

TD 3 : CIRCUITS ÉLECTRIQUES DANS L'ARQS

À préparer : Exercices 1, 3, 4, 5, 6 et 9

Compétences	Capacités
Charge électrique, intensité du courant. Potentiel, référence de potentiel, tension. Puissance.	Justifier que l'utilisation de grandeurs électriques continues est compatible avec la quantification de la charge électrique. Exprimer l'intensité du courant électrique en termes de débit de charge. Citer les ordres de grandeur des intensités et des tensions dans différents domaines d'application. Relier la loi des nœuds au postulat de la conservation de la charge. Utiliser la loi des mailles. Exprimer la condition d'application de l'ARQS en fonction de la taille du circuit et de la fréquence
Dipôles : résistances, condensateurs, bobines, sources décrites par un modèle linéaire.	Algébriser les grandeurs électriques et utiliser les conventions récepteur et générateur. Utiliser les relations entre l'intensité et la tension. Citer les 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 non idéale en utilisant la représentation de Thévenin.
Association de deux résistances.	Remplacer une association série ou parallèle de deux résistances par une résistance équivalente Établir et exploiter les relations de diviseurs de tension ou de courant
Résistance de sortie, résistance d'entrée.	Étudier l'influence des résistances d'entrée ou de sortie sur le signal délivré par un GBF, sur la mesure effectuée par un oscilloscope ou un multimètre.
Caractéristique d'un dipôle. Point de fonctionnement.	

Exercice 1 : Questions de cours

1. Quelle est la tension aux bornes d'un fil conducteur ? On appelle cela un court-circuit.

$$U = 0 \text{ V}$$

2. Quelle est la tension aux bornes d'un interrupteur ouvert ? Quid de l'intensité ? On appelle cela un coupe-circuit.

$$U \neq 0 \text{ V et } i = 0 \text{ A.}$$

3. En téléphonie mobile, les fréquences utilisées sont de l'ordre du gigahertz, peut-on dans ce cas utiliser des circuits électriques d'une dizaine de cm dans l'ARQS ?

Pour vérifier l'ARQS, il faut $L \ll cT$, soit ici $\frac{L}{T} = L \times f \ll c$. Or $L \times f \stackrel{\text{AN}}{=} 10 \times 10^{-2} \times 1 \times 10^9 \sim 1 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \not\ll c = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. On est donc hors ARQS dans cette situation.

4. On considère le montage de la Fig. 1.

(a) Quel nom porte-t-il ?

C'est un pont diviseur de tension.

(b) Exprimer U_2 en fonction de U , R_1 et R_2 .

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$$

(c) Comment cette expression se simplifie-t-elle quand $R_1 = R_2 = R$? et quand $R_1 \ll R_2$?

— Quand $R_1 = R_2 = R$, on a $U_2 = \frac{U}{2}$;

— Quand $R_2 \gg R_1$, on a $U_2 = U$.

5. On considère le montage de la Fig. 2.

(a) Quel nom porte-t-il?

C'est un pont diviseur de courant.

(b) Exprimer I_2 en fonction de I , R_1 et R_2 .

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I.$$

(c) Comment cette expression se simplifie-t-elle quand $R_1 = R_2 = R$? et quand $R_2 \gg R_1$?

— Quand $R_1 = R_2 = R$, on a $I_2 = \frac{I}{2}$;

— Quand $R_2 \ll R_1$, on a $I_2 = I$: c'est ce qu'on a lors d'une mesure de tension.

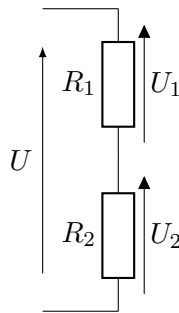


Fig. 1 Montage 1.

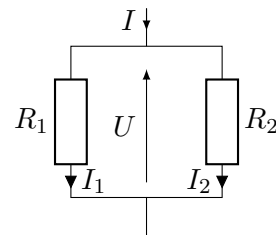


Fig. 2 Montage 2.

Exercice 2 : Électrolyse



On électrolyse une solution de nitrate d'argent $\text{AgNO}_3(\text{aq})$: la cathode fixe des atomes d'argent, qui résultent de la capture d'un électron par des ions Ag^+ de la solution. Dans les conditions de l'expérience, on utilise un courant d'intensité $I = 5,0 \text{ A}$ pendant une durée de 30 minutes. Quelle est la masse d'argent que l'on a déposé au cours de l'expérience?

| **Données** : constante de Faraday $F = 96\,485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$; masse molaire de l'argent $M_{\text{Ag}} = 108 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

On utilise un courant d'intensité I pendant une durée Δt . Cela correspond à une charge électrique

$$Q = I \times \Delta t.$$

soit une quantité de matière $n_c = \frac{Q}{F}$. Au final, comme on dépose seulement des ions argent Ag^+ possédant une seule charge électrique, cette quantité de matière correspond à une masse d'atomes d'argent

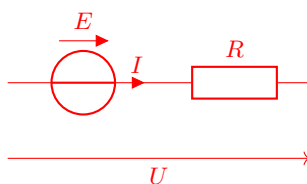
$$m_{\text{Ag}^+} = M_{\text{Ag}^+} \times n_c = M_{\text{Ag}^+} \times \frac{I \times \Delta t}{F} \stackrel{\text{AN}}{=} 108 \times \frac{5,0 \times 30 \times 60}{96485} \simeq 10 \text{ g}.$$

Exercice 3 : 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.

1. Que valent la résistance interne et la fem à vide?



Tension aux bornes de la pile : $U = E - RI$

On résout le système : $\begin{cases} 3 &= E - 0.1R \\ 2.2 &= E - 0.2R \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 0.8 &= 0.1R \\ E &= 3 + 0.1R \end{cases}$

Soit $R = 8 \Omega$; $E = 3,8 \text{ V}$

2. Lorsque la tension est de $3,0 \text{ V}$, calculer la puissance fournie par la pile au reste du circuit, ainsi que la puissance perdue dans la pile par effet Joule.

La puissance fournie par la pile au reste du circuit vaut $\mathcal{P}_{\text{fournie}} = UI = 0,3 \text{ W}$

La puissance perdue par effet Joule dans la pile vaut $\mathcal{P}_J = RI^2 = 0,08 \text{ W}$

Exercice 4 : Résistance d'entrée



L'entrée d'un oscilloscope est décrite par sa résistance d'entrée R_e , couramment égale à $1 \text{ M}\Omega$.

1. On connecte un générateur de résistance interne $R_g = 50 \Omega$ sur l'entrée d'un oscilloscope. Quelle erreur relative commet-on en confondant la tension à vide e et la tension u_e mesurée sur l'écran ?

Quand on connecte l'oscilloscope au générateur, on a donc un circuit avec le générateur, sa résistance interne R_g et la résistance d'entrée de l'oscilloscope R_e en série. On en déduit donc que le courant parcourant le circuit est $i = \frac{e}{R_e + R_g}$. La tension aux

bornes de R_g est donc $u_g = \frac{R_g \times e}{R_e + R_g}$. En outre, $u_e = e - u_g$ donc l'erreur relative $\Delta e = \frac{u_g}{e} = \frac{R_g}{R_e + R_g} \stackrel{AN}{=} 5 \times 10^{-5}$.

2. Un capteur électrochimique a une résistance interne égale à $500 \text{ k}\Omega$, quelle erreur relative de mesure apparaît si on connecte directement l'oscilloscope sur le capteur ?

Dans ce cas, $R_g = 500 \text{ k}\Omega$ donc $\Delta e \stackrel{AN}{=} 0,33$.

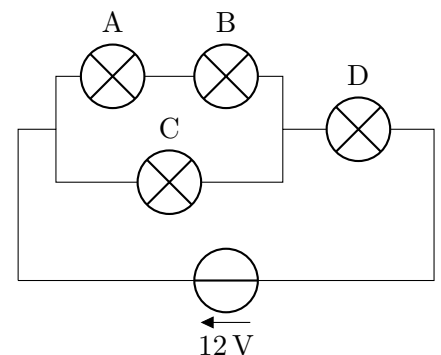
3. On place entre le capteur et l'oscilloscope un adaptateur, qui a pour effet de présenter une résistance d'entrée de $10 \text{ M}\Omega$ au capteur. Que devient l'erreur relative ?

Dans ce cas, $R_e = 10 \text{ M}\Omega$, donc $\Delta e \stackrel{AN}{=} 4,8 \times 10^{-2}$.

Exercice 5 : 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.



1. Déterminer la puissance consommée par chacune des quatre ampoules.

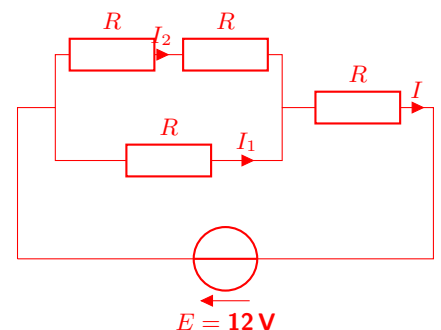
Chaque ampoule est assimilée à une résistance $R = 40 \Omega$,

donc $\mathcal{P}_A = \mathcal{P}_B = RI_2^2$, $\mathcal{P}_C = RI_1^2$ et $\mathcal{P}_D = RI^2$

Pour déterminer les puissances il est donc nécessaire de déterminer les intensités.

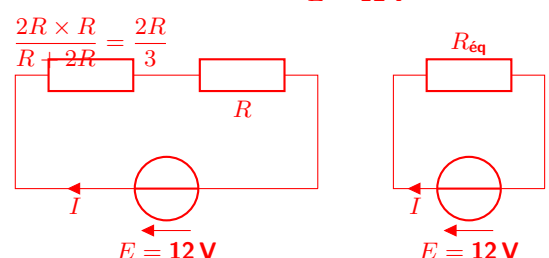
Les relations de pont diviseur de courant s'écrivent :

$$I_2 = \frac{1/R}{1/R + 1/2R} I = \frac{2I}{3} \text{ et } I_1 = \frac{I}{3}.$$



Pour déterminer I , on peut associer toutes les résistances entre elles et obtenir le circuit ci-contre, avec $R_{\text{eq}} = R + \frac{2R}{3} = \frac{5R}{3}$

$$\text{Alors } I = \frac{E}{R_{\text{eq}}} = \frac{3E}{5R}, \quad I_2 = \frac{2E}{5R}, \quad I_1 = \frac{E}{5R}.$$

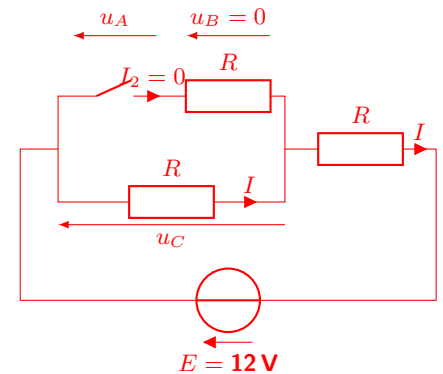


On en déduit $\mathcal{P}_A = \mathcal{P}_B = \frac{4E^2}{25R} = 0,58 \text{ W}$; $\mathcal{P}_C = \frac{E^2}{25R} = 0,14 \text{ W}$; $\mathcal{P} = \frac{9E^2}{25R} = 1,3 \text{ W}$

2. 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.

Les lampes C et D sont alors en série et parcourues par le même courant

$I = \frac{E}{2R} = 0,15 \text{ A}$ et elles consomment la même puissance $\mathcal{P}_C = \mathcal{P}_D = \frac{E^2}{4R} = 0,90 \text{ W}$



On a $u_A = u_C$ car $u_B = 0$ puisque la lampe B est traversée par un courant d'intensité nulle.

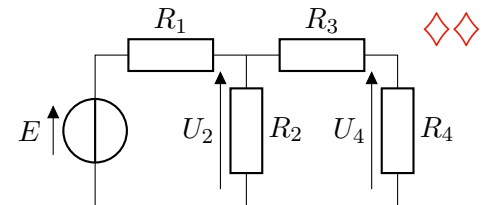
Les lampes C et D sont en série, donc nous pouvons (devons devrais-je dire !) utiliser une relation de pont diviseur de tension pour déterminer la tension aux bornes de C qui est égale à celle aux bornes de A : $u_A = u_C = \frac{E}{2} = 6,0 \text{ V}$

3. Dans les guirlandes des sapins de Noël, est-il préférable de mettre les différentes ampoules en série ou en parallèle ?

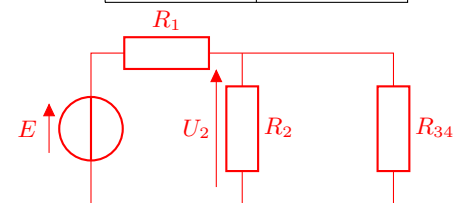
Dans les guirlandes des sapins de Noël, il est préférable de mettre les différentes ampoules en parallèle, car si l'une d'elle grille les autres peuvent continuer à fonctionner, tandis que si toutes les ampoules sont en série si l'une d'elle grille plus aucun courant ne circule, plus aucune ampoule n'éclaire ... ☹️☹️☹️

Exercice 6 : Pont diviseur

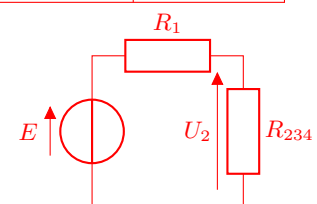
On donne $E = 10 \text{ V}$, $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 4 \text{ k}\Omega$. Déterminer les expressions littérales et numériques de U_2 et U_4 en utilisant les ponts diviseurs.



Les résistances R_3 et R_4 sont associées en série et sont donc équivalentes à une résistance $R_{34} = R_3 + R_4$. Le circuit équivalent est représenté ci-contre.



Les résistances R_{34} et R_2 sont associées en parallèle et sont donc équivalentes à une résistance $R_{234} = \frac{R_2(R_3+R_4)}{R_2+R_3+R_4}$. Le circuit équivalent est représenté ci-contre.



Le circuit ressemble désormais à un pont diviseur de tension où

$$U_2 = \frac{R_{234}}{R_{234} + R_1} E = \frac{\frac{R_2(R_3+R_4)}{R_2+R_3+R_4}}{\frac{R_2(R_3+R_4)}{R_2+R_3+R_4} + R_1} E = \frac{R_2(R_3 + R_4)}{R_2(R_3 + R_4) + R_1(R_2 + R_3 + R_4)} E \stackrel{AN}{=} 4,67 \text{ V}.$$

En revenant au circuit initial, et en considérant la branche contenant les résistances R_2 , R_3 et R_4 , on a un second pont diviseur de tension pour lequel

$$U_4 = \frac{R_4}{R_3 + R_4} U_2 \stackrel{AN}{=} 2,67 \text{ V}.$$

Exercice 7 : Pont de Wheatstone

Un pont de Wheatstone est le circuit présenté ci-contre. Le pont est dit équilibré lorsque la différence de potentiel entre A et B est nulle.

- Établir une condition sur les 4 résistances pour que le pont soit équilibré. Cette condition est-elle suffisante?

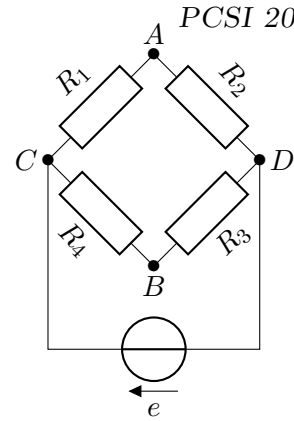
Pour que le pont soit équilibré, il faut que

$$u_{AB} = u_2 - u_3 = 0 \quad (1)$$

$$= \frac{R_2}{R_1 + R_2} e - \frac{R_3}{R_3 + R_4} e \quad (2)$$

et $u_{AB} = u_4 - u_1 \quad (3)$

$$= \frac{R_4}{R_3 + R_4} e - \frac{R_1}{R_1 + R_2} e \quad (4)$$



d'où le système d'équation

$$\begin{cases} \frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_3}{R_3 + R_4} = 0 \\ \frac{R_4}{R_3 + R_4} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_2(R_3 + R_4) = R_3(R_1 + R_2) \\ R_4(R_1 + R_2) = R_1(R_3 + R_4) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \cancel{R_2(R_3 + R_4)} = R_3 \frac{R_1}{R_4} \cancel{(R_3 + R_4)} \\ R_1 + R_2 = \frac{R_1}{R_4} (R_3 + R_4) \end{cases} \Rightarrow \boxed{\frac{R_2}{R_3} = \frac{R_1}{R_4}}$$

C'est une condition suffisante.

- Imaginer un protocole expérimental permettant la mesure de résistance utilisant le pont de Wheatstone.

On place la résistance inconnue en R_4 . On choisit $R_2 = R_3$ et R_1 une résistance variable. Il ne reste plus qu'à modifier R_1 jusqu'à ce que la tension u_{AB} soit nulle. Dans ce cas, on a $R_1 = R_4$.

Exercice 8 : Association de résistances



Dans le circuit ci-contre, on donne $U_{AC} = 30 \text{ V}$. Déterminer :

- (a) La résistance équivalente entre les nœuds A et C.

Les résistances R_2 et R_3 sont en parallèle et la résistance équivalente R_B est vérifiée donc

$$\frac{1}{R_B} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

soit $R_B = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$.

Les résistances R_1 et R_B sont en série donc la résistance équivalente $R_{1B} = R_1 + R_B = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_2 + R_3}$.

Les résistances R_{1B} et R_4 sont en parallèle donc la résistance équivalente R_{eq} vérifie

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_{1B}} + \frac{1}{R_4}$$

soit

$$R_{eq} = \frac{R_{1B} R_4}{R_{1B} + R_4} \quad (5)$$

$$= \frac{\frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_2 + R_3} \times R_4}{\frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_4} \quad (6)$$

$$R_{eq} = \frac{(R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3) R_4}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3 + R_2 R_4 + R_3 R_4}. \quad (7)$$

- (b) La valeur de la tension U_{BC} .

On a un pont diviseur de tension donc

$$U_{BC} = \frac{R_B}{R_1 + R_B} U_{AC} \quad (8)$$

$$= \frac{\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} U_{AC} \quad (9)$$

$$= \frac{R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} U_{AC}. \quad (10)$$

- (c) Les intensités des courants dans chaque résistance.

— Loi des nœuds en A : $I = i_1 + i_4$;

— Loi des nœuds en B : $i_1 = i_2 + i_3$

Par ailleurs $i_2 = \frac{U_{BC}}{R_2} = \frac{R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} U_{AC}$. De même,

$$i_3 = \frac{U_{BC}}{R_3} = \frac{R_2}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} U_{AC}.$$

Ainsi $i_1 = i_2 + i_3 = \frac{R_3 + R_2}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} U_{AC}$. Enfin $i_4 = \frac{U_{AC}}{R_4}$.

- (d) La puissance Joule dissipée dans R_4 .

$$\mathcal{P}_{\text{Joule}} = U_{AC} \times i_4 = \frac{U_{AC}^2}{R_4}$$

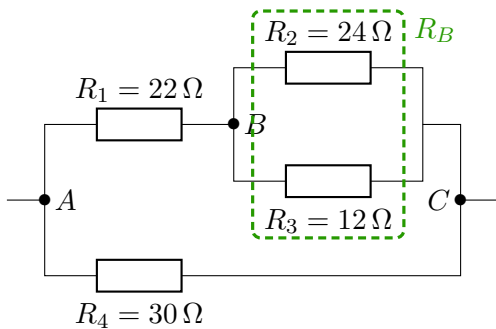


Fig. 3 Association en parallèle des résistances R_2 et R_3 . On note R_B la résistance équivalente.

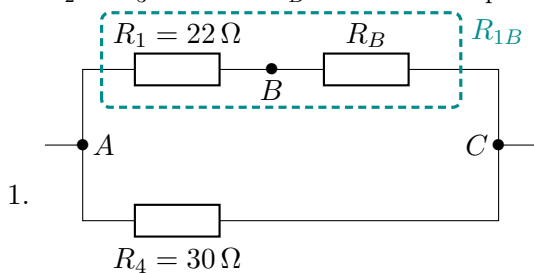


Fig. 4 Circuit équivalent. Association en série des résistances R_1 et R_B . La résistance équivalente est notée R_{1B} .

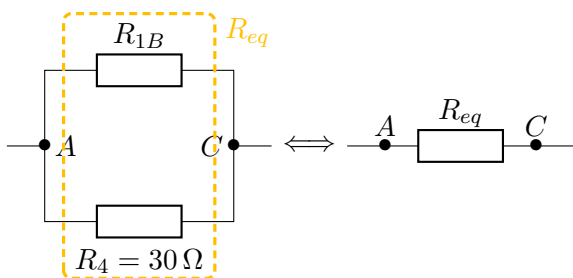
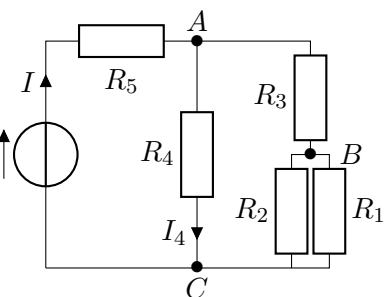


Fig. 5 Circuits équivalents. Association en parallèle des résistances R_{1B} et R_4 . La résistance équivalente est notée R_{eq} .

2. On donne $R_1 = 12 \Omega$, $R_2 = 20 \Omega$, $R_3 = 30 \Omega$, $R_4 = 40 \Omega$, $R_5 = 50 \Omega$ et $E = 10 \text{ V}$. Calculer U_{BC} , U_{CA} et I_4 .

On associe les résistances R_1 et R_2 qui sont en parallèles et dont l'impédance totale est R_{eq} telle que

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \text{soit} \quad R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \stackrel{AN}{=} 7,5 \Omega.$$



On reconnaît un pont diviseur de tension dans la maille secondaire tel que

$$U_{BC} = \frac{R_{eq}}{R_3 + R_{eq}} U_{AC}.$$

Les résistances R_3 et R_{eq} sont en série et sont donc équivalentes à un dipôle de résistance

$$Z_1 = R_3 + R_{eq}.$$

Les résistances R_4 et Z_1 sont alors en parallèle et la résistance équivalente Z_{eq} vaut donc

$$\frac{1}{Z_{eq}} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{Z_1} \quad \text{soit} \quad Z_{eq} = \frac{R_4 Z_{eq}}{R_4 + Z_{eq}}.$$

On se retrouve avec un pont diviseur de tension, ce qui implique

$$U_{CA} = \frac{Z_{eq}}{Z_{eq} + R_5} E \stackrel{AN}{=} 2,79 \text{ V}.$$

On en déduit

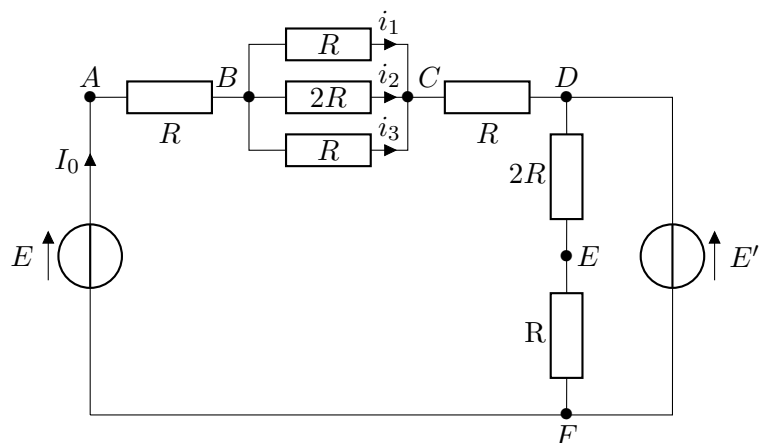
$$U_{BC} = \frac{R_{eq}}{R_3 + R_{eq}} \times (-U_{AC}) \stackrel{AN}{=} 0,56 \text{ V}.$$

Par application de la loi d'ohm entre C et A :

$$I_4 = \frac{U_{CA}}{R_4} \stackrel{AN}{=} 69,8 \text{ mA}.$$

3. Dans le circuit ci-dessous calculer : U_{EF} , I_0 circulant dans la branche principale, I' circulant dans la branche contenant le générateur E' , i_1 , i_2 et i_3 .

Données : $R = 1 \Omega$, $E = 5 \text{ V}$ et $E' = 3 \text{ V}$.



On reconnaît un pont diviseur de tension donc

$$U_{EF} = \frac{R}{R + 2R} E' = \frac{E'}{3} \stackrel{AN}{=} 1 \text{ V}.$$

Toutes les résistances comprises entre les points A et D sont équivalentes à une résistance notée R_{AD} , et on note de même la résistance équivalente R_{DF} . Entre D et F , les résistances sont en série donc $R_{DF} = 3R \stackrel{AN}{=} 3 \Omega$.

Entre A et D , $R_{AD} = R + R_{BC} + R = 2R + \frac{2R}{5} = \frac{12R}{5} \stackrel{AN}{=} 2,4 \Omega$.

La loi des mailles appliquée dans la maille principale donne alors

$$E = U_{AD} + E' = R_{AD} I_0 + E' \quad \text{soit} \quad I_0 = \frac{E - E'}{R_{AD}} \stackrel{AN}{=} 0,83 \text{ A}.$$

La loi des noeuds appliquée en D implique

$$I_0 = I' + \frac{E'}{R_{DF}} \quad \text{soit} \quad I' = I_0 + \frac{E'}{R_{DF}} \stackrel{AN}{=} 2,50 \text{ A}.$$

On sait enfin que $i_1 = i_3$ car les résistances sont identiques dans ces deux branches. Et $i_1 = 2i_2$ car $R_1 = R_2/2$. La loi des noeuds en B implique $I_0 = i_1 + i_2 + i_3 = 5i_2$.

Au final,

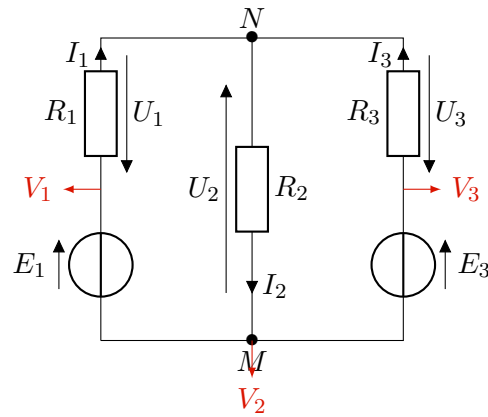
$$i_2 = \frac{I_0}{5} = 165 \text{ mA} \quad (11)$$

$$i_1 = i_3 = 2i_2 = 330 \text{ mA}. \quad (12)$$

Exercice 9 : Identité de Millman



On considère le circuit électrique ci-contre.



1. Écrire la loi des nœuds en N , en notant V_N le potentiel en N .

On a

$$I_1 + I_3 = I_2 \quad \text{soit} \quad \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_3}{R_3} = \frac{U_2}{R_2} \quad \text{donc} \quad \frac{E_1 - V_N}{R_1} + \frac{E_3 - V_N}{R_3} = \frac{V_N - V_M}{R_2}.$$

2. Montrer que l'on peut écrire

$$V_N = \frac{\sum_{k=1}^3 \frac{V_k}{R_k}}{\sum_{k=1}^3 \frac{1}{R_k}}$$

, que l'on appelle couramment l'identité de Millman. Placer V_1 , V_2 et V_3 sur le schéma électrique.

Factorisons tous les termes en V_N dans la dernière relation

$$\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_3}{R_3} + \frac{V_M}{R_2} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2} \right) V_N \quad \text{donc} \quad V_N = \frac{\frac{E_1}{R_1} + \frac{V_M}{R_2} + \frac{E_3}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}.$$

En remarquant que

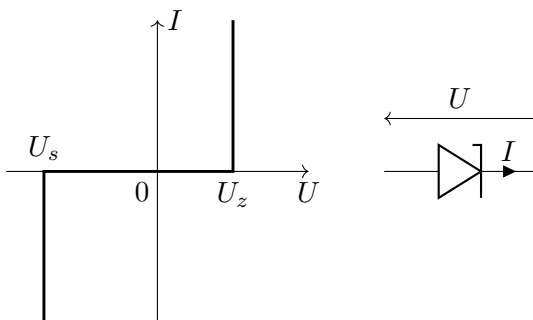
$$V_1 = E_1, \quad V_2 = V_M \quad \text{et} \quad V_3 = E_3$$

conformément au schéma, on retrouve bien la formule attendue.

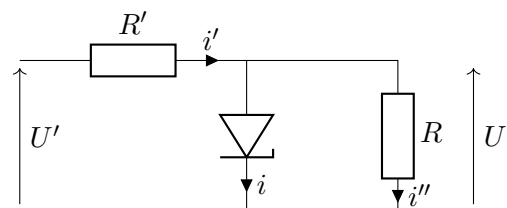
Exercice 10 : Stabilisation de tension avec une diode Zener



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.



1. 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 ?

Loi des mailles : $U' = U + R' i'$ (1)

Loi d'Ohm pour R : $U = R i''$ (2)

Loi des nœuds : $i' = i + i''$ (3)

(2) dans (3) puis dans (1) : $U' = U + R' \left(i + \frac{U}{R} \right)$

$$\text{Soit } i = \frac{U' - U}{R'} - \frac{U}{R}$$

On souhaite que la tension $U = U_z$. D'après la caractéristique fournie, il faut que $i > 0$.

Ainsi on cherche $\frac{U' - U_z}{R'} - \frac{U_z}{R} > 0$

$$\text{Soit } R' < R \left(\frac{U'}{U_z} - 1 \right)$$

Il faut choisir la valeur de R' telle que pour n'importe quelle valeur de U' ça fonctionne, y compris pour la plus petite.

Il faut donc choisir $R' < 150 \times \left(\frac{10}{7,1} - 1 \right) = 61 \Omega$

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

La puissance reçue par la diode s'exprime selon $\mathcal{P} = U \times i = U_z \times i$ (puisque ici $U = U_z$). Calculons i pour répondre au problème.

$i = i' - i''$, avec $i'' = \frac{U_z}{R}$ et $i' = \frac{U' - U_z}{R'}$ (d'après (1)).

Soit $i = \frac{U' - U_z}{R'} - \frac{U_z}{R}$

Pour $R' = 61 \Omega$ et $U' = 15 \text{ V}$ (valeur maximale qui rendra i maximal), on trouve $i = 82 \text{ mA}$

Soit $\mathcal{P} = 5,8 \times 10^{-1} \text{ W}$: c'est bon !