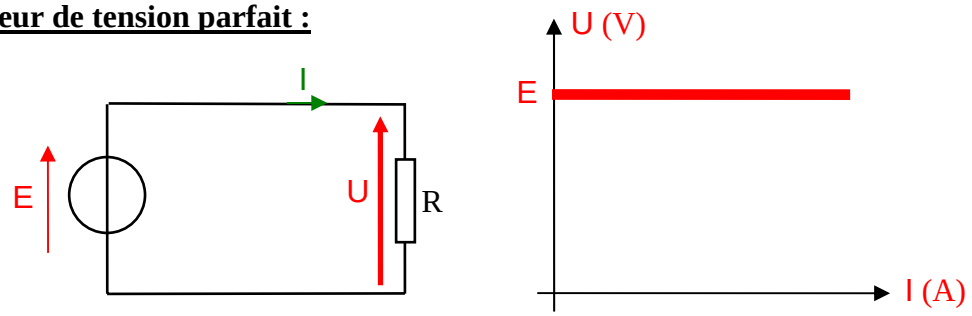
CHAPITRE IX

Théorème de Thévenin & théorème de Norton

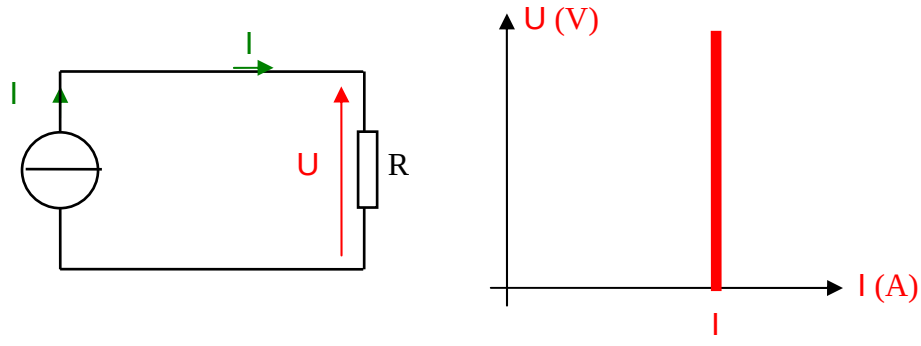
A. Rappels :

Générateur de tension parfait :



Un générateur de tension parfait maintient entre ses bornes une différence de potentiels constante U = E, quelque soit le courant I débité dans la charge.

Générateur de courant parfait :

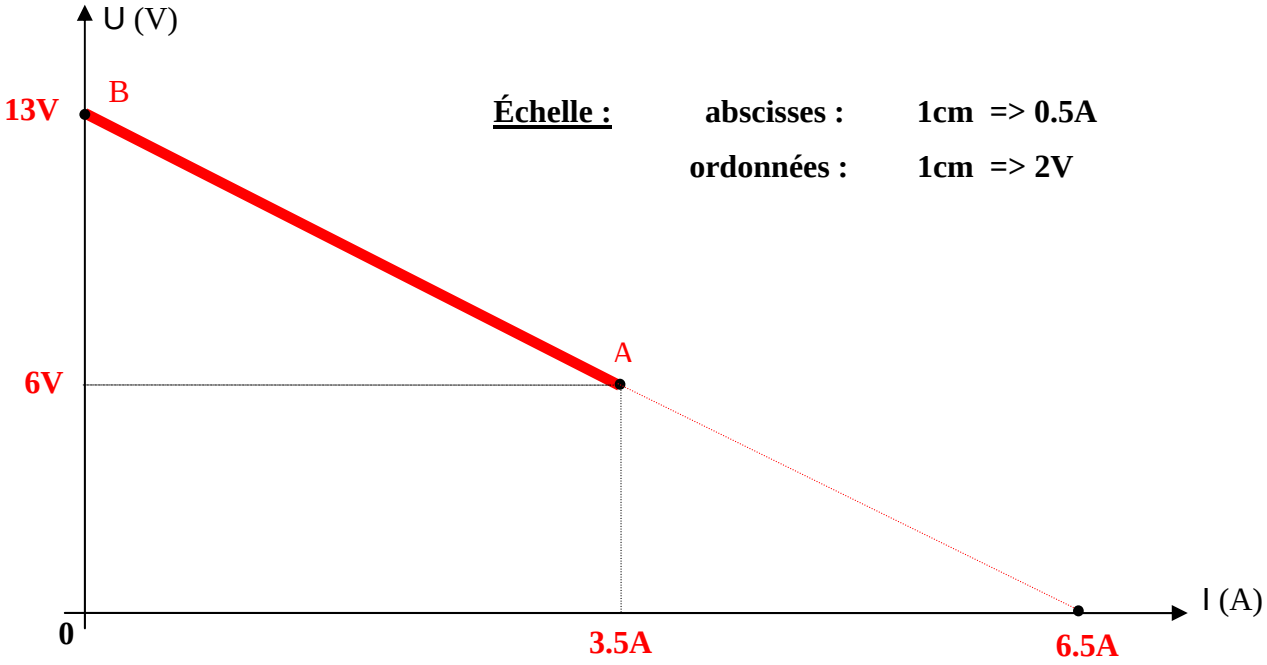


Un générateur de courant parfait débite un courant constant I dans la charge qui lui est connectée quelque soit la différence de potentiels U aux bornes de cette même charge.

GENERATEURS REELS :

Dans un générateur réel, la différence de potentiels et l'intensité du courant varient simultanément.

Caractéristique U = f (I).



La caractéristique U = f (**I**) obtenue est une **droite** d'équation générale :

y = ax + b qui peut s'écrire : U = a I + b c'est un générateur linéaire**.**

Le coefficient directeur a de la droite est :

a = (13 – 6) / (0-3,5) = - 2 Ω

a s'exprime en Ω

L'équation devient donc **U = - 2 I + b**

Lorsque I = 3,5A, on a **U = 6 V** d'où b = 6 + 2 x 3,5 = 6 + 7 = **13 V**

b s'exprime en V

L'équation devient donc **U = - 2I + 13**

Conclusion :

La caractéristique U = f (I) aux bornes du générateur s'écrit

$U = - r I + U_0$ **Ou** $U = E - r I$

La ddp E, aux bornes du générateur lorsqu'il ne débite pas (I = 0 A) est appelée tension à vide ou force électromotrice (f.e.m). Souvent on la note U_0.

Ici, $U_0 = E =$**13V**.

La résistance r est appelée résistance interne du générateur. Elle correspond au coefficient directeur de la droite.

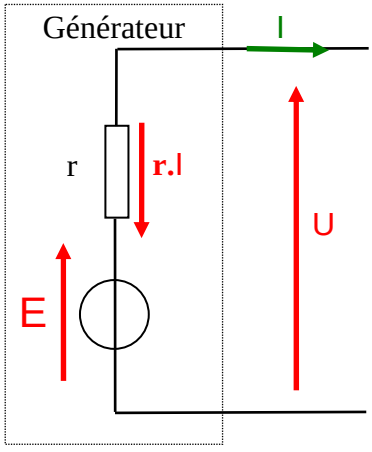
r = 2Ω

B. La modélisation :

1. Modèle équivalent de Thevenin.

Dans le chapitre précédent nous avons déterminé le modèle équivalent d'un dipôle de structure inconnue à l'aide de sa caractéristique externe.

Les deux paramètres E et R qui caractérisent un générateur sont représentés chacun par leur symbole :



D'après la loi des mailles :

$U + r I - E = 0$

D'où $U = E - r I$

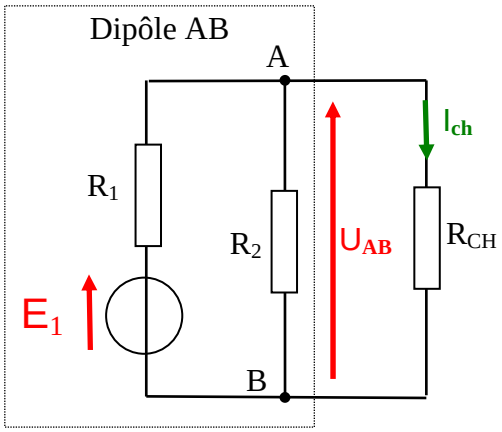
La caractéristique U = f (I) de cet ensemble est la même qu'un générateur réel linéaire de tension à vide E et de résistance interne r.

Cette représentation sera commode pour déterminer le fonctionnement d'un générateur dans un circuit.

Le modèle électrique équivalent est aussi appelé **modèle équivalent de Thévenin.**

MODELE ELECTRIQUE DE THEVENIN :

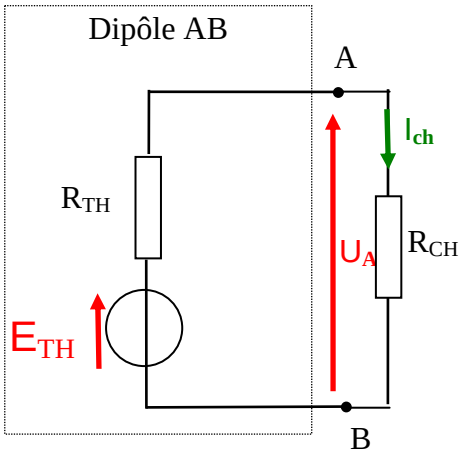
Soit le schéma suivant :



Si on place une charge de résistance R_{CH} entre les deux bornes A et B d'un dipôle comprenant un ou plusieurs générateurs (E1) et de plusieurs éléments résistifs (R1 et R_2), alors cette charge R_{CH} sera traversée par la même intensité de courant que si elle était montée entre les bornes d'un générateur ayant pour force électromotrice E_{th} (fem de Thévenin)

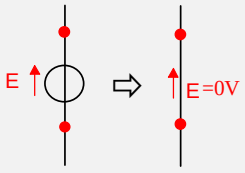
Le schéma équivalent à l'ensemble constitué par le générateur E_1 et par les deux éléments résistifs R_1 et R_2 sera :

E_{TH} : f.e.m de Thévenin :
C'est la ddp entre les bornes du générateur lorsque l'on déconnecte la charge (ICH = 0)

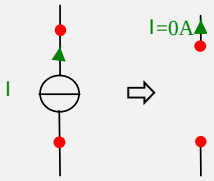


R_{TH} : Résistance de Thévenin : c'est la résistance que l'on mesure entre les deux bornes A et B lorsque :

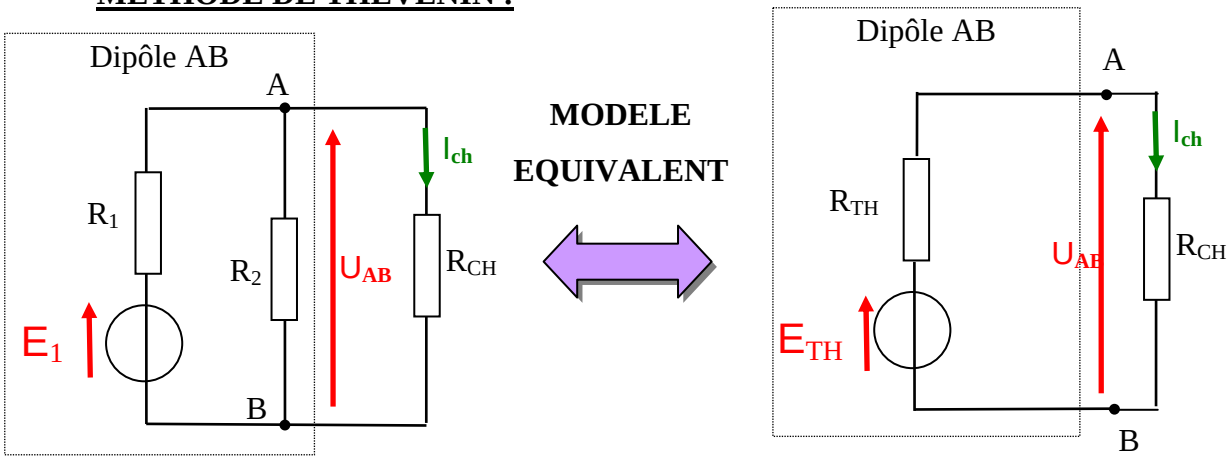
- la charge est déconnectée (I_{CH} = 0)
- on remplace toutes les sources de tension par des courts-circuits.



- on remplace toutes les sources de courant par des circuits ouverts.

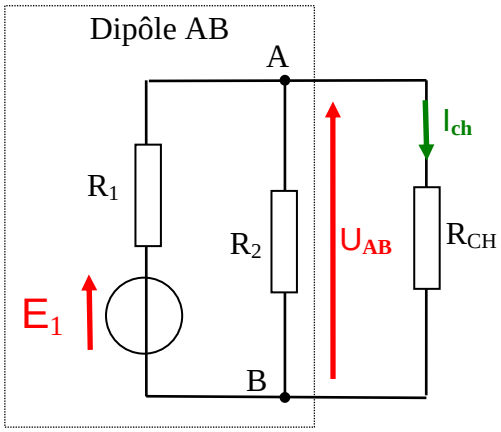


METHODE DE THEVENIN :



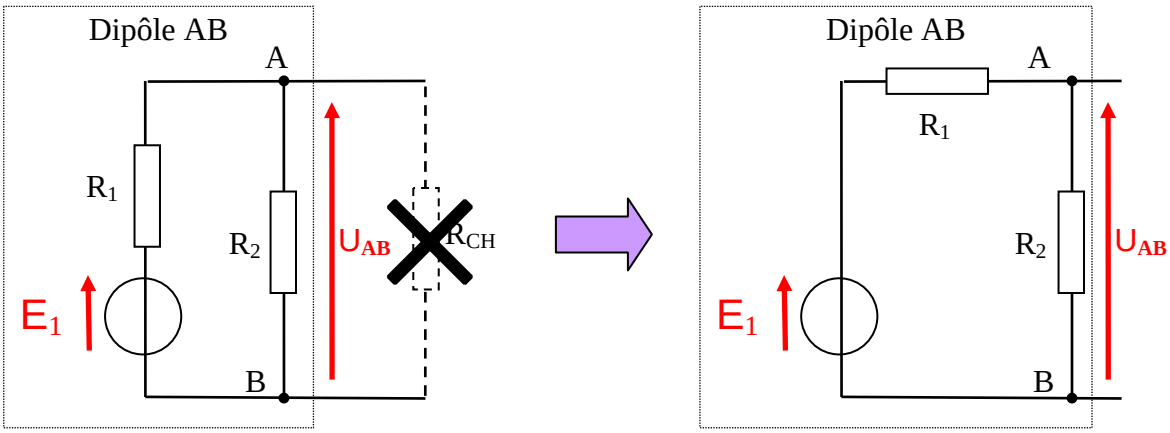
METHODE DE CALCUL DES ELEMENTS DU GENERATEUR DE THEVENIN :

Circuit à simplifier



CALCUL DE Eth :

ETh = U_{AB0} (tension vue des points A et B) **sans charge** entre A et B.

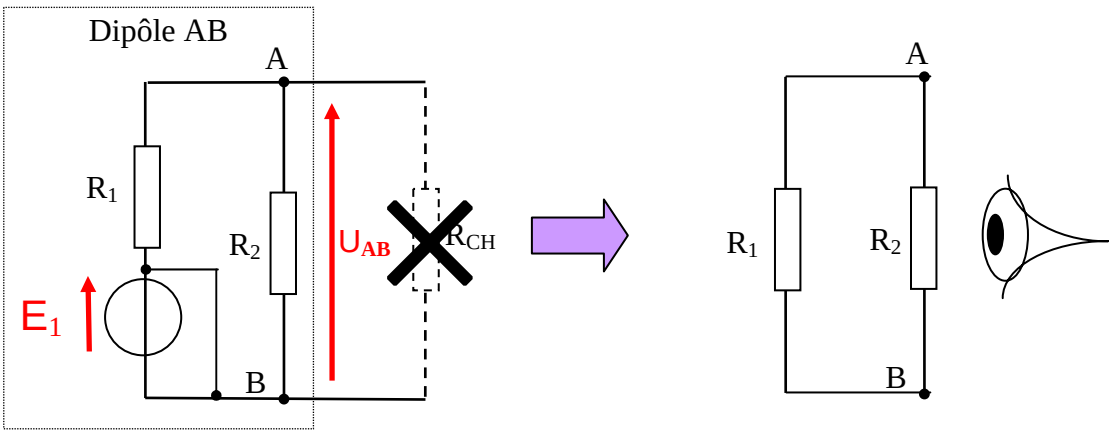


$$U_{AB} = Eth = \frac{R2}{R1 + R2} . E_1$$

CALCUL DE Rth :

Rth = R_{AB} (résistance vue des points A et B) **sans charge** entre A et B.

Avec : Sources de **tension** remplacées par un **circuit fermé**.
Sources de **courant** remplacées par un **circuit ouvert**.



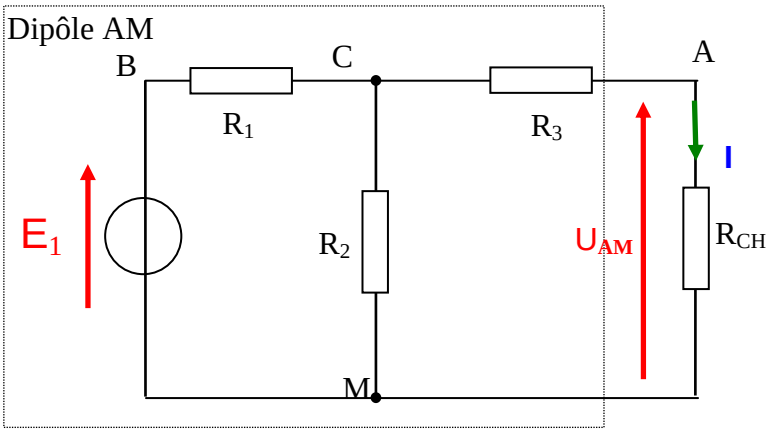
$$Rth = R1 \,//\, R2 = \frac{R1.R2}{R1+R2}$$

C. Exemple de modélisation :

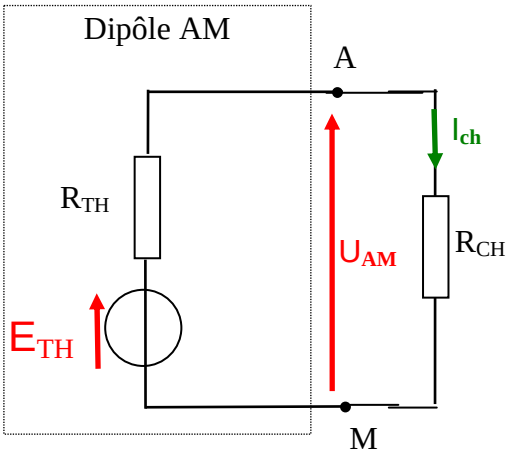
Le problème posé consiste à calculer la différence de potentiel U_{AM} aux bornes du dipôle de charge R_{CH} et l'intensité I qui le traverse.

Un calcul direct serait long et fastidieux. Pour simplifier ce calcul, il convient de remplacer le dipôle de borne A et M par son modèle équivalent de Thévenin (plus simple), il devient aisé de calculer la différence de potentiel U_{AM} aux bornes du dipôle de charge R_{CH} et l'intensité I qui le traverse.

Soit le dipôle de borne A et M suivant :



Modèle de Thévenin du dipôle :

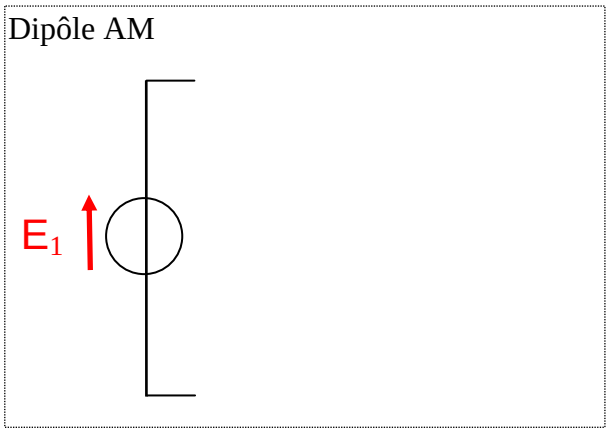


- **DETERMINATION DES PARAMETRES DU MODELE**

Calcul de ETh:

Pour déterminer **Eth** : poser la condition I = 0 (charge débranchée).

ETh est la valeur de UAM quand le dipôle Ru est débranché, on a I = 0 et ETh = $(U_{AM})_0$



$$(U_{AM})_0 = U_{AC} + U_{CM}$$

$$U_{CM} = R_2.I_2$$

$$U_{AC} = -R_3.I = 0$$

$$(U_{AM})_0 = R_2.I_2 \qquad I2 = \frac{E}{R1 + R2}$$

$$(U_{AM})_0 = \frac{\mathbf{R2}}{\mathbf{R1+R2}}.\mathbf{E} \quad \text{ou} \rightarrow \mathbf{Eth} = \frac{\mathbf{R2}}{\mathbf{R1+R2}}.\mathbf{E}$$

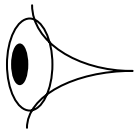
Calcul de Rth:

Pour déterminer Rth: résistance interne vue entre les bornes de sortie du dipôle lorsque les sources indépendantes de tension et de courant constituant ce dipôle sont remplacées:

- **par un court-circuit pour les sources de tension.**
- **par un circuit ouvert pour les sources de courant.**

Calculer la résistance équivalente vue entre les bornes de sortie.

La source de tension est remplacée par un court-circuit et on calcule la résistance équivalente vue des bornes A et M.



R1 et R2 ont les mêmes bornes (B, C), ils sont associés en dérivation.

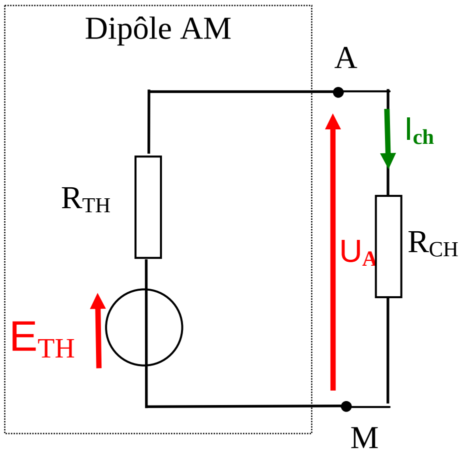
$$\frac{1}{Req} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}$$

$$Req = \frac{R1.R2}{R1+R2}$$

L'ensemble est associé en série avec R_3, on peut écrire :

Rth = Req + R_3

Le premier schéma peut donc se réduire à :



Le calcul de la différence de potentiel UAM aux bornes du dipôle de charge Ru et l'intensité I qui le traverse, se résume à:

UAM = Rch. I

$$I = \frac{Eth}{Rth + Rch}$$

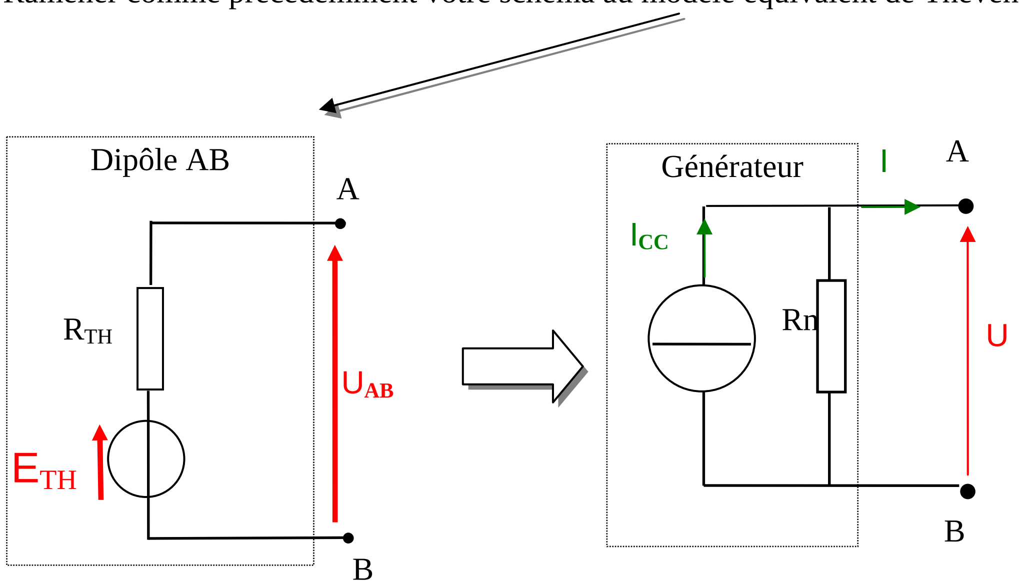
$$\textbf{UAM} = \frac{Rch}{Rth + Rch}.Eth \quad \text{et:} \quad \text{soit } I = \frac{Eth}{Rth + Rch}$$

Modèle équivalent de Norton :

D'après la caractéristique U = f (I), nous avons montré que U = - r I + E

Un générateur peut également être modélisé par le groupement d'une source de courant Icc en dérivation avec une résistance Rn. Ce modèle équivalent est appelé modèle de Norton.

Ramener comme précédemment votre schéma au modèle équivalent de Thévenin.



Règle :

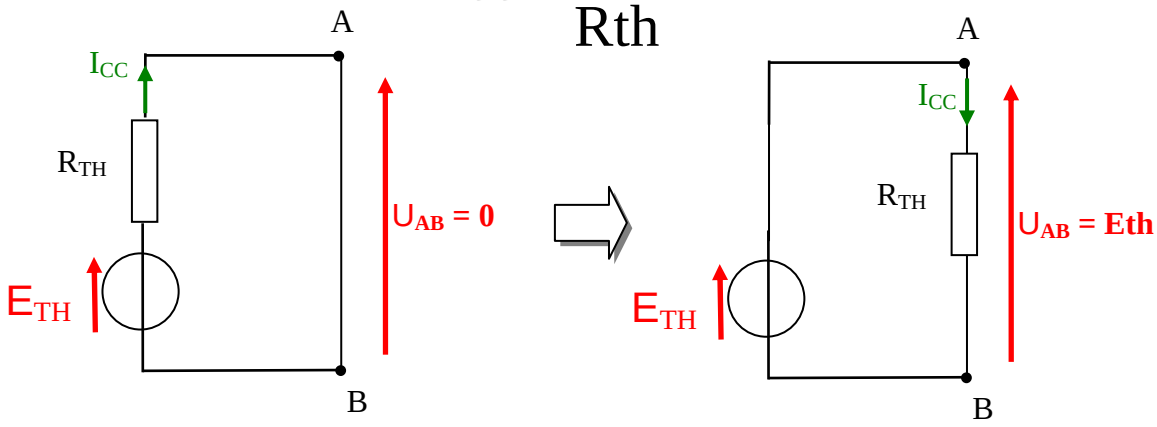
Pour déterminer **Icc**: poser la condition $U_{AM} = 0$ (sortie court-circuitée); alors Icc est l'intensité débitée dans le fil de court-circuit qu'il faut déterminer à l'aide des grandeurs connues.

Pour déterminer **Rn** : poser la condition générateurs éteints :

SOURCES de TENSION court-circuitées et SOURCES de COURANT ouvertes; calculer la résistance équivalente vue des bornes A et M

CALCUL DE Icc :

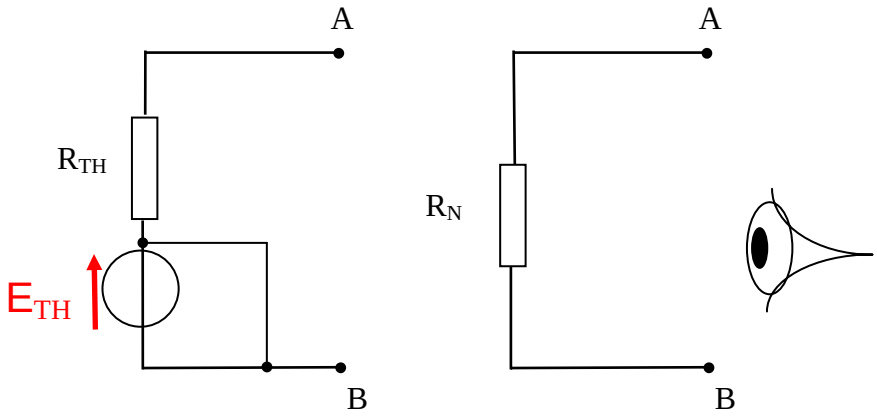
$$Icc = \frac{Eth}{Rth}$$



I_{CC} est l'intensité de court-circuit

CALCUL DE Rn :

$$R_N = R_{TH}$$



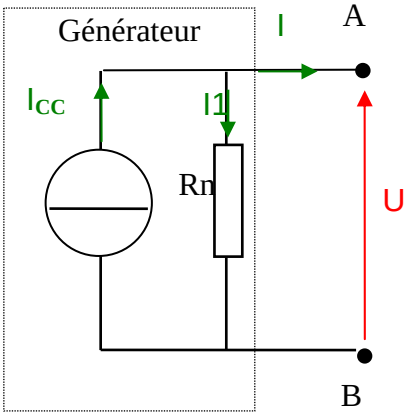
Modèle de Thévenin Modèle de Norton

Les paramètres du modèle équivalent de Norton s'obtiennent par les relations :

$$\mathbf{Rn = Rth \quad et \quad Icc = \frac{Eth}{Rn}}$$

Avec U = E – RI

On obtient donc $U = Rn\, I_{CC} - Rn.I$



Démonstration : (Vérification)

$I = Icc - I1$ et $U_{AB} = Rn.I1$ donc $I1 = \frac{U_{AB}}{Rn}$

$I = Icc - I1$ et $U_{AB} = Rn.I1$ donc $I1 = \frac{U_{AB}}{Rn}$

Nous déduisons que : $I = Icc - \frac{U_{AB}}{Rn}$ *soit* $\frac{U_{AB}}{Rn} = Icc - I$

En conclusion : $U_{AB} = Rn.Icc - Rn.I$

Le modèle de Thévenin est équivalent au modèle de Norton, on utilise l'un ou l'autre suivant le type de problème à résoudre.

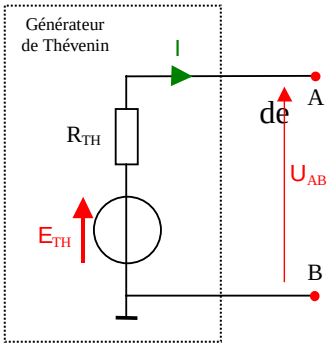
Comme nous l'avons vu précédemment il est plus simple d'associer deux générateurs en parallèle en utilisant le modèle équivalent de Norton.

Déterminer le modèle équivalent de Thévenin et si cela vous arrange transformer le en modèle équivalent de Norton.

RESUME

MÉTHODE DE THÉVENIN :

Elle a pour utilité de simplifier une structure électronique comportant un ou plusieurs **générateurs de tension** E et un ou plusieurs **générateurs de courant** I.

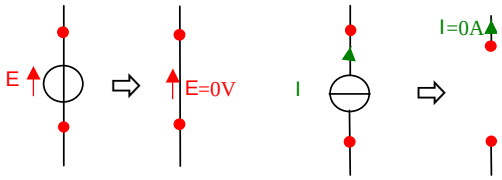


1- Calcul de R_{TH} :

Pour calculer R_{TH}, résistance interne du générateur Thévenin, il faut :

a. Débrancher la charge R_C.

b. Rendre **tous** les générateurs passifs :



La résistance R_{TH} est la résistance équivalente aux bornes A et B. **$R_{TH} = R_{AB}$**

2- Calcul de E_{TH} :

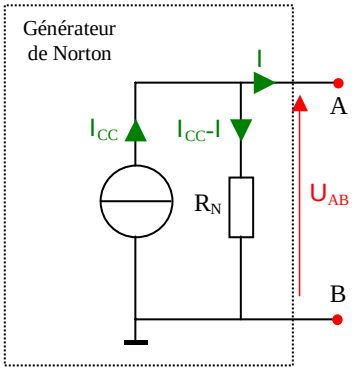
Pour calculer E_{TH}, fem du générateur de Thévenin, il faut :

a. Débrancher la charge R_C.

b. La fem E_{TH} est la ddp aux bornes A et B: **$E_{TH} = U_{AB}$**

MÉTHODE DE NORTON :

Elle permet de transformer le générateur de Thévenin (fem E_{TH}) en un générateur de courant I_{CC} :



1- Calcul de R_N :

$R_N = R_{TH}$

2- Calcul de I_{CC} :

$$I_{CC} = \frac{E_{TH}}{R_{TH}}$$