

## OBJECTIFS

- ✚ Identifier un dipôle générateur dans un montage ou sur un schéma électrique.
- ✚ Réaliser le montage d'étude du dipôle générateur. Tracer la caractéristique  $U = f(I)$  du dipôle générateur.
- ✚ Déterminer graphiquement la f.e.m. et la résistance interne du dipôle générateur.
- ✚ Appliquer la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur
- ✚ Caractériser le générateur équivalent à une association de générateur en série et à une association en parallèle.
- ✚ Identifier un récepteur actif dans un montage ou sur un schéma électrique.
- ✚ Réaliser le montage d'étude d'un récepteur actif.
- ✚ Tracer la caractéristique  $U = f(I)$  d'un récepteur actif
- ✚ Déterminer graphiquement les grandeurs caractérisant un récepteur actif.
- ✚ Appliquer la loi d'Ohm relative à un récepteur actif.
- ✚ Déterminer graphiquement le point de fonctionnement d'un circuit constitué d'un générateur et d'un récepteur.
- ✚ Appliquer la loi de Pouillet pour la détermination de l'intensité du courant qui circule dans un circuit comportant des générateurs et des récepteurs montés en série.
- ✚ Résoudre un problème d'adaptation entre un générateur et un récepteur par la méthode graphique.
- ✚ Résoudre un problème d'adaptation entre un générateur et un récepteur en appliquant la loi de Pouillet.

### I. Dipôle actif : le générateur .

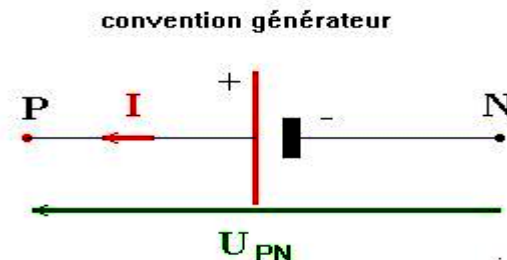
#### I.1- définition :

- ♣ Un générateur électrique est un convertisseur d'énergie qui transforme en énergie électrique une autre forme d'énergie .
- ♣ Un dipôle actif est en fonctionnement générateur lorsqu'il transforme une puissance mécanique, chimique, thermique, lumineuse, ... en puissance électrique.
- ♣ La caractéristique courant-tension du dipôle ne passe pas par le point origine.

#### Exemples :

			
Pile 9V	Photopile ou cellules photovoltaïques	Batterie d'automobile	Dynamo

#### I.2 – Symbole- convention générateur :



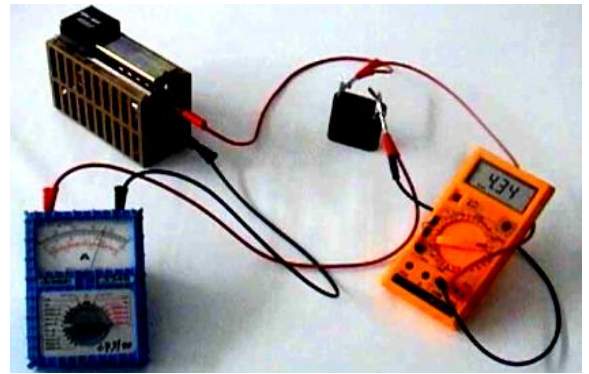
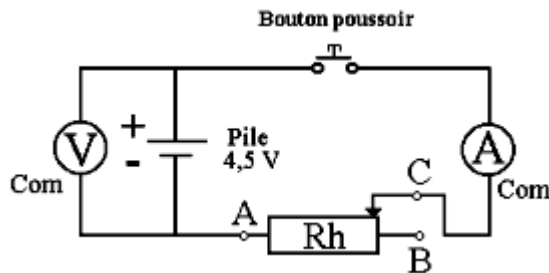
$$U_{PN} = V_P - V_N > 0$$

#### I.3 -Caractéristique $U = f(I)$ d'un générateur :

*Quelle loi régit les variations de la tension aux bornes du générateur réel quand il débite un courant ?*

### 3. 1- Tracé de la caractéristique d'un générateur (une pile) :

#### a- Montage expérimentale :



#### b- Manipulation :

- ♣ Le curseur C du Rh sera placé en B.
- ♣ Durant tout le T.P il est interdit de placer le curseur en A.
- ♣ le poussoir T ouvert : on mesure la tension  $U_{PN}$ .
- ♣ le poussoir T fermé :

Faisons varier l'intensité  $I$ , relevons les différentes valeurs de  $U_{PN}$  et remplissons le tableau de mesures suivant :

$I(A)$	0	0,15	0,25	0,35	0,45	0,50	0,60
$U_{PN}(V)$	4,5	4,2	4,0	3,8	3,6	3,5	3,3

#### c- Exploitation :

##### Question :

- 1- Tracer la caractéristique  $U = f(I)$  de la pile.
- 2- Ecrire la relation  $U_{PN}=f(I)$  (appelée loi d'Ohm pour un générateur) , pour une pile en indiquant les unités des grandeurs figurant dans la relation.
- 3- En pratique il est interdit de placer le curseur en A pour ne pas détériorer la pile, théoriquement quelle est la valeur  $I_{cc}$  du courant appelé courant de court-circuit débité par la pile .

##### Réponse :

##### 1-

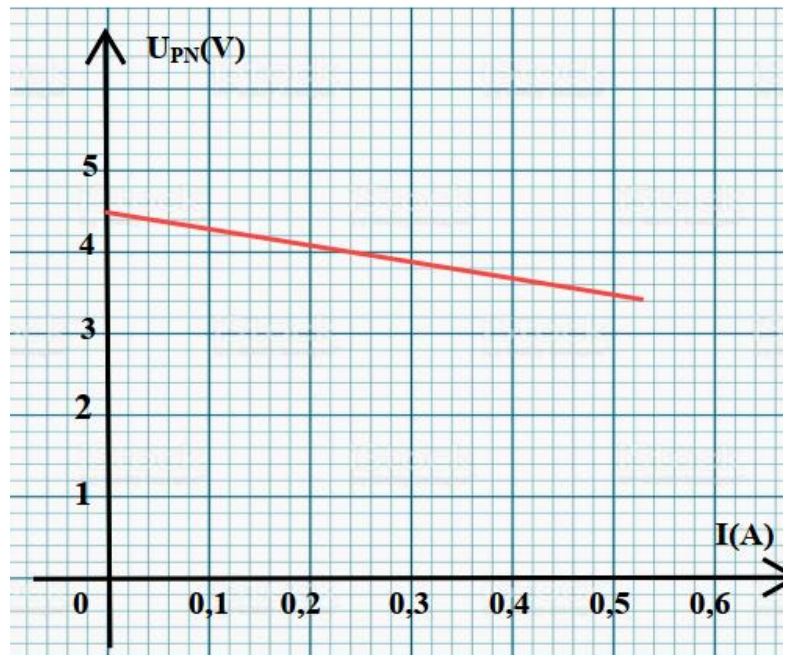
Tracé de la caractéristique intensité du courant-tension

##### 2- Observation :

- ♣ Lorsque le courant  $I$  débité par la pile augmente, la tension  $U_{PN}$  diminue.
  - ♣ la caractéristique courant-tension de la pile est une droite , alors la pile (générateur) est dit linéaire et la relation entre la tension aux bornes du générateur  $U_{PN}$  et l'intensité du courant qu'il débite s'écrit :  $U_{PN}=aI + b$
- Où  $b$  est l'ordonnée à l'origine de la droite et  $a$  sont coefficient directeur (négatif).

Donc ;

→ pour  $I=0 A$  On a  $U_{PN}(I=0)= 4,5V$ .



on appelle  $E = U_{PN}(I=0A)$  (tension à vide) la force électromotrice du générateur F.e.m .

→ Lorsque  $I$  augmente on a  $U_{PN}$  qui diminue, On Calculer la pente de la courbe :

$$a = \frac{\Delta U_{PN}}{\Delta I} = \frac{3,5-4,5}{0,5-0} \frac{V}{A} = -2 \text{ V/A}$$

$|a|$  est bien homogène à une résistance ; c'est pour cela qu'on l'exprime en ohm et qu'on la note  $r$ . C'est la résistance interne du générateur. Donc  $|a| = r = 2\Omega$ .

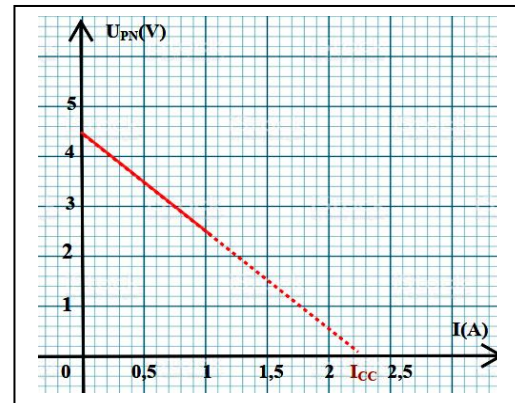
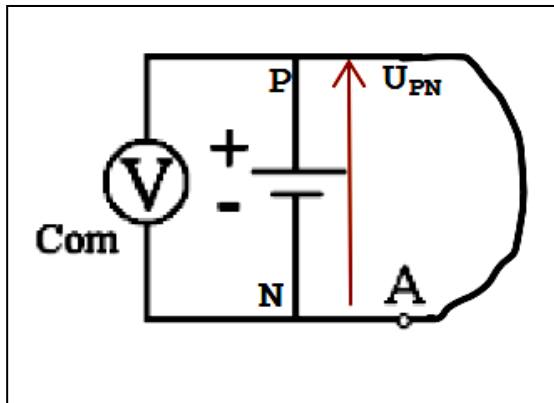
D'où la loi de variation de la tension aux bornes d'un générateur réel :  $U_{PN} = E - rI$

Cette relation caractérise la loi d'Ohm d'un générateur linéaire.

- 3- Si on place le curseur en A, La résistance d'un tel circuit est donc nulle, c'est un court-circuit ; l'intensité  $I_{cc}$  est appelée : intensité de court-circuit.

$$U_{PN}(I_{cc}) = 0 \Leftrightarrow 0 = E - rI_{cc} \Leftrightarrow I_{cc} = \frac{E}{r}$$

Si on prolonge la caractéristique, elle coupe l'axe des intensités en un point de coordonnées  $(I_{cc}, 0)$ .



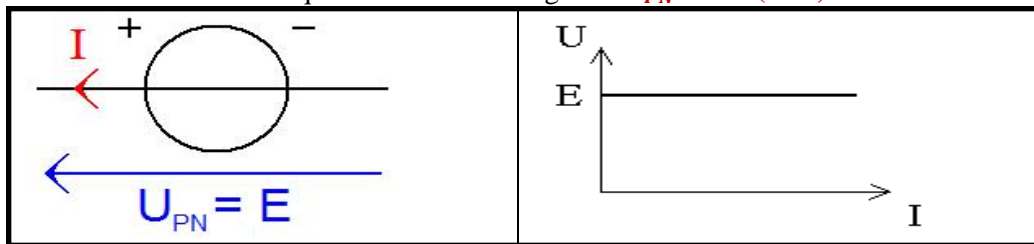
### 3. 2- La loi d'ohm pour le générateur :

La loi d'Ohm relative à un générateur linéaire s'écrit :  $U_{PN} = E - rI$

$$\left\{ \begin{array}{l} E: \text{force électromotrice du générateur en (V)} \\ r: \text{résistance interne du générateur en } (\Omega) \\ I: \text{Intensité du courant qui traverse le générateur en (A)} \\ U_{PN}: \text{tension aux bornes du générateur en (V)} \end{array} \right.$$

### 3. 3- Le générateur de tension parfait :

Un générateur de tension parfait est un générateur qui délivre toujours la même tension quelque soit la valeur de l'intensité du courant qu'il fournit à sa charge :  $U_{PN} = E \quad (r=0)$

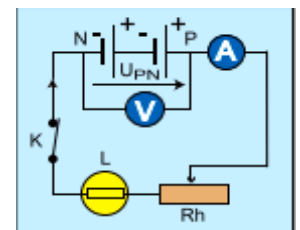


## I.4- Association des générateurs:

### a- Association en série :

Soit deux piles  $G_1(E_1, r_1)$  et  $G_2(E_2, r_2)$  associées en série comme l'indique la figure ci-après :

- Interrupteur K ouvert, le voltmètre indique une tension E telle que :  $E = E_1 + E_2$
- Interrupteur K fermé ; on fait varier I et on mesure  $U_{PN}$ .



La valeur de la tension  $U_{PN}$  diminue quand celle de l'intensité du courant augmente

L'association de deux générateurs  $G_1$  et  $G_2$  en série est équivalente à un générateur unique  $(E, r)$  tel que :

$$E = E_1 + E_2 \quad \text{et} \quad r = r_1 + r_2$$

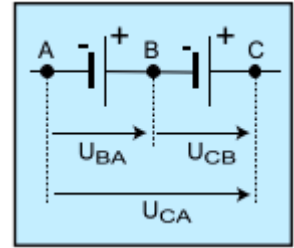
Appliquons la loi d'Ohm relative à un générateur à chacune des piles qui sont parcourues par le même courant d'intensité  $I$  :

$$\text{on a } U_{BA} = E_1 - r_1 I \quad \text{et} \quad U_{CB} = E_2 - r_2 I$$

et d'après la loi d'additivité des tensions :  $U_{CA} = U_{BA} + U_{CB}$

$$\text{Donc } U_{CA} = E_1 - r_1 I + E_2 - r_2 I \Rightarrow U_{CA} = -(r_1 + r_2)I + E_1 + E_2$$

qui est de la forme  $U_{CA} = E - r.I$  en posant  $E = E_1 + E_2$  et  $r = r_1 + r_2$



**Généralisation :**  $n$  générateurs réels associés en série sont équivalents à un générateur unique de f.e.m.  $E$

et de résistance interne  $r$  tels que : 
$$\begin{cases} E = \sum_i E_i = E_1 + E_2 + \dots + E_n \\ r = \sum_i r_i = r_1 + r_2 + \dots + r_n \end{cases}$$

### b- Association en parallèle :

Considérons uniquement le cas simple où deux générateurs de même f.e.m.  $E$  sont branchés en parallèle et dans le même sens, comme l'indique la figure ci-après :

Un voltmètre branché entre A et B indique « à vide » une tension  $U_{AB} = E$ .

A et B sont respectivement la borne (+) et la borne (-) du générateur équivalent à l'association.

Appliquons la loi d'Ohm pour chaque générateur en supposant que les intensités des courants qui circulent dans chaque branche sont différentes :

$$U_{AB} = E - r_1 I_1 \quad \text{et} \quad U_{AB} = E - r_2 I_2 \Rightarrow I_1 = \frac{E - U_{AB}}{r_1} \quad \text{et} \quad I_2 = \frac{E - U_{AB}}{r_2}$$

Et d'après la loi des nœuds appliquée en A :

$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow I = \frac{E - U_{AB}}{r_1} + \frac{E - U_{AB}}{r_2} \Rightarrow I = (E - U_{AB}) \left( \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_1} \right)$$

$$\Rightarrow I = (E - U_{AB}) \times \frac{1}{r} \quad \text{en posant } \frac{1}{r} = \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_1}$$

$$\text{Donc } U_{AB} = E - rI \quad \text{avec} \quad \frac{1}{r} = \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_1}$$

**Généralisation :** Le dipôle équivalent à  $n$  générateurs de f.e.m. identiques  $E$  montés en parallèle est un dipôle générateur dont la f.e.m. est égale à  $E$  et la résistance interne  $r$  égale à la résistance équivalente à toutes les résistances internes branchées en parallèle, tels que : 
$$\frac{1}{r} = \sum_i \frac{1}{r_i}$$

### Remarque :

Dans le cas où  $n$  générateurs sont identiques ( $E, r$ ) le générateur équivalent a pour f.e.m. équivalente  $E$  et pour résistance équivalente  $r_e = \frac{r}{n}$

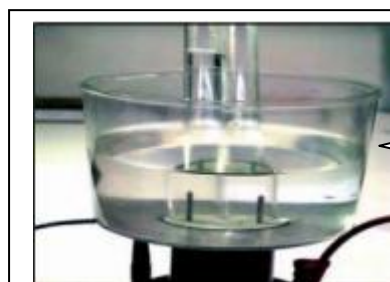
## II. Caractéristiques d'un récepteur (l'électrolyseur) :

**II.1- Définition :** Un récepteur est un dipôle électrique qui convertit une partie d'énergie électrique qu'il reçoit en une autre forme d'énergie autre que l'énergie thermique.

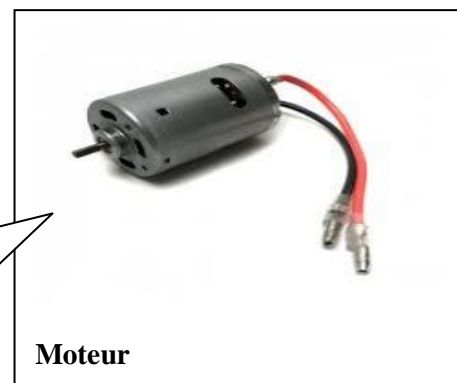
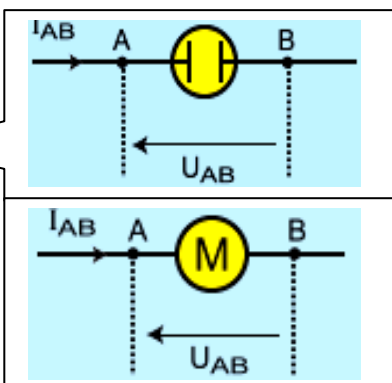
**Exemples :** Electrolyseur, Moteur.

### II.2- Symboles - Convention récepteur :





Electrolyseur



Moteur

## II. 3- Etude expérimentale : Caractéristiques d'un Electrolyseur.

### a- Montage expérimental :

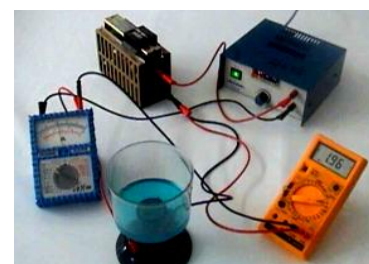
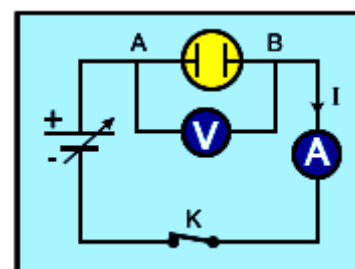
Réalisons le montage d'étude de la figure ci-après :

### b- Manipulation :

Faisons varier l'intensité  $I$  et relevons les différentes valeurs de la Tension  $U_{AB}$  et remplissons le tableau de mesures suivant :

$U_{AB}(V)$	0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
$I(A)$	0	0	0,02	0,06	0,14	0,4	0,9	1,4	1,9

### c- Tracé de la caractéristique $U_{AB}=f(I)$ :



On obtient une courbe que l'on peut décomposer

en deux zones distinctes :

♣ La zone [Origine , M] : partie non linéaire.

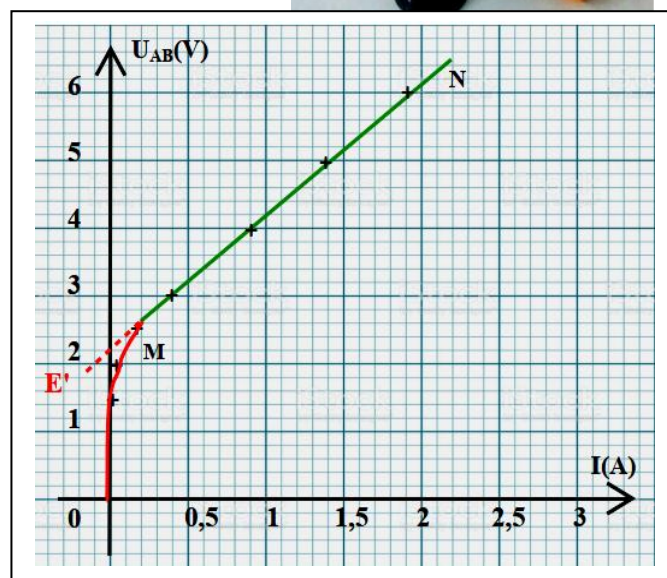
♣ La zone [M,N] : partie linéaire

Si on prolonge la partie linéaire de la caractéristique, elle va couper l'axe des ordonnées en un point caractérisant une tension  $E'$ .

de même, la pente de la courbe est positive.

Donc l'équation qui caractérise la courbe d'électrolyseur s'écrit :  $U_{AB} = aI + b$  tels que :

$$\begin{cases} a = E' : E' \text{ est la force contre électromotrice de l'électrolyseur f.c.e.m} \\ b = r' \text{ est sa résistance interne} \end{cases}$$



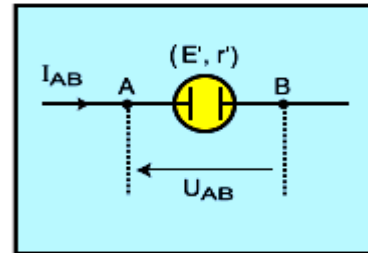
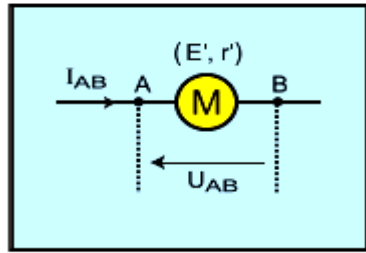
⇒ la tension aux bornes de l'électrolyseur à pour expression :  $U_{AB} = E' + r'I$

AN : d'après le graphe on a :  $E' = 2,2 \text{ V}$  et  $r' = a = \frac{5-3}{1,4-0,4} \frac{V}{A} = 2 \Omega$

## II.4 - Loi d'Ohm relative à un récepteur actif :

Un récepteur actif est caractérisé par sa force contre électromotrice (f.c.e.m.)  $E'$  et sa résistance interne  $r'$ .

$$U_{AB} = E' + r'I$$



### III. Point de fonctionnement d'un circuit :

#### III.1- Notion de point de fonctionnement :

Le branchement d'un générateur (alimentation) aux bornes d'un récepteur actif (moteur , électrolyseur) et/ou un résistor forme un circuit électrique.

#### III.2-Détermination du point du fonctionnement du circuit :

Comment déterminer l'intensité  $I$  du courant dans un circuit électrique ?

##### a- Méthode graphique :

Le branchement d'un résistor aux bornes d'un dipôle actif forme un circuit électrique simple , ce circuit est parcouru par un courant électrique continu d'intensité  $I$ . peut- on prévoir la valeur de l'intensité  $I$  ?

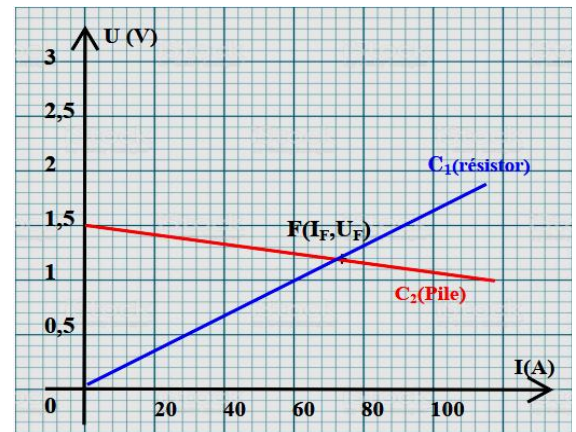
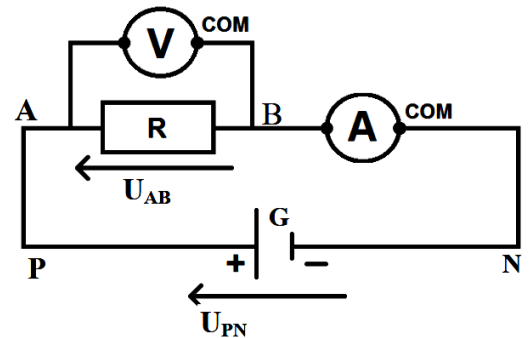
Sachant que :

- $G$  est une pile tels que ( $E=1,5V$  ,  $r = 1\Omega$ )
- $R$  résistor de résistance  $R= 20\Omega$  .

Lorsque l'interrupteur est fermé , l'ampèremètre Indique une intensité  $I=71mA$  et le voltmètre une tension  $U_R=1,2V$  .

→ Tracer les caractéristiques des deux dipôles sur le même graphe.

→ Le point d'intersection  $F$  des deux caractéristiques  $C_1$  et  $C_2$  s'appelle le point de fonctionnement du circuit . les coordonnées du point de fonctionnement  $F(I_F, U_F)$  ne prévoient aucun danger aux deux dipôles .



##### b- Méthode analytique :

Appliquant la loi d'additivité des tensions au circuit précédant :

$$U_{AB} = U_{PN} \text{ et d'après la loi d'Ohm On a : } U_{AB} = RI \text{ et } U_{PN} = E - rI$$

$$\Rightarrow RI = E - rI \Rightarrow I = \frac{E}{R+r} \text{ et } U_{PN} = U_{AB} = RI = R \frac{E}{R+r} \text{ donc } I_F = \frac{E}{R+r} \text{ et } U_F = R \frac{E}{R+r}$$

$$\text{AN : } I_F = \frac{1,5}{20+1} A = 71mA \text{ et } U_F = 20 \times 71 \cdot 10^{-3} V = 1,2V .$$

### III. 3- Loi de Pouillet :

Réalisons le circuit de la figure ci-après comprenant un générateur  $(E, r)$ , un moteur  $(E', r')$  et un conducteur ohmique de résistance  $R$ .

On donne :

$$E = 12V ; r = 5\Omega ; E' = 6V ; r' = 2\Omega ; R = 3\Omega.$$

On applique la loi d'Ohm pour chacun des dipôles successivement :

Pour le récepteur actif on a :  $U_{AB} = E' + r'.I$

Pour le récepteur passif on a :  $U_{BC} = R.I$

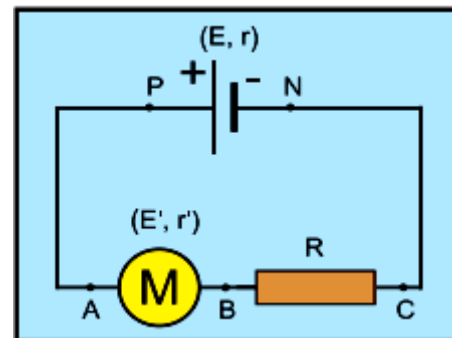
On applique la loi des mailles (loi d'additivité des tensions) :

$$U_{PN} = U_{AB} + U_{BC}$$

En remplaçant on aura :

$$E - r.I = E' + r'.I + R.I$$

$$\Rightarrow E - E' = (r + r' + R) I \quad \text{d'où l'intensité} \quad I = \frac{E - E'}{r + r' + R} (*) \quad \text{A.N. } I = 0,6 \text{ A}$$



La relation (\*) est l'expression d'une loi, dite Loi de Pouillet, qui régit les circuits électriques constitués uniquement de dipôles linéaires associés en série.

#### Généralité : Enoncé de la loi de Pouillet :

*Dans un circuit série comportant (n) générateurs en série, (m) récepteurs actifs et (k) conducteurs ohmiques, l'intensité du courant est égale au quotient de la somme des f.e.m. des différents générateurs diminuée de la somme des f.c.e.m. des différents récepteurs actifs par la somme des résistances de tous les dipôles :*

$$I = \frac{\sum_i E_i - \sum_j E'_j}{\sum_i r_i + \sum_j r'_j + \sum_k R_k}$$

#### Exercice d'application

La caractéristique intensité- tension d'une pile de f.é.m  $E$  et de résistance interne  $r$  passe par les deux points  $A(3,9V ; 0,3A)$  ;  $B(3,5V ; 0,5A)$ .

- 1)
  - a) Ecrire l'expression de la tension  $U_{PN}$  aux bornes de la pile lorsqu'elle débite un courant d'intensité  $I$ .
  - b) En déduire la valeur de  $E$  et de  $r$ .
- 2) Calculer l'intensité  $I$  du courant lorsque la tension aux bornes de la pile est  $U_{PN}=2,5V$ .
- 3) On associe en série  $N$  piles identiques caractérisée chacune par sa f.é.m  $E_0= 4,5 \text{ V}$  et sa résistance interne  $r_0=2\Omega$ . Le générateur équivalent a pour f.é.m  $E=13,5V$ .
  - a) Calculer le nombre  $N$  des piles associées en série.
  - b) Calculer la résistance  $r$  du générateur équivalent.
  - c) Ces  $N$  piles montées en série sont branchées aux bornes d'un résister de résistance  $R= 50 \Omega$ .
    - ✓ Faire un schéma du montage.
    - ✓ Calculer l'intensité  $I$  du courant dans le circuit.