

# Thème I. Ondes et signaux (Électricité)

## TD n°3 Signaux électriques dans l'ARQS

### 💡 Méthode : Comment travailler des exercices ?

#### Avant la séance de TD :

- ★ Sur une feuille de brouillon, avec un crayon à la main et le chapitre ouvert sous les yeux.
- ★ Essayer des « trucs » même si cela n'aboutit pas.
- ★ Faire des schémas complets et suffisamment grands.
- ★ Ne rien écrire sur l'énoncé de TD afin de pouvoir refaire les exercices après la correction en classe.
- ★ Réfléchir environ 10 à 15 min sur chaque exercice demandé. Si vous bloquez complètement sur une question/un exercice, passez à la suite au bout de 10 min, et me poser des questions soit directement soit par mail [nvalade.pcsi@gmail.com](mailto:nvalade.pcsi@gmail.com).

#### Après la séance de TD :

- ★ Refaire les exercices corrigés ensemble, sans regarder le corrigé dans un premier temps.
- ★ Une fois l'exercice terminé ou si vous êtes totalement bloqué, reprendre avec le corrigé.

Exercice n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Capacités													
Exprimer l'intensité du courant électrique en termes de débit de charge.													🔪
Exprimer la condition d'application de l'ARQS en fonction de la taille du circuit et de la fréquence.	🔪												
Utiliser la loi des mailles.				🔪									
Utiliser la loi des nœuds.				🔪									🔪
Algébriser les grandeurs électriques et utiliser les conventions récepteur et générateur.				🔪	🔪	🔪	🔪	🔪	🔪	🔪	🔪	🔪	🔪
Utiliser les relations entre l'intensité et la tension. Citer des ordres de grandeurs des composants R, L, C.				🔪	🔪	🔪				🔪	🔪		
Exprimer la puissance dissipée par effet Joule dans une résistance.						🔪		🔪			🔪	🔪	
Exprimer l'énergie stockée dans un condensateur ou une bobine.													
Modéliser une source en utilisant la représentation de Thévenin.						🔪				🔪			
Remplacer une association série ou parallèle de deux résistances par une résistance équivalente.		🔪					🔪	🔪					
Établir et exploiter les relations des diviseurs de tension ou de courant.			🔪		🔪		🔪	🔪	🔪	🔪			

### Parcours possibles

- 🎵 Si vous avez des difficultés sur ce chapitre : exercices n°2, n°3, n°4, n°5, n°6 (+ cahier d'entraînement : 3.3, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.15, 3.16).
- 🎵🎵 Si vous vous sentez moyennement à l'aise, mais pas en difficulté : exercices n°1, n°2, n°5, n°7, n°8.
- 🎵🎵🎵 Si vous êtes à l'aise : exercices n°7, n°8, n°9, n°10, n°11, n°12, n°13.

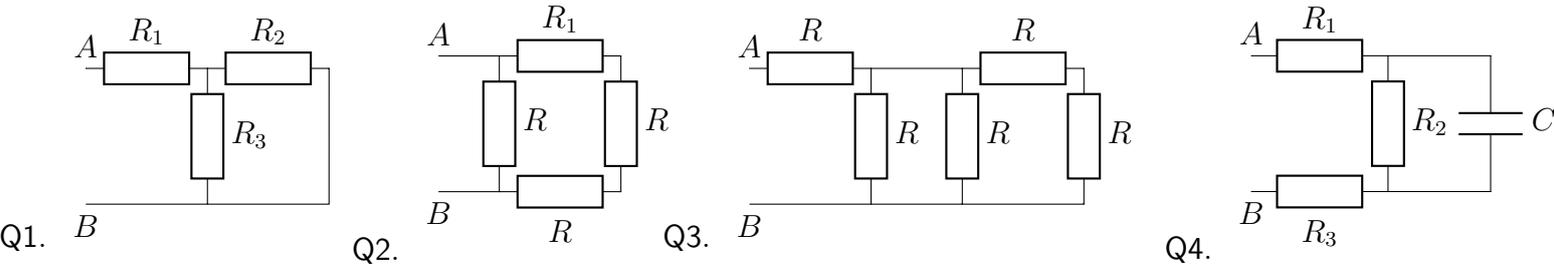
## I Exercices d'application directe du cours

### Exercice n°1 Cadre de l'ARQS 🎵 🎵

Les ondes radio FM sont des ondes électromagnétiques de fréquences de l'ordre de 100 MHz qui sont récupérées par des antennes de taille de l'ordre du mètre. Peut-on se placer dans le cadre de l'ARQS pour étudier la propagation du signal électrique dans l'antenne ?

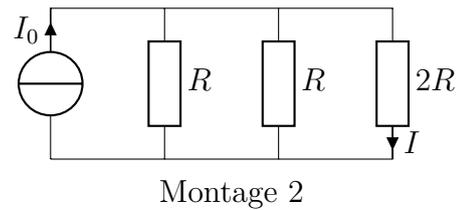
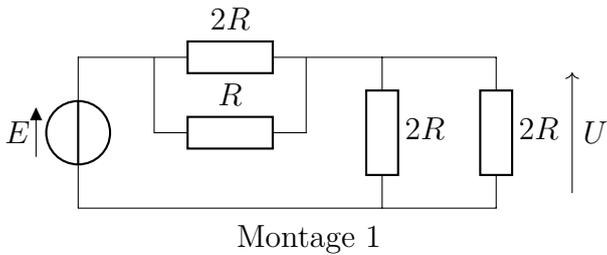
### Exercice n°2 Associations de résistances 🎵

Pour chacun des circuits ci-dessous, indiquer si les différents conducteurs ohmiques sont montés en série, en parallèle, ou ni l'un ni l'autre. Lorsqu'elle existe, calculer la résistance équivalente vue entre les points A et B.



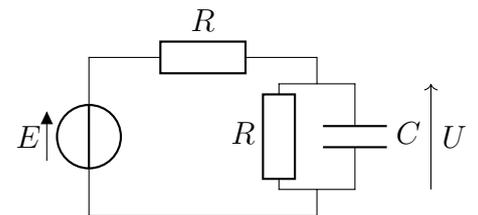
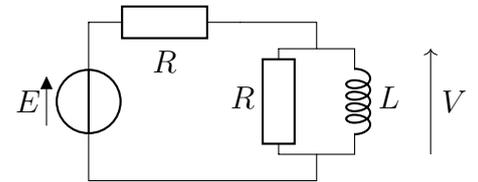
### Exercice n°3 Ponts diviseurs 🎵

Exprimer  $U$  en fonction de  $E$  dans le montage 1 et  $I$  en fonction de  $I_0$  dans le montage 2.



### Exercice n°4 Régimes permanents 🎵

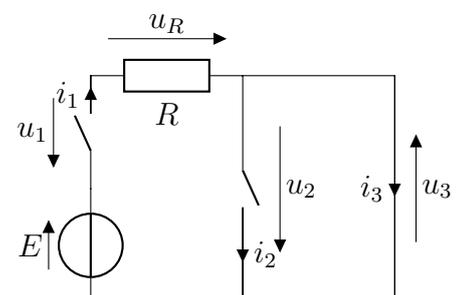
- Q1. Rappeler la loi de la bobine.
- Q2. En déduire son comportement en régime permanent. Représenter le circuit ci-contre en régime permanent.
- Q3. En déduire la valeur de la tension  $V$ .
- Q4. Rappeler la loi du condensateur.
- Q5. En déduire son comportement en régime permanent. Représenter le circuit ci-contre en régime permanent.
- Q6. Établir l'expression de la tension  $U$  en fonction de  $E$  uniquement (et par application d'une seule formule).



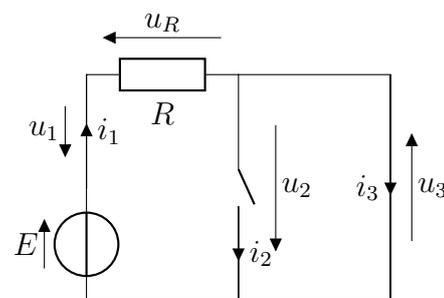
### Exercice n°5 Tension et intensité 🎵 🎵

- Q1. Rappeler la valeur de l'intensité à travers un interrupteur ouvert, et de la tension aux bornes d'un fil idéal. Peut-on dire quelque chose, a priori, sur la tension aux bornes d'un interrupteur ouvert, et l'intensité à travers un fil idéal ? Si oui, donner l'affirmation.

- Q2. On étudie le circuit ci-contre.
  - (a) Lister toutes les grandeurs évidemment nulles.
  - (b) En déduire les valeurs de  $u_R$ ,  $u_2$ ,  $i_3$ .
  - (c) Enfin, en déduire  $u_1$  en fonction de  $E$ .



- Q3. On étudie le circuit ci-contre.  
(a) Lister toutes les grandeurs évidemment nulles.  
(b) En déduire  $u_2$  et  $u_R$ , puis  $i_1$  et  $i_3$ .



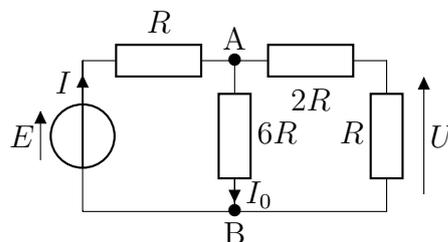
### Exercice n°6 Modèle de pile 🎵

On mesure une tension de 3,0 V aux bornes d'une pile qui débite un courant de 0,10 A. La tension de la même pile tombe à 2,2 V lorsque l'intensité délivrée est de 0,20 A. On modélise la pile par un générateur de Thévenin.

- Q1. Que valent la résistance interne et la fem à vide ?  
Q2. Lorsque la tension est de 3,0 V, calculer la puissance fournie par la pile au reste du circuit, ainsi que la puissance perdue dans la pile par effet Joule.

### Exercice n°7 Circuits à deux mailles 🎵 🎵

On étudie le circuit ci-contre. Les études seront menées uniquement avec les ponts diviseurs et les associations de résistances. Application numérique avec  $E = 3,0$  V et  $R = 1,5$  k $\Omega$ .

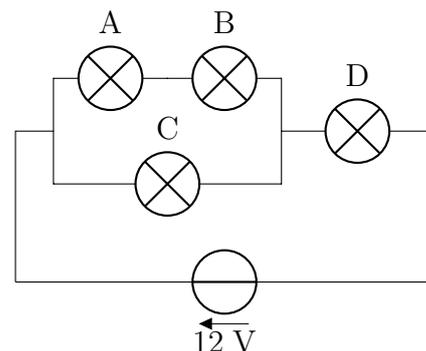


- Q1. Exprimer  $I_0$  en fonction de  $I$  uniquement.  
Q2. Exprimer  $U_{AB}$  en fonction de  $E$  uniquement.  
Q3. Exprimer  $U$  en fonction de  $U_{AB}$  uniquement, puis  $U$  en fonction de  $E$  uniquement.

## II Exercices d'approfondissement

### Exercice n°8 Et si une ampoule grillait ? 🎵 🎵

Quatre ampoules identiques A, B, C, D de résistance  $R = 40 \Omega$ , sont connectées comme l'indique le schéma ci-contre.



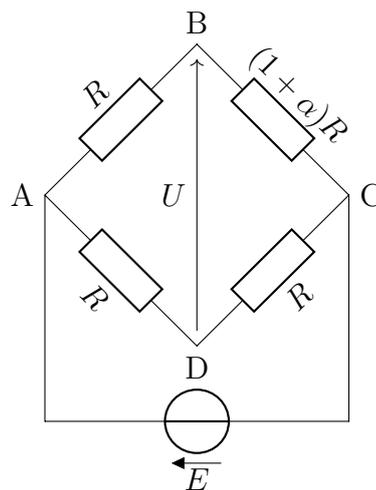
- Q1. Déterminer la puissance consommée par chacune des quatre ampoules.  
Q2. L'ampoule A grille brutalement. Déterminer alors la puissance consommée par les trois ampoules restantes, ainsi que la tension aux bornes de l'ampoule grillée A.  
Q3. Dans les guirlandes des sapins de Noël, est-il préférable de mettre les différentes ampoules en série ou en parallèle ?

### Exercice n°9 Capteur 🎵 🎵 🎵

On considère le montage ci-contre, qui comporte trois résistances identiques, et un capteur équivalent à une résistance  $(1 + \alpha) \times R$  avec  $\alpha$  un paramètre sans dimension qui varie en fonction de la sortie du capteur.

On mesure la tension  $U$ .

Établir l'expression de la tension  $U$  en fonction de  $E$  et  $\alpha$ . On passera par l'application de deux relations du pont diviseur de tension bien choisies.



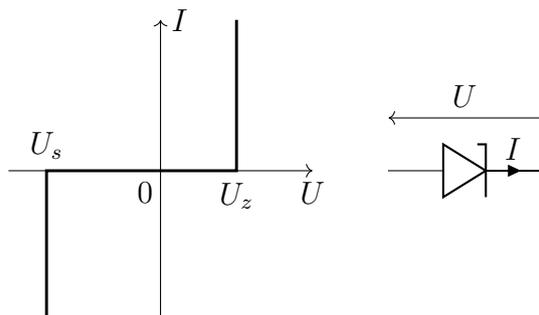
### Exercice n°10 Résistance d'entrée d'un oscilloscope 🎵 🎵 🎵

En régime continu, l'étage électronique d'entrée d'un oscilloscope peut se modéliser par sa seule résistance d'entrée  $R_e = 1 \text{ M}\Omega$ . On connecte un générateur de résistance interne  $r = 50 \Omega$  sur l'entrée de l'oscilloscope.

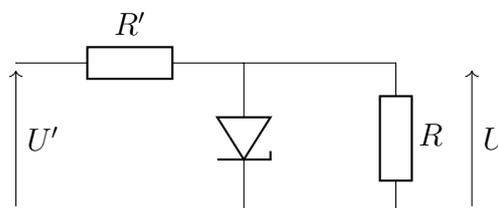
Quelle erreur relative commet-on en confondant la f.é.m.  $E$  du générateur et la tension  $U$  mesurée par l'oscilloscope? Conclure.

### Exercice n°11 Stabilisation de tension avec une diode Zéner 🎵 🎵 🎵

Une diode Zener (ou diode régulatrice de tension) est un composant électronique possédant la caractéristique idéalisée ci-dessous.



On souhaite stabiliser la tension  $U$  aux bornes de la résistance  $R = 150 \Omega$ , au moyen du montage indiqué ci-dessous.



Q1. Quelle valeur doit-on donner à  $R'$  pour que la tension  $U$  reste égale à  $U_z = 7,1 \text{ V}$  quand  $U'$  varie de 10 à 15 V?

Q2. Le courant traversant la diode Zener reste-t-il alors compatible avec la valeur maximale acceptable définie par la puissance maximale  $\mathcal{P}_{\text{max}} = 700 \text{ mW}$ ?

## III Résolution de problèmes

### Exercice n°12 Petit-déjeuner 🎵 🎵 🎵

Peu satisfait.e du petit-déjeuner proposé par le réfectoire du lycée, un.e pensionnaire de l'internat installe dans sa chambre une bouilloire et un grille-pain. Il.elle branche les deux appareils sur une seule multiprise, qui est protégée par un fusible de 10 A. Les puissances consommées respectivement par la bouilloire et le grille pain sont 1300 W et 1100 W.

Peut-il.elle utiliser le grille-pain et la bouilloire en même temps?

### Exercice n°13 Lampe de poche 🎵 🎵 🎵

Les anciennes lampes de poches contenaient une pile plate à languette de 4,5 V , 3000 mAh qui alimentait une ampoule à incandescence de 4,5 V , 500 mW.

Estimer l'autonomie de la lampe de poche.

## IV Cahier d'entraînement

### Prérequis

Lois des nœuds. Loi des mailles. Loi d'Ohm. Montages diviseurs.

### Constantes utiles

- nombre d'Avogadro :  $N_A = 6,0 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- charge élémentaire :  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

## Autour du courant électrique



### Entraînement 3.1 — Une bataille de courants.



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

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

.....



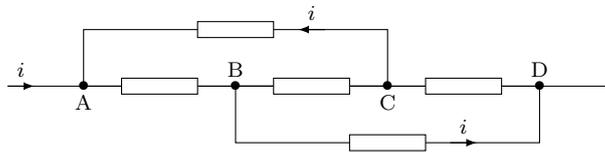
### Entraînement 3.2



L'intensité du courant traversant un fil de cuivre vaut  $I = 4,0 \text{ mA}$ .

Combien d'électrons traversent la section du fil pendant 10 s ? .....

### Entraînement 3.3 — Loi des nœuds.



Les courants indiqués sur le schéma ci-dessus sont algébriques.

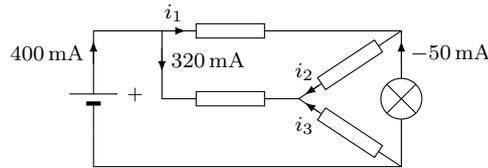
En utilisant la loi des nœuds, déterminer en fonction de  $i$  les courants suivants (on note  $i_{AB}$  le courant qui va de A vers B, etc) :

a)  $i_{AB}$  .....

b)  $i_{BC}$  .....

c)  $i_{CD}$  .....

Entraînement 3.4 — Loi des nœuds bis.



On considère le circuit électrique représenté ci-dessus.

À partir de la loi des nœuds, calculer l'intensité des courants sans utiliser la calculatrice.

- a)  $i_1$  .....       b)  $i_2$  .....       c)  $i_3$  .....

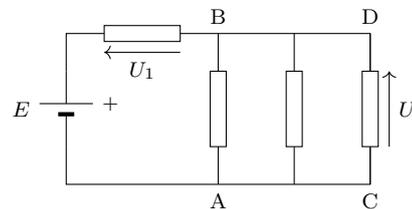
Autour de la tension électrique

Entraînement 3.5 — Loi des mailles.



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 suivantes :



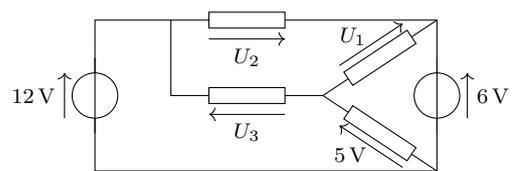
- a)  $U$  .....
- b)  $U_{AB} = V(A) - V(B)$  .....
- c)  $U_{DA}$  .....

Entraînement 3.6 — Calculer une tension.



On considère le circuit électrique formé de deux sources idéales de tension et de quatre dipôles, comme représenté ci-contre.

À partir de la loi des mailles, calculer les tensions :



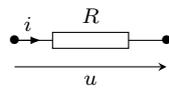
- a)  $U_1$  .....
- b)  $U_2$  .....
- c)  $U_3$  .....

## Loi d'Ohm

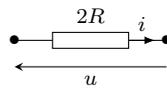
### Entraînement 3.7 — Caractéristiques.



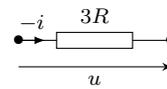
On considère les cas suivants :



Résistance 1



Résistance 2



Résistance 3

Dans chaque cas, exprimer  $i$  en fonction de  $u$  et  $R$ .

a) Résistance 1 .....

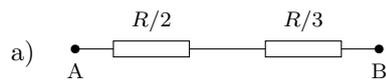
b) Résistance 2 .....

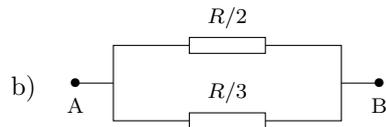
c) Résistance 3 .....

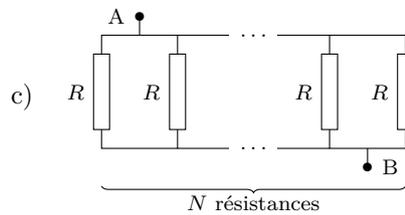
### Entraînement 3.8 — Résistances associées.

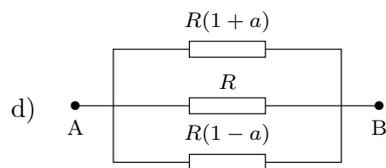


Exprimer la résistance équivalente des dipôles AB suivants :

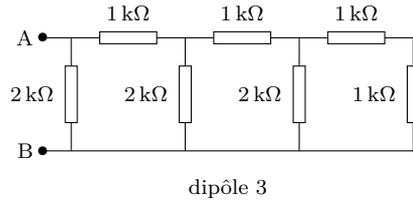
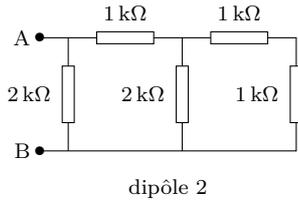
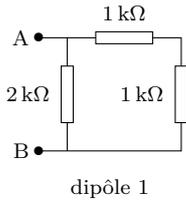








**Entraînement 3.9 — Trois résistances équivalentes.**



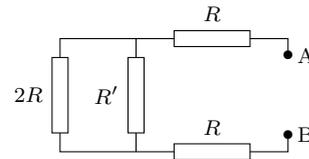
Sans utiliser la calculatrice, calculer la résistance équivalente

- a) du dipôle 1 .....       b) du dipôle 2 .....       c) du dipôle 3 .....

**Entraînement 3.10 — Une autre résistance équivalente.**



On considère le dipôle AB constitué uniquement de conducteurs ohmiques.



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

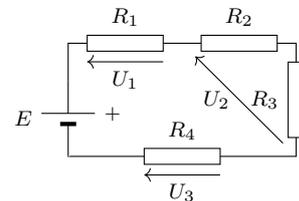
## Diviseurs

**Entraînement 3.15 — Un diviseur de tension.**



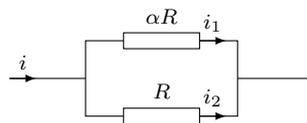
On forme un circuit avec une pile de f.é.m  $E$  et quatre conducteurs ohmiques. On définit les tensions  $U_1$ ,  $U_2$  et  $U_3$  comme indiqué ci-contre.

Exprimer en fonction de  $E$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  et  $R_4$ , les tensions :



- a)  $U_1$  .....       b)  $U_2$  .....       c)  $U_3$  .....

**Entraînement 3.16 — Un diviseur de courant.**

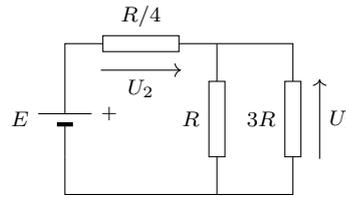


- a) Pour quelle valeur de  $\alpha$ , a-t-on  $i_1 = i/3$ ? .....
- b) Pour quelle valeur de  $\alpha$ , a-t-on  $i_2 = 3i_1$ ? .....

**Entraînement 3.17 — Exercice de synthèse I.**

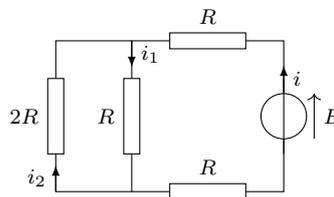


On forme un circuit avec une pile et trois conducteurs ohmiques. On définit les tensions  $U_1$  et  $U_2$  comme indiqué ci-contre.



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

**Entraînement 3.18 — Exercice de synthèse II.**



- a) Après avoir simplifié le circuit, calculer  $i$  en fonction de  $E$  et  $R$  .....
- b) En déduire  $i_1$  à partir de la formule du diviseur de courant .....
- c) En déduire  $i_2$  .....

**Réponses mélangées**

$2i$	$\frac{R}{N}$	$R\left(\frac{1-a^2}{3-a^2}\right)$	$\frac{u}{2R}$	$-\frac{E}{8R}$	$1\text{ k}\Omega$	$\frac{3E}{4R}$	$\frac{3}{4}R$	$\frac{u}{3R}$	$-350\text{ mA}$
$\frac{E}{R}$	$1\text{ k}\Omega$	$U_1 - E$	$\frac{4R(R+R')}{2R+R'}$	$E - U_1$		$\frac{-ER_4}{R_1+R_2+R_3+R_4}$	$\frac{R}{5}$	$1\text{ k}\Omega$	
$\frac{E}{4R}$		$\frac{ER_1}{R_1+R_2+R_3+R_4}$	$\frac{1}{4}Ri + Ri_1$	$\frac{R_2}{R_1+R_2}I_0$	$7\text{ V}$	$-\frac{u}{R}$	$3$	$30\text{ mA}$	
$\frac{3E}{8R}$	$0$	$2,5 \cdot 10^{17}$	$\frac{E(R_2+R_3)}{R_1+R_2+R_3+R_4}$	$-\frac{E}{4}$	$2R$	$\frac{5}{6}R$	$-6\text{ V}$	$0$	
$80\text{ mA}$	$\frac{I_0}{3}$	$i$	$\textcircled{b}$	$\frac{13}{4}Ri - 3Ri_1$	$\frac{3}{4}E$	$1\text{ V}$	$E - U_1$	$R$	$2$

## Énergie et puissance électriques

### Prérequis

Puissance électrique. Relation puissance-énergie. Expressions des énergies stockées dans une bobine et dans un condensateur. Effet Joule.

### Pour commencer

#### Entraînement 6.1 — Puissance et énergie. ⌚⌚⌚⌚

Le chargeur d'un téléphone portable consomme une puissance de 5 W. La charge complète de la batterie (à partir d'une batterie vide) prend 55 min.

Calculer l'énergie  $E$  contenue dans la batterie :

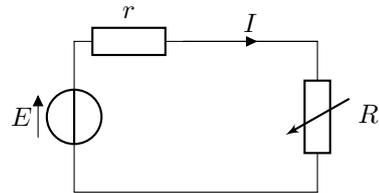
- a) en joules .....
- b) en watt-heures (W · h) .....

### Régime permanent

#### Entraînement 6.7 — Puissance consommée. ⌚⌚⌚⌚

Soit un générateur réel de fém  $E$  constante et de résistance interne  $r$ .

On branche à ses bornes un conducteur ohmique de résistance variable  $R$ .



- a) Déterminer l'intensité du courant qui circule dans le circuit .....
- b) Déterminer la puissance  $\mathcal{P}$  dissipée dans le conducteur ohmique en fonction de  $E$ ,  $r$  et  $R$ .  
.....

#### Entraînement 6.8 — Optimisation de puissance échangée. ⌚⌚⌚⌚

Dans un certain circuit, la puissance dissipée dans un conducteur ohmique de résistance  $R$  vaut

$$\mathcal{P} = E^2 \frac{R}{(r + R)^2},$$

où  $r$  est un paramètre.

On souhaite déterminer quelle valeur de  $R$  permet d'optimiser la puissance reçue par la résistance  $R$  étant données les caractéristiques de la source

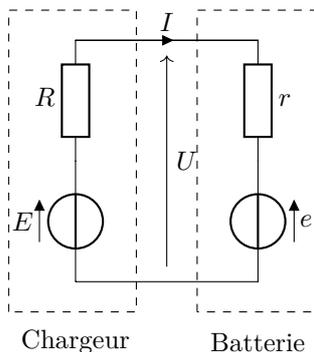
- a) Calculer  $\frac{d\mathcal{P}}{dR}$  .....
- b) Trouver la valeur  $R_{\max}$  pour laquelle  $\mathcal{P}(R)$  est maximale
- a)  $R_{\max} = R$      
  c)  $R_{\max} = R + r$      
  e)  $R_{\max} = \frac{1}{\frac{1}{r} + \frac{1}{R}}$      
  f)  $R_{\max} = R \times e^{r/R}$
- b)  $R_{\max} = r$      
  d)  $R_{\max} = \frac{R^2}{r + R}$
- .....

**Entraînement 6.10 — Charge d’une batterie.**



Une batterie de voiture est déchargée. Pour recharger cette batterie, de fém  $e = 12\text{V}$  et de résistance interne  $r = 0,2\Omega$ , on la branche sur un chargeur de fém  $E = 13\text{V}$  et de résistance interne  $R = 0,3\Omega$ .

On a alors le circuit suivant :



On lit sur la batterie qu'elle a une capacité de  $50\text{ A} \cdot \text{h}$  (ampères-heures).

a) Exprimer le courant  $I$  circulant dans la batterie en fonction de  $E$ ,  $e$ ,  $R$  et  $r$ .

.....

b) Exprimer la tension  $U$  aux bornes de la batterie lors de la charge en fonction de  $E$ ,  $e$ ,  $R$  et  $r$ .

.....

c) Exprimer la puissance délivrée par la source de fém  $E$  en fonction de  $E$ ,  $e$ ,  $R$  et  $r$ .

.....

d) Exprimer la puissance dissipée par effet Joule dans le circuit en fonction de  $E$ ,  $e$ ,  $R$  et  $r$ .

.....

e) Exprimer la puissance reçue par la batterie en fonction de  $E$ ,  $e$ ,  $R$  et  $r$ .

.....

Le rendement  $\eta$  de la charge est égal au rapport de la puissance reçue par la batterie par la puissance fournie par la source  $E$ .

f) Déterminer l'expression du rendement  $\eta$  en fonction de  $E$  et  $e$ .

.....

g) Calculer la valeur numérique du rendement  $\eta$  .....