

Frédéric Elie on  
ResearchGate

## Théorème de Thévenin

Frédéric Elie  
9 janvier 2017

« Si vous ne dites rien à votre brouillon, votre brouillon ne vous dira rien ! »  
Jacques Breuneval, mathématicien, professeur à l'université Aix-Marseille I, 1980

CopyrightFrance.com

**La reproduction des articles, images ou graphiques de ce site, pour usage collectif, y compris dans le cadre des études scolaires et supérieures, est INTERDITE. Seuls sont autorisés les extraits, pour exemple ou illustration, à la seule condition de mentionner clairement l'auteur et la référence de l'article.**

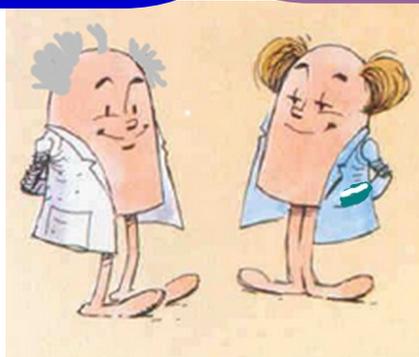
Abstract : Le calcul de la tension électrique aux bornes d'un circuit compliqué, formé d'éléments en série et d'éléments en parallèle, alimentés par une source de tension, peut s'avérer fastidieux si l'on cherche à déterminer tranche par tranche les impédances équivalentes et les tensions à leurs bornes. Le problème devient plus maniable grâce au théorème de Thévenin : tout circuit électrique constitué d'éléments à caractéristiques linéaires (tels que des résistances) et alimenté par une source de tension est équivalent à un simple dipôle de Thévenin, c'est-à-dire une source de tension équivalente et une résistance équivalente montée en série avec elle, aux bornes de cet ensemble est branchée la charge d'utilisation. Le présent article propose un TP très simple qui consiste à « vérifier » les formules de transformation de Thévenin à partir de mesures de résistances et de tensions sur un circuit constitué de résistances montées en « T ».

### SOMMAIRE

- 1 - Énoncé du théorème de Thévenin
- 2 - Détermination de la tension équivalente  $E$  et de la résistance équivalente  $r$
- 3 - Manipulation expérimentale

Je te parie un week-end sur Sedna, Méson, que Fred va encore nous faire un dispositif de TP complètement moisi !!!...

Entièrement d'accord avec toi, Photon ; d'ailleurs « TP » veut dire « très pourri », et non « travaux pratiques... »



## 1 - Énoncé du théorème de Thévenin

Tout circuit électrique, constitué d'éléments de caractéristiques linéaires, et dans lequel se trouvent des sources de tension, est équivalent à un **dipôle de Thévenin**, c'est-à-dire une source de tension en série avec un élément de caractéristique linéaire, aux bornes de ce dipôle est connecté le circuit d'utilisation ou charge.

Comme exemple d'éléments à caractéristique linéaire (c'est-à-dire où la tension  $u$  à ses bornes est proportionnelle à l'intensité  $i$  du courant qui le traverse) citons les résistances. Plus généralement ces éléments sont décrits par leurs impédances  $Z$  :  $u = Z i$ . Ce résultat est représenté à la figure 1, dans laquelle  $E$  est la différence de potentiel aux bornes de la source de tension équivalente,  $r$  est la résistance équivalente en série avec la source (dans l'hypothèse restrictive où les éléments linéaires sont tous des résistances), et  $Z_c$  est l'impédance du circuit de charge.

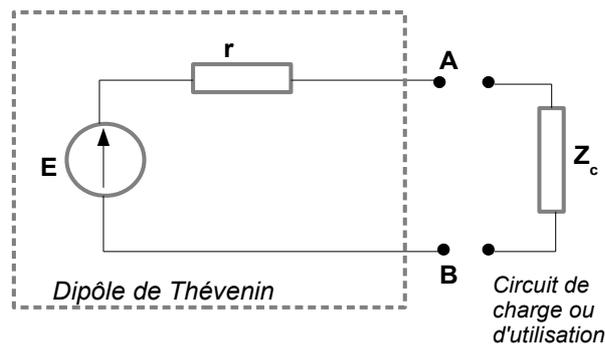


figure 1 – dipôle de Thévenin équivalent d'un circuit constitué d'éléments linéaires

### Remarques :

- le théorème de Thévenin s'applique non seulement au circuit complet, mais aussi entre deux bornes quelconques à l'intérieur du circuit ;
- le théorème de Thévenin est applicable seulement aux circuits constitués d'éléments linéaires.

## 2 - Détermination de la tension équivalente $E$ et de la résistance équivalente $r$

La méthode est une conséquence du théorème de Thévenin :

- la **tension de la source**  $E$  est obtenue ainsi : le circuit de charge est retiré, et la mesure de la tension entre les bornes A, B fournit  $E$ . De même le calcul de la tension  $U_{AB}$  aux bornes A, B, en circuit ouvert (sans la charge) permet d'exprimer  $E = U_{AB}$  en fonction de *certaines* résistances et de *toutes* les tensions internes au circuit.
- La **résistance équivalente**  $r$  est obtenue ainsi : le circuit de charge est retiré, et les sources de tensions internes au circuit sont aussi retirées et remplacées par des courts-circuits ; la mesure de la résistance aux bornes A,B fournit alors  $r$ . Dans ces mêmes conditions, le calcul permet d'exprimer  $r$  en fonction de *toutes* les résistances internes au circuit.

Cette méthode est appliquée ici au circuit représenté à la figure 2 :

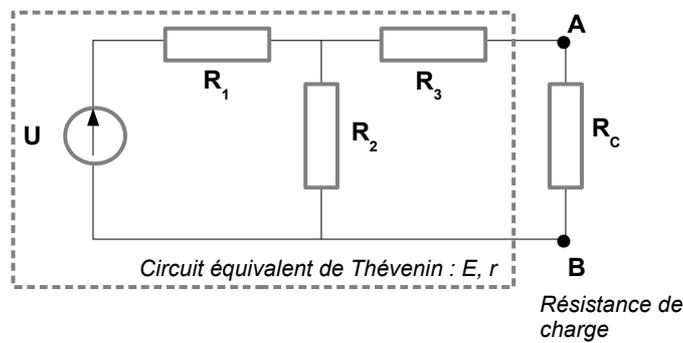


figure 2 – circuit à transformer en circuit équivalent de Thévenin

Si l'on ouvre le circuit en A, B (retrait de la charge), la tension  $U_{AB}$  aux bornes A,B n'est autre que E (figure 3); le calcul montre qu'elle s'exprime en fonction de U (tension d'alimentation interne) et des résistances  $R_1, R_2$  :

$$U_{AB} = E = \frac{U}{1 + \frac{R_1}{R_2}} \quad (1)$$

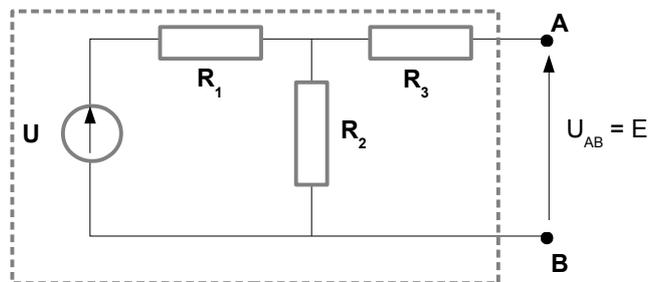


figure 3 – calcul de la tension équivalente E

Le circuit étant toujours ouvert en A, B (charge retirée), si l'on enlève la source de tension interne U et court-circuite à sa place, la résistance prise aux bornes A, B est la résistance équivalente r (figure 4); le calcul montre que r est fonction de toutes les résistances internes, selon :

$$r = \frac{R_1 + R_3 \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right)}{1 + \frac{R_1}{R_2}} \quad (2)$$

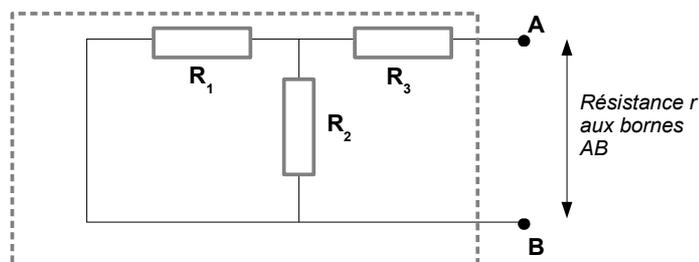


figure 4 – calcul de la résistance équivalente r

Finalement, en présence de la tension interne U et de la résistance de charge  $R_c$ , la tension  $U_{AB}$  mesurée aux bornes A,B de celle-ci est donnée par (figure 5) :

$$U_{AB} = E \frac{R_C}{r + R_C} \quad (3)$$

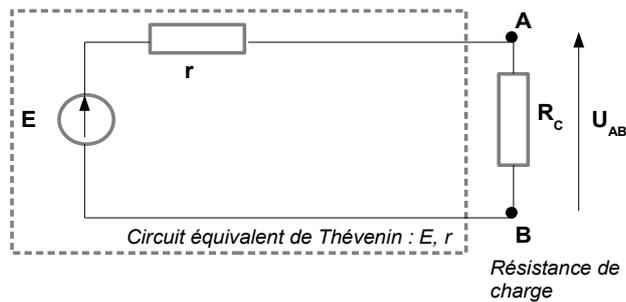


figure 5 – calcul de la tension  $U_{AB}$  aux bornes de la résistance de charge

### 3 - Manipulation expérimentale

La manipulation suivante a pour but de s'assurer que les mesures de  $E$ ,  $r$  et  $U_{AB}$  sont bien conformes aux relations (1), (2) et (3) lorsque l'on choisit  $U$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_C$ .

Le circuit complet est montré à la photo 1, avec comme données :

résistances :  $R_1 = 27,7 \Omega$  ;  $R_2 = 47,7 \Omega$  ;  $R_3 = 27,7 \Omega$  ;  $R_C = 10,5 \Omega$  ; tension d'alimentation délivrée par une pile  $U = 4,5 \text{ V}$ .

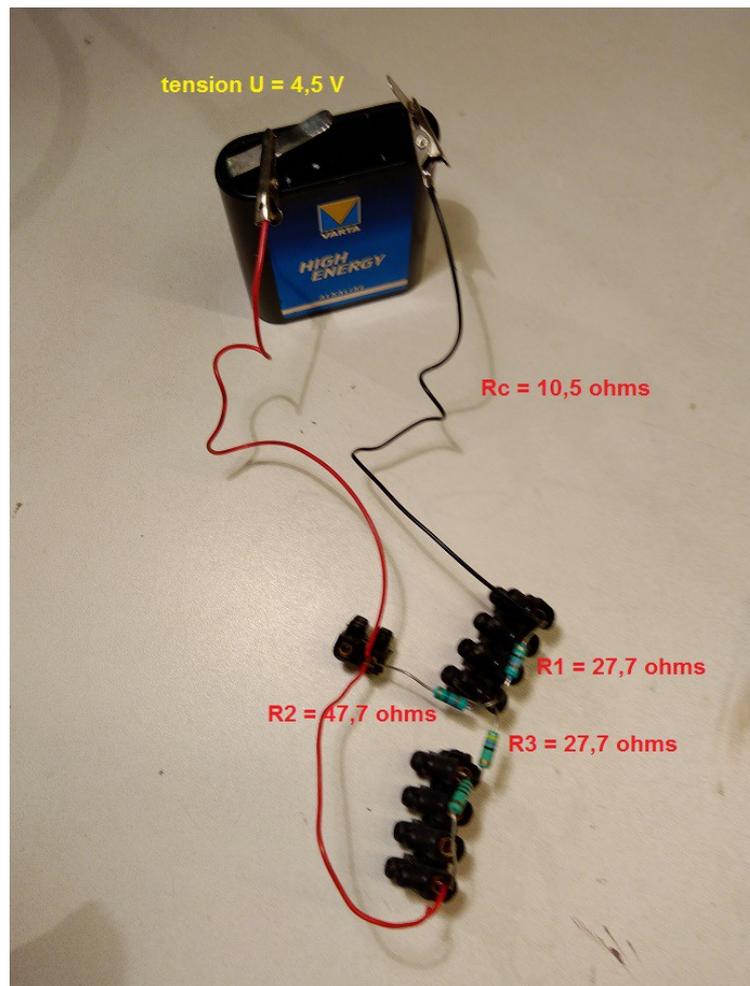


photo 1 – circuit complet (correspondant à la figure 2)

Première étape : elle consiste à mesurer la tension  $E$  aux bornes de A, B conformément à la

figure 3 ; l'opération est représentée à la photo 2.

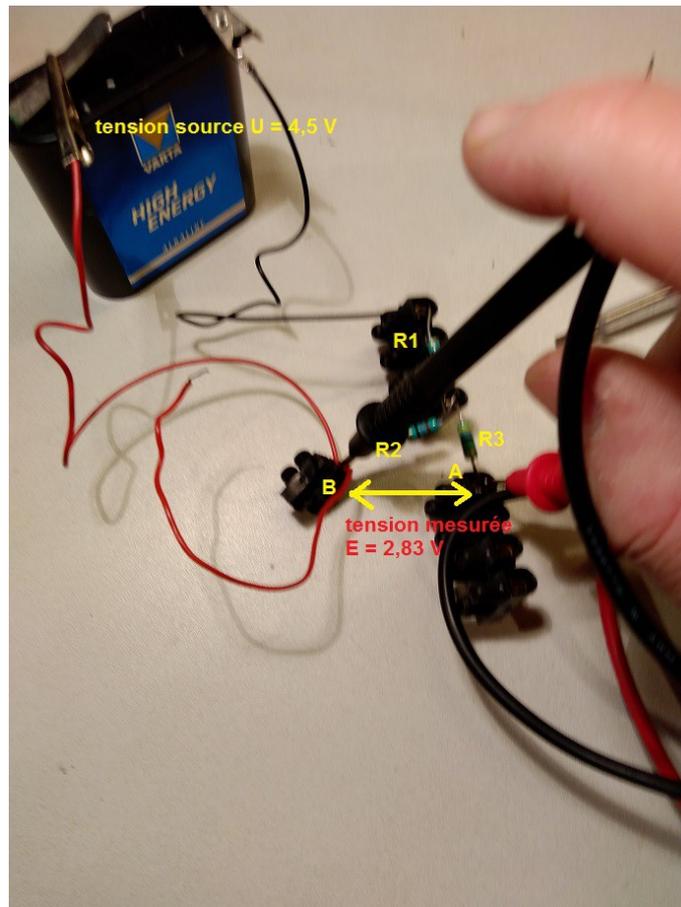


photo 2 – mesure de  $E$  (correspond à la figure 3)

La tension mesurée entre les bornes A et B est :  $E = 2,83 \text{ V}$ .

Deuxième étape : elle consiste à mesurer la résistance équivalente  $r$  conformément à la figure 4 ; l'opération est représentée à la photo 3.

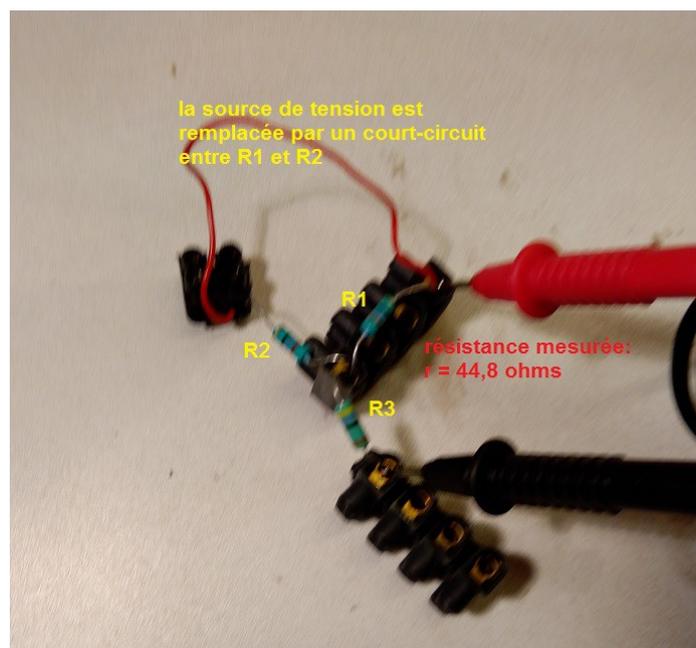


photo 3 : mesure de  $r$  (correspond à la figure 4)

La résistance mesurée est :  $r = 44,8 \Omega$

Troisième étape : elle consiste à mesurer la tension  $U_{AB}$  aux bornes A,B du circuit complet, conformément à la figure 5 ; l'opération est représentée à la photo 4.

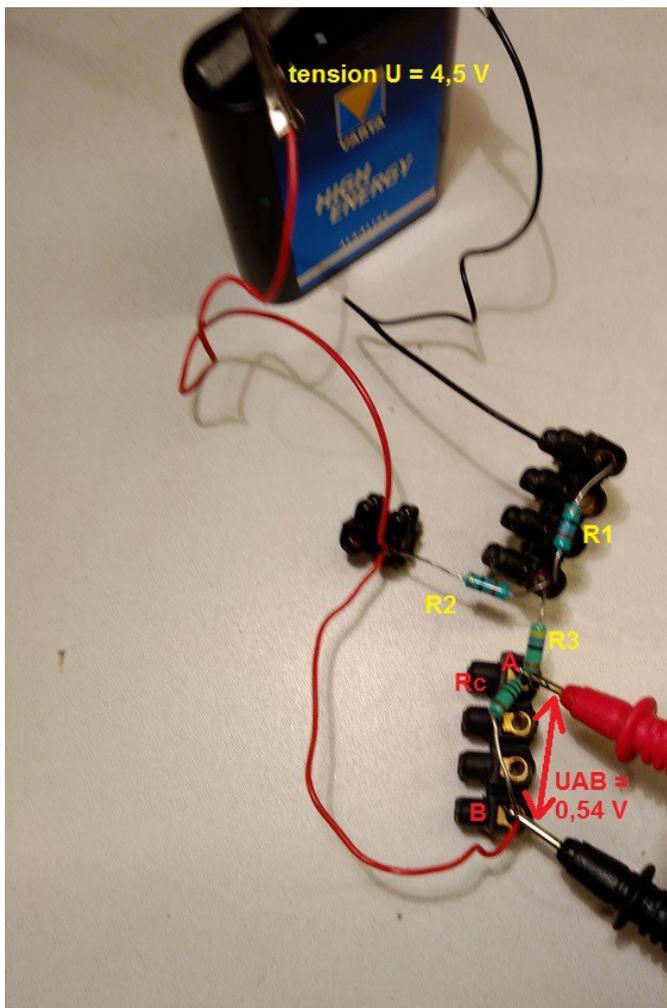


photo 4 : mesure de  $U_{AB}$  (correspond à la figure 5)

La tension mesurée aux bornes A,B en présence de la source de tension  $U$  et de la résistance de charge  $R_C$  (circuit complet) vaut :  $U_{AB} = 0,54 \text{ V}$ .

Dernière étape : reste à vérifier que les valeurs obtenues lors des 3 étapes correspondent bien aux résultats théoriques des formules (1), (2), (3). On a :

- calcul de  $E$  :  $E = 4,5 / (1 + 27,7 / 47,7) = 2,84 \text{ V}$  (à comparer avec la valeur mesurée  $E = 2,83 \text{ V}$ )
- calcul de  $r$  :  $r = (27,7 + 27,7 \times (1 + 27,7 / 47,7)) / (1 + 27,7 / 47,7) = 45,1 \Omega$  (à comparer avec la valeur mesurée  $r = 44,8 \Omega$ )
- calcul de  $U_{AB}$  :  $U_{AB} = 2,84 \times 10,5 / (45,1 + 10,5) = 0,536 \text{ V}$  (à comparer avec la valeur mesurée  $U_{AB} = 0,54 \text{ V}$ )

Écart relatif entre les valeurs théoriques et les valeurs mesurées :

Erreur sur la résistance  $r$  :

$$\Delta r / r = |r_{\text{calculé}} - r_{\text{mesuré}}| / r_{\text{calculé}} = |45,1 - 44,8| / 45,1 = 0,7\%$$

Erreur sur la tension apparente E :

$$\Delta E/E = |E_{\text{calculé}} - E_{\text{mesuré}}|/E_{\text{calculé}} = |2,84 - 2,83|/2,84 = 0,35\%$$

Erreur sur la tension  $U_{AB}$  :

$$\Delta U_{AB}/U_{AB} = |U_{AB \text{ calculé}} - U_{AB \text{ mesuré}}|/U_{AB \text{ calculé}} = |0,536 - 0,540|/0,536 = 0,4\%$$

Conclusion :

Les écarts entre les valeurs théoriques fournies par (1), (2), (3) et les résultats de mesures sont moins du 1% : notre manip retrouve donc le théorème de Thévenin de manière satisfaisante avec cette précision.

