

## TD4 : Circuits électriques dans l'ARQS - Corrigé

### Exercice 1 : L'ARQS

- On peut appliquer l'ARQS lorsque le temps de variation des signaux est très supérieur à leur temps de propagation dans le circuit :  $d \ll c/f$  ( $d$  : Dimension du circuit,  $f$  : Fréquence du circuit)
- Dans ce cas, on a  $c/f \simeq 10$  cm qui est du même ordre de grandeur que la taille du circuit. On ne peut donc pas appliquer l'ARQS.
- Le tracé apparemment étrange des pistes de la carte mère a pour objectif d'égaliser les temps de parcours des différents signaux afin qu'ils arrivent au même moment. Lorsqu'on ne peut pas appliquer l'ARQS il faut prendre en compte le temps de trajet des signaux.

### Exercice 2 : VITESSE DES ÉLECTRONS

L'intensité électrique est le débit d'électrons à travers la section  $S$  du fil :  $i = Svnq$  donc  $v = i/(Snq) \simeq 6 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$  : Les électrons avancent en moyenne extrêmement lentement !

### Exercice 3 : LOI DES NOEUDS

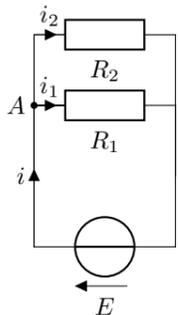
- Au noeud  $A$  :  $i_1 + i_4 - i_2 = 0 \Rightarrow i_4 = -1 \text{ A}$ .
- Au noeud  $B$  :  $i_1 + i_3 + i_4 - i_2 = 0 \Rightarrow i_4 = 0 \text{ A}$ .
- Au noeud  $C$  :  $i_4 - i_1 - i_2 - i_3 = 0 \Rightarrow i_4 = 0 \text{ A}$ .
- Au noeud  $D$  :  $i_1 + i_3 + i_4 + i_2 = 0 \Rightarrow i_4 = -4 \text{ A}$ .
- Au noeud  $E$  :  $i + i_1 + i_3 - i_2 = 0$  et en  $F$  :  $i_4 - i_0 - i = 0$  donc  $i_4 = i_0 - i_1 - i_3 + i_2 = 3,5 \text{ A}$ .

### Exercice 4 : LOI DES MAILLES

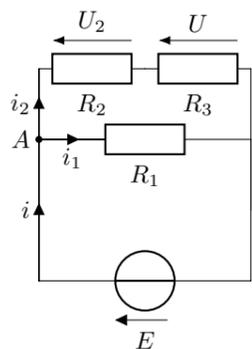
- $U_4 + U_1 + U_2 = 0 \Rightarrow U_4 = -4 \text{ V}$ ;
- $U_4 - U_3 + U_1 - U_2 = 0 \Rightarrow U_4 = 4 \text{ V}$ ;
- $U_4 + U_1 - U_2 = 0 \Rightarrow U_4 = 2 \text{ V}$ , on peut vérifier que le résultat est cohérent avec la seconde maille :  $U_4 + U_3 - U_5 = 0 \Rightarrow U_4 = 2 \text{ V}$  c'est cohérent.

### Exercice 5 : ÉTUDE DE QUELQUES CIRCUITS

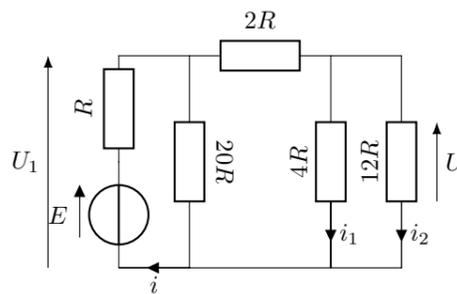
Circuit 1 :



Circuit 2 :

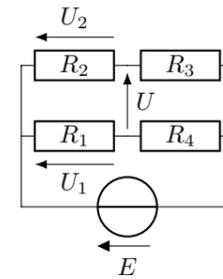


Circuit 3 :



- Circuit 1 : Loi des noeuds en  $A$  :  $i = i_1 + i_2 = E/R_1 + E/R_2 = E(1/R_1 + 1/R_2)$
- Circuit 2 : Loi des noeuds en  $A$  :  $i = i_1 + i_2 = E/R_1 + i_2$ . On trouve  $i_2$  en remplaçant  $R_2$  et  $R_3$  par  $R_{eq} = R_2 + R_3$  :  $i_2 = E/R_{eq} = E/(R_2 + R_3)$ . Et finalement  $i = E/R_1 + E/(R_2 + R_3) = E(1/R_1 + 1/(R_2 + R_3))$  et  $U = R_3 i_2 = ER_3/(R_2 + R_3)$  (En exercice : retrouver ces résultats en transformant les résistances en résistances équivalentes et en utilisant la formule d'un pont diviseur de tension)
- On remplace successivement les associations de résistances par des résistances équivalentes :  $4R$  et  $12R$  en parallèle  $\Rightarrow 3R$ ;  $3R$  et  $2R$  en parallèle  $\Rightarrow 5R$ ;  $5R$  et  $20R$  en parallèle  $\Rightarrow 4R$ ;  $4R$  et  $R$  en série  $\Rightarrow 5R$ . Donc  $i = E/(5R)$ .  
 $U$  est donnée par le diviseur de tension formé par  $2R$  et  $R_{eq} = 3R$  appliqué à  $U_1 = E - Ri = 4E/5$  donc  $U = 4E/5 \times 3R/5R = 12E/25$ .  
 $i_2 = U/(12R) = E/(25R)$  et  $i_1 = U/(4R) = 3E/(25R)$ .

### Exercice 6 : PONT DE WHEATSTONE



Le pont de Wheatstone correspond à deux diviseurs de tension :  $U_1 = E \times R_1/(R_1 + R_4)$  et  $U_2 = E \times R_2/(R_2 + R_3)$ . En appliquant la loi des mailles on obtient :  $U_2 - U_1 + U = 0$  donc  $U = U_1 - U_2 = E \times \left( \frac{R_1}{R_1 + R_4} - \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right)$   
Le pont est équilibré lorsque  $U = 0$  soit  $R_1 R_3 - R_2 R_4 = 0$ .

### Exercice 7 : RÉSISTANCES ÉQUIVALENTES

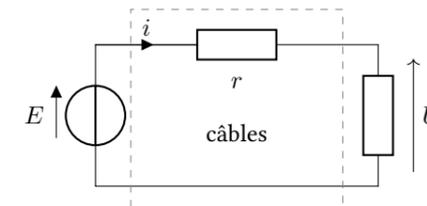
- $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
- $R_{eq} = R_1 + R_2 + \frac{R_3(R_3 + R_4)}{R_3 + R_4 + R_4}$
- $R_{eq} = \frac{R_4 R_3 (R_1 + R_2)}{R_3 R_4 + (R_3 + R_4)(R_1 + R_2)}$

### Exercice 8 : BILAN DE PUISSANCE

- $i = E/(R + r)$
- $P_R = Ri^2 = RE^2/(R + r)^2$
- $P_G = E \times i = E^2/(R + r)$
- Le rendement est  $\gamma = P_R/P_G = R/(R + r)$
- $U = R \times i = E \times R/(R + r)$
- Plus la résistance interne est faible, meilleur est le rendement et la tension appliquée au dipôle est indépendante de la valeur de sa résistance. Lorsque la résistance interne est nulle, on dit que le générateur est idéal.

### Exercice 9 : TRANSPORT D'ÉLECTRICITÉ

- Schéma :

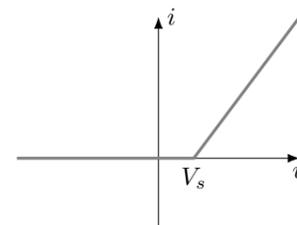


- La loi des mailles et la loi d'Ohm donnent  $U = E - ri$  soit  $E = U + ri$
- La puissance électrique dissipée dans les câbles est  $P_c = ri^2$  c'est l'effet Joule, l'énergie électrique est transformée en chaleur.
- La puissance totale fournie par le générateur est  $P_g = E \times i$
- Le rendement du système est  $\gamma = \frac{P}{P_g} = \frac{P}{Ei} = \frac{P}{(U + ri)i} = \frac{P}{P + ri^2}$ . En utilisant  $i = P/U$  on obtient finalement :

$$\gamma = \frac{P}{P + r(P/U)^2} = \frac{1}{1 + rP/U^2} \quad (1)$$

- On utilise une haute tension pour transporter le courant électrique car le rendement augmente avec  $U$ . Cela permet de diminuer les pertes lors du transport.
- On ne peut pas utiliser des tensions trop élevées car les plus hautes tensions nécessitent des infrastructures plus coûteuses (il faut plus espacer les câbles, il faut qu'ils soient plus hauts). Le gain d'argent fait en utilisant une tension supérieure à 400 kV serait probablement inférieur au surcoût des infrastructures.

### Exercice 10 : CARACTÉRISTIQUES D'UNE DIODE



- Pour  $U_D < V_{seuil}$  la diode se comporte comme un interrupteur ouvert ( $i = 0$ ) et pour  $U_D > V_{seuil}$  elle se comporte comme un générateur de tension de f.e.m  $E = V_s$  et de résistance interne  $\gamma$  (en Ohm)
- voir ci-contre.
- $i = \frac{E - V_s}{R + r + \gamma}$ ,  $U_D = V_s + \gamma i = V_s + \gamma \frac{E - V_s}{R + r + \gamma}$  et  $U_G = E - ri = E - r \frac{E - V_s}{R + r + \gamma}$
- La diode est bloquante lorsque  $U_D \leq V_s$  donc  $E_{min} = V_s$ . Dans ce cas on a  $U_G = U_D = E$