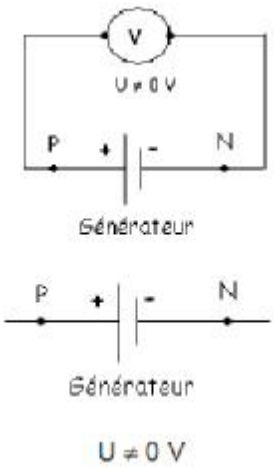
Www.AdrarPhysic.Fr

I. Rappels et compléments

1) Dipôles actifs

Un dipôle est dit actif si, en circuit ouvert, la tension à ses bornes n'est pas nulle.



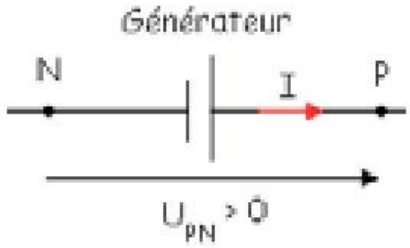
On le montre en branchant un voltmètre directement à ses bornes : l'aiguille du voltmètre indique une tension non nulle.

Exemples : piles, groupes électrogènes, alimentations de labo, générateurs de signaux, … etc.).

Représentation symbolique d'un générateur. Le pôle positif P est représenté par le grand trait le pôle négatif N par le petit trait.

2) Convention générateur

On étudie les dipôles actifs avec la convention générateur.

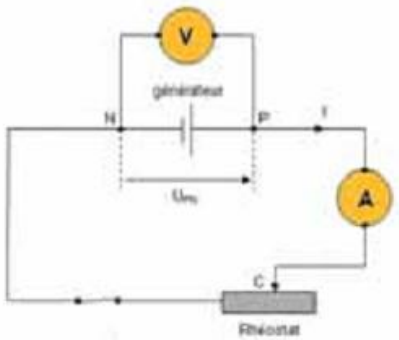


Dans la convention générateur, les flèches symbolisant l'intensité du courant et la tension aux bornes du générateur sont de même sens.

II. Etude d'un dipôle actif linéaire

1) Activité –1– expérimentale : La pile

Le montage



Réaliser le montage représenté à la figure ci–contre (Doc.1) comportant, en série, la pile à étudier, l'ampèremètre, un rhéostat monté en résistance variable et un interrupteur.

1. Ouvrer l'interrupteur et relever les valeurs de l'intensité I du courant et de la tension U_{PN} aux bornes du générateur.

2. Fermer l'interrupteur puis déplacer le curseur du rhéostat et noter dans le tableau ci-dessous les différentes indications du voltmètre et de l'ampèremètre.

3. Tracer, en choisissant une échelle appropriée, la courbe donnant les variations de la tension en fonction de l'intensité $U_{PN} = f(I)$.

Force électromotrice E (f.é.m) et résistance interne r de la pile

4. Quelle est la tension à vide de la pile appelée aussi force électromotrice f.é.m. et notée E ? Quelle est alors l'intensité du courant électrique ?

5. Quelle est la nature de la courbe ? Déterminer sa pente (coefficient directeur).

6. Ecrire son équation sous la forme : $U_{PN} = a.I + b$ (On explicitera les constantes numériques a et b)

Intensité de court–circuit I_{CC} d'un générateur

7. On met la pile en court–circuit (déconseillé) en reliant ses deux pôles par un fil métallique. On forme ainsi un circuit fermé parcouru par un courant dont l'intensité porte le nom d'intensité de court–circuit I_{CC}. Calculer sa valeur théorique pour la pile étudiée.

Conclusion : énoncer la loi d'Ohm pour un générateur.

Résultats

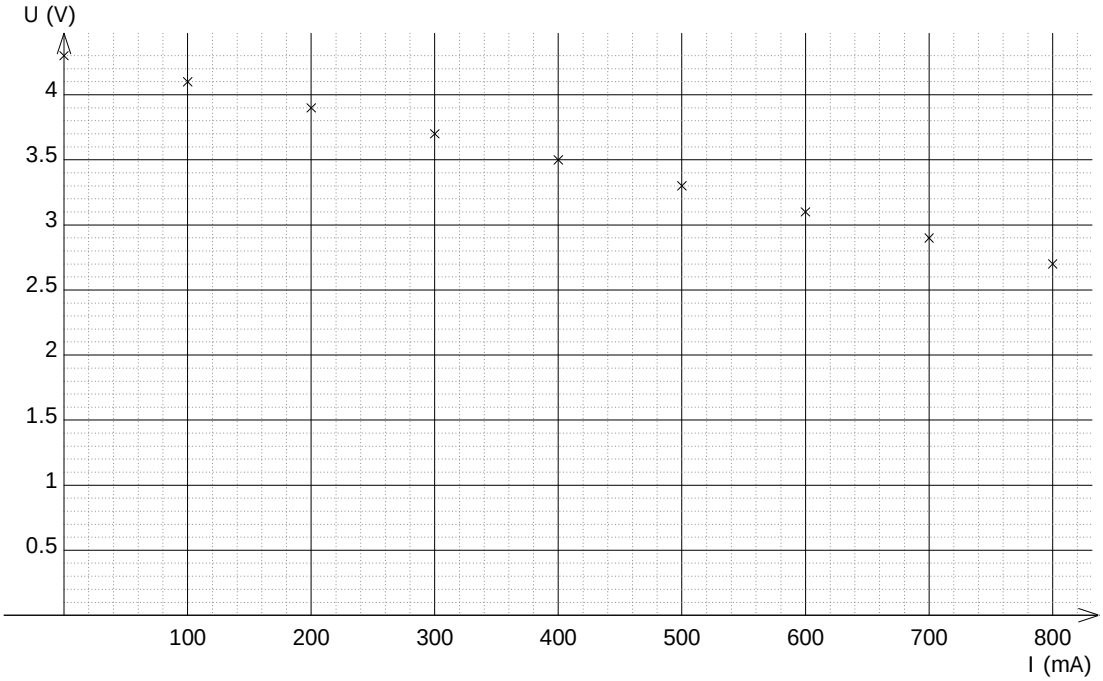
L'interrupteur étant ouvert, nous lisons sur le voltmètre 4,3 V et l'ampèremètre indique la valeur I = 0 A.

K fermé, faisons croître I et relevons des couples de mesures (I,U_{PN}). Tableau de mesure

I(mA)	0	100	200	300	400	500	600	700	800
U_{PN}(V)	4,3	4,1	3,9	3,7	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7

Traçons la caractéristique intensité–tension (I,U)

La caractéristique représentant U_{PN} = f(I) est une droite de coefficient directeur négatif.



Force électromotrice E (f.é.m) et résistance interne r de la pile

- Force électromotrice ou f.é.m E de la pile

Www.AdrarPhysic.Fr

La f.é.m. E est l'ordonnée à l'origine de la caractéristique intensité–tension, soit ici : E = 4,3 V

L'unité S.I. de force électromotrice est le volt (V).

On remarque que si l'on fait I = 0, on obtient UPN = E, la f.é.m. d'une pile s'identifie donc à la tension à ses bornes en circuit ouvert (tension à vide de la pile).

- Résistance interne r de la pile

La courbe $U_{PN} = f(I)$ est une droite d'équation $U_{PN} = a.I + b$ peut s'écrire $U_{PN} = -rI + E$.

La résistance interne r est donc l'opposé du coefficient directeur de la caractéristique.

Pour la pile étudiée ici, on obtient, en se reportant à la caractéristique :

$$-r = -\frac{\Delta U_{PN}}{\Delta I} = -\frac{1,6}{0,8} = -2 \text{ Unités S.I.}$$

On obtient r en unités du système international, r étant le quotient d'une tension par une intensité, il s'exprime en ohms. La résistance interne de la pile étudiée ici vaut donc r = 2,0 Ω.

Pour calculer I_{CC}, on écrit que la tension U_{PN} est alors nulle (court–circuit) : $U_{PN} = 0$ soit $E - rI_{CC} = 0$ ce qui donne : $I_{CC} = \frac{E}{r}$

2) Conclusion : La loi d'Ohm pour un générateur.

Dans la convention générateur, la loi d'Ohm pour un générateur :

$$U_{PN} = E - r.I$$

U_{PN} : tension (V)
E : f.é.m. (V)
R : résistance interne (Ω)
I : intensité (A)

Remarques :

- L'intensité théorique du courant de court-circuit I_{cc} dans un simple fil de connexion reliant les bornes P et N :

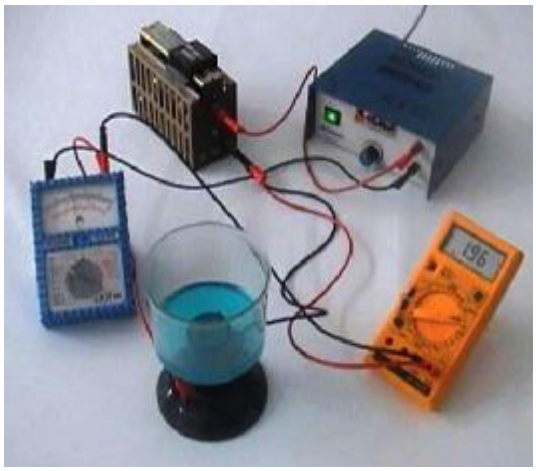
$$U_{PN} = E - r.I_{cc} = 0 \text{ soit } \quad I_{cc} = \frac{E}{r}$$

- Le courant de court-circuit expérimental $I_{cc\ (exp)}$ est inférieur au courant de court-circuit théorique $I_{cc\ (th)}$.

3) Activité –2– expérimentale : L'électrolyseur

Le montage

Réaliser le circuit série comportant un générateur, un rhéostat, un interrupteur, un ampèremètre et un électrolyseur contenant une solution ionique (soude 0,1mol.L^{-1}). Les bornes de l'électrolyseur sont reliées à un voltmètre comme l'indique la photo ci–dessous.



1. Schématiser le montage d'étude de la photo sachant que le rhéostat est monté en résistance variable.

2. Faire varier l'intensité du courant I, et relever les valeurs des couples (I,U) dans le tableau de mesures (indication : on prendra au moins 4 mesures pour 0<U<1,5V).

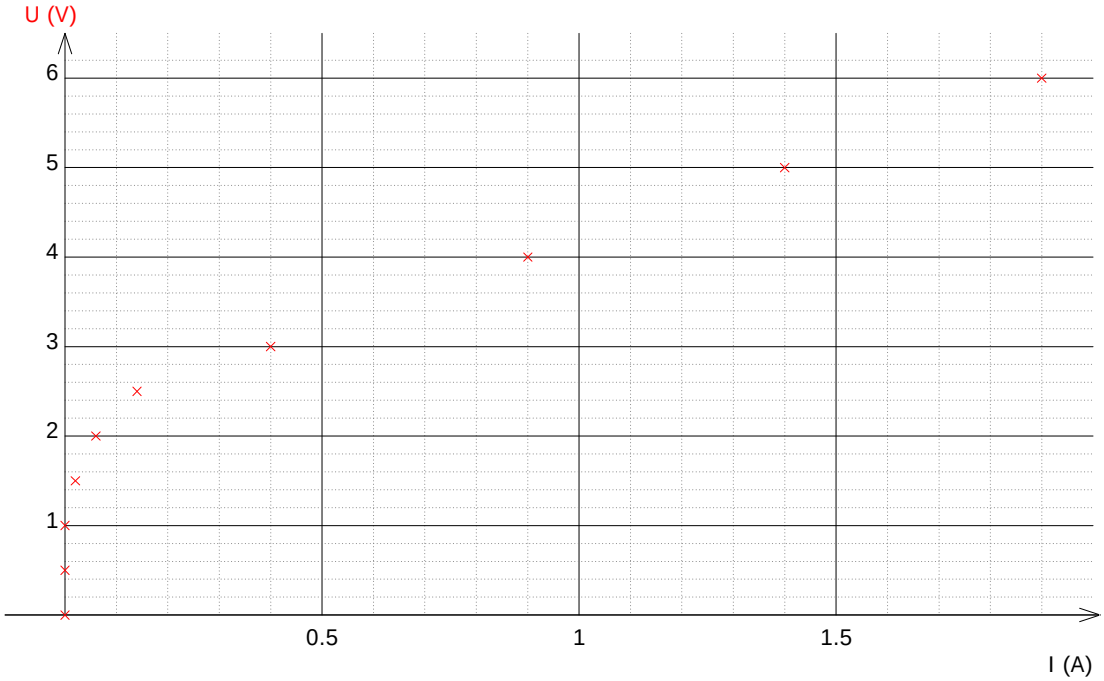
Faisons varier l'intensité I, relevons les différentes valeurs de U et remplissons le tableau de mesures suivant :

U(V)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6
I(A)	0	0	0	0.02	0.06	0.14	0.4	0.9	1.4	1.9

Www.AdrarPhysic.Fr

3. Tracer la caractéristique de l'électrolyseur.

Les points reportés dans un repère cartésien (I, U) U (en ordonnées), I (en abscisses).donnent la caractéristique de la ci-dessous.



Force contre électromotrice E' (f.c.é.m) et résistance interne r'.

La caractéristique d'un électrolyseur en fonctionnement normal est une portion de droite qui ne passe pas par l'origine d'équation : $U = a.I + b$

Avec :

• b est la valeur de la tension minimale à donner à l'électrolyseur pour qu'il fonctionne normalement. Cette constante est appelée force contre électromotrice (f.c.é.m) du dipôle récepteur actif notée E'.

• a.I est une tension. Alors a est une résistance appelée résistance interne de l'électrolyseur notée r'.

4. Déterminer graphiquement, les paramètres du récepteur actif (E' et r') à partir de la courbe.

En fonctionnement normal, la caractéristique de l'électrolyseur est une portion de droite d'équation de la forme : U = a.I + b.

En prolongeant cette droite, elle coupe l'axe des tensions en un point d'ordonnée b = E'= 2,2 V. E' est appelée force contre électromotrice (f.c.é.m).

La pente a de cette droite est homogène à une résistance appelée résistance interne de l'électrolyseur :

On obtient, en se reportant à la caractéristique : r' = $\frac{\Delta U}{\Delta I}$ = 2Ω

Conclusion : Quelle est la loi d'Ohm relative à un électrolyseur ?

4) Conclusion : La loi d'Ohm pour un électrolyseur.

Dans la convention récepteur, la loi d'Ohm pour un électrolyseur :

$U = E' + r'I$

U : tension (V)
E' : f.c.é.m. (V)
r' : résistance interne (Ω)
I : intensité (A)

5) Autre exemple de récepteur actif : Le moteur

On peut refaire l'expérience avec un moteur à courant continu. On en déduit que le moteur un récepteur actif.

Www.AdrarPhysic.Fr

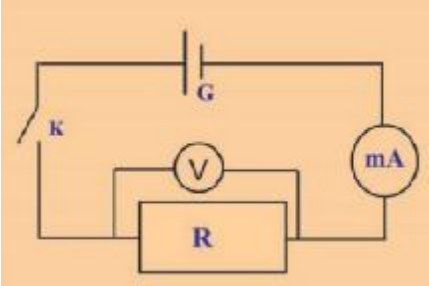
III. Point de fonctionnement d'un circuit

Activité –3– expérimentale :

Le branchement d'un dipôle passif aux bornes d'un dipôle actif forme un circuit électrique. Les deux dipôles associés étant donnés, on n'obtient qu'un seul état de fonctionnement possible du circuit caractérisé par le couple de valeurs commun (I,U) appelé point de fonctionnement du circuit.

Le problème que l'on se pose est donc : par quelle méthode déterminer le point de fonctionnement d'un circuit ?

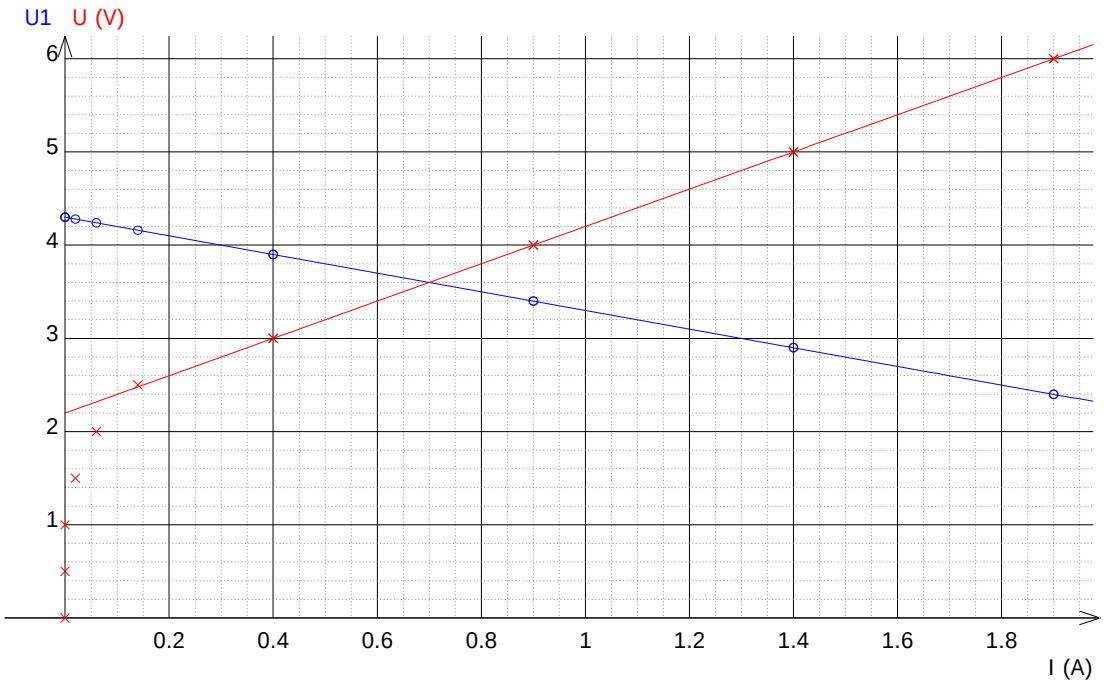
Soit le montage suivant :



G : pile (E = ... V et r = ... Ω)
R : Résistance 20 Ω
K : interrupteur.
mA : milliampèremètre.
V : voltmètre.

a– Méthode graphique.

1- Nous connaissons les caractéristiques de la pile étudiée à l'activité 1 et l'électrolyseur étudié à l'activité 2. Reportons-les dans le même repère cartésien ci-contre :



2- Le point de fonctionnement F(I,U) doit appartenir à la fois aux deux caractéristiques ; déterminer ces coordonnées.

Il se trouve à l'intersection des deux caractéristiques.

On lit : I = 0,7 A et U = 3,6 V.

3- Vérification expérimentale. Lorsque le circuit est fermé, noter les indications du milliampèremètre et le voltmètre.

Le milliampèremètre indique une intensité I = 0,7 A et le voltmètre une tension U = 3,6 V.

b – Méthode analytique.

4- Quelle est la loi d'Ohm vérifiée par un générateur caractérisé par (E,r) et puis par un électrolyseur caractérisé par (E',r')?

L'équation de la caractéristique d'une pile :

$$U_{PN} = E - r.I$$

L'équation de la caractéristique d'un électrolyseur :

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

5- Calculer le point de fonctionnement du circuit.

Associés comme l'indique la figure ci-dessus :

$$U_{PN} = U_{AB} = U \text{ d'où } E - r.I = E' + r'.I$$

Soit : $I = \frac{E - E'}{r + r'}$ et U = $\frac{r.E' + r'.E}{r + r'}$

IV. Loi de Pouillet

1) Exercice d'application :

Réalisons le circuit de la figure 7 comprenant un générateur (E,r), un moteur (E',r') et un conducteur ohmique de résistance R.

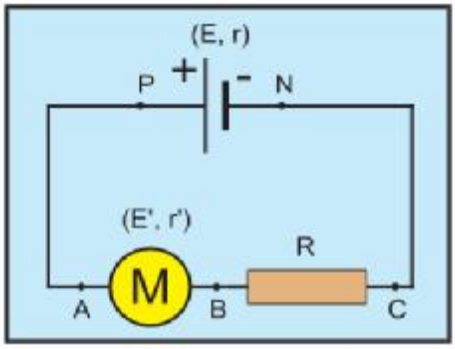


Fig. 7

Les tensions aux bornes des différents dipôles ne pouvant plus être les mêmes, il n'est plus possible de superposer leurs caractéristiques pour trouver un point d'intersection et connaître I. La méthode analytique est la seule utilisable dans ce cas, les trois dipôles étant linéaires. L'exercice suivant en fournit un exemple d'application.

Enoncé :

Calculer l'intensité du courant qui circulerait dans le circuit de la figure 7 avec les données numériques suivantes :

E = 12V ; r = 5Ω ;

E' = 6V ; r' = 2Ω ;

R = 3Ω.

Soit I l'intensité du courant qui circulerait dans ce circuit une fois fermé.

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

Pour un générateur on a : $U_{PN} = E - r.I$

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 d'additivité des tensions : $U_{PN} = U_{AB} + U_{BC}$

En remplaçant on aura : $E - r.I = E' + r'.I + R.I$

En regroupant les termes : $E - E' = (r + r' + R)I$

d'où l'intensité : $I = \frac{E - E'}{r + r' + R}$ A.N . I = 0,6 A

La relation $I = \frac{E - E'}{r + r' + R}$ est l'expression d'une loi, dite Loi de Pouillet, qui régit les circuits électriques constitués uniquement de dipôles linéaires associés en série.

2) 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.

$$I = \frac{(E_1 + E_2 + \ldots + E_n) - (E_1' + E_2' + \ldots + E_m')}{r_1 + r_2 + \ldots + r_n + r'_1 + \ldots + r'_m + R_1 + R_2 + \ldots + R_k}$$

Qu'on écrit d'une manière condensée comme suit : $I = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i - \sum_{j=1}^{m} E'_j}{\sum_{k=1}^{p} r_k}$

Σ: symbole désignant somme.