

Leçon N°12 : Caractéristique d'un dipôle actif

Situation problème

Les piles, les batteries, l'alternateur du bicyclette, ... sont tous considérés comme des sources de courant électrique. Seuls les sources de courant qui créent le courant électrique sont appelés **générateurs électriques**.



- **Qu'est ce qu'un générateur ?**
- **Quelle est sa caractéristique ?**
- **Comment peut-on calculer l'intensité de courant électrique dans un circuit électrique simple composé d'un générateur et d'un récepteur linéaire ?**

I. Dipôles Actifs

Nous avons vu dans le chapitre précédent que lorsqu'on connecte la pile au voltmètre, la tension affichée sur ce voltmètre **n'est pas nulle**, on dit que la pile est un **dipôle actif**.

1. Définition

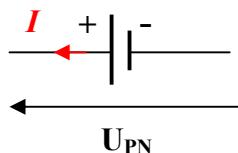
➤ Le **Dipôle actif** est un dipôle dans laquelle la tension entre ses bornes **n'est pas nulle** en **circuit ouvert** ($U \neq 0 \text{ V}$, lorsque $I = 0 \text{ A}$), c-à-d il **peut générer** le courant électrique par lui-même. On dit que le dipôle actif est un **générateur**.

Exemples de générateurs :



2. Convention générateur

Dans la convention «générateur» la tension U_{PN} aux bornes d'un générateur et l'intensité de courant I généré sont orientées dans le même sens.



II. Caractéristique d'un générateur – la pile

1. Etude expérimentale – Caractéristique d'une pile

- ✓ On réalise le montage de diviseur de tension ci-dessous.
 - ✓ On place le curseur C du rhéostat à la position B, et on mesure la tension U_{PN} aux bornes de la pile à circuit ouvert (l'interrupteur K ouvert).
 - ✓ On varie la tension U_{PN} , et à chaque fois on mesure le courant électrique I qui le génère.
- ⚠ Durant tout le T.P, il est interdit de placer le curseur en A

- ✓ On note les résultats sur le tableau suivant

$U_{PN} (V)$	1,59	1,31	1,27	1,16	1,05	0,95	0,84	0,74	0,63	0,52	0,41	0,32
$I (mA)$	0,0	2,6	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0

1. Tracer la courbe $U_{PN} = f(I)$. Quelle est la nature de cette courbe ?
2. Ecrire l'équation de cette courbe en précisant les unités et les valeurs des grandeurs figurant dans la relation.
3. En pratique il est interdit de placer le curseur en A pour ne pas détériorer la pile. Déterminer théoriquement et graphiquement la valeur I_{cc} du courant appelé **courant de court-circuit** (Lorsque $U_{PN} = 0V$) débité par la pile.

2. Loi d'Ohm pour le générateur

La loi d'Ohm relative à un générateur s'écrit sous la forme :

$$U_{PN} = E - r \times I$$

E : Force électromotrice (f.e.m) du générateur en (V).

r : Résistance interne du générateur en (Ω).

U_{PN} : Tension aux bornes du générateur en (V).

I : Intensité du courant électrique généré par le générateur en (A).

3. Intensité du courant de court-circuit

L'intensité I_{cc} du **courant de court-circuit** est la valeur de l'intensité du courant généré par le générateur lorsqu'il est en court-circuit.

En court-circuit : $U_{PN} = 0 \Rightarrow U_{PN} = E - r \times I_{CC} = 0$

$$E = r \times I_{CC} \quad \Rightarrow \quad I_{CC} = \frac{E}{r}$$

Exemple :

Dans l'expérience précédente, L'intensité I_{cc} du courant de court-circuit est :

$$I_{CC} = 15mA$$

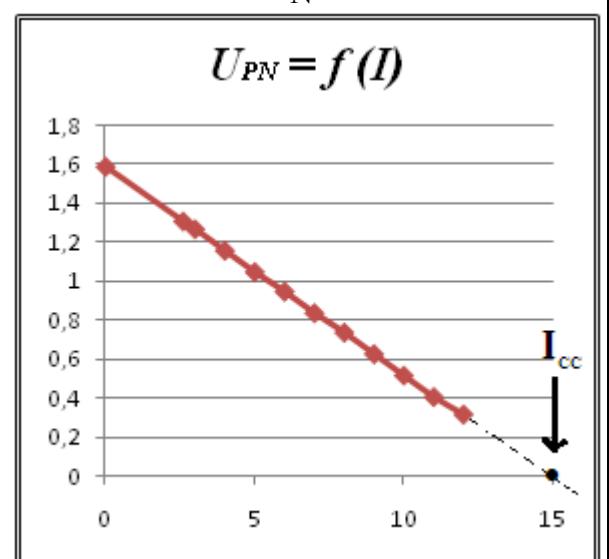
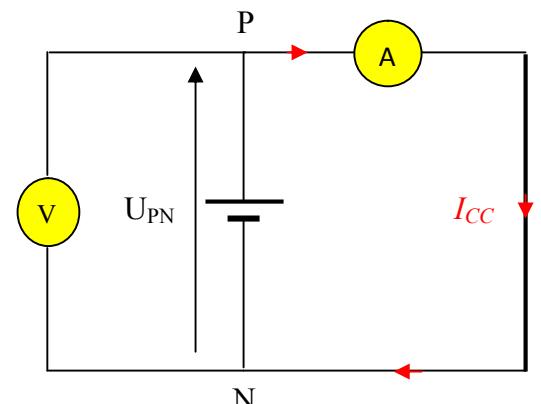
Remarque

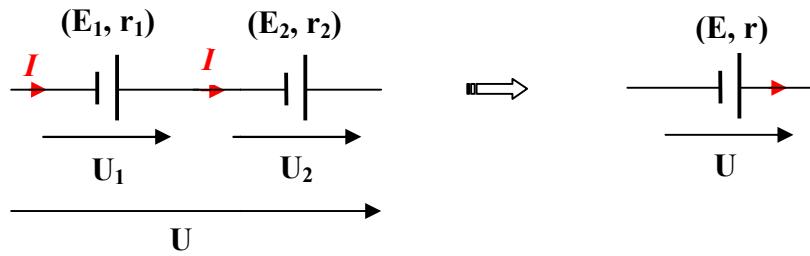
Un générateur est dit **idéal** si sa résistance interne est nulle ($r = 0$) :

$$U_{PN} = E$$

4. Association en série des générateurs

On considère deux piles $G_1(E_1, r_1)$ et $G_2(E_2, r_2)$ montés en série.





La loi des mailles donne :

$$U = U_1 + U_2$$

La loi d'Ohm pour un générateur donne : $U_1 = E_1 - r_1 \times I$ et $U_2 = E_2 - r_2 \times I$

Donc : $U = U_1 + U_2 = E_1 - r_1 \times I + E_2 - r_2 \times I = (E_1 + E_2) - (r_1 + r_2) \times I = E - r \times I$

C/C : Deux piles $G_1(E_1, r_1)$ et $G_2(E_2, r_2)$ associés en série sont équivalents à un générateur unique de f.e.m $E = E_1 + E_2$, et de résistance interne $r = r_1 + r_2$

Généralisation :

n générateurs montés en série sont équivalents à un générateur unique de f.e.m E , et de résistance interne r , tels que :

$$E = E_1 + E_2 + \dots + E_n = \sum_{i=1}^n E_i \quad \text{et} \quad r = r_1 + r_2 + \dots + r_n = \sum_{i=1}^n r_i$$

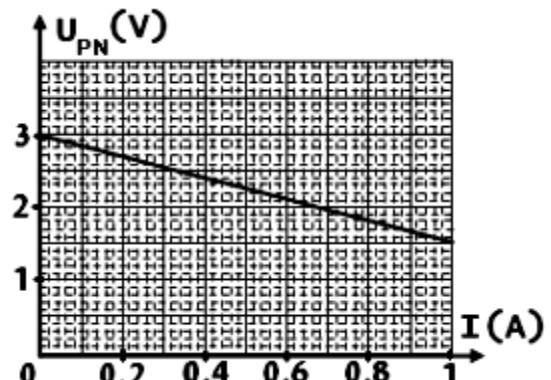
Exercice d'application 1

La courbe ci-contre représente la caractéristique $U_{PN} = f(I)$ d'une pile $G_1(E_1, r_1)$.

1. Trouver graphiquement, la force électromotrice E_1 , et la résistance interne r_1 de la pile
2. Vérifier que l'intensité I_{cc} du courant de court-circuit est :

$$I_{cc} = 2 \text{ A}$$

3. On branche cette pile en série avec deux autres piles $G_2 (E_2 = 5V, r_2 = 2\Omega)$, et $G_3 (E_3 = 10V, r_3 = 3\Omega)$. Trouver E la force électromotrice du générateur équivalent, et r sa résistance interne.



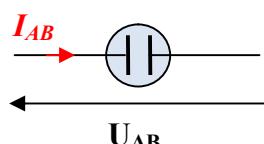
III. Caractéristique d'un récepteur – l'électrolyseur

1. Définition

L'électrolyseur est un **dipôle passif** composé de deux électrodes immergées dans une solution électrolytique où se produisent des réactions chimiques.

2. Convention récepteur

Dans la convention «récepteur» la tension U_{AB} aux bornes d'un électrolyseur et l'intensité de courant I_{AB} qui le traverse sont orientées dans des sens opposés.

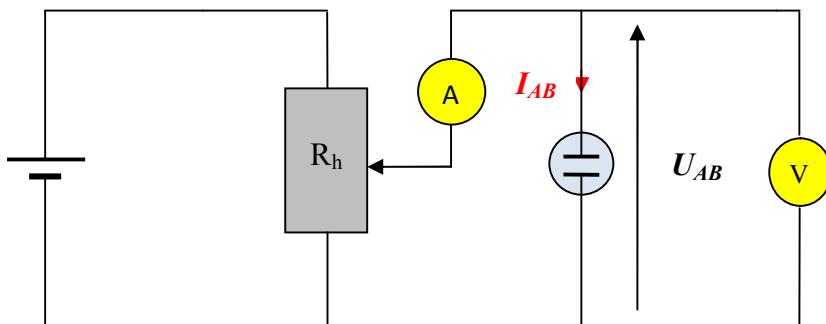


3. Etude expérimentale – Caractéristique d'un électrolyseur

- ✓ On réalise le montage de diviseur de tension ci-dessous.

- ✓ On varie la tension U_{AB} aux bornes de l'électrolyseur, et à chaque fois on mesure le courant électrique I_{AB} qui le traverse.
- ✓ On note les résultats sur le tableau suivant

$U_{AB} (V)$	0,0	0,33	1,17	1,34	1,50	1,65	1,89	2,00	2,02	2,04	2,10	2,16	2,20	2,24
$I_{AB} (mA)$	0,0	0,0	0,5	1,0	1,5	2,5	4,0	15,0	20,0	30,0	60,0	90,0	120,0	150,0



1. Tracer la courbe $U_{AB} = f(I_{AB})$. Quelle est la nature de cette courbe ?
2. Sur la courbe, en observant deux zones : une **zone non linéaire** ($0 \leq U_{AB} \leq 2,02$), et une **zone linéaire** ($U_{AB} \geq 2,02$).
Écrire l'équation de la **partie linéaire** en précisant les unités et les valeurs des grandeurs figurant dans la relation.

4. Loi d'Ohm pour l'électrolyseur

La loi d'Ohm relative à un électrolyseur s'écrit sous la forme :

$$U_{AB} = E' + r' \times I_{AB}$$

E' : Force contre électromotrice (f.c.e.m) de l'électrolyseur en (V).

r' : Résistance interne de l'électrolyseur en (Ω).

U_{AB} : Tension aux bornes de l'électrolyseur en (V).

I_{AB} : Intensité du courant électrique qui traverse l'électrolyseur en (A).

IV. Point de fonctionnement d'un circuit – Loi de Pouillet

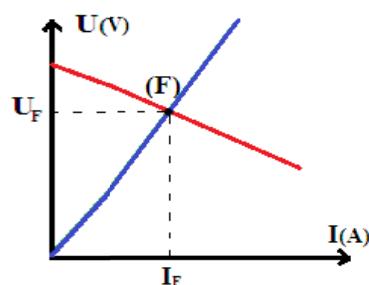
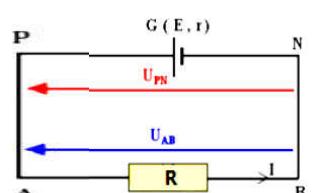
1. Notion de point de fonctionnement d'un circuit

Lorsqu'on alimente un **récepteur** (conducteur ohmique, électrolyseur, ...) avec un **générateur** (pile), le courant électrique se stabilise après fermeture du circuit et un équilibre se crée entre ces deux composantes. Le point de fonctionnement correspond à l'**équilibre** de la **tension** aux bornes du récepteur – générateur et du **courant** dans le circuit.

⚠ Physiquement, l'équilibre entre le générateur et le récepteur se produit pour éviter de les endommager.

2. Détermination du point du fonctionnement du circuit

Le circuit ci-contre est composé d'une **pile** (E, r) monté en série avec un **conducteur ohmique** de **résistance R**.



⊕ Méthode graphique

- On trace les caractéristiques des deux dipôles sur le même graphe.
- Le point de fonctionnement du circuit est le **point F**(I_F , U_F) d'intersection des deux caractéristiques du générateur et du conducteur ohmique.

Méthode analytique

Pour déterminer les coordonnées (I_F , U_F) du point de fonctionnement :

- On applique la loi des mailles : $U_{PN} = U_{AB}$
- On applique la loi d'Ohm : $U_{PN} = E - r \times I$ et $U_{AB} = R \times I$

Donc : $U_{PN} = U_{AB} \Rightarrow E - r \times I = R \times I \Rightarrow E = (r + R) \times I$

$$\Rightarrow I_F = \frac{E}{r + R}$$

$$\text{Et : } U_{PN} = U_{AB} = U_F = R \times I_F \Rightarrow U_F = R \times \frac{E}{r + R}$$

$$\Rightarrow U_F = \frac{R}{r + R} \times E$$

3. Loi de Pouillet

Le circuit ci-contre est composé d'une **pile** (E, r) monté en série avec un **conducteur ohmique** de **résistance R** et un **électrolyseur** (E', r').

Question : Comment déterminer l'intensité I du courant dans ce circuit électrique ?

- On applique la loi des mailles : $U_{PN} = U_{AB} + U_{BC}$
 - On applique la loi d'Ohm pour chaque dipôle : $U_{PN} = E - r \times I$; $U_{AB} = R \times I$; $U_{BC} = E' + r' \times I$
- $$\Rightarrow U_{PN} = U_{AB} + U_{BC} \Rightarrow E - r \times I = R \times I + E' + r' \times I \Rightarrow E - E' = (R + r + r') \times I$$
- $$\Rightarrow I = \frac{E - E'}{R + r + r'}$$

Cette relation est l'expression d'une loi dite **loi de Pouillet**, qui concerne uniquement les circuits électriques constitués de **dipôles linéaires associés en série**.

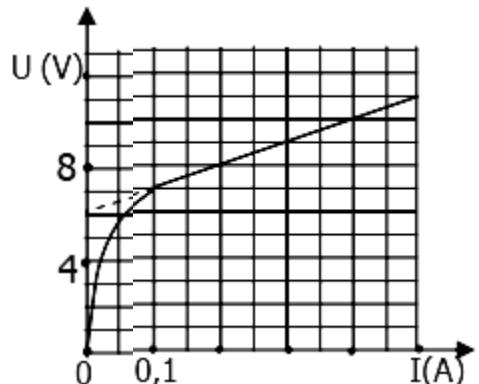
Généralisation : Enoncé de la loi de Pouillet

L'intensité I du courant électrique qui traverse un circuit en série contenant **n générateurs, m récepteurs linéaires, et k conducteurs ohmiques** est :

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n E - \sum_{i=1}^m E'}{\sum_{i=1}^n r + \sum_{i=1}^m r' + \sum_{i=1}^k R}$$

Exercice d'application 2

La courbe ci-contre représente la caractéristique $U_{AB} = f(I)$ d'un électrolyseur.



1. Trouver graphiquement, la force contre électromotrice E' , et la résistance interne r' de l'électrolyseur.
2. On branche cet électrolyseur en série avec une pile $G(E=12V, r=2\Omega)$.
 - a) Faire un montage du circuit électrique correspondant, et représenter le sens conventionnel du courant électrique, et les différentes tensions électriques.
 - b) En appliquant la loi de Pouillet, montrer que l'intensité du courant qui traverse le circuit est : $I = 0,5 A$

Série N°12 :

Caractéristique d'un dipôle actif

E xercice 1 :

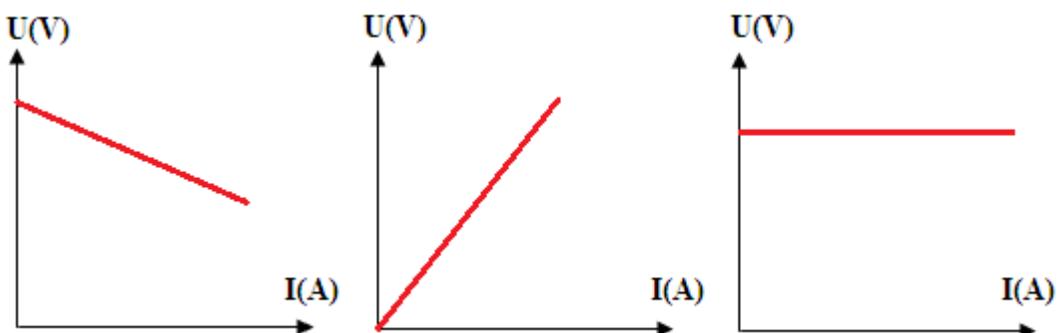
1 Répondre par *faux* ou *vraie* :

- Si le dipôle est actif, alors :
 - ☒ Sa caractéristique passe par l'origine du repère.
 - ☒ Sa caractéristique ne passe pas par l'origine du repère.
- La pile donne une tension constante quelle que soit l'intensité de courant qu'elle génère dans le circuit.
- La tension aux bornes d'un générateur de tension est égale à sa force électromotrice.
- L'intensité de courant de court-circuit est la valeur de courant généré par un générateur de tension lorsqu'il est en court-circuit.

2 Répondre sur les questions suivantes :

- Définir le dipôle actif.
- Donner l'expression de la loi d'ohm pour un générateur de tension.
- Est-ce-que l'électrolyseur est un dipôle actif ? justifier.
- Enoncer la loi de Pouillet.

3 On considère les trois caractéristiques suivantes :

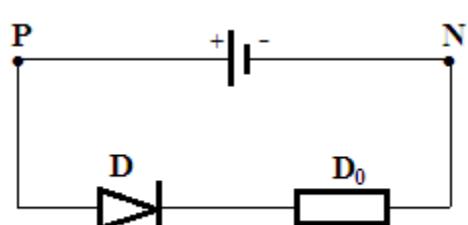
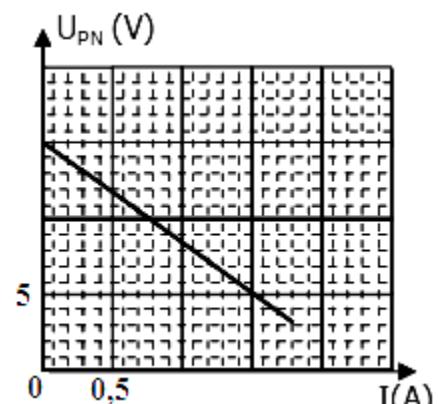


Déterminer parmi ces caractéristiques, la caractéristique d'un générateur de tension et la caractéristique d'un générateur de tension idéal.

E xercice 2 :

La courbe ci-contre représente la caractéristique $U_{PN} = f(I)$ d'une pile **G** (E, r).

- 1** Trouver graphiquement, la force électromotrice E , et la résistance interne r de la pile.
- 2** Déterminer graphiquement et analytiquement l'intensité I_{cc} du courant de court-circuit.
- 3** On branche cette pile en série avec un conducteur ohmique (D_0) de résistance $R = 10 \Omega$ et une diode idéal (D) de tension de seuil $U_s = 0,6 V$ comme l'indique le montage ci-contre.
 - a. Représenter le sens conventionnel du courant, et la tension U_{PN} aux bornes de la pile, la tension U_s aux bornes de la diode, et la tension U_R aux bornes du conducteur ohmique.
 - b. En appliquant la loi des mailles, calculer l'intensité I du courant électrique qui circule dans le circuit.

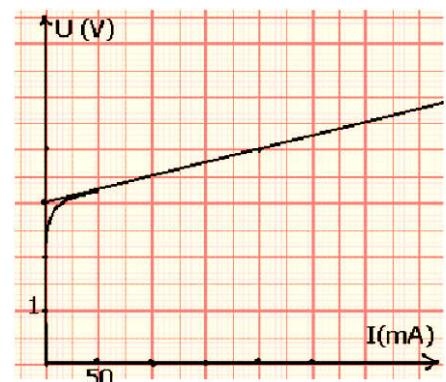


- c. Calculer la tension U_{PN} , et la tension U_R .
- ④ On inverse la diode, Calculer les nouvelles tensions U_{PN} , et U_R .
- ⑤ On élimine maintenant la diode.
- Tracer le nouvel montage du circuit correspondant.
 - Déterminer graphiquement et analytiquement le point F de fonctionnement de ce circuit.

E xercice 3 :

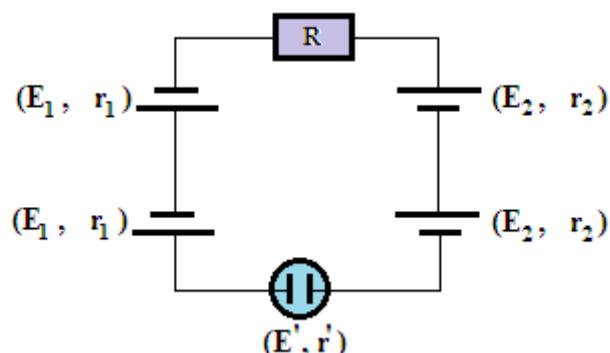
La courbe ci-contre représente la caractéristique $U = f(I)$ d'un électrolyseur.

- Donner le montage électrique utilisé pour obtenir cette caractéristique.
- Déterminer l'intervalle d'intensité de courant électrique dans lequel cette caractéristique est linéaire.
- Trouver graphiquement, la force contre électromotrice E' , et la résistance interne r' de l'électrolyseur.
- Déduire l'équation de sa caractéristique.



E xercice 4 :

Le circuit électrique ci-dessous est constitué de deux types de générateurs ($E_1 = 9V$, $r_1 = 2,4\Omega$) et ($E_2 = 6V$, $r_2 = 2\Omega$) montés en série avec un conducteur ohmique de résistance $R = 100\Omega$ et un électrolyseur ($E' = 3V$, $r' = 3\Omega$).



- Trouver le générateur équivalent (E_{el}, r_{el}) de deux générateurs (E_1, r_1) .
- Trouver le générateur équivalent (E_{e2}, r_{e2}) de deux générateurs (E_2, r_2) .
- Trouver le générateur équivalent (E, r) de deux générateurs (E_{el}, r_{el}) et (E_{e2}, r_{e2}) .
- En utilisant la loi de Pouillet, Calculer l'intensité I du courant électrique circulant dans le circuit.