

Dipôles et associations

Sommaire

I Généralité sur les dipôles	3
I/A Caractéristique d'un dipôle	3
I/B Classification de dipôles	3
II Résistance	3
II/A Définition et schéma	3
II/B Interrupteurs ouverts et fermés	4
II/C Associations de résistances	4
II/D Les ponts diviseurs	6
III Sources	7
III/A Sources de tension	7
III/B Sources de courant	8
III/C Entraînements	8
IV Condensateur et bobine	9
IV/A Présentation du condensateur	9
IV/B Présentation de la bobine	13

✂ Capacités exigibles

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Connaître les relations entre l'intensité et la tension. <input type="checkbox"/> Citer des ordres de grandeurs des composants R, L, C. <input type="checkbox"/> Exprimer la puissance dissipée par effet JOULE dans une résistance. <input type="checkbox"/> Exprimer l'énergie stockée dans un condensateur ou une bobine. <input type="checkbox"/> Remplacer une association série ou parallèle de deux résistances par une résistance équivalente. <input type="checkbox"/> Établir et exploiter les relations des diviseurs de tension ou de courant. | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Modéliser une source en utilisant la représentation de THÉVENIN. <input type="checkbox"/> Évaluer une résistance d'entrée ou de sortie à l'aide d'une notice ou d'un appareil afin d'appréhender les conséquences de leurs valeurs sur le fonctionnement d'un circuit. <input type="checkbox"/> 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. |
|---|--|

✓ L'essentiel

☰ Définitions

<input type="checkbox"/> E2.1 : Caractéristique	3
<input type="checkbox"/> E2.2 : Vocabulaire des caractéristiques	3
<input type="checkbox"/> E2.3 : Résistor	3
<input type="checkbox"/> E2.4 : Générateur idéal de tension	7
<input type="checkbox"/> E2.5 : Générateur réel de tension	7
<input type="checkbox"/> E2.6 : Générateur idéal de courant	8
<input type="checkbox"/> E2.7 : Générateur réel de courant	8
<input type="checkbox"/> E2.8 : Condensateur	10
<input type="checkbox"/> E2.9 : Condensateur réel	12
<input type="checkbox"/> E2.10 : Bobine	13
<input type="checkbox"/> E2.11 : Bobine réelle	14

⚡ Propriétés

<input type="checkbox"/> E2.1 : Interrupteurs ouvert et fermé	4
<input type="checkbox"/> E2.2 : Association en série	4
<input type="checkbox"/> E2.3 : Association en parallèle	5
<input type="checkbox"/> E2.4 : Pont diviseur de tension	6
<input type="checkbox"/> E2.5 : Pont diviseur de courant	6
<input type="checkbox"/> E2.6 : Résistance de sortie	7
<input type="checkbox"/> E2.7 : Résistance de sortie	8
<input type="checkbox"/> E2.8 : Charge et capacité	10
<input type="checkbox"/> E2.9 : Relation courant-tension de C	10
<input type="checkbox"/> E2.10 : Conditions limites pour C	11
<input type="checkbox"/> E2.11 : Association C en série	11
<input type="checkbox"/> E2.12 : Association C en parallèle	11
<input type="checkbox"/> E2.13 : Énergie stockée dans C	12
<input type="checkbox"/> E2.14 : Relation courant-tension	13
<input type="checkbox"/> E2.15 : Conditions limites pour L	13
<input type="checkbox"/> E2.16 : Association L en série	13
<input type="checkbox"/> E2.17 : Association L en parallèle	14
<input type="checkbox"/> E2.18 : Énergie stockée dans une bobine	14

☰ Démonstrations

<input type="checkbox"/> E2.1 : Association en série	5
<input type="checkbox"/> E2.2 : Association en parallèle	5
<input type="checkbox"/> E2.3 : Pont diviseur de tension	6
<input type="checkbox"/> E2.4 : Pont diviseur de courant	6
<input type="checkbox"/> E2.5 : Résistance de sortie	7
<input type="checkbox"/> E2.6 : Résistance de sortie	8
<input type="checkbox"/> E2.7 : Relation courant-tension de C	10
<input type="checkbox"/> E2.8 : Conditions limites pour C	11
<input type="checkbox"/> E2.9 : Association C en série	11
<input type="checkbox"/> E2.10 : Association C en parallèle	12
<input type="checkbox"/> E2.11 : Énergie stockée dans C	12
<input type="checkbox"/> E2.12 : Conditions limites pour L	13
<input type="checkbox"/> E2.13 : Association L en série	14
<input type="checkbox"/> E2.14 : Association L en parallèle	14
<input type="checkbox"/> E2.15 : Énergie stockée dans une bobine	15

» Implications

<input type="checkbox"/> E2.1 : Puissance de R	4
--	---

🔧 Applications

<input type="checkbox"/> E2.1 : Résistance équivalente	5
<input type="checkbox"/> E2.2 : Pont diviseur de tension	9
<input type="checkbox"/> E2.3 : Pont diviseur de courant	9

⚠ Erreurs communes

<input type="checkbox"/> E2.1 : Relation courant-tension	3
<input type="checkbox"/> E2.2 : Utilisation des ponts	9

I Généralité sur les dipôles

I/A Caractéristique d'un dipôle

♥ Définition E2.1 : Caractéristique

On appelle **caractéristique** d'un dipôle la fonction $I = f(U)$ (ou $U = g(I)$ selon la convention). Sauf indication contraire, elle est déterminée **en régime continu**.

Cas particuliers

- ◇ **Court-circuit** (fil branché aux bornes) $\Rightarrow U = 0$, et ce pour tout I .
- ◇ Un dipôle qui n'est **pas relié à un circuit fermé** a pour intensité $I = 0$.

Exemple E2.1 :

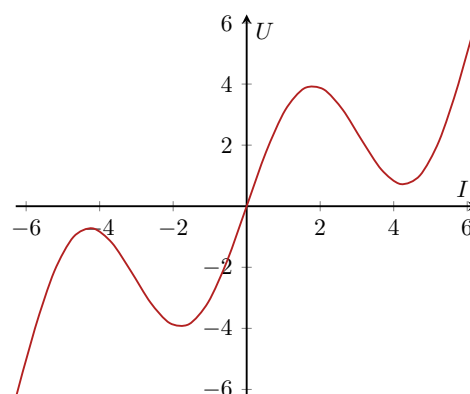


FIGURE 2.1

I/B Classification de dipôles

♥ Définition E2.2 : Vocabulaire des caractéristiques

Passif

- ◇ Pas alimenté, récepteur.
- ◇ Passe par $(0,0)$.

Actif

- ◇ Est alimenté, générateur.
- ◇ Passe pas par $(0,0)$.

Linéaire

Un dipôle est dit **linéaire** si sa caractéristique est une **droite**.

Non-linéaire

Non-linéaire si sa caractéristique n'est **pas une droite**.

Symétrique

Symétrique \Leftrightarrow **impair**.
Symétrique \Rightarrow passif.

Asymétrique

Asymétrique si sa caractéristique n'est **pas impaire**.

II Résistance

II/A Définition et schéma

♥ Définition E2.3 : Résistor

Un résistor est un dipôle **récepteur**, dont la caractéristique en convention récepteur suit la **loi d'Ohm** :

$$U = RI \Leftrightarrow GU = I$$

Unités

- ◇ Résistance en Ohm (Ω) avec $R > 0$.
- ◇ Conductance $G = 1/R$ en Siemens (S).

♥ Attention E2.1 : Relation courant-tension

En convention générateur, il faut donc prendre l'opposé de la relation !

♥ Implication E2.1 : Puissance de R

En utilisant la caractéristique de la résistance et l'expression de la puissance d'un dipôle, on a

$$P_{\text{reçue}} = RI^2 = \frac{U^2}{R} = GU^2$$

qui est positive. Dans le cas de la résistance, cette puissance est entièrement **dissipée** par effet JOULE.

Exemple E2.2 : Caractéristique de R

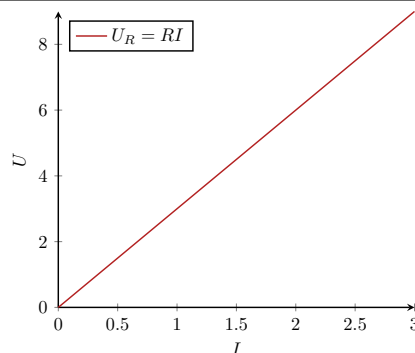


FIGURE 2.2 – Caractéristique d'une résistance.

II/B Interrupteurs ouverts et fermés

La valeur de la résistance permet de quantifier à quel point le courant circule ou non. Il y a alors deux situations extrêmes, celle pour $R = 0$ et celle pour $R = +\infty$, qui correspondent à deux dipôles.

♥ Propriété E2.1 : Interrupteurs ouverts et fermés

Interrupteur ouvert

- ◇ $R = +\infty$
- ◇ $i = 0$: un interrupteur ouvert **ne laisse pas passer le courant**.
- ◇ $U \neq 0$: il y a accumulation de charges d'un côté, donc une **tension non nulle**.

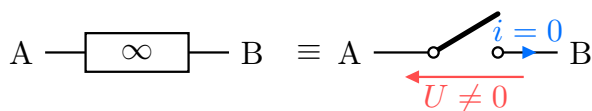


FIGURE 2.3

Interrupteur fermé

- ◇ $R = 0$
- ◇ $i \neq 0$: un interrupteur fermé **laisse passer le courant**.
- ◇ $U = 0$: il n'y a pas de différence de potentiel, donc la **tension est nulle**.

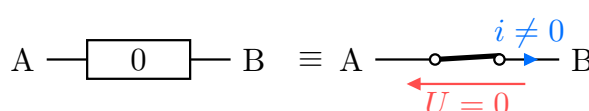


FIGURE 2.4

II/C Associations de résistances

II/C) 1 Association de résistances en série

♥ Propriété E2.2 : Association en série

Des résistances R_k en série forment un dipôle équivalent de résistance

$$R_{\text{eq}} = \sum_k R_k$$

On dit qu'en série, les résistances s'ajoutent.

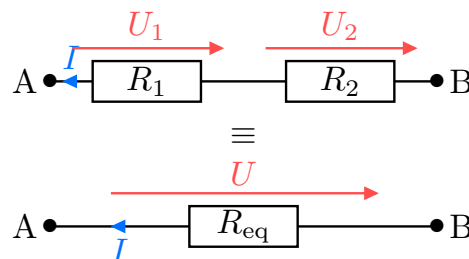


FIGURE 2.5

♥ Démonstration E2.1 : Association en série

À partir du schéma précédent, on écrit la loi d'additivité des tensions, puis on applique la loi d'OHM et on factorise.

La démonstration s'étend naturellement avec la somme.

$$\begin{aligned} U &= U_1 + U_2 \\ \Leftrightarrow U &= R_1 I + R_2 I \\ \Leftrightarrow U &= (R_1 + R_2) I \\ \Leftrightarrow U &= R_{\text{eq}} I \end{aligned}$$

II/C) 2 Association de résistances en parallèle

♥ Propriété E2.3 : Association en parallèle

Des résistances R_k en dérivation forment un dipôle équivalent de résistance

$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \sum_k \frac{1}{R_k} \Leftrightarrow G_{\text{eq}} = \sum_k G_k$$

On dit qu'en **parallèle**, l'inverse des résistances s'ajoutent.

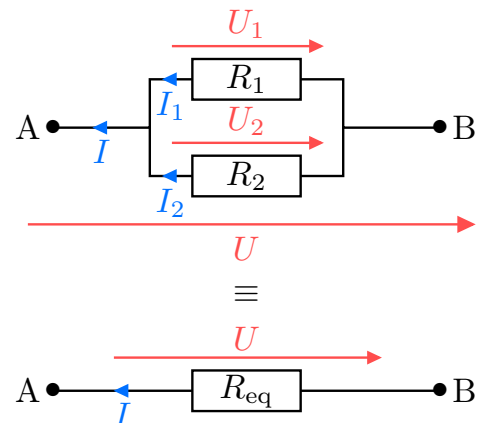


FIGURE 2.6

♥ Démonstration E2.2 : Association en parallèle

On applique la loi des nœuds et la loi d'OHM :

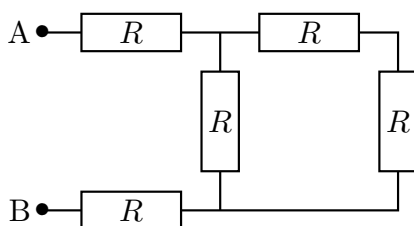
$$I = I_1 + I_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) U$$

Or, $I = \frac{U}{R_{\text{eq}}} = G_{\text{eq}} U$. Ainsi, On a bien l'expression d'un unique conducteur ohmique de résistance

$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Leftrightarrow R_{\text{eq}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

♥ Application E2.1 : Résistance équivalente

Exprimer en fonction de R la résistance équivalente entre A et B pour l'association ci-dessous.



$$\begin{aligned} R_{\text{eq}} &= R + R + R_{\text{eq},2} \\ \Leftrightarrow R_{\text{eq}} &= 2R + \frac{R \times R_{\text{eq},1}}{R + R_{\text{eq},1}} \\ \Leftrightarrow R_{\text{eq}} &= 2R + \frac{R \times 2R}{R + 2R} \\ \Leftrightarrow R_{\text{eq}} &= 2R + \frac{2R^2}{3R} \\ \Leftrightarrow R_{\text{eq}} &= \frac{8R}{3} \end{aligned}$$

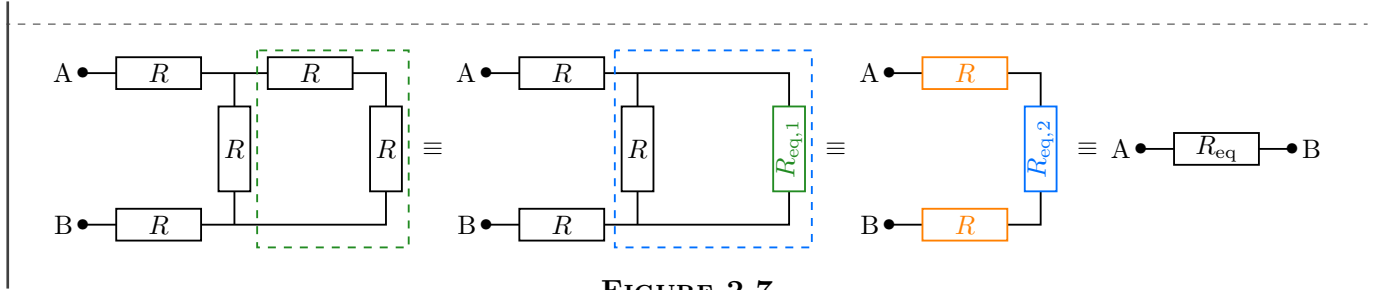


FIGURE 2.7

II/D Les ponts diviseurs

II/D) 1 Pont diviseur de tension

♥ Propriété E2.4 : Pont diviseur de tension

Soit une branche de tension totale U_{brch} connue, composée de résistances R_k . On cherche la tension U_k d'une des résistances R_k de la branche. Avec R_{brch} la résistance équivalente de la branche, on a alors :

$$U_k = \frac{R_k}{R_{\text{brch}}} U_{\text{brch}}$$

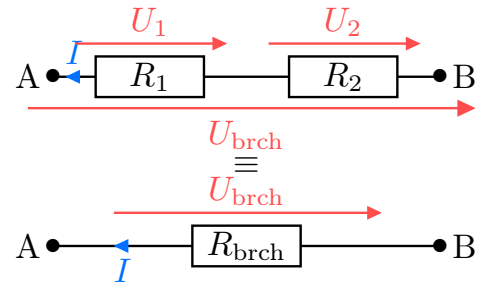


FIGURE 2.8

♥ Démonstration E2.3 : Pont diviseur de tension

On part de ce qui est partagé dans le circuit, ici l'intensité :

$$I = \frac{U_{\text{brch}}}{R_{\text{brch}}} \quad \text{et} \quad I = \frac{U_k}{R_k} \quad \text{soit}$$

$$U_k = \frac{R_k}{R_{\text{brch}}} U_{\text{brch}} \quad \blacksquare$$

II/D) 2 Pont diviseur de courant

♥ Propriété E2.5 : Pont diviseur de courant

Soit une maille parallèle d'intensité totale I_{para} connue, de tension U_{para} . Les branches parallèles sont composées de résistances R_k . On cherche l'intensité I_k d'une des résistances R_k de la maille. Avec R_{para} la résistance équivalente de la branche, on a alors :

$$I_k = \frac{R_{\text{para}}}{R_k} I_{\text{para}} \Leftrightarrow I_k = \frac{G_k}{G_{\text{para}}} I_{\text{para}}$$

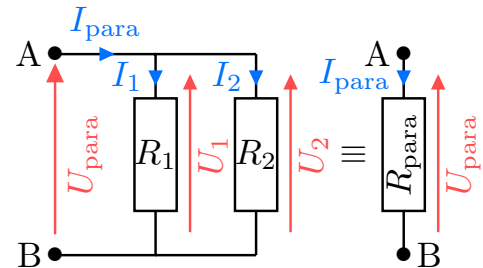


FIGURE 2.9

♥ Démonstration E2.4 : Pont diviseur de courant

On part de ce qui est partagé dans le circuit, ici la tension :

$$U_{\text{para}} = R_{\text{para}} I_{\text{para}} \quad \text{et} \quad U_{\text{para}} = R_k I_k \quad \text{soit}$$

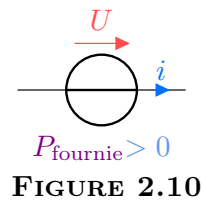
$$I_k = \frac{R_{\text{para}}}{R_k} I_{\text{para}} \quad \blacksquare$$

III Sources

III/A Sources de tension

♥ Définition E2.4 : Générateur idéal de tension

Il **impose une tension**, le courant débité est lui imposé par le reste du circuit électrique. Il est dit **idéal** si la tension imposée est **constante**, quel que soit le courant débité.

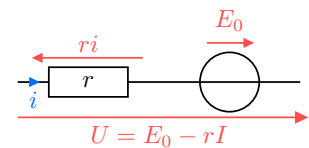


♥ Définition E2.5 : Générateur réel de tension

À cause des effets résistifs, la tension imposée et le courant débité sont liés :

$$U = E_0 - ri$$

On parle de **générateur de Thévenin**, et E_0 est la **force électromotrice**.



♥ Exemple E2.3 : Caractéristique de générateurs de tension

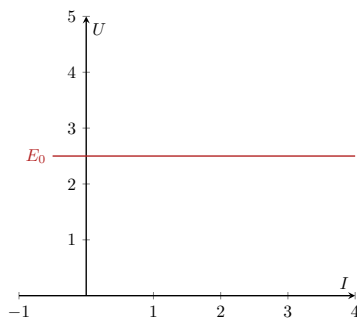


FIGURE 2.12 – Caractéristique idéale.

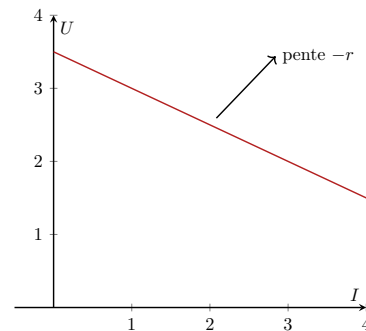


FIGURE 2.13 – Caractéristique réelle.

♥ Propriété E2.6 : Résistance de sortie

Un générateur réel de f.e.m. E_0 branché sur une résistance R est un générateur idéal si la tension reçue par R est très proche de E_0 . Pour ce faire,

$$r \ll R$$

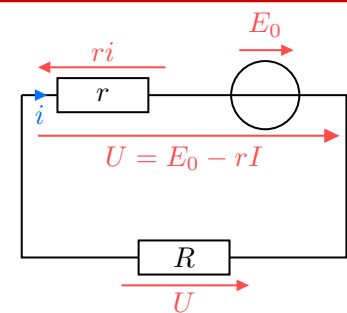


FIGURE 2.14

♥ Démonstration E2.5 : Résistance de sortie

On applique la formule du pont diviseur de tension pour avoir la tension U :

$$U = \frac{R}{R + r} E_0$$

$U \neq E_0$ en général, mais si $R \gg r$ on a tout de même $U \approx E_0$. ■

III/B Sources de courant

♥ Définition E2.6 : Générateur idéal de courant

Il **impose un courant**, la tension à ses bornes est lui imposé par le reste du circuit électrique. Il est dit **idéal** si le courant débité est constant quelle que soit la tension à ses bornes.

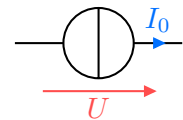


FIGURE 2.15

♥ Définition E2.7 : Générateur réel de courant

À cause des effets résistifs, le courant imposé et la tension induite sont liés :

$$I = I_0 - \frac{U}{r_N}$$

On parle de **générateur de Norton**.

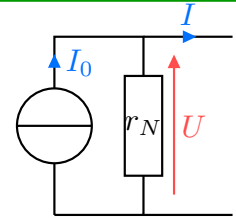


FIGURE 2.16

♥ Exemple E2.4 : Caractéristique de générateurs de courant

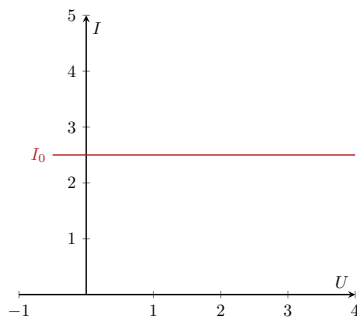


FIGURE 2.17 – Caractéristique idéale.

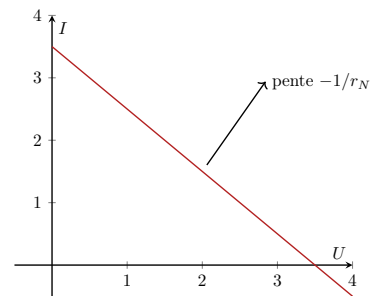


FIGURE 2.18 – Caractéristique réelle.

♥ Propriété E2.7 : Résistance de sortie

Un générateur réel de courant I_0 branché sur une résistance R est un générateur idéal si le courant reçu par R est très proche de I_0 . Pour ce faire,

$$r_N \gg R$$

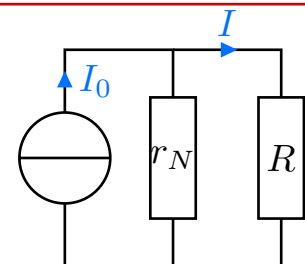


FIGURE 2.19

♥ Démonstration E2.6 : Résistance de sortie

On applique la formule du pont diviseur de courant pour avoir le courant I :

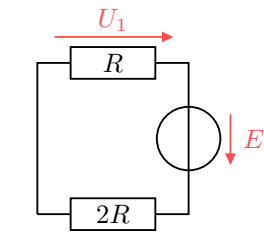
$$I = \frac{r_N}{r_N + R} I_0$$

$I \neq I_0$ en général, mais si $R \ll r_N$ on a tout de même $I \approx I_0$. ■

III/C Entraînements

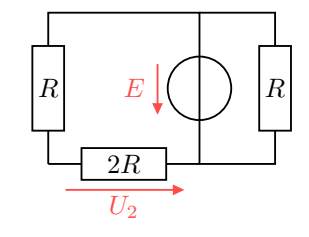
Donner les expressions de U_1 , U_2 , U_3 et U_4 en fonction de E pour les schémas suivants.

♥ Application E2.2 : Pont diviseur de tension



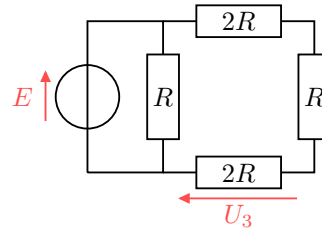
On a directement

$$U_1 = -\frac{1}{3}E$$



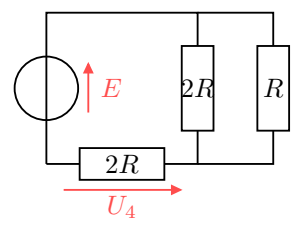
Avec la rotation du schéma, on voit facilement que

$$U_2 = \frac{2}{3}E$$



Ici, on remarque que $U_{AB} = E$. Ainsi

$$U_3 = -\frac{2}{5}E$$

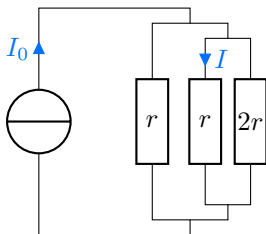


$$R_{eq,1} = \frac{2R^2}{3R} = \frac{2R}{3}, \text{ d'où}$$

$$U_4 = \frac{3}{4}E$$

♥ Application E2.3 : Pont diviseur de courant

Exprimer I selon I_0 .



$$\text{On a } I = \frac{R_{para}}{r} I_0$$

$$\text{Or, } \frac{1}{R_{para}} = \frac{2}{r} + \frac{1}{2r} = \frac{5}{2r}$$

Ainsi,

$$I = \frac{2}{5}I_0$$

♥ Attention E2.2 : Utilisation des ponts

Attention aux conditions d'application de ces formules : résistances **en série** pour le pont diviseur de **tension**, et en **parallèle** pour le pont diviseur de **courant**.

Si non, simplifier le circuit pour se ramener à cette forme. Vérifier également le **sens d'orientation des tensions et intensités**.

IV Condensateur et bobine

IV/A Présentation du condensateur

IV/A) 1 Composition

Après les résistances, les condensateurs sont les composants les plus répandus en électronique. Le condensateur est un composant électronique couramment utilisé dans les circuits les plus divers : microprocesseurs, mémoires, horloges électroniques, émetteurs et récepteurs radio, amplificateurs, etc.