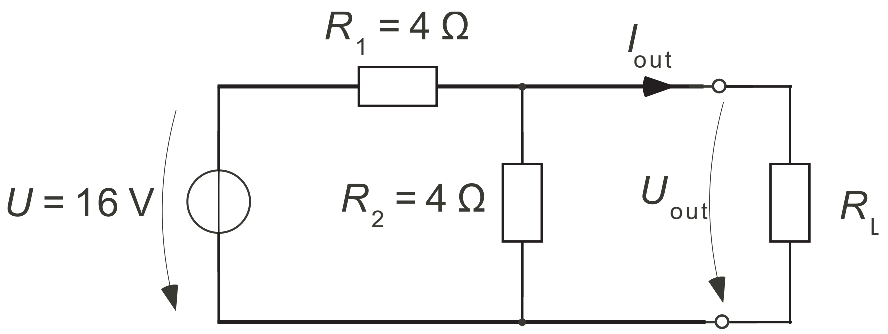
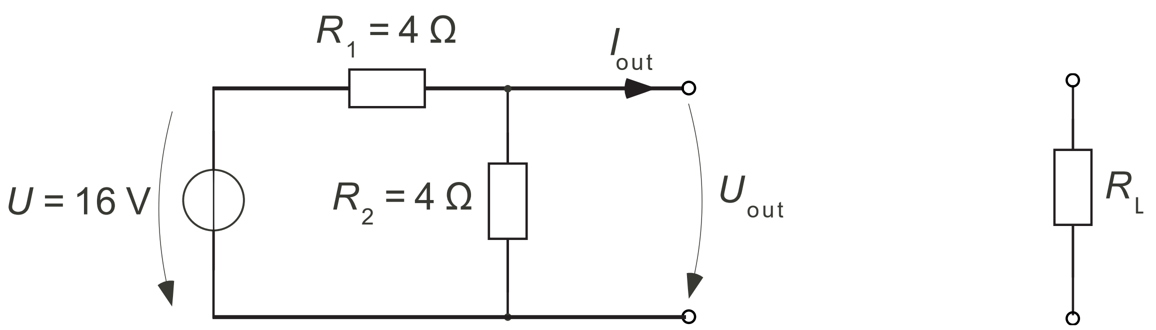
§ 5.12.4 Circuit équivalent de Thévenin - Exercice

On donne le montage électrique suivant :



Ce genre de montages doivent être vus comme deux dipôles connectés l'un à l'autre : un circuit « source » et une « charge » (ici il s'agit de R_L).



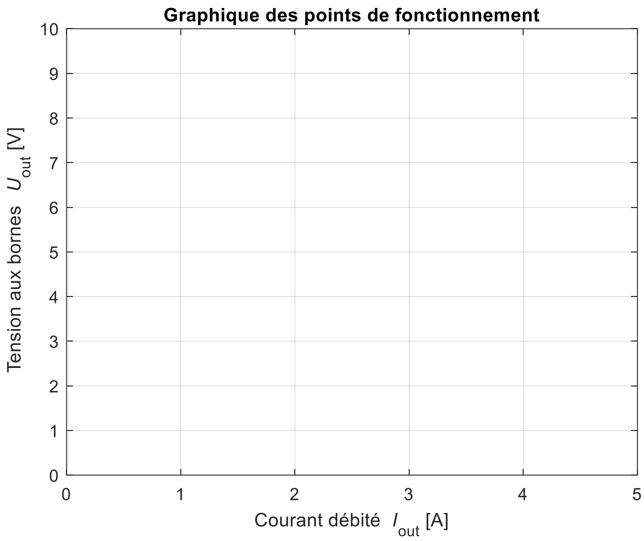
Le circuit fournit de la tension et du courant à la charge, ou vu autrement, on peut dire que la charge sollicite le circuit et en tire du courant (pour prendre un exemple concret, on peut imaginer que le circuit est censé représenter le réseau électrique de votre lieu d'habitation, avec comme sortie une prise dans votre chambre, et que la charge est une résistance qui représente votre lampe de bureau).

1. Nous allons commencer par analyser certains points de fonctionnement du circuit, c.-à-d. chercher les valeurs de I_{out} et U_{out} pour certains cas avec des valeurs de R_L différentes. Ces cas sont les suivants :

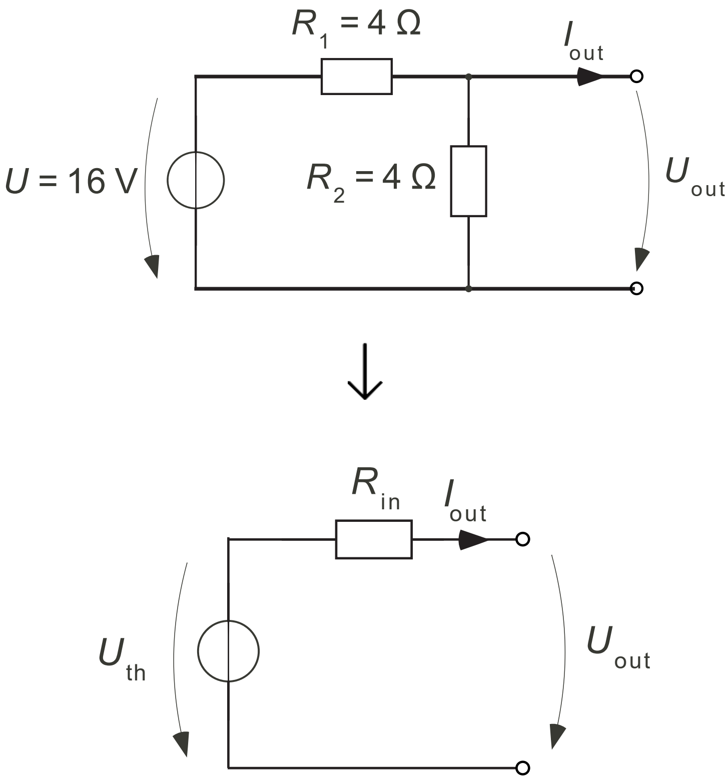
   a. $R_L \longrightarrow \infty$: ce cas correspond à un circuit ouvert (c-à-d que aucune charge n'est branchée).
   b. $R_L = R_{L,1} = 4\Omega$

c. R_L = $R_{L,2}$ = 1Ω
d. R_L = 0 : ce cas correspond à un court-circuit (un conducteur parfait relie les deux bornes du circuit).

2. Reportez les différents points de fonctionnement (I_{out}, U_{out}) obtenus sur le graphe suivant. Constatez l'allure de la fonction qui relie les 4 points, puis calculer la pente.



Nous allons maintenant nous intéresser à trouver le schéma équivalent de Thévenin de ce circuit. C'est-à-dire que nous cherchons un circuit sous la forme ci-dessous, qui serait équivalent à notre circuit de départ :



3. Retrouver U_{th} et R_{in} du circuit équivalent de Thévenin à l'aide de la méthode vue en cours (Rappel : Vous avez déjà calculé U_{th} au point 1). Comparez la pente du graphique obtenu au point 2 à R_{in}.

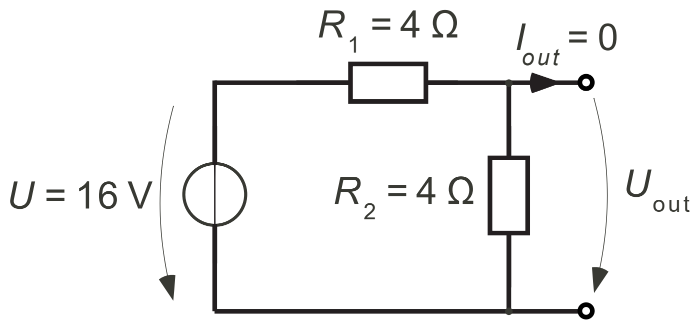
•

Circuit équivalent de Thévenin - Solution

1. Points de fonctionnement :

a) <u>Circuit ouvert :</u>

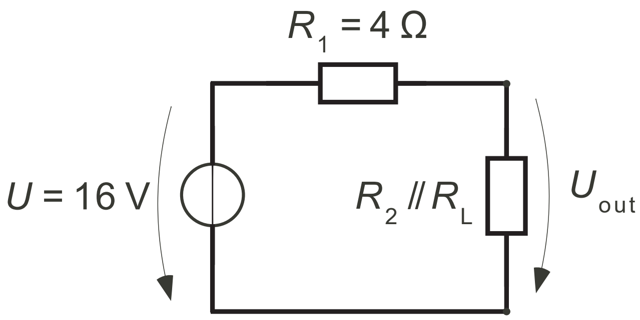
Le montage peut être redessiné ainsi :



- $I_{\text{out}} = 0$ vu qu'il n'y a pas de charge connectée à la sortie.
- U_{out} peut être calculé avec un diviseur de tension :
  $U_{\text{out}} = U \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2}$ Application numérique : $U_{\text{out}} = 8\,V$

b) <u>$R_L = R_{L,1} = 4\ \Omega$:</u>

Le circuit peut être simplifié en mettant les deux résistances R_2 et R_L en parallèle, on obtient :



$R_2 \,//\, R_L = \frac{R_2 R_L}{R_2+R_L}$ Application numérique : $R_2 \,//\, R_{L,1} = 2\,\Omega$

(Remarque : nous pouvons observer que la mise en parallèle de deux résistances à valeur égale donne une résistance équivalente dont la valeur vaut la moitié)

- U_{out} peut ensuite être calculée avec un diviseur de tension :
  $U_{out} = U \cdot \frac{R_2//R_\mathrm{L}}{R_1+R_2//R_\mathrm{L}}$ Application numérique : $U_{out} \approx 5.3\ \mathrm{V}$

- Comme nous connaissons maintenant la tension à laquelle R_L est soumise, I_out peut être simplement trouvé par la loi d'Ohm (attention : il faut se référer au montage initial pour cet étape, là où R_2 et R_L sont encore séparés) :

  $I_{out} = \frac{U_\mathrm{out}}{R_\mathrm{L}}$ Application numérique : $I_\mathrm{out} \approx 1.3\mathrm{A}$

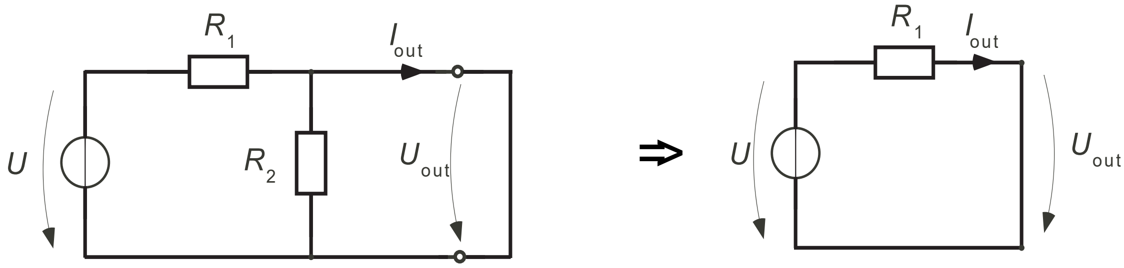
c) <u>$R_L = R_{L,2} = 1\ \Omega$:</u>

Même réflexion que pour b) :

Appl. numériques : $R_2 \,//\, R_{L,2} = 0.8\ \Omega$, $U_\mathrm{out} \approx 2.67\ \mathrm{V}$, $I_\mathrm{out} \approx 2.67\ \mathrm{A}$.

d) <u>$R_L = 0\ \Omega$:</u>

Le circuit peut être simplifié ainsi :

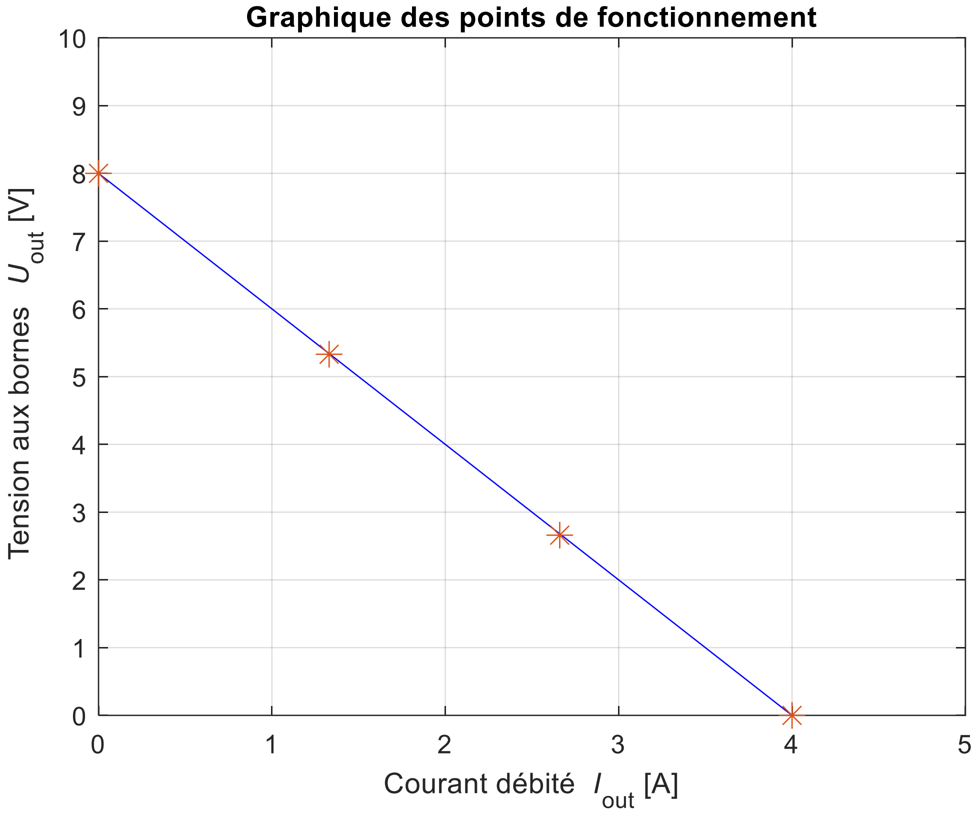


Explication : on dit que R_2 a été court-circuité ce qui nous permet de le remplacer par un conducteur parfait : en effet, comme un conducteur parfait se trouve à la place de la charge, cela a comme effet de mettre les bornes de R_2 au même potentiel, il n'y aura donc pas de chute de tension à ses bornes et c'est comme s'il n'existait pas. On le démontre en calculant la résistance équivalente de R_2 en mise en parallèle avec une résistance de 0 Ω : $R_{eq} = \frac{R_2 \cdot 0}{R_2+0}$

- Il en découle trivialement que $U_{out} = 0\mathrm{V}$
- R_1 est donc directement soumis au potentiel U généré par la source, et la loi d'Ohm nous donne :

  $I_{out} = \frac{U}{R_1}$ Application numérique : $I_\mathrm{out} = 4\mathrm{A}$

2. Graphique des points de fonctionnement :

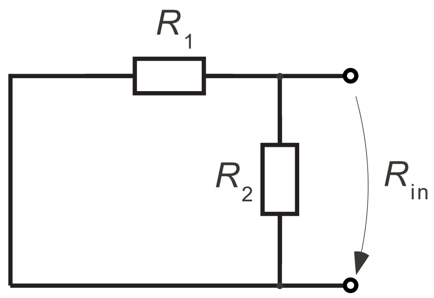


Les points calculés se trouvent clairement sur une même droite, ce qui indique que la relation entre courant et tension fournis par un circuit est linéaire. La pente de cette droite vaut : -2 V/A.
Il est important de spécifier que nous aurions pu calculer davantage de points de fonctionnement pour des valeurs de R_L différentes et ils seraient tous tombés sur cette droite.

3. Circuit équivalent de Thévenin :

La tension de Thévenin correspond à la tension que le circuit aura à sa sortie quand **aucune** charge n'est reliée. Ce cas correspond en effet au point 1.a) calculé avant, nous savons donc déjà que :
$U_{\mathrm{th}} = U_0 = U_{\mathrm{out,1.a}} = 8\,V$

Afin de calculer la résistance interne R_{in}, il convient d'annuler toutes les sources comme vu en cours, puis de regarder la résistance équivalente vue depuis le dipôle de sortie. Dans ce cas, il est facile de voir que la résistance interne correspond à la mise en parallèle de R_1 et R_2 :



$R_{\text{in}} = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ Application numérique : $R_{\text{in}} = 2\Omega$

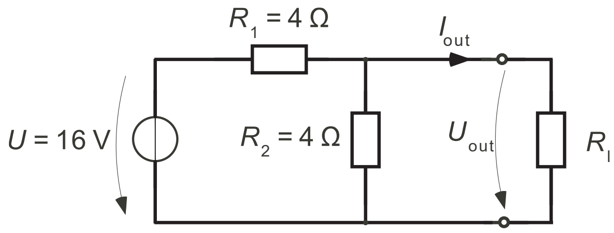
Il est intéressant de remarquer que la valeur de R_{in} correspond à la valeur absolue de la pente du graphique du point de fonctionnement. Ceci n'est pas un hasard et découle du fait que la résistance est la grandeur qui décrit la relation de proportionnalité entre la tension et le courant $R = \frac{U}{I}$.

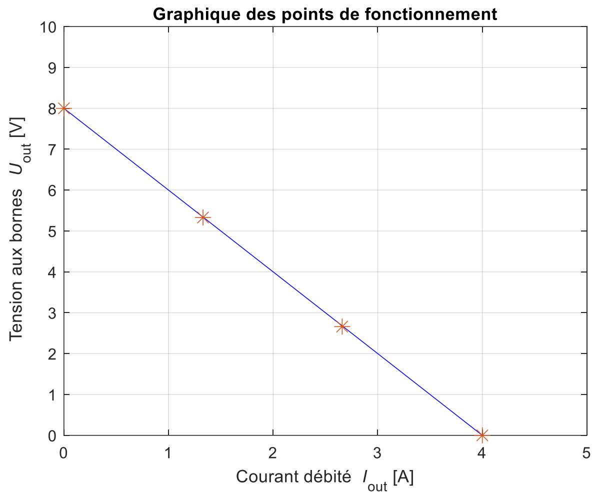
Complément :

En ayant calculé U_0 et R_{in}, il a été vu en cours qu'il est possible de remplacer un circuit par son circuit équivalent de Thévenin. Une des manières de mettre en lumière cette équivalence consiste à regarder les graphiques des points de fonctionnement des deux circuits (celui de départ et son équivalent de Thévenin). Il s'avère que les deux circuits ont exactement la même caractéristique (vous pouvez vous en convaincre en essayant vous-même de dessiner le graphe en lien avec le circuit équivalent de Thévenin, en appliquant la même méthodologie de la question 1, c'est-à-dire en prenant différentes valeurs de R_L puis en calculant la tension et le courant fournis par le circuit).
Cela signifie que du point de vue de la charge, les circuits réagissent de manière identique quand ils sont sollicités, et cela nous permet donc de substituer un circuit par son équivalent plus simple pour effectuer notre analyse du côté de la charge.

Une réflexion analogue peut être faite avec le circuit équivalent de Norton (basé sur une source de courant et une résistance en parallèle).

Circuit de départ





Circuit équivalent de Thévenin