

OUTILS DE MISE EN EQUATION D'UN SCHEMA ELECTRONIQUE

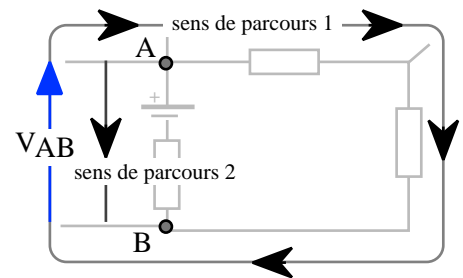
Dans un schéma électrique ou électronique complexe, on ne peut pas, en général, spontanément indiquer le sens réel du courant dans chaque branche. Dans ces conditions, on **orientera au hasard les courants inconnus** et l'on utilisera la loi d'Ohm algébrique pour mettre le schéma en équations et connaître, après résolution, le sens réel des courants compte-tenu du signe des résultats. Les exemples suivants sont relatifs au régime continu, cependant les outils présentés sont aussi utilisables en régime sinusoïdal à un instant t donné.

I. LOI D'OHM ALGEBRIQUE

1.1 Vecteur potentiel et sens de parcours imposé dans le schéma.

Considérons deux nœuds A et B d'un schéma. On définit le vecteur potentiel V_{AB} de telle manière que la première lettre A constitue la flèche du vecteur et B la queue.

Les sens de parcours dans le schéma sont définis par la direction indiquée par le vecteur V_{AB} .



1.2 Loi d'Ohm algébrique appliquée à une maille du schéma.

La loi d'Ohm algébrique donne un signe aux courants, aux générateurs de tension et aux vecteurs potentiels. Le signe est lié au sens de parcours dans les branches du schéma et obéit aux règles suivantes :

- Si le sens du courant est opposé au sens de parcours : affecter le courant du signe négatif.*
- Si le sens du courant identique au sens de parcours : affecter le courant du signe positif.*
- Lorsqu'on rencontre un générateur de tension, on lui affecte le signe du pôle par lequel on « entre » dans le générateur.*
- Tout vecteur potentiel est assimilable à une différence de potentiel dont le pôle + correspond à la flèche du vecteur et le pôle - à la queue. On applique donc la règle précédente.*

1.3 Exemple :

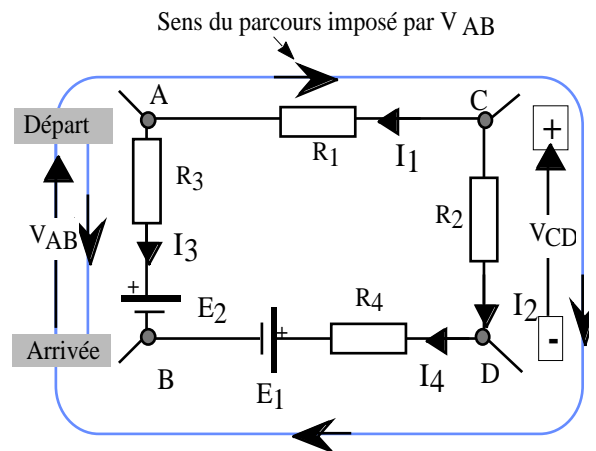
Dans le réseau ci-contre, exprimons le vecteur potentiel V_{AB} qui définit deux sens de parcours (ACDB ou AB). En exploitant la loi d'Ohm algébrique (§1.2 a et b), on obtient :

$$V_{AB} = -R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_4 I_4 + E_1 \quad (1)$$

$$V_{AB} = +R_3 I_3 + E_2 \quad (2)$$

On peut introduire dans l'équation (1) le vecteur potentiel V_{CD} compte tenu de §1.2d :

$$V_{AB} = -R_1 I_1 + V_{CD} + R_4 I_4 + E_1 \quad (3)$$



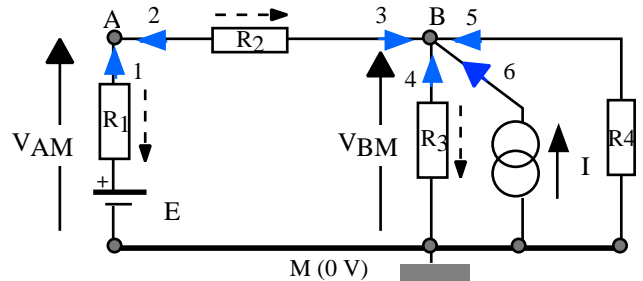
METHODE DES POTENTIELS AUX NOEUDS

Cette méthode est, dans la majorité des cas, **la plus performante** pour mettre en équations les schémas électroniques afin d'en déterminer les propriétés. Elle consiste à écrire les équations aux nœuds du schéma (exclure le nœud de masse) en faisant intervenir les potentiels par rapport à la masse et les résistances associées.

Pour appliquer la loi algébrique à un nœud, on écrit que la somme algébrique des courants au nœud doit être nulle en utilisant la convention de signe suivante :

- *Courant entrant : signe positif*
- *Courant sortant : signe négatif*

Exemple : sur le schéma indiqué ci-contre on désire obtenir les expressions des vecteurs potentiels V_{AM} et V_{BM} . Connaissant la valeur de tous les éléments (E, R_1, R_2 etc.), la méthode des potentiels appliquée aux nœuds A et B permet alors d'obtenir et de résoudre deux équations à deux inconnues : V_{AM} et V_{BM} .



Nœud A : les courants choisis au hasard et notés 1 et 2 sont affectés du signe positif et s'exprime :

$$1 = \frac{+E - V_{AM}}{R_1} \quad 2 = \frac{+V_{BM} - V_{AM}}{R_2} \quad \text{soit au nœud A : } +\left(\frac{+E - V_{AM}}{R_1}\right) + \left(\frac{+V_{BM} - V_{AM}}{R_2}\right) = 0$$

Nœud B : de même, les courants notés 3, 4, 5 et 6 sont affectés du signe positif et s'expriment selon :

$$3 = \frac{V_{AM} - V_{BM}}{R_2} \quad 4 = \frac{-V_{BM}}{R_3} \quad 5 = \frac{V_{BM}}{R_4} \quad 6 = I$$

D'où l'équation au nœud B :

$$+\left(\frac{V_{AM} - V_{BM}}{R_2}\right) + \left(\frac{-V_{BM}}{R_3}\right) + \left(\frac{V_{BM}}{R_4}\right) + (I) = 0$$

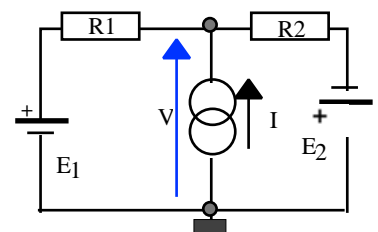
II THEOREME DE SUPERPOSITION

Ce théorème indique que le courant qui circule dans une branche est la somme des courants qu'impose dans cette branche chaque générateur supposé seul. On peut évidemment raisonner en tension. Dans le circuit ci-contre, le vecteur potentiel V est égal à la contribution :

- De la tension E_1 (avec E_2 et I nuls)
- De la tension E_2 (avec E_1 et I nuls)
- Du courant I (avec E_1 et E_2 nuls)

On obtient finalement la somme de trois expressions issues de trois schéma successifs :

$$V = E_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2} - E_2 \frac{R_1}{R_1 + R_2} + I (R_1 / R_2)$$

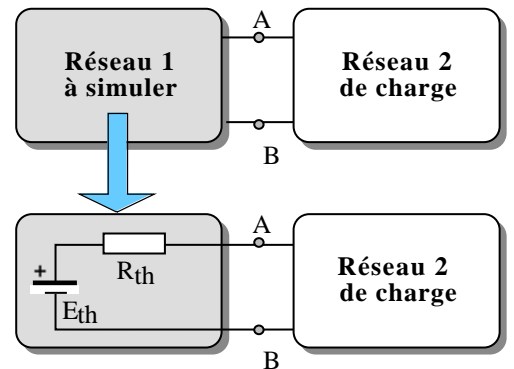


Remarque : Un générateur de **tension nulle** est représenté par un **court-circuit**. Un générateur de **courant nul** est un **circuit ouvert**.

III. OUTILS DE SIMULATION

3.1 Simulation d'une partie du schéma selon THEVENIN.

Tout schéma linéaire peut être simulé par un générateur de tension E_{th} de résistance interne R_{th} . Soit un schéma dont on a effectué le partage en deux sous-réseaux 1 et 2. On désire simuler le réseau 1 par son générateur de Thévenin (E_{th} , R_{th}).



a) Pour déterminer l'expression de E_{th} :

Déconnecter le réseau de charge 2.
Alors l'expression de la tension V_{AB} « à vide », obtenue à l'aide des méthodes d'analyses précédentes, est égale à celle du générateur de Thévenin E_{th} .

b) Pour déterminer l'expression de R_{th} : méthode de « l'ohmmètre » :

Déconnecter le réseau de charge 2.
Mettre à sa place un générateur de tension U qui débite un courant I .
Dans le réseau 1 **annuler uniquement** les générateurs indépendants.
L'expression du rapport U/I est égale à R_{th} .

Exemple : dans le schéma donné ci-dessous, on désire déterminer l'état de la diode : passante ou bloquée ?

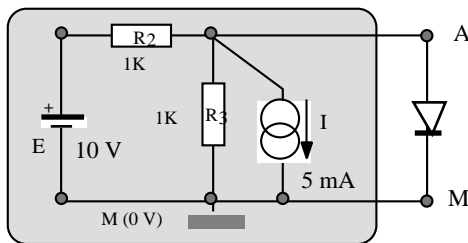
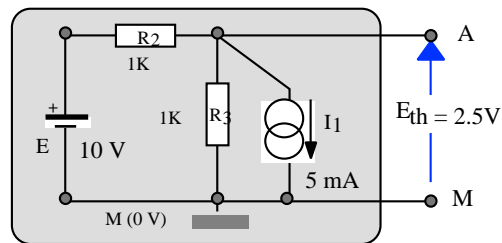


schéma du montage



Détermination de E (Thévenin)

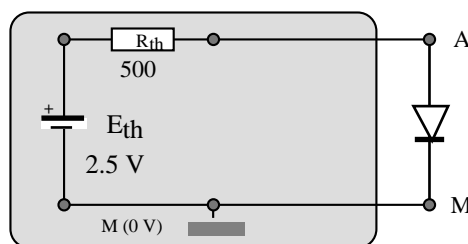
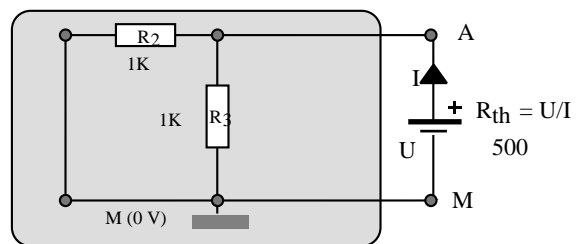


Schéma simulé par Thévenin



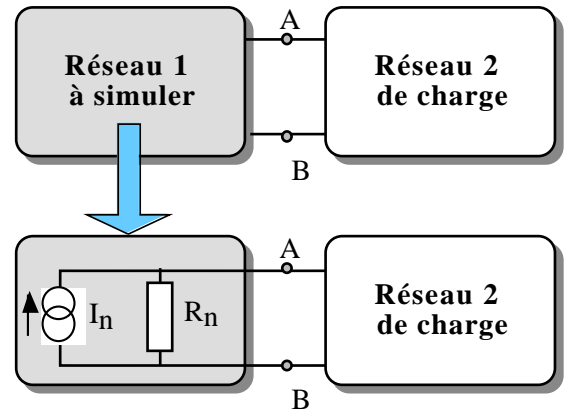
Détermination de R (Thévenin)

- On considère que la diode constitue le réseau de charge 2.
- En appliquant la méthode (§3.1a) et le théorème de superposition, on obtient : $E_{th} = 2.5 \text{ V}$.
- De même, selon §3.1b on détermine $R_{th} = 500$.

Le schéma simulé par Thévenin montre que la diode est dans l'état passant.

3.2 Simulation d'une partie du schéma selon NORTON

Tout schéma linéaire peut être simulé par un générateur de courant I_n de résistance interne R_n . Considérons un schéma dont on a effectué le partage en deux sous-réseaux 1 et 2. On désire simuler le réseau 1 par son générateur de Norton (I_n , R_n).



a) Pour déterminer l'expression de I_n :

Déconnecter le réseau de charge 2 et court-circuiter la branche A B. Alors l'expression du courant de court-circuit I_{AB} est égale à I_n .

b) Pour déterminer l'expression de R_n :

Sachant que $R_n = R_{th}$, on utilise évidemment la méthode indiquée précédemment §3.1b.

Exemple : dans le schéma donné ci-dessous, on désire déterminer l'état de la diode.

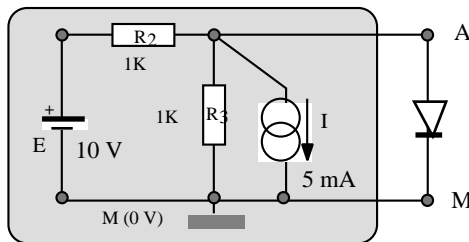
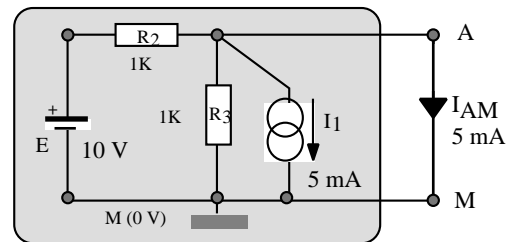


schéma du montage



Détermination de I_n (Norton)

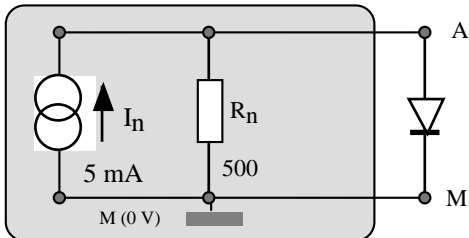
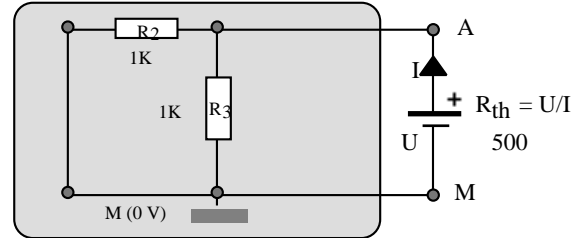


Schéma simulé par Norton



Détermination de R_n (Norton)

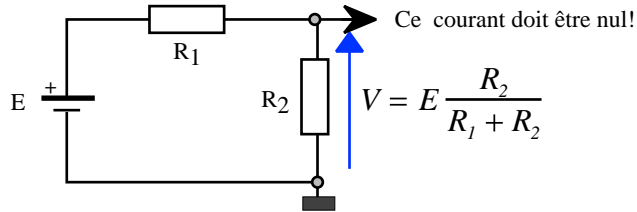
- On considère que la diode constitue le réseau de charge 2.
- En appliquant §3.2a puis le théorème de superposition, on montre que $I_n = 5 \text{ mA}$.
- De même, selon §3.2b, on détermine $R_n = 500 \text{ } \Omega$.

Le schéma simulé par Norton montre que la diode est dans l'état passant.

IV. ANNEXE : DIVISEUR DE TENSION ET DIVISEUR DE COURANT

Ces deux schémas sont très souvent rencontrés, aussi il convient d'appliquer directement les relations suivantes.

4.1 Montage diviseur de tension :



Attention : pour utiliser cette relation il faut que R_1 et R_2 soient parcourues par le même courant.

4.2 Montage diviseur de courant :

