Résistances et sources

I Généralité sur les dipôles

A Caractéristique d'un dipôle

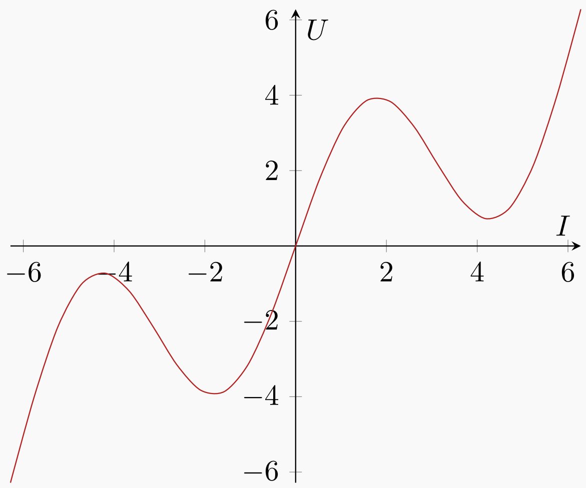
Définition 2.1 : Caractéristique

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

Un dipôle en **court-circuit** (branchement d'un fil aux bornes) a pour tension $U = 0$, et ce pour tout I. Un dipôle qui n'est **pas relié à un circuit fermé** a pour intensité $I = 0$.

Exemple 2.1 : Exemple



B Classification de dipôles

Définition 2.2 : Actif ou passif, linéaire ou non, symétrique ou non

On appelle **passif** un dipôle qui reçoit **toute son énergie** du circuit, il n'est **pas** alimenté par une **source extérieure**. C'est équivalent à dire que $\boxed{\text{sa caractéristique passe par (0,0)}}$. On utilise pour eux la convention **récepteur**.

On appelle **actif** un dipôle qui reçoit de l'énergie de l'extérieur du circuit, *via* une **alimentation externe**. C'est équivalent à dire que $\boxed{\text{sa caractéristique NE passe PAS par 0}}$. On utilise pour eux la convention **générateur**.

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

Un dipôle est dit **non-linéaire** si sa caractéristique n'est **pas une droite**.

Un dipôle est dit **symétrique** si sa caractéristique est **impaire**. $\boxed{\text{Un dipôle symétrique est forcément passif}}$.

Un dipôle est dit **asymétrique** si sa caractéristique est **paire**.

II Résistance

A Définition et schéma

Lorsqu'un courant circule dans un matériau conducteur, les électrons sont freinés par les atomes de celui-ci. Cet effet est maximal dans certains dipôles que l'on appellera des conducteurs ohmiques ou résistors. Par abus de langage, on désignera le composant par le même nom que la grandeur physique qui le caractérise : la résistance.

Définition 2.3 : résistance

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

$$\boxed{U = RI}$$

avec R la valeur de la résistance en Ohm (Ω) telle que $R > 0$. On définit également la **conductance** $\boxed{G = 1/R}$ en Siemens (S).

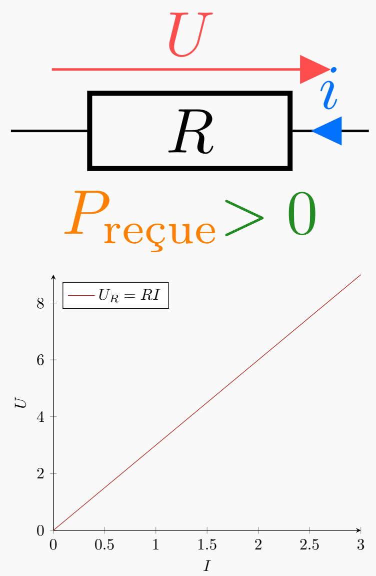
Implication 2.1 : puissance

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

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

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

Exemple 2.2 : schémas



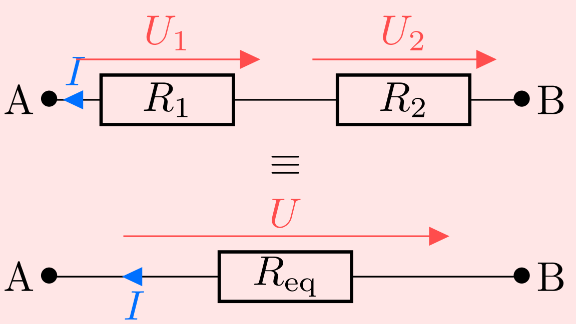
B Association de résistances en série

Propriété 2.1 : association en série

Deux résistances R_1 et R_2 en série forment un dipôle équivalent de résistance

$$\boxed{R_{\text{eq}} = R_1 + R_2}$$

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



Démonstration 2.1 : 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 :

$$U = U_1 + U_2$$
$$U = R_1 I + R_2 I$$
$$U = (R_1 + R_2) I$$

On a bien l'expression d'un unique conducteur ohmique de résistance $\boxed{R_{\text{eq}} = R_1 + R_2}$.

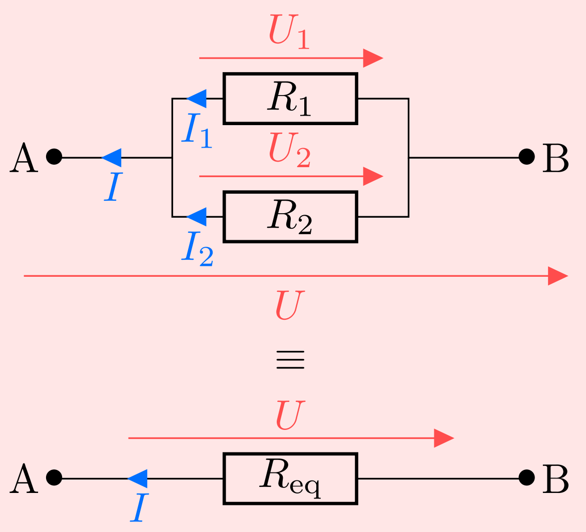
C Association de résistances en parallèle

Propriété 2.2 : association en parallèle

Deux résistances R_1 et R_2 en dérivation forment un dipôle équivalent de résistance

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

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



Démonstration 2.2 : association en parallèle

On applique la loi des nœuds :

$$I = I_1 + I_2$$

On utilise ensuite la loi d'Ohm :

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

On trouve R_{eq} en exprimant la caractéristique du dipôle équivalent sous la forme $I = G_{\text{eq}} U$, puis $G_{\text{eq}} = 1/R_{\text{eq}}$, d'où ici

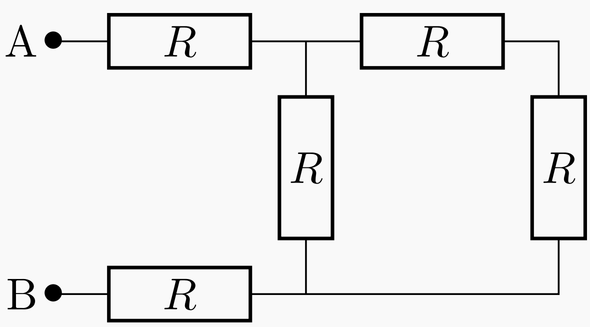
$$I = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) U$$

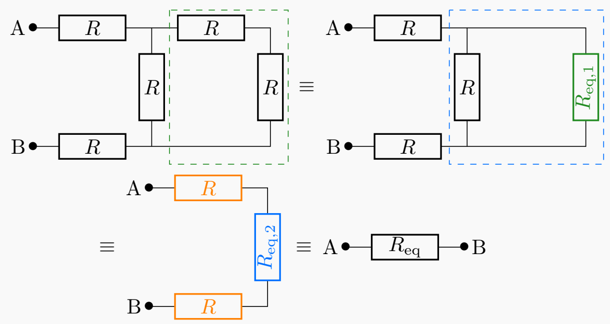
On a bien l'expression d'un unique conducteur ohmique de résistance

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

Exercice d'application

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





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

D Les ponts diviseurs

Les ponts diviseurs sont des relations permettant de trouver des courants ou des tensions dans certains cas particuliers, sans repasser par l'écriture des lois des nœuds, des mailles et d'Ohm.

II.D.1 Pont diviseur de tension

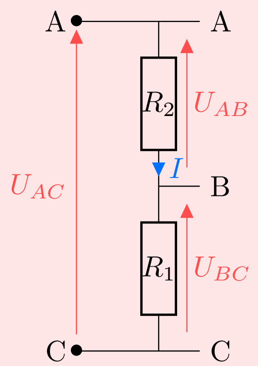
Propriété 2.3 : pont diviseur de tension

Soit le circuit ci-après, où U, R_1 et R_2 sont connus et on cherche U_1 ou U_2. Dans ces conditions, on a

$$\boxed{U_k = \frac{R_k}{R_1 + R_2} U_{AC}}$$

qui se généralise en

$$\boxed{U_k = \frac{R_k}{R_{\text{eq}}} U}$$



Démonstration 2.3 : pont diviseur de tension

Avec une loi des mailles et la loi d'Ohm pour les résistances, on trouve

$$I = \frac{U_{AC}}{R_1 + R_2}$$

En réappliquant la loi d'Ohm pour R_2 par exemple, on trouve

$$U_{AB} = R_2 I = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{AC}$$

Le calcul est tout à fait similaire pour le cas avec plus de résistances dans la branche.

II.D.2 Pont diviseur de courant

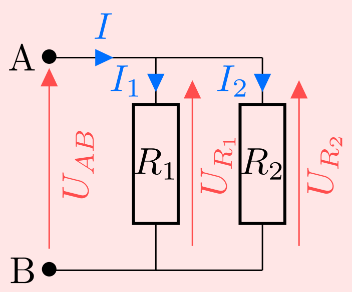
Propriété 2.4 : pont diviseur de courant

Soit le circuit ci-après, où I, R_1 et R_2 sont connus et on cherche I_1 ou I_2. Dans ces conditions, on a

$$\boxed{I_{\boxed{2}} = \frac{R_{\boxed{1}}}{R_1 + R_2} I} \Longleftrightarrow \boxed{I_k = \frac{G_k}{G_1 + G_2} I}$$

Avec R_{eq} la résistance équivalente entre A et B, ceci se généralise en

$$\boxed{I_k = \frac{R_{\text{eq}}}{R_k} I} \Longleftrightarrow \boxed{I_k = \frac{G_k}{G_{\text{eq}}} I}$$



Démonstration 2.4 : pont diviseur de courant

Avec la loi des nœuds, on a

$$I = I_1 + I_2$$

Avec la loi d'Ohm pour les résistances et par égalité des tensions dû au montage parallèle, on a

$$I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = \frac{U}{R_{\text{eq}}} = G_{\text{eq}} U$$

D'où, pour I_1 par exemple,

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{R_{\text{eq}}}{R_1} I$$

ou

$$I_1 = G_1 U = \frac{G_1}{G_{\text{eq}}} I$$

Le calcul est tout à fait similaire pour le cas avec plus de résistances en parallèle.

II.D.3 Attention

Important 2.1 : utilisation des ponts

Attention aux conditions d'application de ces formules. Notamment, les résistances **doivent être en série** pour le pont diviseur de **tension**, et en **parallèle** pour le pont diviseur de **courant**. Si ça n'est pas le cas, simplifier le circuit pour se ramener à cette forme. De plus, il faut vérifier **le sens d'orientation des tensions et intensités**. Autrement dit, connaissez bien votre cours pour le reproduire exactement puis adaptez les notations à celle de l'exercice.

III Sources

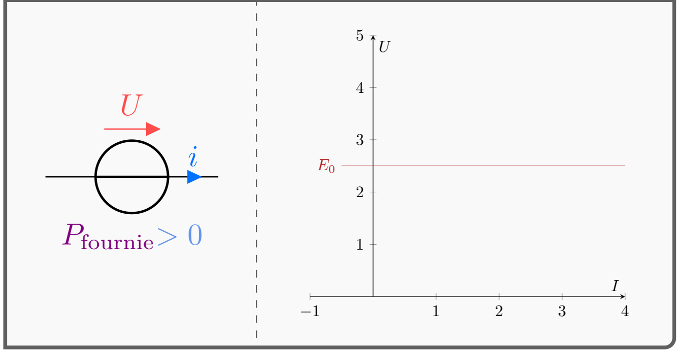
A Source idéale de tension

Définition 2.4 : générateur idéal de tension

Un générateur de tension est alimenté par une source d'énergie extérieure au circuit et **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.

Exemple 2.3 : schémas



B Source réelle de tension

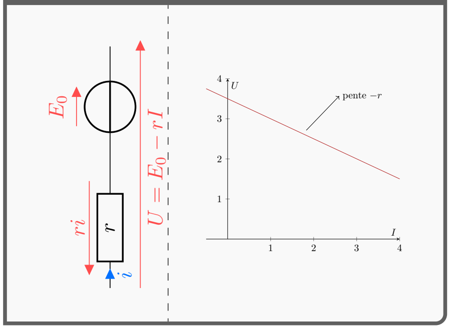
Définition 2.5 : générateur idéal de tension

Dans un générateur réel, il y a toujours des effets résistifs qui font que la tension imposée et le courant débité sont liés. On a alors

$$\boxed{U = E_0 - ri}$$

Cette modélisation est celle du **générateur de Thévenin**, et E_0 est la **force électromotrice**.

Exemple 2.4 : schémas

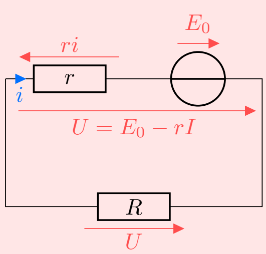


C Résistance de sortie

Propriété 2.5 : résistance de sortie

Un générateur réel de force électromotrice E_0 et de résistance interne r alimentant une résistance R se comporte comme un générateur idéal si

$$\boxed{R \gg r}$$



Démonstration 2.5 : résistance de sortie

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

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

Si on a bien $U \neq E_0$, si $R \gg r$ on a tout de même $U \approx E_0$.

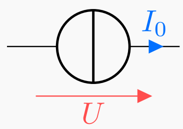
D Source idéale de courant

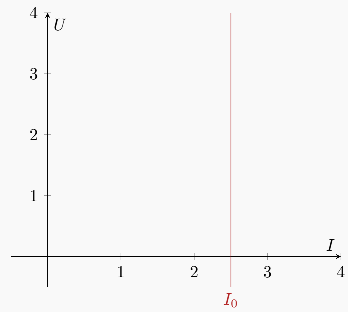
Définition 2.6 : générateur idéal de tension

Un générateur de courant est alimenté par une source d'énergie extérieure au circuit et **impose un courant**. La tension a ses bornes lui est imposée par le reste du circuit électrique.

Il est dit **idéal** si le courant débité est constante quelle que soit la tension à ses bornes.

Exemple 2.5 : schémas



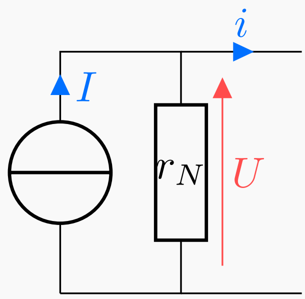


E Complément : source réelle de courant

Définition 2.7 : générateur idéal de courant

Dans un générateur réel, il y a toujours des effets résistifs qui font que la tension imposée et le courant débité sont liés. On modélise un tel générateur de courant par le **générateur de Norton**.

Exemple 2.6 : schéma

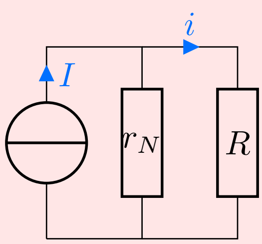


F Résistance de sortie

Propriété 2.6 : résistance de sortie

Un générateur d'intensité réel d'intensité I et de résistance interne r_N alimentant une résistance R se comporte comme un générateur idéal si

$$\boxed{R \ll r_N}$$



Démonstration 2.6 : résistance de sortie

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

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

Si on a bien $i \neq I$, si $R \ll r_N$ on a tout de même $i \approx I$.