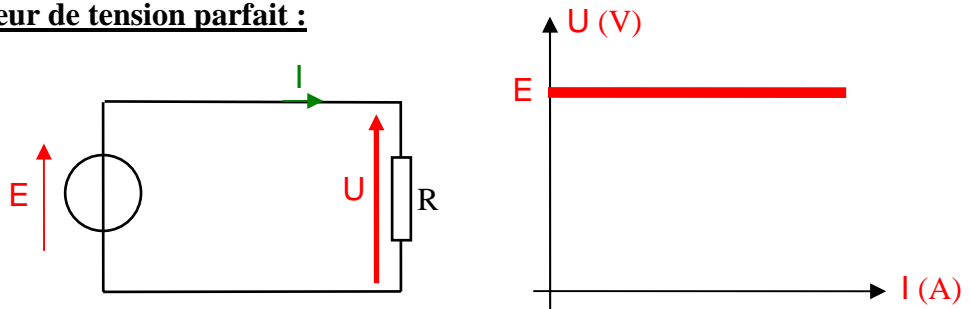


## CHAPITRE IX

### ***Théorème de Thévenin & théorème de Norton***

A. Rappels :

Générateur de tension parfait :

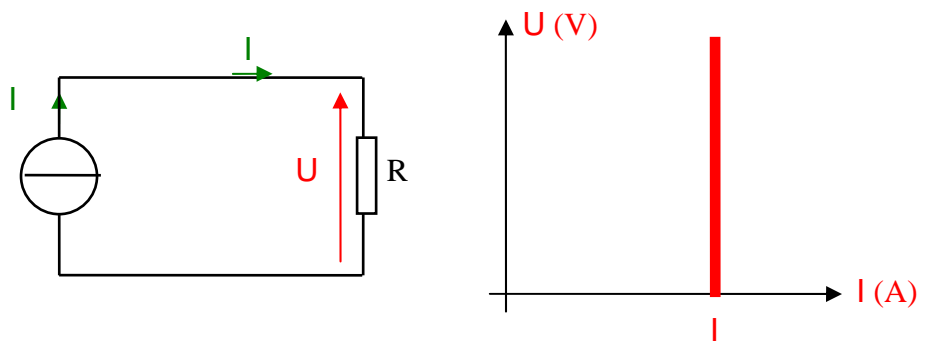


.....

.....

.....

Générateur de courant parfait :



.....

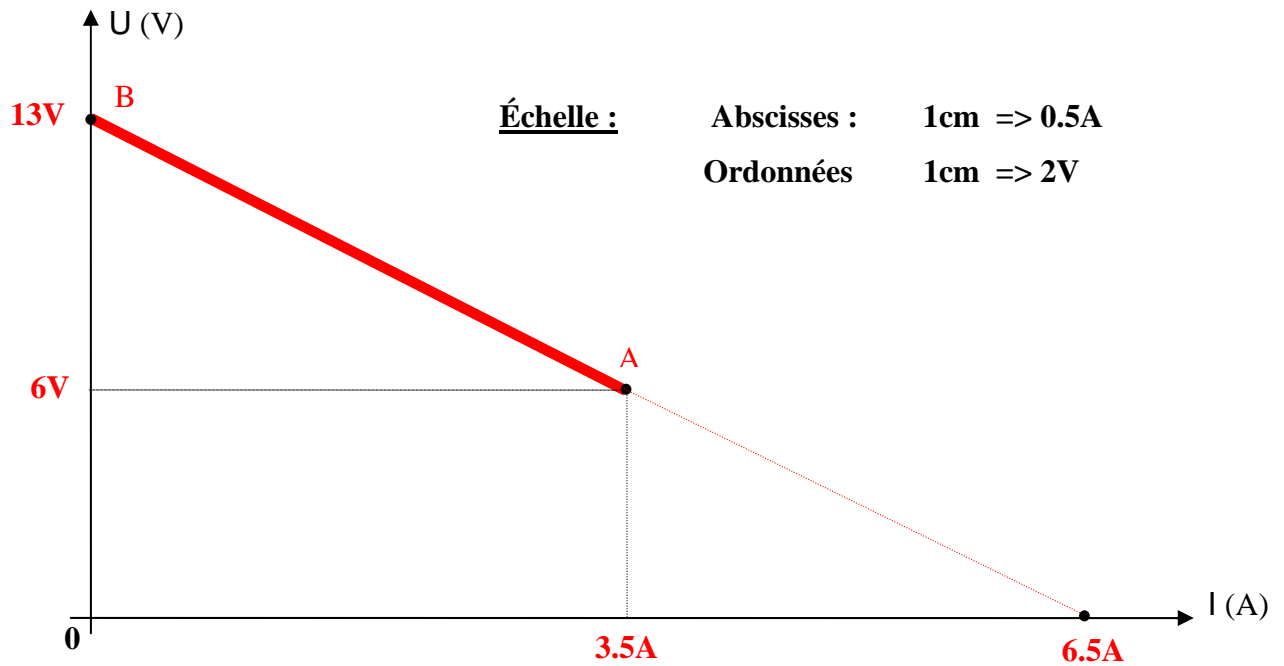
.....

.....

**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 :

$a = \dots\dots\dots$   
 **$a$  s'exprime en  $\Omega$**

L'équation devient donc  $U = \dots\dots\dots$

Lorsque  $I = 3.5A$ , on a  $U = \dots\dots\dots$  d'où  $b = \dots\dots\dots$   
 **$b$  s'exprime en  $V$**

L'équation devient donc  $U = \dots\dots\dots$

**Conclusion :**

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

$$U = -r I + U_0 \quad \text{Ou} \quad U = E - r I$$

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  $U_0$ .

$$\text{Ici, } U_0 = E = 13\text{V.}$$

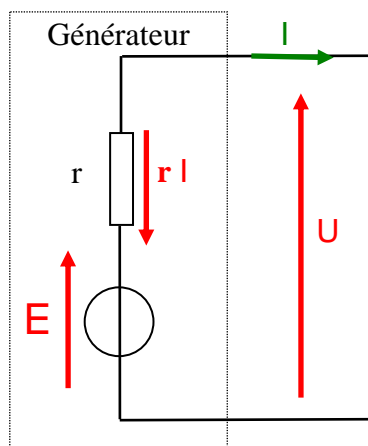
La résistance  $r$  est appelée résistance interne du générateur. Elle correspond au coefficient directeur de la droite.

$$r = 2\Omega$$

**B. La modélisation :****1. Modèle équivalent de Thévenin.**

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

.....

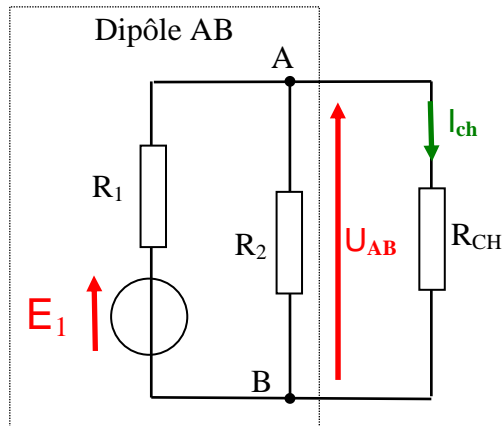
La caractéristique  $U = f(I)$  de cet ensemble est la même qu'un générateur réel linéaire de tension à vide  $E$  et de résistance interne  $r$ .

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 :**

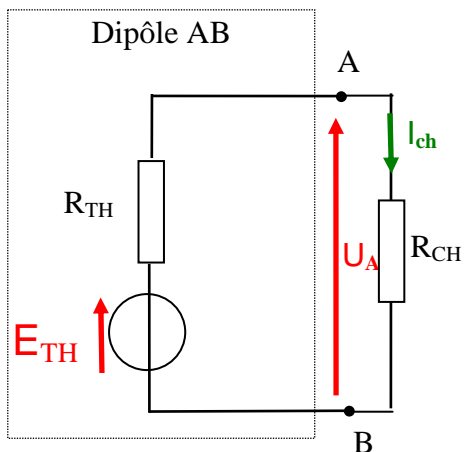
Soit le schéma suivant :



Si on place une charge de résistance  $R_{CH}$  entre les deux bornes A et B d'un dipôle comprenant un ou plusieurs générateurs ( $E_1$ ) et de plusieurs éléments résistifs ( $R_1$  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 Thevenin)

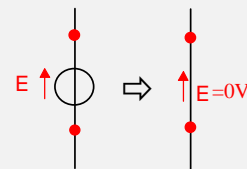
Le schéma équivalent à l'ensemble constitué par le générateur  $E_1$  et par les deux éléments résistifs  $R_1$  et  $R_2$  sera :

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

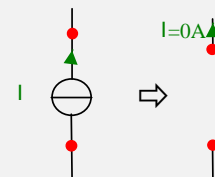


**$R_{TH}$**  : Résistance de Thévenin : c'est la résistance que l'on mesure entre les deux bornes A et B lorsque :

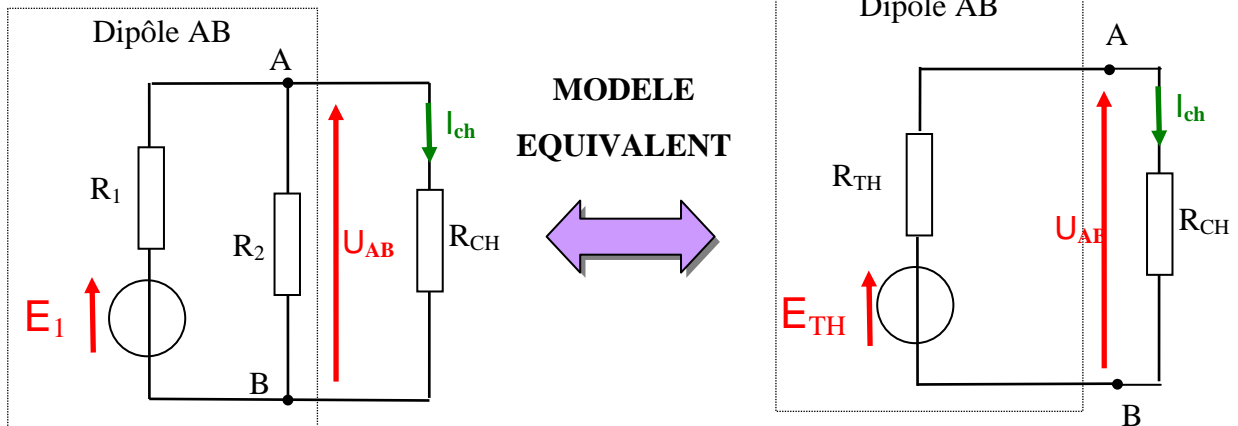
- la charge est déconnectée ( $I_{CH} = 0$ )
- on remplace toutes les sources de tension par des courts-circuits.



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

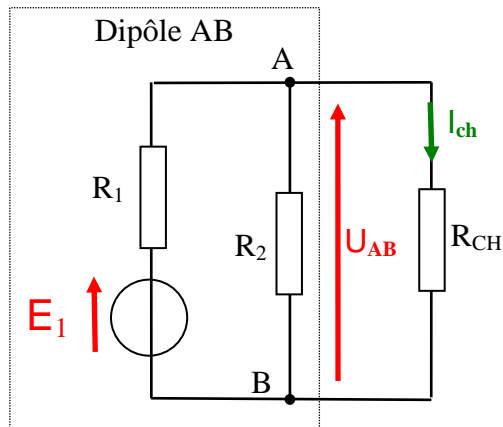


**METHODE DE THEVENIN :**



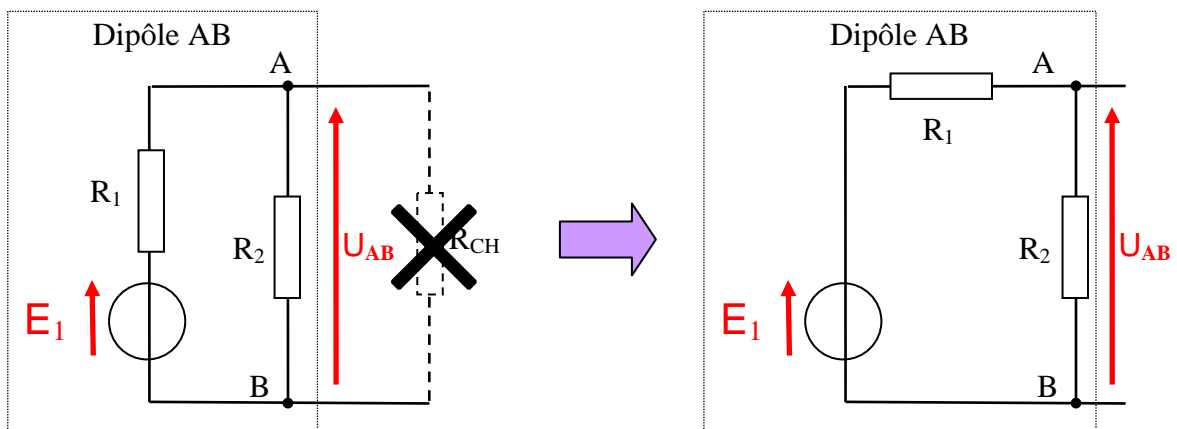
**METHODE DE CALCUL DES ELEMENTS DU GENERATEUR DE THEVENIN :**

Circuit à simplifier



**CALCUL DE Eth :**

$E_{Th} = U_{AB0}$  (tension vue des points A et B) sans charge entre A et B.

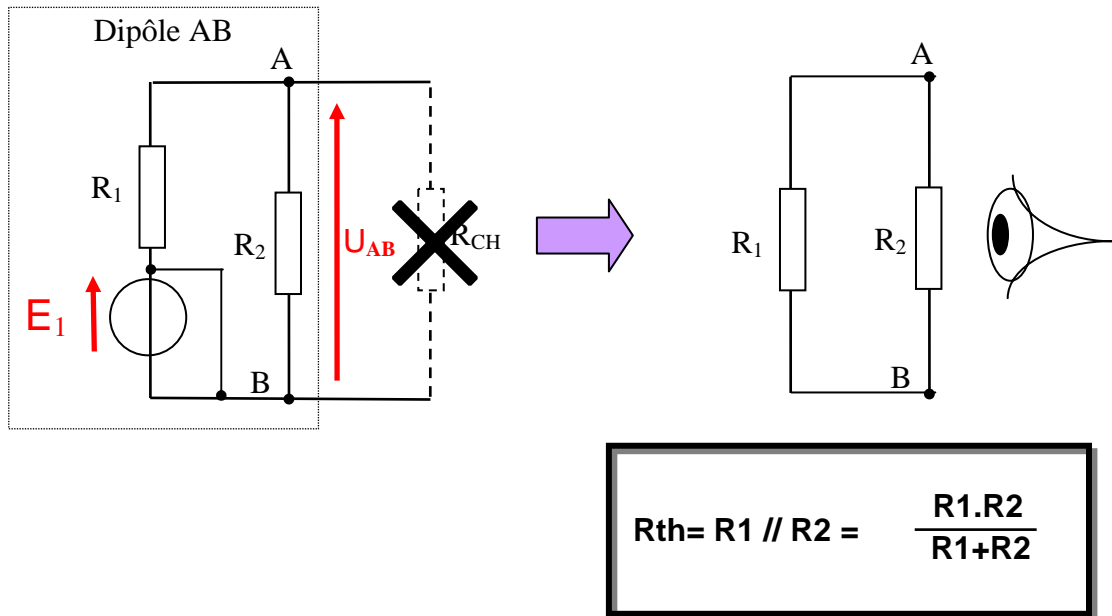


$$U_{AB} = E_{th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E_1$$

**CALCUL DE Rth :**

**RTh = R<sub>AB</sub>** 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**.

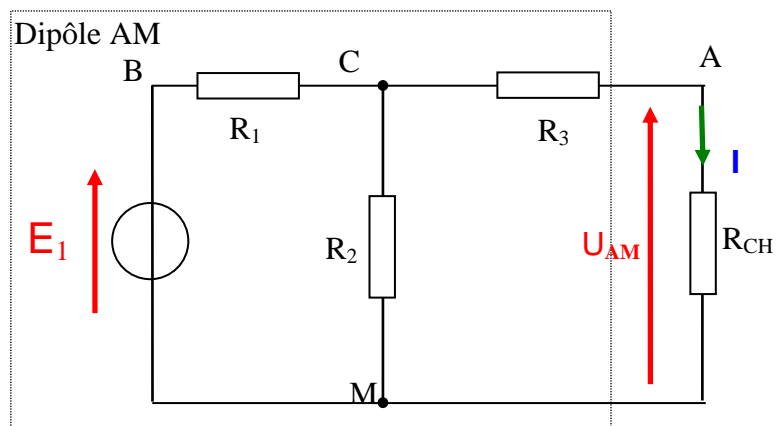


**C. Exemple de modélisation :**

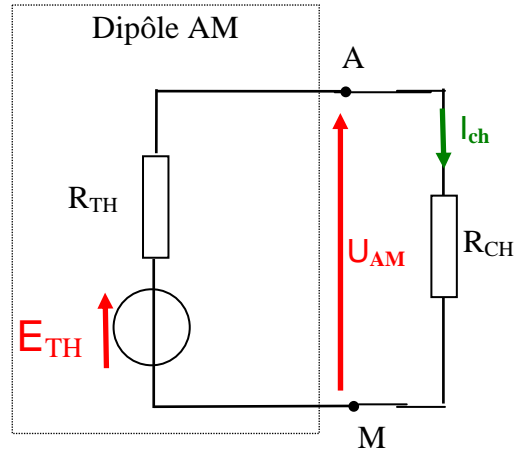
Le problème posé consiste à calculer la différence de potentiel  $U_{AM}$  aux bornes du dipôle de charge  $R_{CH}$  et l'intensité  $I$  qui le traverse.

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 :

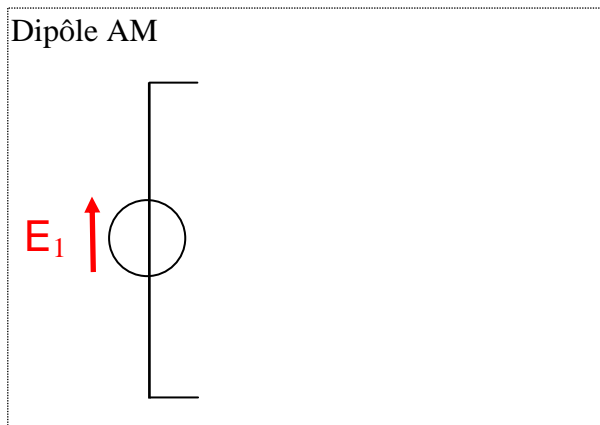


Modèle de Thévenin du dipôle :



• DETERMINATION DES PARAMETRES DU MODELE

Calcul de E<sub>Th</sub>:



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

$$\begin{aligned} & \rightarrow U_{CM} = R_2 \cdot I_2 \\ & \rightarrow U_{AC} = -R_3 \cdot I = 0 \end{aligned}$$

$$(U_{AM})_0 = R_2 \cdot I_2 \quad I_2 = \frac{E}{R_1 + R_2}$$

$$(U_{AM})_0 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E \quad \text{ou} \rightarrow E_{th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E$$

**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.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}$$

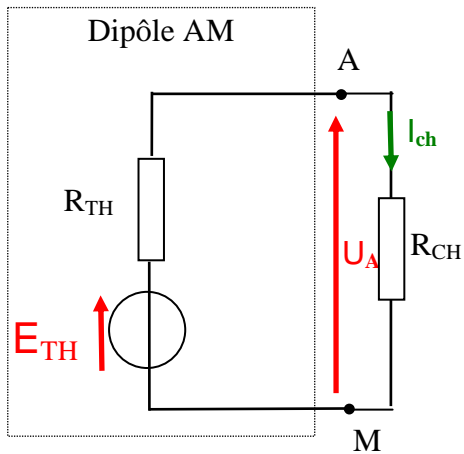
$$R_{eq} = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$

L'ensemble est associé en série avec R<sub>3</sub>, on peut écrire :

$$R_{th} = R_{eq} + R_3$$



Le premier schéma peut donc se réduire à :



Le calcul de la différence de potentiel  $U_{AM}$  aux bornes du dipôle de charge  $R_{ch}$  et l'intensité  $I$  qui le traverse, se résume à:

$$U_{AM} = R_{ch} \cdot I$$

$$I = \frac{E_{th}}{R_{th} + R_{ch}}$$

$$U_{AM} = \frac{R_{ch}}{R_{th} + R_{ch}} \cdot E_{th} \quad \text{et:} \quad \text{soit } I = \frac{E_{th}}{R_{th} + R_{ch}}$$

**Modèle équivalent de Norton :**

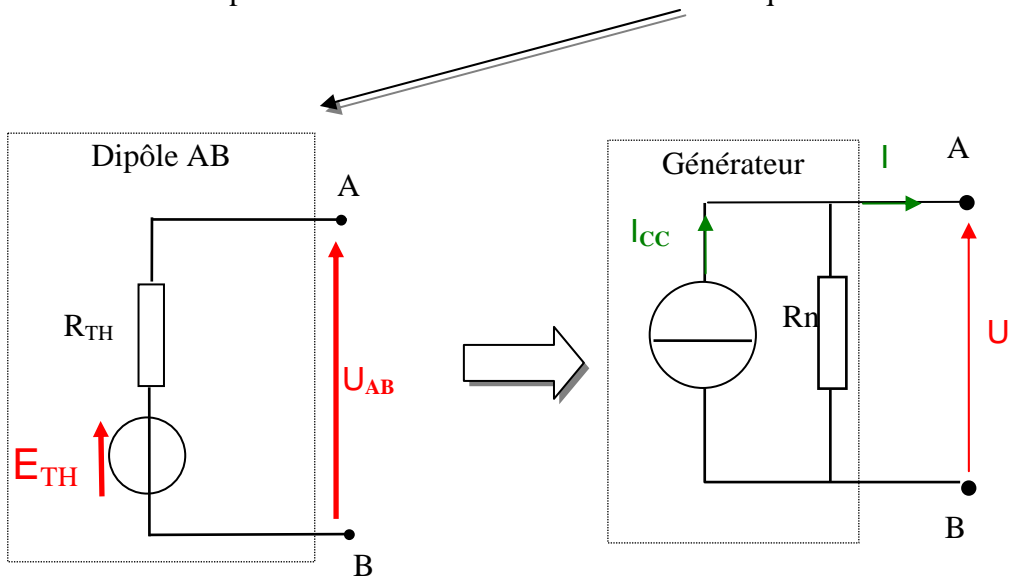
D'après la caractéristique  $U = f(I)$ , nous avons montré que  $U = -rI + E$

.....

.....

.....

Ramener comme précédemment votre schéma au modèle équivalent de Thévenin.



**Règle :**

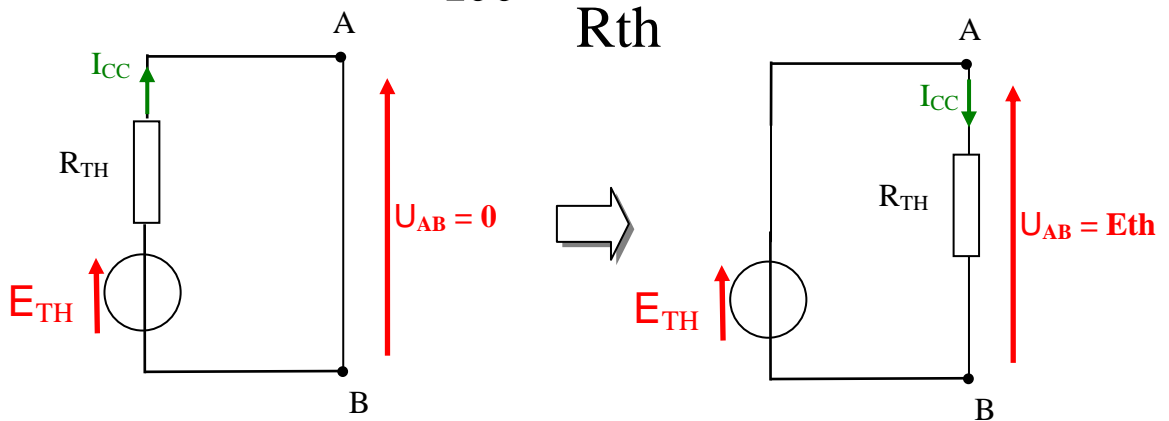
Pour déterminer **I<sub>cc</sub>**: poser la condition  $U_{AM} = 0$  (sortie court-circuitée); alors **I<sub>cc</sub>** est l'intensité débitée dans le fil de court-circuit qu'il faut déterminer à l'aide des grandeurs connues.

Pour déterminer **R<sub>n</sub>** : 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 I<sub>cc</sub> :**

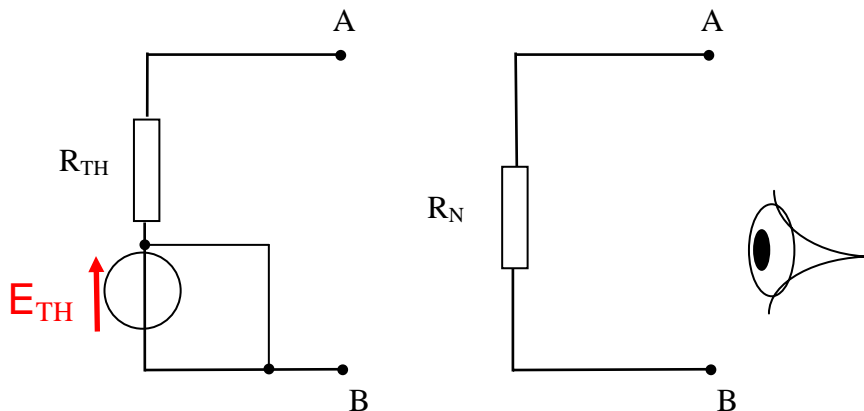
$$I_{cc} = \frac{E_{th}}{R_{th}}$$



**I<sub>cc</sub> est l'intensité de court-circuit**

**CALCUL DE R<sub>n</sub> :**

$$R_N = R_{TH}$$



Modèle de Thévenin

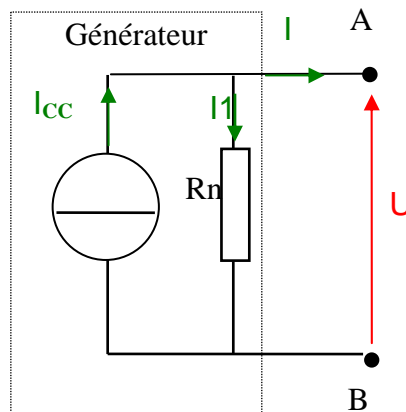
Modèle de Norton

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

$$R_n = R_{th} \quad \text{et} \quad I_{cc} = \frac{E_{th}}{R_n}$$

$$\text{Avec } U = E - RI$$

$$\text{On obtient donc } U = R_n I_{cc} - R_n I$$



**Démonstration :** (Vérification)

$$I = I_{cc} - I_1 \quad \text{et} \quad U_{AB} = R_n I_1 \quad \text{donc} \quad I_1 = \frac{U_{AB}}{R_n}$$

$$I = I_{cc} - I_1 \quad \text{et} \quad U_{AB} = R_n I_1 \quad \text{donc} \quad I_1 = \frac{U_{AB}}{R_n}$$

$$\text{Nous déduisons que : } I = I_{cc} - \frac{U_{AB}}{R_n} \quad \text{soit} \quad \frac{U_{AB}}{R_n} = I_{cc} - I$$

$$\text{En conclusion : } U_{AB} = R_n I_{cc} - R_n I$$

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

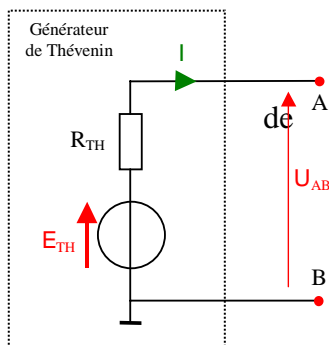
Comme nous l'avons vu précédemment il est plus simple d'associer deux générateurs en parallèle en utilisant le modèle équivalent de Norton.

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

## RESUME

### MÉTHODE DE THÉVENIN :

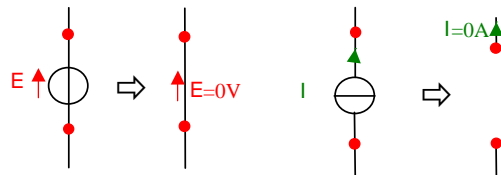
Elle a pour utilité de simplifier une structure électronique comportant un ou plusieurs **générateurs de tension E** et un ou plusieurs **générateurs de courant I**.



#### 1- Calcul de R<sub>TH</sub> :

Pour calculer R<sub>TH</sub>, résistance interne du générateur Thévenin, il faut :

- a. Débrancher la charge R<sub>C</sub>.
- b. Rendre **tous** les générateurs passifs :



La résistance R<sub>TH</sub> est la résistance équivalente aux bornes A et B.  $R_{TH} = R_{AB}$

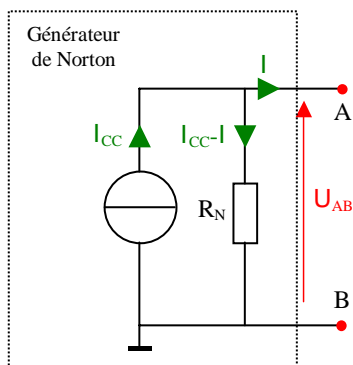
#### 2- Calcul de E<sub>TH</sub> :

Pour calculer E<sub>TH</sub>, fem du générateur de Thévenin, il faut :

- a. Débrancher la charge R<sub>C</sub>.
- b. La fem E<sub>TH</sub> 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<sub>TH</sub>) en un générateur de courant I<sub>CC</sub> :



#### 1- Calcul de R<sub>N</sub> :

$R_N = R_{TH}$

#### 2- Calcul de I<sub>CC</sub> :

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