

Table des matières

I Les dipôles actifs.....	2
I.1 Qu'est-ce qu'un dipôle actif ?.....	2
I.2 Convention de fléchage pour un dipôle actif	2
I.3 Puissances mises en jeu dans un dipôle actif	2
I.3.1 Puissances mises en jeu dans un dipôle actif	2
I.3.2 Fonctionnement en générateur et en récepteur – Réversibilité.....	3
I.4 Caractéristique d'un dipôle actif.....	3
I.4.1 Caractéristique d'un générateur de tension parfait:.....	3
I.4.2 Source de courant parfaite :.....	4
I.4.3 Montage permettant de tracer la caractéristique $U(I)$ d'un générateur :.....	5
I.4.4 Relevé d'une caractéristique	6
Mesure à vide :	6
Mesure en charge :.....	6
Mesure en « court-circuit »:.....	6
I.4.5 Caractéristique générale d'un dipôle	7
II Dipôle actif linéaire.....	7
II.1 Tracé de la caractéristique $U(I)$ d'un dipôle actif :.....	7
II.2 Modèle équivalent d'un dipôle actif	10
II.2.1 Modèle de Thévenin d'un dipôle actif	10
II.2.2 Modèle de Norton d'un dipôle actif.....	10
II.2.3 Passage d'un modèle à un autre :.....	11
III Association de dipôles actifs linéaires.....	11
III.1 Association série :.....	11
III.2 Association parallèle :.....	12

I Les dipôles actifs

I.1 Qu'est-ce qu'un dipôle actif ?

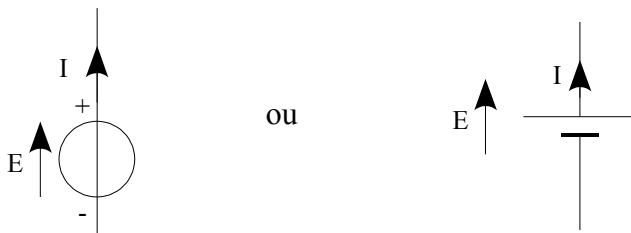
On appelle **dipôles actifs** tous les dipôles qui peuvent produire soit une tension ou une intensité de manière autonome (un générateur de tension, une pile, une prise de « courant », une dynamo ...).

Pour un dipôle actif, toute l'énergie électrique mise en jeu n'est pas transformée en chaleur : il y a transformation de l'énergie électrique.

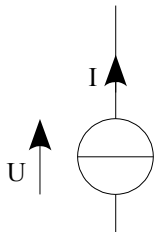
I.2 Convention de fléchage pour un dipôle actif

Par convention, lorsqu'on représente un dipôle actif, tension et courant sont dans le même sens.

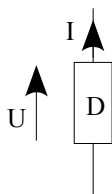
Représentation d'un générateur de tension continu parfait:



Représentation d'une source de courant parfaite :



Représentation quelconque d'un dipôle actif :

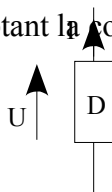


Quelquefois, un dipôle peut être actif et ensuite passif par exemple, un accumulateur : lorsqu'il alimente un récepteur, c'est un dipôle actif, et lorsqu'on le recharge, il devient récepteur, c'est-à-dire dipôle passif.

I.3 Puissances mises en jeu dans un dipôle actif

I.3.1 Puissances mises en jeu dans un dipôle actif

En adoptant la convention générateur, U et I sont positifs.

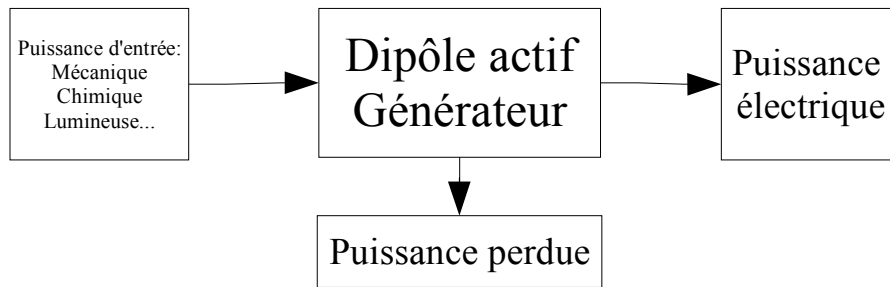


Si $P = U.I > 0$, le dipôle fournit de la puissance électrique (générateur).

Si $P = U.I < 0$, le dipôle reçoit de la puissance électrique, c'est un récepteur.

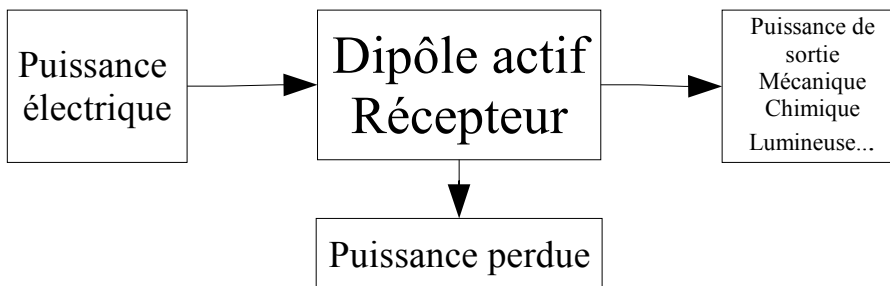
I.3.2 Fonctionnement en générateur et en récepteur – Réversibilité

Un dipôle actif fonctionne en générateur lorsqu'il transforme une puissance qui peut-être : mécanique, chimique, thermique, électrique, lumineuse ... en puissance électrique.



Un dipôle actif fonctionne en récepteur lorsqu'il transforme une puissance électrique en puissance qui peut-être : mécanique, chimique, thermique, électrique, lumineuse ... électrique.

Certains dipôles actifs peuvent fonctionner en générateur et en récepteur (moteur synchrone et alternateur; accumulateur ...) , on dit que ces dipôles sont réversibles.

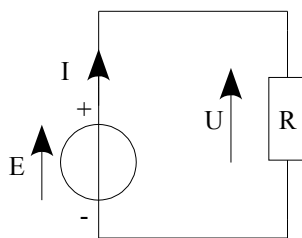


Exemple de dipôles actifs : piles, accumulateurs, photopile, moteur à courant continu, génératrice à courant continu.

I.4 Caractéristique d'un dipôle actif

I.4.1 Caractéristique d'un générateur de tension parfait:

Un générateur de tension parfait délivre une tension continue fixe et ce quelque soit la charge qu'il alimente.



Prenons par exemple un générateur de tension parfait qui délivre une tension $E = 12 \text{ V}$.

Si on prend comme charge une résistance $R = 100 \Omega$, l'intensité qui va circuler dans le montage est :

Loi des mailles : $E - U = 0$ soit $U = E$.

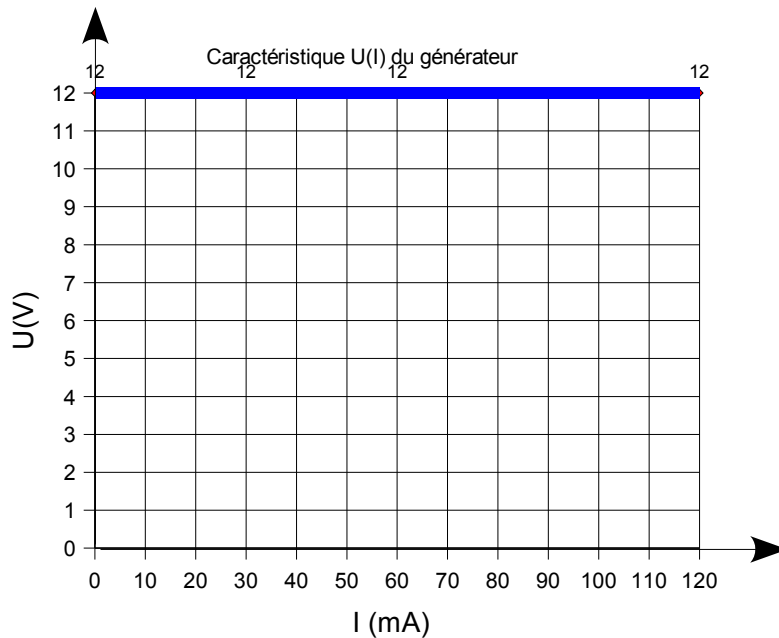
Loi d'ohm pour la résistance : $U = R \cdot I$ soit $I = \frac{U}{R} = \frac{12}{100} = 120 \text{ mA}$

Si maintenant on place une résistance $R = 200 \Omega$, la tension aux bornes de la résistance sera toujours $U = 12 \text{ V}$ mais l'intensité qui va la traverser sera de $I = \frac{U}{R} = \frac{12}{200} = 60 \text{ mA}$

Pour finir, on branche aux bornes du générateur une résistance $R = 400 \Omega$. La nouvelle intensité I sera : $I = \frac{U}{R} = \frac{12}{400} = 30 \text{ mA}$.

On remarque que le générateur délivre une tension $U = 12\text{V}$ quelque soit la valeur de l'intensité I qu'il débite.

On peut ainsi tracer la caractéristique tension-courant du générateur :

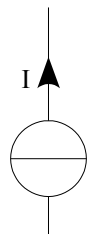


Un générateur de tension parfait a pour caractéristique $U = E$ quelque soit l'intensité I qu'il délivre.

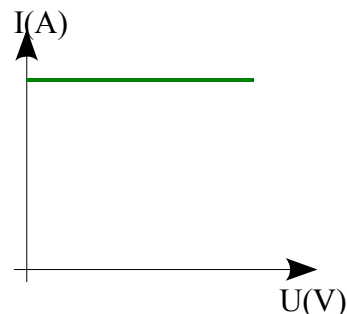
I.4.2 Source de courant parfaite :

Nous avons parlé jusqu'ici des sources de tension, or il existe aussi des sources de courant qui fournissent une intensité constante quelque soit la charge branchée à leurs bornes.

Symbole d'une source de courant :



Caractéristique $I(U)$:

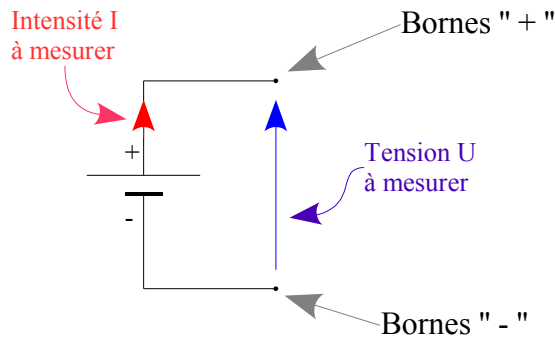


I.4.3 Montage permettant de tracer la caractéristique $U(I)$ d'un générateur :

Comment déterminer la caractéristique tension-courant $U(I)$ d'un générateur quelconque?
=> On réalise une série de mesures.

La caractéristique $U(I)$ d'un générateur peut se faire si on mesure simultanément la tension U (utilisation d'un voltmètre) et l'intensité I (utilisation d'un ampèremètre).

Le générateur a pour représentation :

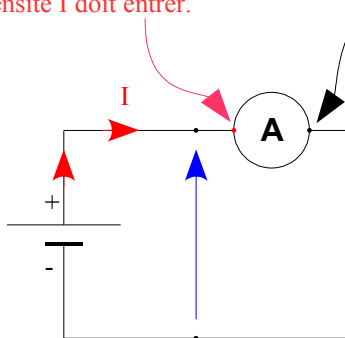


Pour mesurer l'intensité I , on doit placer un ampèremètre **en série** dans le montage.

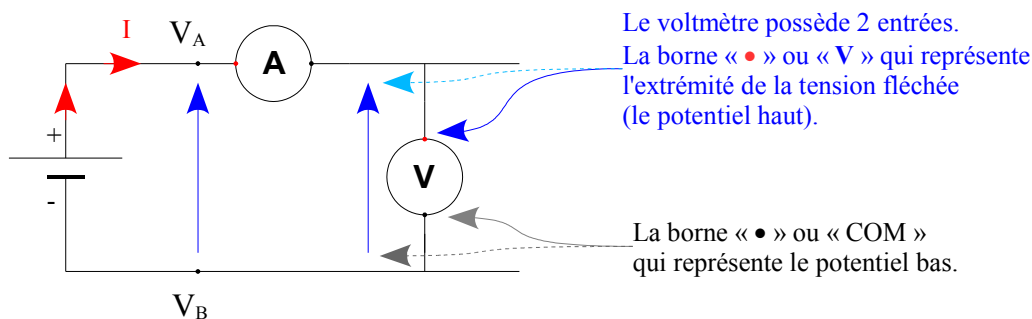
L'ampèremètre possède 2 entrées.

La borne « • » ou « A » par laquelle l'intensité I doit entrer.

La borne « • » ou « COM » par laquelle l'intensité I doit sortir.



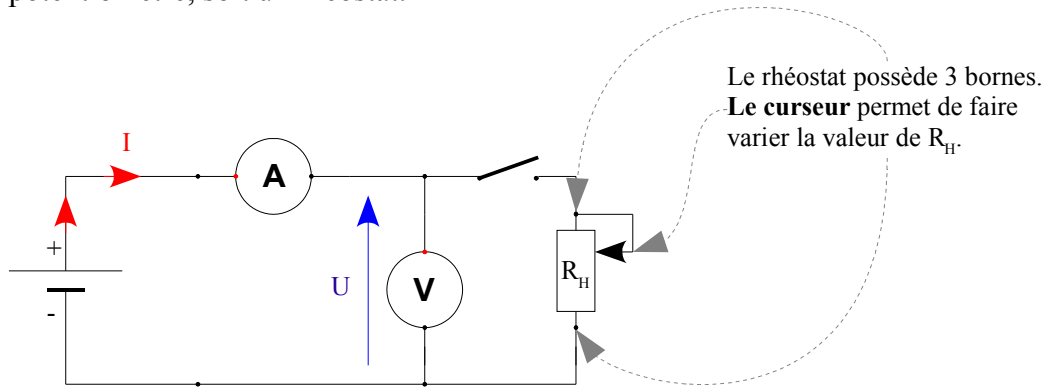
Pour mesurer la tension U , on doit placer un voltmètre **en parallèle** dans le montage. Celui-ci doit mesurer la différence de potentiel $V_A - V_B = U$ entre les points A et B.



Attention : Le circuit actuel est « ouvert », c'est-à-dire que l'intensité I ne peut toujours pas circuler. Ceci correspond à la mesure *à vide* du générateur; c'est-à-dire qu'il n'y a aucune charge (dipôle récepteur, résistance...) branchée aux bornes du générateur.

Pour pouvoir réaliser la série de mesures, on doit placer aux bornes du générateur un dipôle

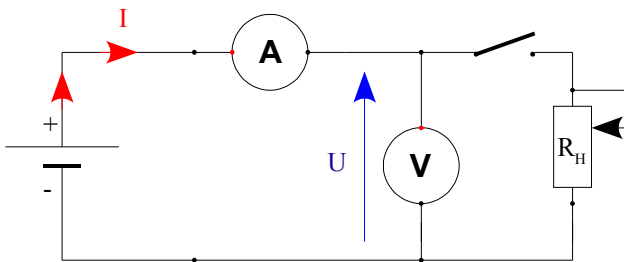
capable de faire varier les grandeurs U et I . Pour cela, on utilise une résistance variable qui peut-être soit un potentiomètre, soit un rhéostat.



I.4.4 Relevé d'une caractéristique

Mesure à vide :

La première mesure consiste à mesurer la tension « à vide » du générateur. L'interrupteur est ouvert ce qui implique que l'intensité $I = 0$.



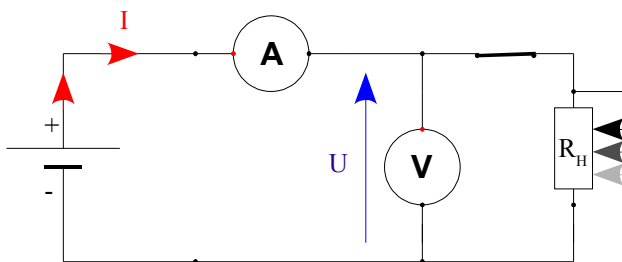
Exemple :

$$U_{\text{à vide}} = U_0 = 13,2 \text{ V}$$

$$I = 0$$

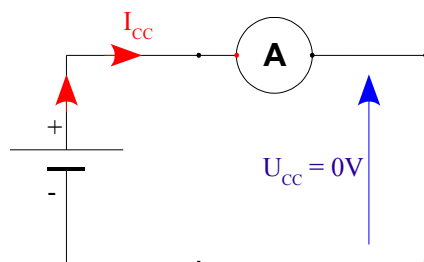
Mesure en charge :

Ensuite, on ferme l'interrupteur et on fait varier la position du curseur du rhéostat afin de faire varier les grandeurs U et I .



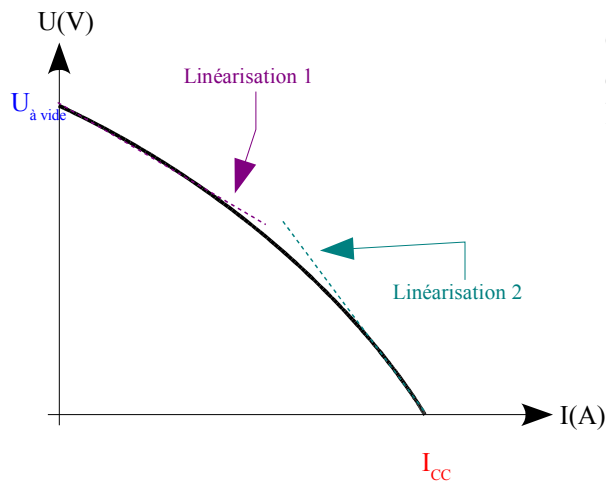
Mesure en « court-circuit » :

Si le dipôle le permet, on peut réaliser la mesure en « court-circuit », c'est-à-dire qu'on court-circuite la sortie et le courant qui est débité par le générateur est le courant I_{cc} .



I.4.5 Caractéristique générale d'un dipôle

En général, la caractéristique $U(I)$ d'un dipôle n'est pas linéaire.



Cependant, on peut considérer, pour un domaine d'utilisation, que la caractéristique est linéaire (domaine 1 et 2)

II Dipôle actif linéaire

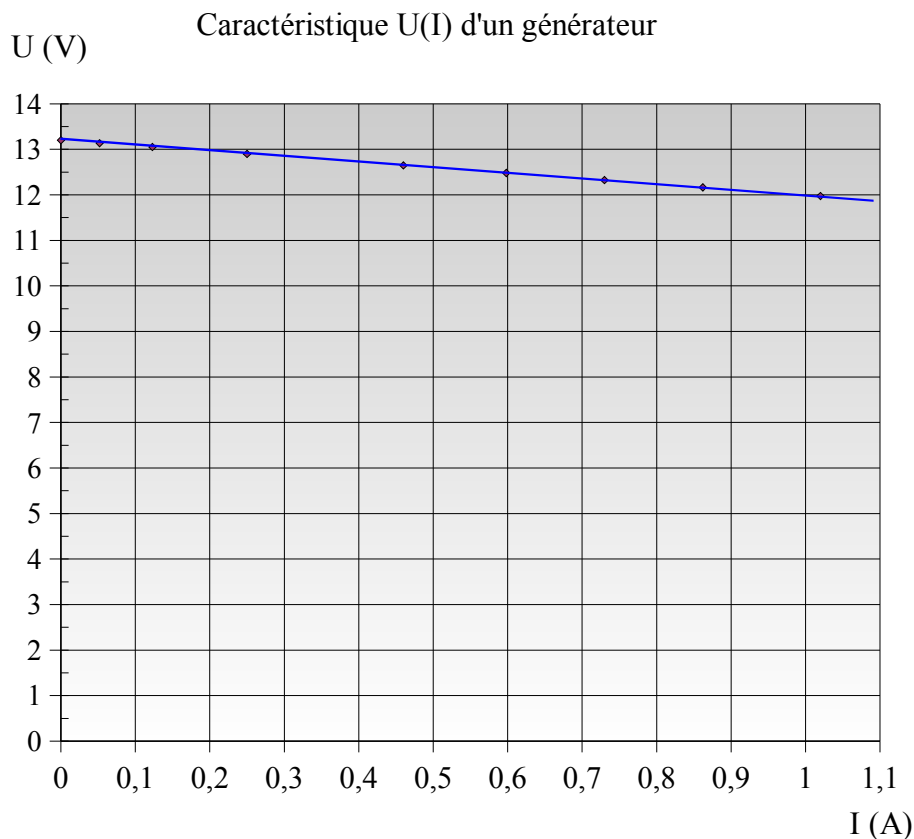
II.1 Tracé de la caractéristique $U(I)$ d'un dipôle actif :

On réalise une série de mesures d'un dipôle actif linéaire.

I(A)	0	0,05	0,12	0,25	0,46	0,6	0,73	0,86	1,02
U(V)	13,2	13,14	13,05	12,9	12,65	12,48	12,32	12,17	11,98

On trace la caractéristique $U = f(I)$ du générateur en plaçant les différents points sur le graphique.

On porte la tension U (V) en ordonnée et l'intensité I (A) en abscisse.



On remarque que la caractéristique peut-être assimilée à une droite de type $U = -aI + b$; a et b étant deux paramètres à déterminer.

Une première méthode consiste à prendre 2 points appartenant à la droite et de déterminer l'équation de cette droite :

Prenons par exemple la première mesure $A \begin{pmatrix} I=0 \text{ A} \\ U=13,2 \text{ V} \end{pmatrix}$
 et la neuvième mesure $B \begin{pmatrix} I=1,02 \text{ A} \\ U=11,98 \text{ V} \end{pmatrix}$

Pour déterminer l'équation de la droite, il suffit que \vec{AM} et \vec{AB} soient colinéaires.

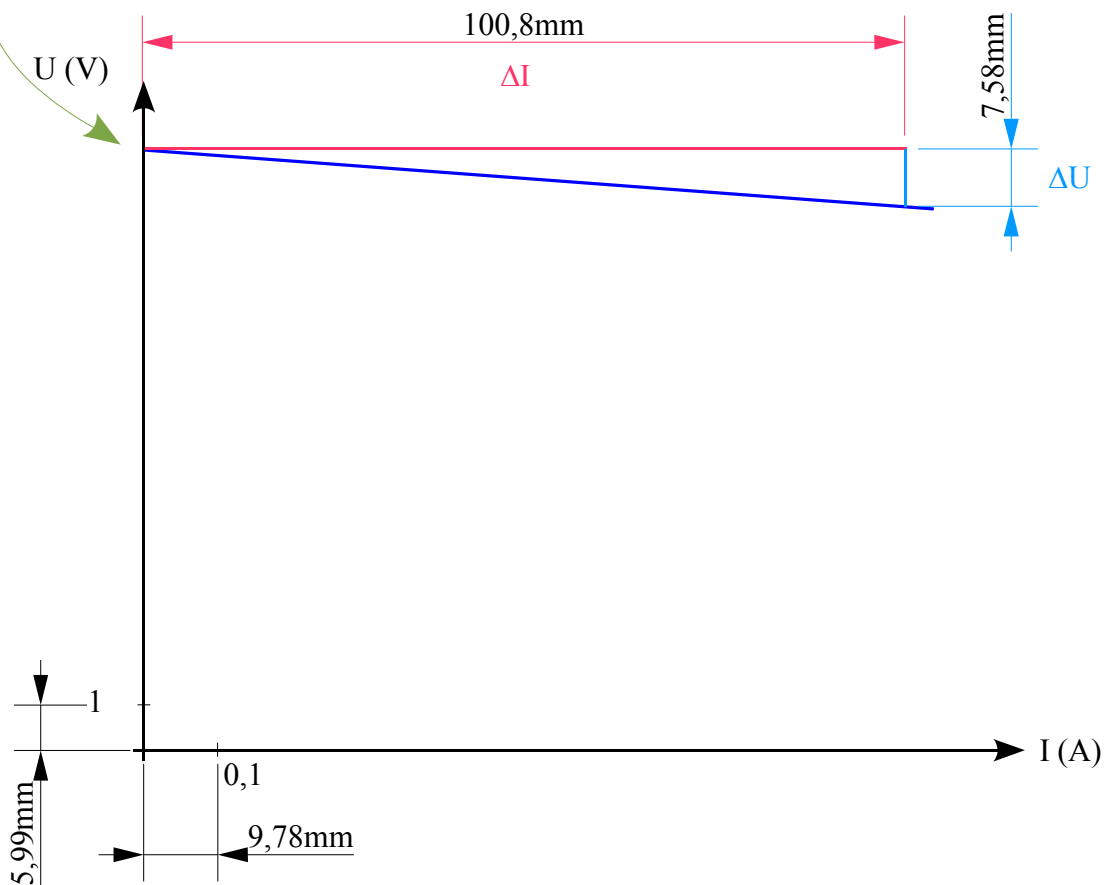
$$\vec{AM} = \begin{pmatrix} I-0 \\ U-13,2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I \\ U-13,2 \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad \vec{AB} = \begin{pmatrix} 1,02-0 \\ 11,9-13,2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1,02 \\ -1,22 \end{pmatrix}$$

Soit :

$$\begin{vmatrix} I & 1,02 \\ U-13,2 & -1,22 \end{vmatrix} = 0 \Leftrightarrow -I \times 1,22 - 1,02 \cdot (U-13,2) = 0 \Leftrightarrow -1,22 \cdot I = 1,02 \cdot U - 13,5$$

On en déduit : $U = \frac{13,5}{1,02} - \frac{1,22}{1,02} \cdot I$ soit $U = 13,2 - 1,2 \cdot I$

- L'autre méthode consiste à déterminer graphiquement :
- l'ordonnée à l'origine b : C'est la mesure à vide $I=0$ et $U=13,2V$.
 - la pente en utilisant la méthode des variations :



En utilisant les échelles donnée : $0,1 A \leftrightarrow 9,78 \text{ mm}$ et $1 V \leftrightarrow 5,99 \text{ mm}$

On mesure $\Delta U = \frac{7,58 \times 1}{5,99} = 1,27 \text{ V}$ (ATTENTION, ΔU doit être en volts)

$\Delta I = \frac{100,8 \times 0,1}{9,78} = 1,03 \text{ A}$ (ATTENTION, ΔI doit être en ampères)

La pente est donnée par $p = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{1,27}{1,03} = 1,23 \Omega$

On remarque que la pente p est le rapport d'une tension ΔU par une intensité ΔI ce qui montre que cela correspond à une résistance qu'on appelle **la résistance interne r** du générateur.

On retrouve ainsi la « même » caractéristique que précédemment :

$$U = 13,2 - 1,23 \cdot I$$

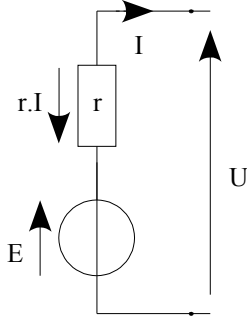
D'une façon générale, un générateur a pour équation $U = E - r \cdot I$ où

- E représente la f.é.m. du générateur mesurée lors de l'essai à vide.
- r représente la résistance interne du générateur.

II.2 Modèle équivalent d'un dipôle actif

II.2.1 Modèle de Thévenin d'un dipôle actif

Tout générateur réel peut-être modélisé par un modèle de Thévenin c'est-à-dire l'association série d'une f.é.m. parfaite E en série avec une résistance interne r .



En appliquant la loi des mailles, on obtient :

$$E - r.I - U = 0$$

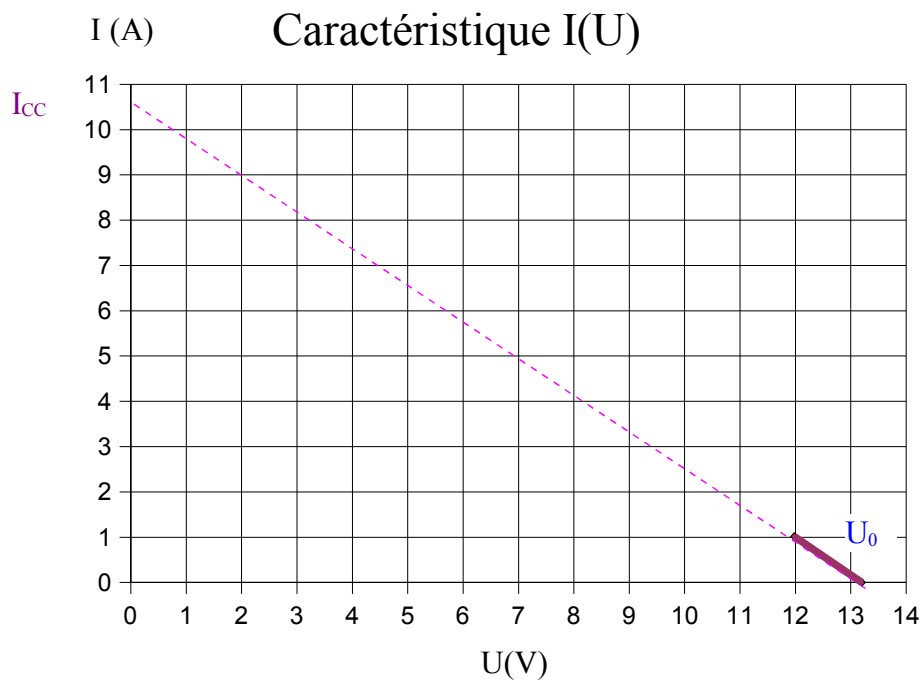
$$\text{soit } U = E - r.I$$

ce qui correspond à l'équation obtenue à partir de la caractéristique étudiée.

II.2.2 Modèle de Norton d'un dipôle actif

Jusqu'ici, on s'est intéressé à la caractéristique $U(I)$ d'un dipôle actif. On peut cependant tracer aussi la caractéristique $I(U)$ de ce même dipôle.

I(A)	0	0,05	0,12	0,25	0,46	0,6	0,73	0,86	1,02
U(V)	13,2	13,14	13,05	12,9	12,65	12,48	12,32	12,17	11,98

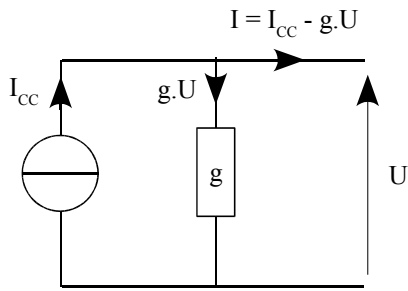


De la même manière, la caractéristique est une droite qui a pour équation : $I = I_{cc} - g.U$

Avec I_{cc} : courant de court-circuit.

g : conductance interne du dipôle actif. ($g = 1/r$) en siemens [S].

Le modèle de Norton est donc une source de courant débitant une intensité I_{cc} en parallèle avec une conductance interne g .



En appliquant la loi des noeuds, on obtient :

$$I_{cc} = I + g.U \text{ soit}$$

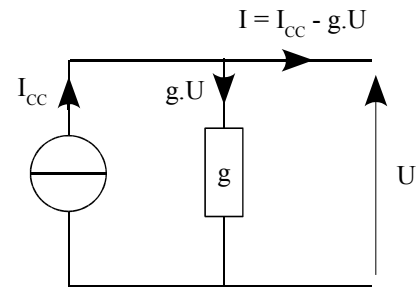
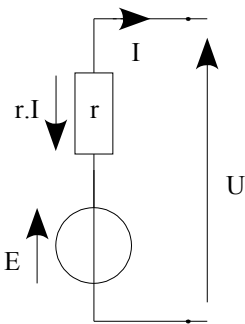
$$I = I_{cc} - g.U$$

ce qui correspond à l'équation obtenue à partir de la caractéristique étudiée.

II.2.3 Passage d'un modèle à un autre :

Comme nous venons de le voir, on peut, pour un même dipôle actif définir un modèle de Thévenin ou un modèle de Norton. Il est donc utile de savoir passer d'un modèle à un autre assez rapidement.

$$(MET) : U = E - r.I \quad \longrightarrow \quad I = \frac{E}{r} - \frac{U}{r} \quad (MEN)$$

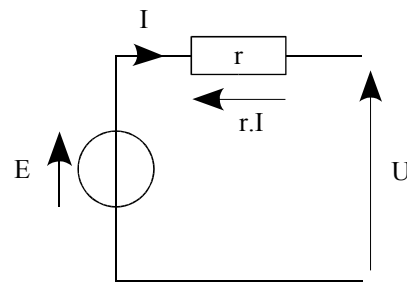
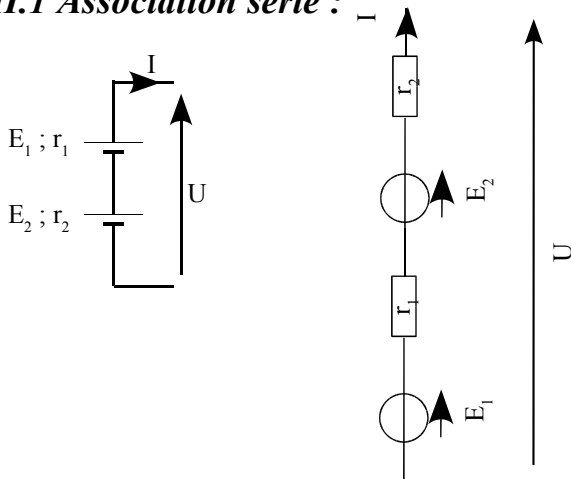


$$U = \frac{I_{cc}}{g} - \frac{I}{g} \quad (MET) \quad \longleftarrow \quad I = I_{cc} - g.U \quad (MEN)$$

Avec, par analogie : $I_{cc} = \frac{E}{r}$, $E = \frac{I_{cc}}{g}$ et $r = \frac{1}{g}$

III Association de dipôles actifs linéaires

III.1 Association série :



$$E = E_1 + E_2$$

$$r = r_1 + r_2$$

$$U = E - r.I$$

Généralisation :

Pour N dipôles actifs branchés en série,

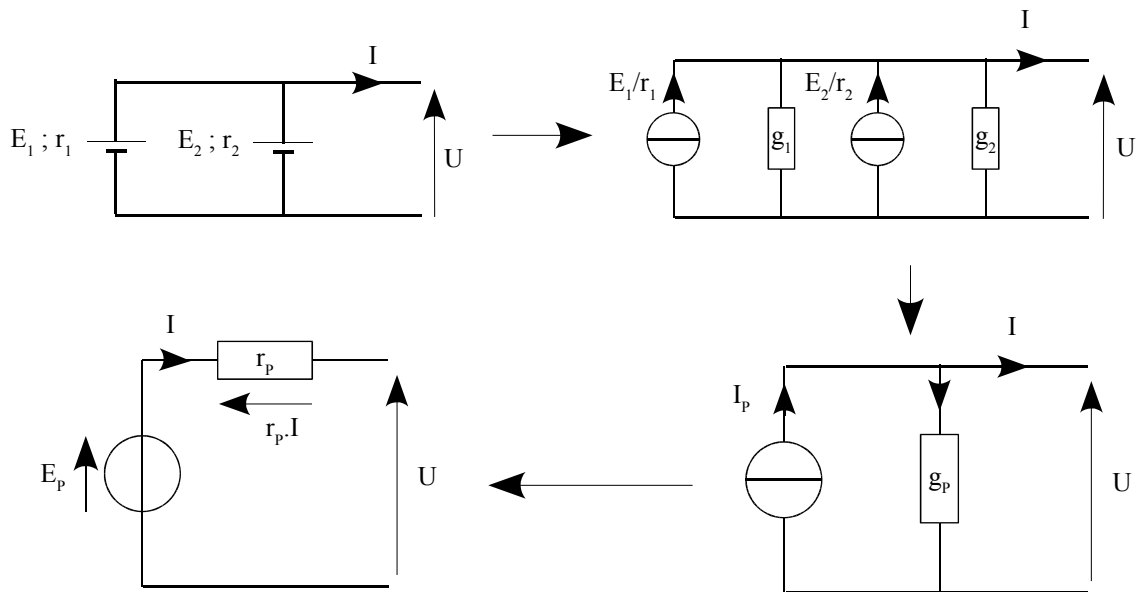
la tension à vide aux bornes du groupement est : $E_S = \sum_N E_i = E_1 + E_2 + \dots + E_N$

la résistance interne du groupement est : $r_S = \sum_N r_i = r_1 + r_2 + \dots + r_N$

Remarque : L'association série permet d'augmenter la tension mais pas l'intensité.

L'association série consiste à relier le « + » au « - » du dipôle suivant.

III.2 Association parallèle :



En utilisant le MEN, on obtient :

$$i_p = \frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2}$$

$$g_p = g_1 + g_2 = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}$$

Généralisation :

Pour N dipôles actifs branchés en parallèle,

l'intensité de court-circuit : $I_P = \sum_N I_{CCi} = I_{CC1} + I_{CC2} + \dots + I_{CCN}$

la conductance interne du groupement est : $g_S = \sum_N g_i = g_1 + g_2 + \dots + g_N$

Remarque : L'association parallèle ne peut se faire qu'avec des dipôles qui ont la même tension à vide (exemple : mise en parallèle de deux batterie de 12 V mais non d'un de 6 V et Une de 12V).

L'association parallèle consiste à relier les « + » avec les « + » et les « - » avec les « - ».