $i$  est continue. Pour un condensateur, comme  $E \propto u^2$ , alors  $u$  est continue. Enfin, une résistance ne stockant aucune énergie,  $i$  ou  $u$  peuvent être discontinus.
- ▶ Pour le condensateur, on a également la relation  $Cu = Q$ , avec  $Q$  la charge totale portée par l'armature sur laquelle arrive le courant, c'est-à-dire l'armature de gauche sur le schéma du tableau.
- ▶ On peut également mentionner comme dipôle important la diode, qui vous étudiez en SI. Dans un énoncé de physique son fonctionnement devra être rappelé. On peut aussi mentionner le transistor et le thyristor, mais qui ne sont pas au programme de physique.

Ordres de grandeurs de composants utilisés en TP, et en général dans des circuits de commande :

Résistance	Condensateur	Bobine
100 $\Omega$ à 1 M $\Omega$	1 nF à 1 $\mu$ F	1 mH à 1 H

### IV - Étude des circuits

Exemples de caractéristiques de dipôles :

