Électronique 1 - TD - Correction :

1 - Questions de cours :

1. La charge électrique est une propriété fondamentale de la matière caractérisant la capacité qu'ont deux corps à s'attirer via l'interaction électromagnétique. Il existe deux types de charges : des positives et des négatives. La charge est quantifiée : elle prend des valeurs multiples de e, la charge élémentaire. C'est de plus une grandeur conservative.

2. Un courant électrique est un déplacement d'ensemble de particules chargées. Soit un conducteur électrique de section S parcouru par un courant. Soit δq la charge qui traverse S pendant le temps dt dans un sens donné. L'intensité est alors définie par :

$$i = \frac{\delta q}{dt}$$

3. La tension entre deux bornes A et B d'un circuit est définie comme la différence de potentiel : $U_{AB} = V_A - V_B$.
On la représente par une flèche allant de B vers A.

4. Dans un régime stationnaire (ou permanent), les grandeurs ne dépendent pas du temps.

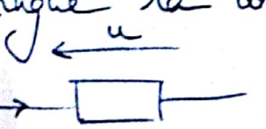
5. Soit d la dimension caractéristique du circuit étudié, c la vitesse de la lumière et T la durée caractéristique du phénomène étudié. On est dans le cadre de l'ARQS si :

$$T \gg d/c$$

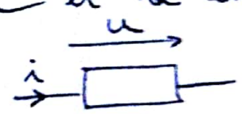
Les lois de Kirchhoff sont valables uniquement en régime stationnaire et dans l'ARQS.

6. * Noeud : point du circuit où se rejoignent au moins trois dipôles.
   * Branche : portion du circuit reliant deux noeuds distincts.
   * Maille : Portion fermée du circuit ne passant qu'une seule fois par un noeud donné.

7. On distingue la convention récepteur et la convention générateur :



Convention récepteur



Convention générateur.

Scanned by CamScanner

8) Soit un dipôle orienté en convention récepteur, la puissance reçue est définie par le produit : $P_r = u\,i$

9. Loi des noeuds : Soit un noeud N d'un réseau sur lequel arrivent n branches parcourues par des courants i_k. On a alors :

$$\sum_{k=1}^{n} \varepsilon_k i_k = 0 \quad \text{avec } \varepsilon_k = +1 \text{ si } i_k \text{ arrive vers N et } \varepsilon_k = -1 \text{ sinon}$$

Loi des mailles : Le long d'une maille orientée qui comporte p dipôles, on a :

$$\sum_{k=1}^{p} \varepsilon_k u_k = 0 \quad \text{avec } \varepsilon_k = +1 \text{ si } u_k \text{ est dans le sens d'orientation choisi et } \varepsilon_k = -1 \text{ sinon.}$$

10. Un dipôle obéit à la loi d'Ohm si on a :

$$u = +/- \, R\,i$$

avec un + en convention récepteur et un − en convention générateur. R est la résistance du dipôle exprimée en ohm (Ω).

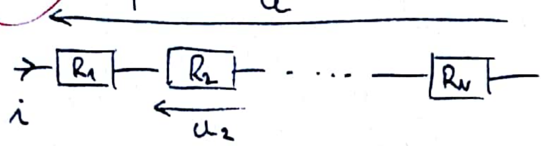
11. L'effet Joule correspond à l'élévation de température d'un dipôle résistif parcouru par un courant.

12. Aux bornes d'un condensateur : $i = C\dfrac{du}{dt}$ en convention récepteur.

Aux bornes d'une bobine : $u = L\dfrac{di}{dt}$ en convention récepteur.

13. L'énergie stockée dans un condensateur est : $\mathcal{E} = \dfrac{1}{2}Cu^2$.
Celle stockée dans une bobine est : $\mathcal{E} = \dfrac{1}{2}Li^2$.

14. Association en série de N résistances : $R_{eq} = \sum_{k=1}^{N} R_k$

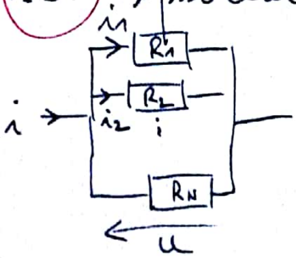


$$u = u_1 + u_2 + \dots + u_N = \sum_{k=1}^{N} u_k$$

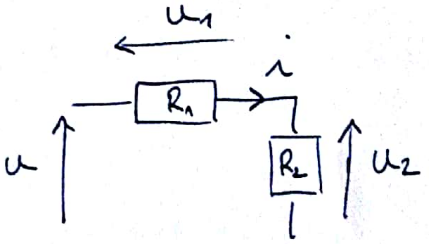
$$u = \left(\sum_{k=1}^{N} R_k\right) i = R_{eq}\, i$$

15. Association en parallèle de N résistances : $G_{eq} = \sum_{k=1}^{N} G_k$

$$i = \sum_{k=1}^{N} i_k = \left(\sum_{k=1}^{N} G_k\right) u = G_{eq}\, u$$



16. Pont diviseur de tension :

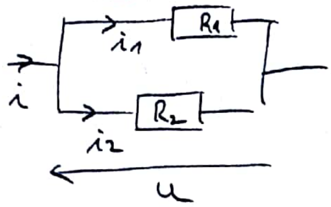


On a : $u = u_1 + u_2$ et $u_2 = R_2 i$. $u_1 = R_1 i \Rightarrow i = \frac{u_1}{R_1}$

$\Rightarrow u_2 = u_1 \times \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow u = u_1\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = u_1 \times \frac{R_1 + R_2}{R_1}$

$$\Rightarrow \boxed{u_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u}$$

Pont diviseur de courant :



$i = i_1 + i_2$ et $\left.\begin{array}{l} i_2 = G_2 u \\ i_1 = G_1 u \end{array}\right\} \Rightarrow i_2 = \frac{G_2}{G_1} i_1 \Rightarrow i = i_1\left(1 + \frac{G_2}{G_1}\right)$

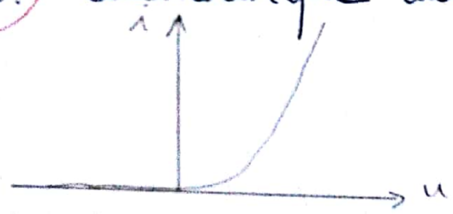
$$i = \frac{G_1 + G_2}{G_1} i_1 \Rightarrow \boxed{i_1 = \frac{G_1}{G_1 + G_2} i = \frac{R_2}{R_1 + R_2} i}$$

17. Une source de tension idéale est un dipôle qui délivre à ses bornes une tension E appelée force électromotrice, indépendante du courant débité.
Une source de courant idéale est un dipôle qui débite un courant d'intensité I_0 constante, appelé courant électromoteur, quelle que soit la tension à ses bornes.

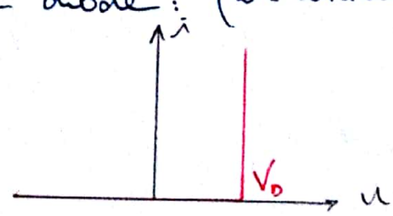
18. Pour modéliser une source réelle de tension, on ajoute une résistance en série à une source idéale de tension. Pour la source réelle de courant, la résistance est ajoutée en parallèle à une source de courant idéale.

19. Tout réseau ne comportant que des sources de tension ou de courant indépendantes et des résistances, pris entre deux bornes A et B, est équivalent à une source de tension appelée générateur de Thévenin, de fem $E_{th} = U_{AB}$ (dipôle AB "débranché") et de résistance interne R_{th} égale à la résistance équivalente entre A et B, toutes sources passivées.

20. Caractéristique courant-tension d'une diode : (en convention récepteur)



Modélisation $\Rightarrow$



Scanned by CamScanner

2- Application directe du cours :

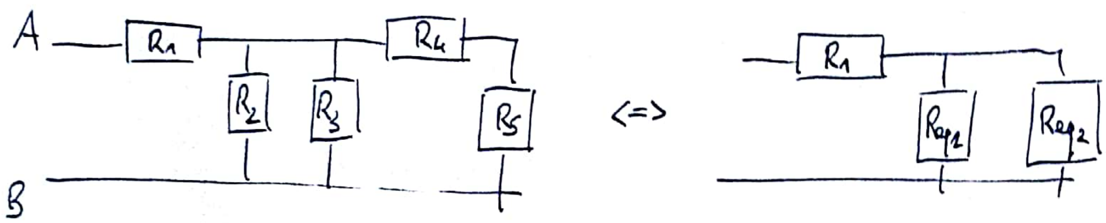
2.1 - Association de résistances :

1. a) R_4 et R_5 sont parcourues par le même courant électrique, elles sont donc en série.

b) R_2 et R_3 ont leur deux bornes communes, elles sont associées en parallèle.

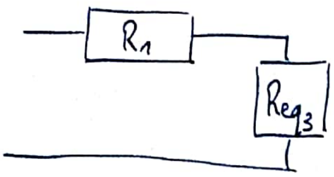
c) R_1 et R_2 ne sont ni en série ni en parallèle.

d)



avec $\dfrac{1}{R_{eq1}} = \dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_3} \Rightarrow R_{eq1} = \dfrac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$ et $R_{eq2} = R_4 + R_5$

Le réseau est équivalent à :



avec $\dfrac{1}{R_{eq3}} = \dfrac{1}{R_{eq1}} + \dfrac{1}{R_{eq2}} \rightarrow R_{eq3} = \dfrac{R_{eq1} R_{eq2}}{R_{eq1} + R_{eq2}}$

$$R_{eq3} = \frac{R_2 R_3 (R_4 + R_5)}{R_2 + R_3} \times \frac{1}{\dfrac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_4 + R_5}$$

$$R_{eq3} = \frac{R_2 R_3 (R_4 + R_5)}{R_2 + R_3} \times \frac{R_2 + R_3}{R_2 R_3 + (R_4 + R_5)(R_2 + R_3)} = \frac{R_2 R_3 (R_4 + R_5)}{R_2 R_3 + (R_4 + R_5)(R_2 + R_3)}$$

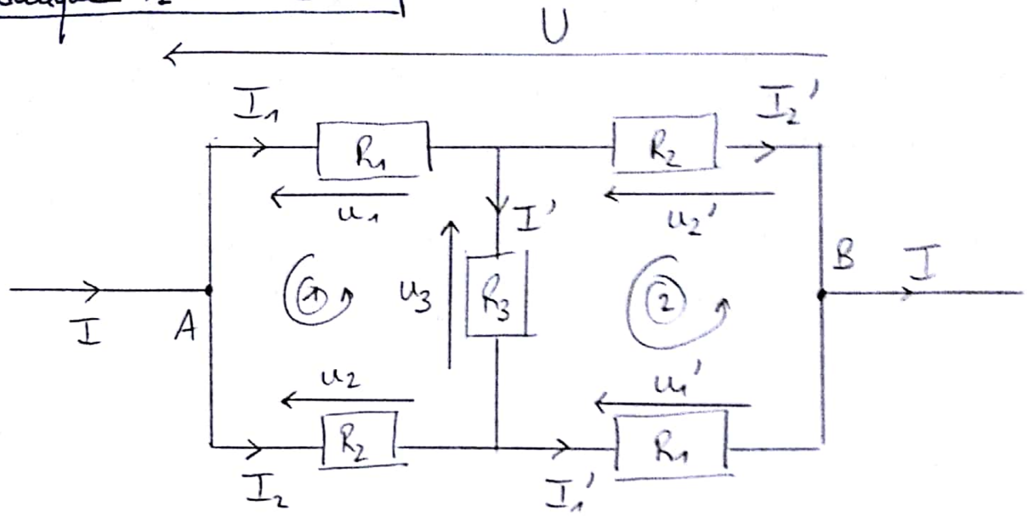
Et finalement :

$$R_{eq} = R_1 + R_{eq3} = R_1 + \frac{R_2 R_3 (R_4 + R_5)}{R_2 R_3 + (R_4 + R_5)(R_2 + R_3)}$$

$$\boxed{R_{eq} = \frac{R_1 R_2 R_3 + R_1 (R_4 + R_5)(R_2 + R_3) + R_2 R_3 (R_4 + R_5)}{R_2 R_3 + (R_4 + R_5)(R_2 + R_3)}}$$

2. a) Représentons le schéma du circuit étudié :

Scanned by CamScanner



Appliquons la loi des noeuds : $I = I_1 + I_2$ et $I = I_1' + I_2'$, d'où : $I_1 + I_2 = I_1' + I_2'$

Appliquons la loi des mailles à la maille 1 :

$$u_1 - u_2 + u_3 = 0 \Rightarrow u_3 = u_2 - u_1 = R_2 I_2 - R_1 I_1$$

Faisons de même pour la maille 2 :

$$-u_1' + u_2' - u_3 = 0 \Rightarrow u_3 = u_2' - u_1' = R_2 I_2' - R_1 I_1'$$

D'où : $R_2 I_2 - R_1 I_1 = R_2 I_2' - R_1 I_1'$. On isole I_2 :

$$I_2 = I_2' + \frac{R_1}{R_2}(I_1 - I_1')$$

On réinjecte dans la 1ère équat° :

$$I_1 + I_2 = I_1' + I_2' \Rightarrow I_1 + \cancel{I_2'} + \frac{R_1}{R_2}(I_1 - I_1') = I_1' + \cancel{I_2'}$$

$$I_1\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) = I_1'\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \Rightarrow \boxed{I_1 = I_1'}$$

Et, comme $I_2 = I_2' + \frac{R_1}{R_2}(I_1 - I_1') \Rightarrow \boxed{I_2 = I_2'}$

b) Il est difficile sur ce circuit d'identifier des résistances en série ou en parallèle. On va donc chercher à exprimer U en fonction de I, sachant que : $U = R_{eq} I$

On a : $I = I_1 + I_2$, d'où : $I_2 = I - I_1$

De plus : $U = u_1 + u_2 = R_1 I_1 + R_2 I_2 \Rightarrow U = R_1 I_1 + R_2(I - I_1)$

$U = R_2 I + (R_1 - R_2) I_1$. On exprime I_1 en fonction de I en appliquant la loi des mailles dans la maille 1.

$$u_3 = u_2 - u_1 \Rightarrow R_3 I' = R_2 I_2 - R_1 I_1 \quad \text{avec } I' = I_1 - I_2$$

Scanned by CamScanner

D'où $R_3(I_1 - I_2) = R_2 I_2 - R_1 I_1 \Rightarrow I_1(R_1+R_3) = I_2(R_2+R_3)$

$I_1(R_1+R_3) = (I - I_1)(R_2+R_3) \Rightarrow I_1(R_1+R_2+2R_3) = I(R_2+R_3)$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{R_2+R_3}{R_1+R_2+2R_3} I$$

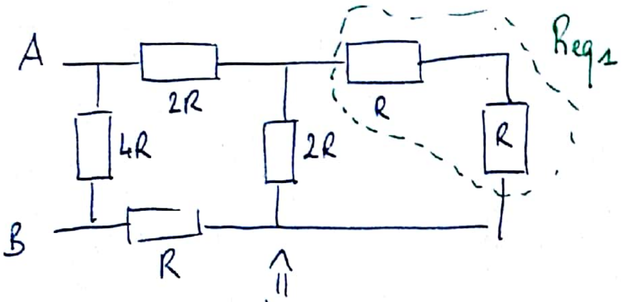
Et $U = R_2 I + (R_1 - R_2) I_1 = R_2 I + \dfrac{(R_2+R_3)(R_1-R_2)}{R_1+R_2+2R_3} I$

$$U = \frac{R_1R_2 + R_2^2 + 2R_2R_3 + R_1R_2 - R_2^2 + R_1R_3 - R_2R_3}{R_1+R_2+2R_3} I$$

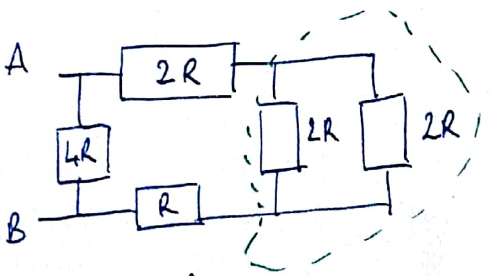
$$\Rightarrow U = \underbrace{\frac{2R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}{R_1+R_2+2R_3}}_{R_{eq}} I \Rightarrow \boxed{R_{eq} = \frac{2R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}{R_1+R_2+2R_3}}$$

2.2 - Étude de réseaux :

1. a)

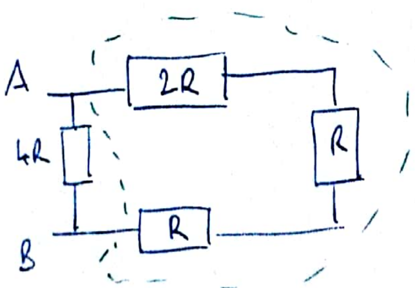


$R_{eq_1} = R + R = 2R$

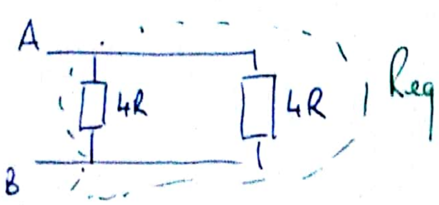


$$\frac{1}{R_{eq_2}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} = \frac{2}{2R} = \frac{1}{R}$$

$\Rightarrow R_{eq_2} = R$



$R_{eq_3} = 2R + R + R = 4R$

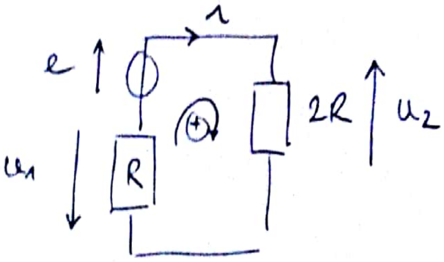


$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{4R} + \frac{1}{4R} = \frac{2}{4R} = \frac{1}{2R}$$

$\Rightarrow \boxed{R_{eq} = 2R}$

Scanned by CamScanner

Le circuit est donc équivalent à :



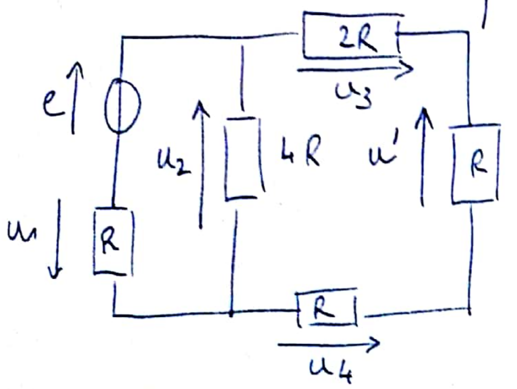
b) Appliquons la loi des mailles pour déterminer i :

$$e - u_2 - u_1 = 0 \Rightarrow e = u_1 + u_2 = Ri + 2Ri = 3Ri$$

$$\Rightarrow i = \frac{e}{3R} \Rightarrow u_1 = R\,i = R \times \frac{e}{3R} \Rightarrow \boxed{u_1 = \frac{e}{3}}$$

c) $u_2 = 2Ri = 2R \times \frac{e}{3R} \Rightarrow \boxed{u_2 = \frac{2e}{3}}$

Le circuit est équivalent au suivant :



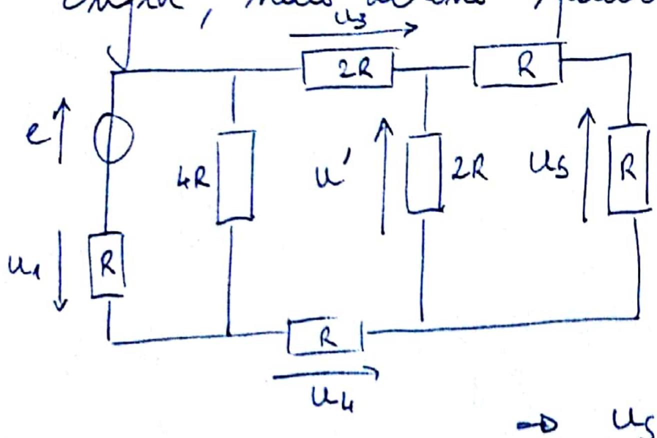
En appliquant la formule du diviseur de tension on a directement :

$$u_3 = \frac{-2R}{2R + R + R} u_2 = \frac{-u_2}{2} = -\frac{e}{3}$$

$$\Rightarrow \boxed{u_3 = \frac{-e}{3}}$$

Et $u_4 = \frac{R}{2R + R + R} u_2 = \frac{u_2}{4} = \frac{e}{6} \Rightarrow \boxed{u_4 = \frac{e}{6}}$

Enfin, nous allons pouvoir calculer u_5 :



Tout d'abord, on exprime u' (voir shéma précédent)

$$u' = \frac{u_2}{4} = \frac{e}{6}$$

D'où : $u_5 = u' \times \frac{R}{R + R} = \frac{u'}{2}$

$$\Rightarrow \boxed{u_5 = \frac{e}{12}}$$

2. a) On applique simplement la formule du pont diviseur de tension :

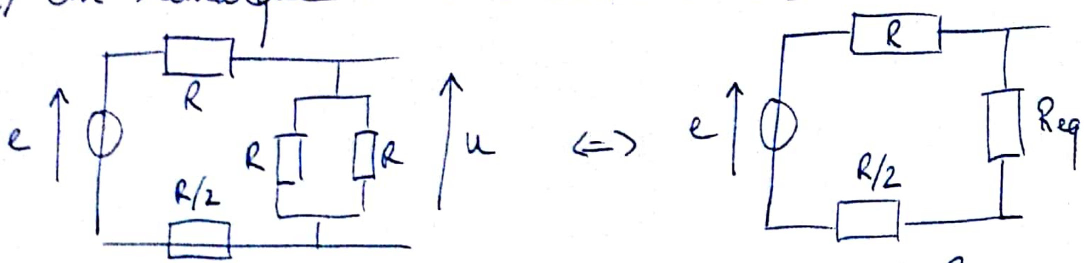
$$u = \frac{R}{R + R} e = \frac{e}{2} \longrightarrow \boxed{u = \frac{e}{2}}$$

b) On effectue la même démarche (⚠ au signe !)

Scanned by CamScanner

$$u = \frac{-R}{R+R+2R} = \frac{-e}{4} \longrightarrow \boxed{u = \frac{-e}{4}}$$

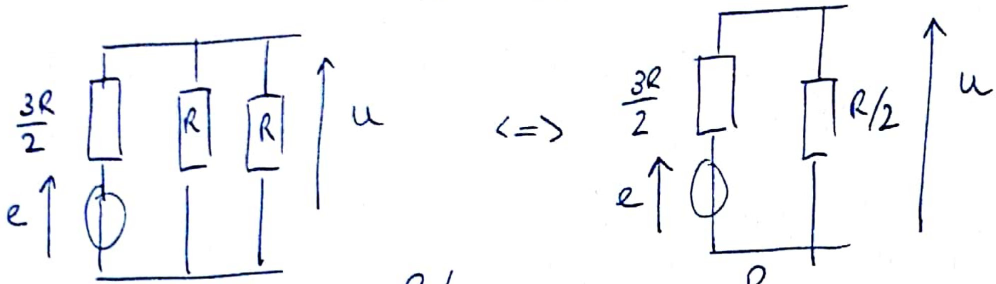
c) On remarque tout d'abord $u = u_1$



avec $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R} \longrightarrow R_{eq} = \frac{R}{2}$

D'où : $u = \frac{R/2}{R + R/2 + R/2} e = \frac{R/2}{2R} e \longrightarrow \boxed{u = \frac{e}{4} = u_1}$

d)

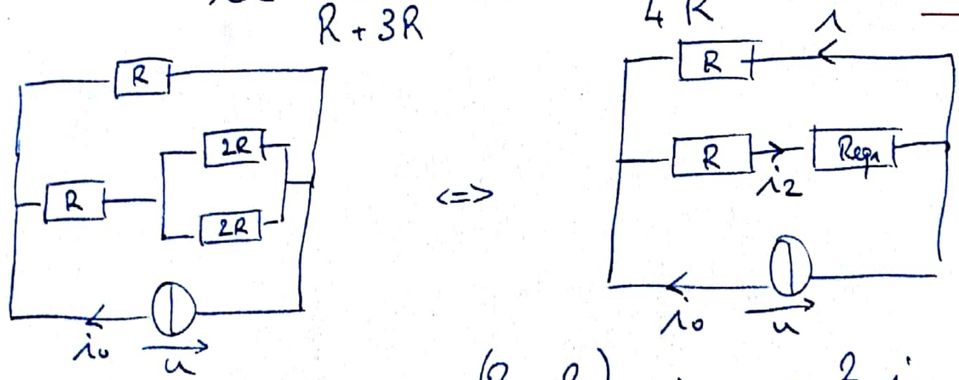


D'où : $u = \frac{R/2}{R/2 + 3R/2} e = \frac{R}{4R} e \rightarrow \boxed{u = \frac{e}{4}}$

e) On applique directement la formule du pont diviseur de courant :

$$i = \frac{R}{R+3R} i_0 = \frac{R\, i_0}{4R} \longrightarrow \boxed{i = \frac{i_0}{4}}$$

f)



avec $R_{eq_1} = R$

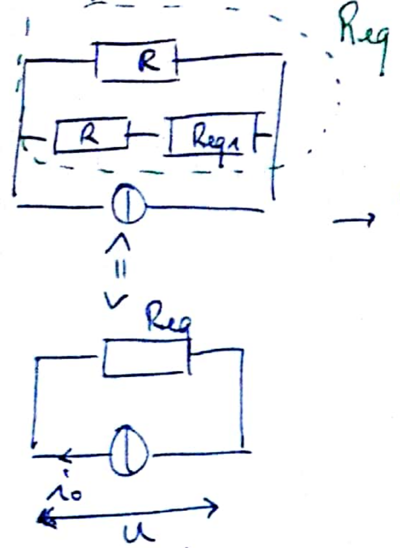
On en déduit : $i = \frac{-(R+R)}{R+R+R} i_0 = -\frac{2}{3} i_0 \longrightarrow \boxed{i = -\frac{2}{3} i_0}$

On en déduit : $i_2 = i + i_0 = \frac{i_0}{3}$

D'où : $i_1 = \frac{2R}{2R+2R} i_2 = \frac{i_2}{2} \longrightarrow \boxed{i_1 = \frac{i_0}{6}}$

Enfin, simplifions une dernière fois le circuit.

Scanned by CamScanner

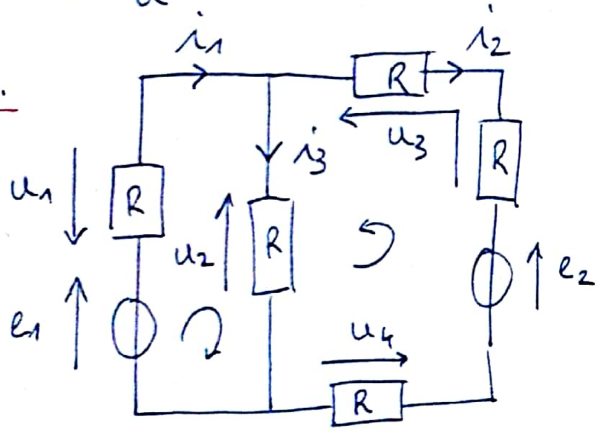


$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R+R_{eq1}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{2R} + \frac{3}{2R}$$

$$\rightarrow R_{eq} = \frac{2R}{3}$$

$$u = -R_{eq} i_o \quad \rightarrow \quad \boxed{u = -\frac{2R}{3} i_o}$$

3.



On applique la loi des noeuds et la loi des mailles :

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3 \\ e_1 - u_1 - u_2 = 0 \\ e_2 + u_3 + u_4 - u_2 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3 \\ e_1 = Ri_1 + Ri_3 \\ e_2 = -2Ri_2 - Ri_2 + Ri_3 \end{cases} \qquad \begin{cases} i_3 = i_1 - i_2 \\ e_1 = Ri_1 + Ri_1 - Ri_2 \\ e_2 = Ri_1 - Ri_2 - 3Ri_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} i_3 = i_1 - i_2 \\ ① \; e_1 = 2Ri_1 - Ri_2 \\ ② \; e_2 = Ri_1 - 4Ri_2 \end{cases}$$

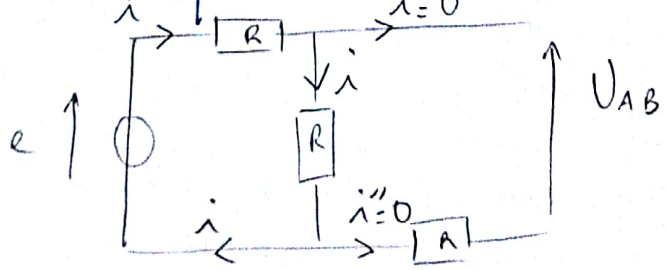
$① - 2 \times ②$: $e_1 - 2e_2 = -Ri_2 + 8Ri_2$

$$\Rightarrow e_1 - 2e_2 = 7Ri_2 \quad \longrightarrow \quad \boxed{i_2 = \frac{e_1 - 2e_2}{7R}}$$

Et $i_1 = \dfrac{e_2 + 4Ri_2}{R} = \dfrac{e_2}{R} + \dfrac{4e_1 - 8e_2}{7R}$

$$\Rightarrow \boxed{i_1 = \frac{4e_1 - e_2}{7R}}$$

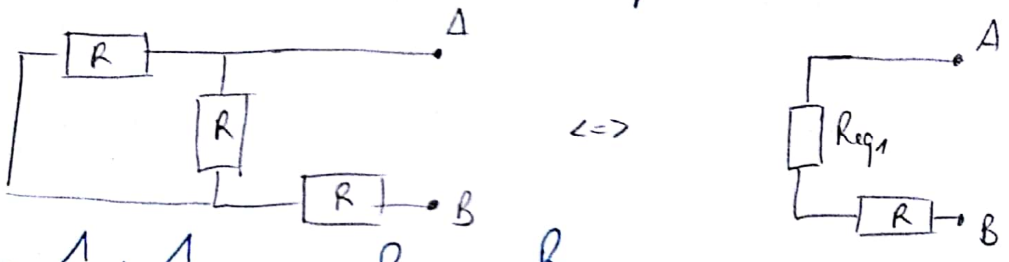
4. On commence par trouver Eth en calculant U_{AB}, bornes débranchées :



On applique simplement la formule du pont diviseur de tension :

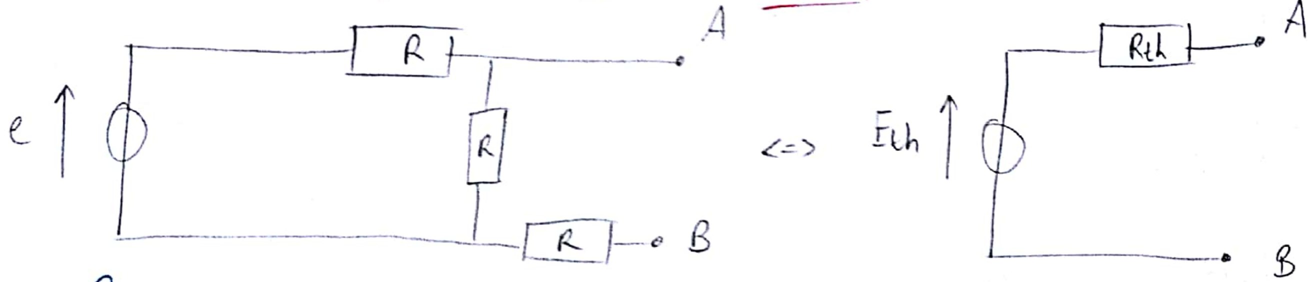
$$E_{th} = \frac{R}{R+R} e = \boxed{\frac{e}{2}}$$

On cherche ensuite la résistance équivalente toutes sources passivées :



avec $\frac{1}{R_{eq1}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \longrightarrow R_{eq1} = \frac{R}{2}$

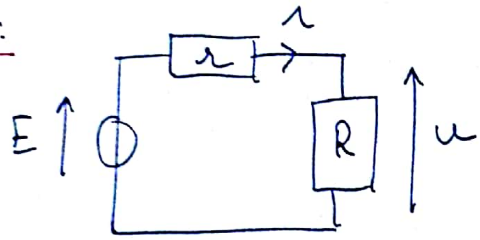
D'où $R_{th} = R_{eq1} + R = \frac{R}{2} + R = \boxed{\frac{3R}{2}}$.



3. Exercices :

3.1 - Adaptation d'impédance :

1. Représentons le dispositif.



La puissance dissipée par la résistance est donnée par :

$$P_r = u\,i \quad \text{et} \quad i = \frac{u}{R} \;.\; \text{d'où} \quad P_r = \frac{u^2}{R}$$

Or, d'après la formule du diviseur de tension :

$$u = \frac{R}{r+R} E \qquad \text{d'où} \quad P_r = \frac{R^2 E^2}{R(r+R)^2} \Rightarrow \boxed{P_r = \frac{RE^2}{(r+R)^2}}$$

La puissance est extrêmale si $\frac{dP_r}{dR} = 0$

$$\frac{dP_r}{dR} = E^2 \times \frac{(r+R)^2 - R\times 2(R+r)}{(r+R)^4} = \frac{r+R-2R}{(r+R)^4} = \frac{r-R}{(r+R)^4}$$

$\frac{dP_r}{dR} = 0 \rightarrow \boxed{R = r}$ La puissance est maximale pour $r = R$!

Scanned by CamScanner

2. Si $r = R$, on a $\mathcal{P}_{max} = \dfrac{rE^2}{4r^2} = \dfrac{E^2}{4r}$

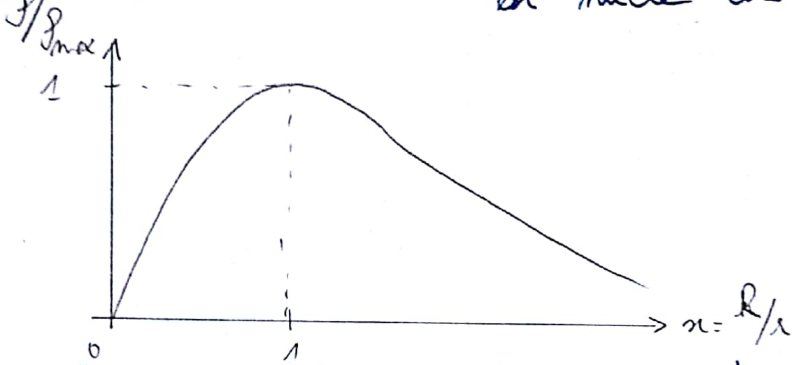
C'est la même puissance qui est dissipée dans r.

3. On a : $\mathcal{P} = \dfrac{RE^2}{(r+R)^2}$ et $E^2 = 4r.\mathcal{P}_{max}$

$$\Rightarrow \mathcal{P} = \frac{4Rr\mathcal{P}_{max}}{(r+R)^2} = \frac{4Rr\mathcal{P}_{max}}{r^2\left(1+\frac{R}{r}\right)^2} = 4\mathcal{P}_{max} \times \frac{x}{(1+x)^2}$$

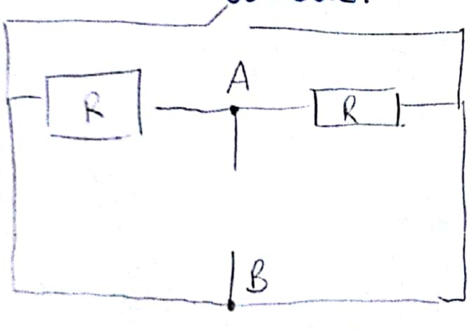
D'où $\boxed{\dfrac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_{max}} = \dfrac{4x}{(1+x)^2}}$

C'est une fonction maximale en 1, qui tend vers 0 quand $x \to \infty$ et est nulle en $x = 0$.



3.2 - Générateur équivalent de Thévenin :

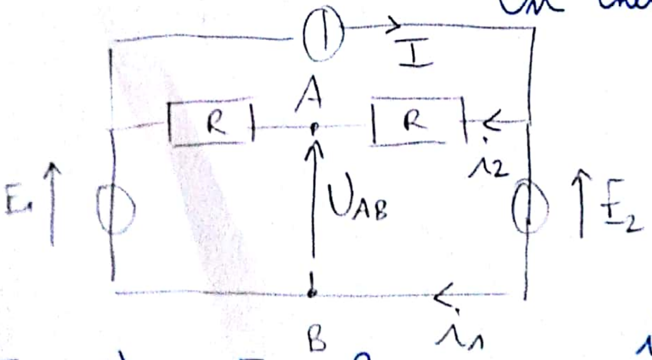
1. On cherche la résistance de Thévenin. On passive les sources : * les sources de tension sont remplacées par des fils
* les sources de courant sont remplacées par des interrupteurs ouverts.



On reconnaît l'association en parallèle de deux résistances :

$$\frac{1}{R_{th}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \longrightarrow \boxed{R_{th} = \frac{R}{2}}$$

On cherche maintenant U_{AB} :



On applique la loi des mailles :

$E_1 + 2Ri_2 - E_2 = 0$. On déduit

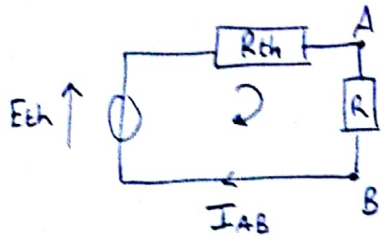
$$i_2 = \frac{E_2 - E_1}{2R}.$$

Et $U_{AB} = E_1 + Ri_2$

Scanned by CamScanner

Soit : $U_{AB} = E_1 + \frac{E_2 - E_1}{2} \Rightarrow \boxed{U_{AB} = \frac{E_2 + E_1}{2}} = E_{th}$

2. Le circuit étudié est donc équivalent au suivant :



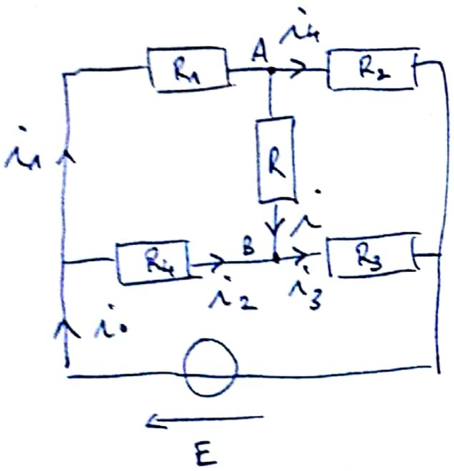
D'où $E_{th} = (R_{th} + R)\, I_{AB}$

$$\Rightarrow I_{AB} = \frac{E_{th}}{R + R_{th}} = \frac{E_1 + E_2}{2 \times \frac{3R}{2}}$$

$$\Rightarrow \boxed{I_{AB} = \frac{E_1 + E_2}{3R}} \qquad \text{AN : } I_{AB} = 12 \text{ mA}$$

3.3 Pont de Wheatstone :

1.



Appliquons la loi des noeuds :

$i_1 = i_4 + i$

$i_3 = i_2 + i$

Si le pont est équilibré, on a :

$i_1 = i_4$ et $i_2 = i_3$

~~De plus.~~ $\cancel{E = R_3 i_3 + R_4 i_2 = R_2 i_4 + R_1 i_1}$

~~Si le pont est équilibré :~~ $\cancel{(R_3 + R_4) i_2 = (R_1 + R_2) i_1}$

De plus, $V_A - V_B = U_{AB} = Ri = 0$ d'où : $R_2 i_4 = R_3 i_3$ et $R_1 i_1 = R_4 i_2$

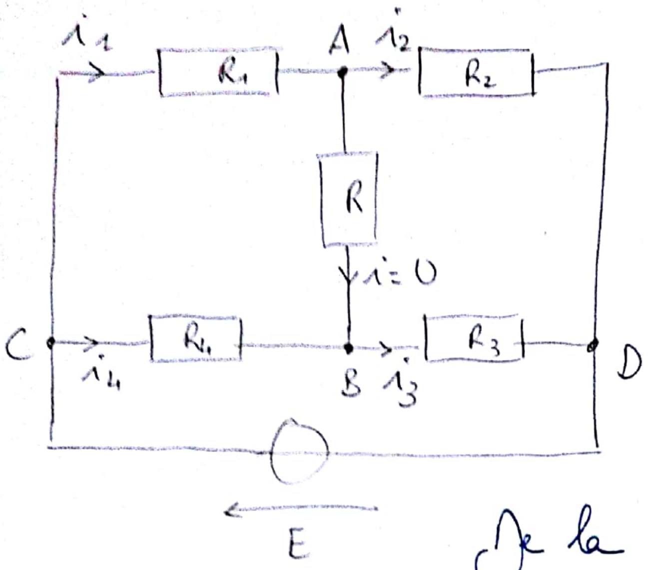
$$\Rightarrow \frac{R_2}{R_1} \times \frac{i_4}{i_1} = \frac{R_3}{R_4} \times \frac{i_3}{i_2}$$

Si le pont est équilibré : $\boxed{R_1 R_3 = R_2 R_4}$

2. Le pont est maintenant déséquilibré, mais la résistance R est infinie. On a donc $U_{AB} \neq 0$ mais $i = 0$.

Représentons de nouveau le circuit :

Scanned by CamScanner



Comme $i = 0$, on a :

$i_1 = i_2$ et $i_3 = i_4$.

R_1 et R_2 sont en série et on peut utiliser la formule du pont diviseur de tension :

$$V_C - V_A = \frac{R_1}{R_1 + R_2} E$$

De la même manière : $V_C - V_B = \frac{R_4}{R_3 + R_4} E$

D'où : $V_A - V_B = (V_C - V_B) - (V_C - V_A) = \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) E$

$$U_{AB} = \left(\frac{1}{1 + R_3/R_4} - \frac{R_{10}(1 + \alpha T)}{R_{10}(1 + \alpha T) + R_2} \right) E$$

On pose $x = \frac{R_3}{R_4}$

$$U_{AB} = \left(\frac{1}{1 + x} - \frac{(1 + \alpha T)}{(1 + \alpha T) + R_2/R_{10}} \right) E$$

Lorsque le pont est équilibré, on a : $R_{10} = R_1$ et $R_{10} R_3 = R_2 R_4$

D'où : $R_2/R_{10} = R_3/R_4 = x$

$$\Rightarrow U_{AB} = \left(\frac{1}{1 + x} - \frac{(1 + \alpha T)}{1 + \alpha T + x} \right) E$$

$$U_{AB} = \frac{\cancel{1} + \cancel{\alpha T} + \cancel{x} - \cancel{1} - \cancel{x} - \cancel{\alpha T} - \alpha T x}{(1 + x)(1 + \alpha T + x)} E$$

$$\Rightarrow \boxed{U_{AB} = \frac{-\alpha T x}{(1 + x)(1 + \alpha T + x)} E}$$

3. U_{AB} sera maximale pour $\frac{dU_{AB}}{dx} = 0$

$$\frac{dU}{dx} = \frac{-\alpha T (1 + x)(1 + \alpha T + x) + \alpha T x \left[1 + \alpha T + x + 1 + x\right]}{(1 + x)^2 (1 + \alpha T + x)^2}$$

$$= \frac{+\alpha T \left[2x^2 + 2x + \alpha T x - 1 - \alpha T - x - x - \alpha T x - x^2\right]}{(1 + x)^2 (1 + \alpha T + x)^2}$$

Scanned by CamScanner

$$\frac{dU}{dx} = \frac{\alpha T (x^2 - 1 - \alpha T)}{(1+x)^2 (1 + \alpha T + x)^2}$$

$$\frac{dU}{dx} = 0 \longrightarrow x^2 = 1 + \alpha T \Rightarrow \boxed{x = \sqrt{1 + \alpha T}}$$

4. Comme $\alpha \simeq 10^{-3} \, °C^{-1}$ on aura, aux températures usuelles :
$\alpha T \ll 1$ et $x \simeq 1$

$\longrightarrow$ Il faut choisir $R_3 = R_4$ pour augmenter la sensibilité.

5. On a alors simplement :

$$U = \frac{-\alpha T}{4} E \qquad \text{D'où :} \quad \boxed{T = \frac{-4U}{\alpha E}}$$

AN : $\boxed{T = 18 \, °C}$

Scanned by CamScanner