



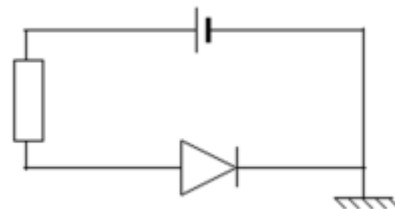
Leçon 13

LES RÉCEPTEURS, DIPÔLE PASSIF

Activité

Observe attentivement l'image de droite.

Identifie un générateur et un dipôle passif et un récepteur. Comment appelle-t-on le composant ayant la forme d'un râteau sur la figure ?



ACTIVITÉS

Objectifs

- ⇒ Définir : récepteur, dipôle passif.
- ⇒ Symboliser un récepteur
- ⇒ Ressortir le modèle de Thévenin d'un récepteur
- ⇒ Évaluer les caractéristiques d'un récepteur
- ⇒ Énoncer et appliquer la loi d'Ohm pour un récepteur
- ⇒ Effectuer des calculs sur les groupements des récepteurs.

1. Définition et représentations1.1. Définition

- Un **récepteur** est un dipôle dissymétrique, capable de transformer une partie de l'énergie électrique reçue en une autre forme que l'énergie calorifique.

Exemple : électrolyseur ; moteur ; lampes à incandescence ; diodes ; varistances ; condensateurs ;

- Un **dipôle passif**, est un dipôle qui reçoit de l'énergie électrique qu'il transforme intégralement en chaleur.

Exemple : résistor.

1.2. Représentations1.2.1. Symboles normalisés.

Les symboles normalisés de quelques récepteurs et dipôle passif sont les suivants :

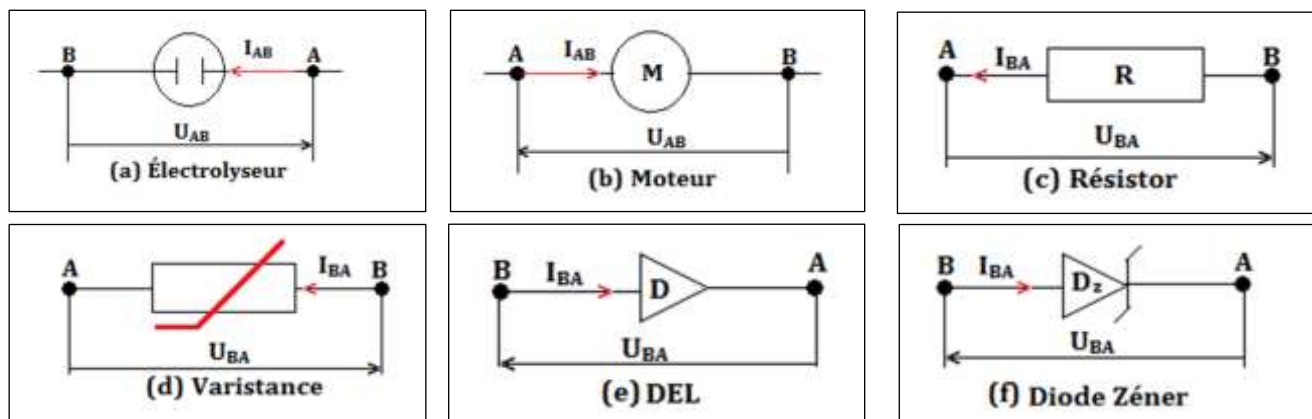
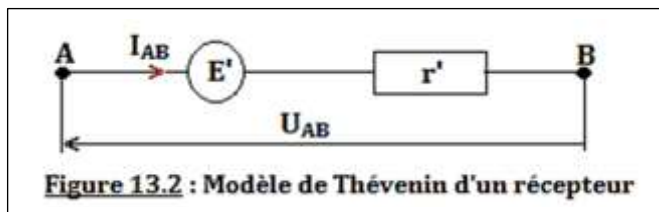


Figure 13.1 : Représentation normalisée de quelques dipôles passifs + Résistor

1.2.2. Représentation en modèle de Thévenin

Le modèle de Thévenin d'un récepteur (moteur, électrolyseur par exemple), est une représentation équivalente du récepteur faisant ressortir ses caractéristiques internes. Il se présente de la manière suivante.



1.3. Les caractéristiques d'un récepteur

1.3.1. La force contre électromotrice

Notée E' , la force contre électromotrice (f.c.é.m.) d'un récepteur, est le quotient de la puissance utile P_u , par l'intensité I du courant qui le traverse :

$$E' = \frac{P_u}{I} \quad (13.1)$$

Unités : P_u (W) ; I (A) ; E' (V)

Remarque

La grandeur $P_u = P'$, est la puissance électrique transformée en puissance mécanique ou ohmique.

1.3.2. La résistance interne

Le récepteur perd une partie de l'énergie électrique reçue par effet joule. Il comporte donc un résistor de résistance r' dite résistance interne du récepteur. La puissance dissipée par effet Joule dans le récepteur est telle que :

$$P_j = r' \times I^2 \quad (13.2)$$

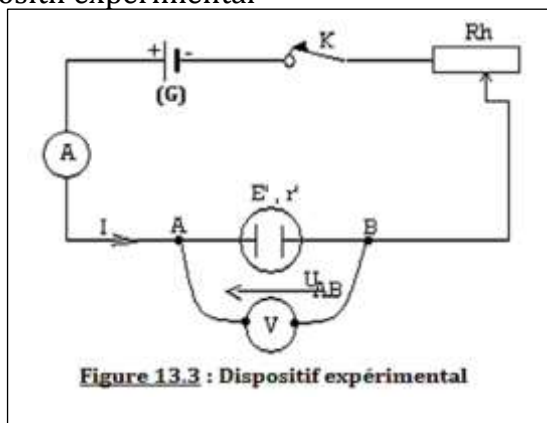
1.3.3. Caractéristiques d'un récepteur

- Un récepteur est alors caractérisé par une f.c.é.m. E' et une résistance interne r' . on adoptera alors l'écriture suivante (E', r') pour caractériser un récepteur.
- La caractéristique d'un récepteur est la représentation graphique de l'expression de la tension $U_{NP} = U$ à ses bornes lorsqu'il est parcouru par un courant d'intensité I :

$$U = E' + r' \times I \quad (13.3)$$

La courbe $U = f(I)$ est la caractéristique courant-tension du récepteur étudié.

- Étudions alors la caractéristique $U = f(I)$
 - Dispositif expérimental



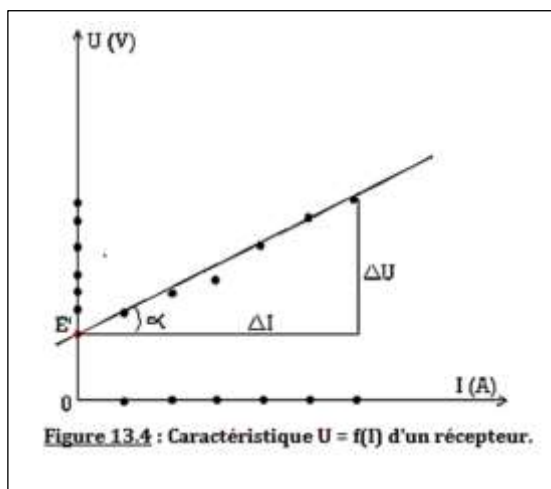
Légende

- (G) : générateur (E, r)
- (k) : interrupteur
- (Rh) : rhéostat
- (A) : ampèremètre
- (V) : voltmètre
- (E) : électrolyseur (E', r')

- Relevé de mesure

U (V)	2.1	2.5	2.9	3.5	4.1	4.5	2cm pour 1V
I (A)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	1 cm pour 0.1 A

- Tracer de la caractéristique



Remarque

☞ Cette caractéristique permet :

- De trouver la f.c.é.m. E' du récepteur. On observe que $E' = (\text{axe des } U) \cap (\text{caractéristique})$.
- De déterminer la résistance interne r' du récepteur, qui est le coefficient directeur de la droite d'équation $U = f(I)$. On a donc :

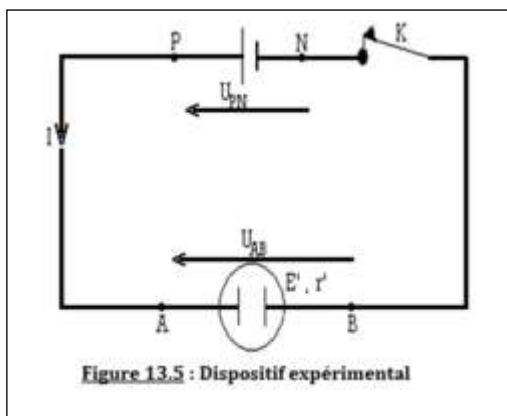
$$r' = \tan \alpha = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{4,5 - 2,1}{0,6 - 0,1} = 4,8 \Omega$$

☞ Pour un moteur traversé par un courant électrique, si sa f.c.é.m. E' est **nulle**, on dit qu'il est **bloqué**. Cela signifie que toute l'énergie électrique reçue est transformée en chaleur par effet Joule. La tension aux bornes du moteur sera dans ce cas $U = r' \times I$ (13.4)

☞ Si dans une électrolyse, il y a transport de la matière de l'anode à la cathode (cas de l'électrolyse avec anode soluble), l'électrolyseur aura dans ce cas une f.c.é.m. **nulle**. Toute l'énergie électrique se transforme en chaleur et $U = r' \cdot I$.

☞ Lorsque dans un circuit électrique, le courant entre dans un générateur par le pôle positif, le générateur fonctionne dans ce cas comme un récepteur.

2. La loi d'Ohm pour les récepteurs



Considérons la figure 13.5 ci-contre.

Appelons $P_f = U_{AB} \times I$ (13.5)
la puissance fournie par le générateur au circuit extérieur.

Remarque

Lorsqu'on néglige la résistance des fils conducteurs, $U_{AB} = U_{PN}$.



- La quantité $P_f = U_{AB} \times I$ est transformée :
 - Une partie en puissance chimique : $P_{chi} = E' \times I$ (électrolyseur) (13.6)
 - L'autre partie par effet Joule : $P_j = r' \times I^2$ (13.7)
- La loi de conservation de l'énergie permet donc d'écrire :

$$P_f = P_{chi} + P_j$$

$$\Leftrightarrow U_{AB} \times I = E' \times I + r' \times I^2$$
 (13.8)

$$\Leftrightarrow U_{AB} = E' + r' \times I$$
 (13.9)

Remarque

- La ddp aux bornes d'un récepteur est $> E'$.
- Pour qu'un récepteur fonctionne normalement, il faut que la tension à ses bornes soit $> E'$.

Exemple

Une génératrice débite dans une batterie d'accumulateur de f.c.é.m. $E' = 100 \text{ V}$ et de résistance interne $r' = 1 \Omega$.

- Quelle tension doit fournir la génératrice à ses bornes pour que le courant soit $I = 10 \text{ A}$?
- La génératrice a une résistance interne $r = 2 \Omega$. Quelle est la f.é.m. E de la génératrice ?
- Quelle est la puissance totale fournie au circuit extérieur par la génératrice ?
- Quelle est l'énergie perdue par effet Joule dans la génératrice pendant 3 min ?
- Que se passe-t-il quand E' devient supérieur à E ?

Solution

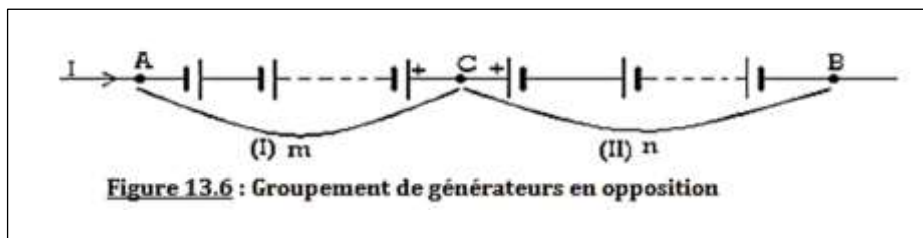
Données : accumulateur ($E' = 100 \text{ V}$, $r' = 1 \Omega$) ;

- Déterminons la tension U fournie si $I = 10 \text{ A}$
Par définition, $U = E' + r' \times I$ **AN : $U = 110 \text{ V}$**
- Déterminons E si $r = 2 \Omega$.
Par définition, $U = E - rI \Rightarrow E = U + rI$ **AN : $E = 130 \text{ V}$**
- Déterminons la puissance totale fournie P par la génératrice.
Par définition, $P = E \times I$ **AN : $P = 1300 \text{ W}$**
- Déterminons l'énergie W perdue par effet Joule si $t = 3 \text{ min} = 180 \text{ s}$
D'après la loi de Joule, $W = r \times t \times I^2$ **AN : $W = 36000 \text{ J}$**
- Conséquence si $E' > E$
Le montage étant en série, $E - rI = E' + r'I$. Si $E > E' \Rightarrow r < r'$, dans ce cas la génératrice fonctionnera en mode récepteur.

3. Groupement des récepteurs

3.1. Groupement en série

Considérons le montage ci-dessous, dans lequel m et n représentent le nombre de générateurs identiques montés en série.



- Les deux groupements (I) et (II) sont montés en opposition. Le 1^{er} (I) fonctionne en générateur et le 2nd (II) en récepteur.
- Soient E_0 la f.é.m. d'un générateur et r_0 sa résistance interne. On peut remplacer le groupement (I) par un générateur unique de f.é.m. $E_1 = m.E_0$ et de résistance interne $r_1 = m.r_0$.

- Aussi dans le groupement (II), on peut remplacer par un générateur unique de f.é.m. $E_2 = n \cdot E_0$ et de résistance interne $r_2 = n \cdot r_0$. La loi d'additivité des tensions nous permet d'écrire :

$$U_{AB} = U_{AC} + U_{CB} \quad (13.10)$$

$$U_{AC} = m \times r_0 \times I - m \times E_0 \quad (13.11)$$

$$U_{CB} = n \times E_0 + n \times r_0 \times I \quad (13.12)$$

$$\Rightarrow U_{AB} = (m + n) \times r_0 \times I - E_0 \times (m - n) \quad (13.13)$$

Cette dernière relation montre que l'on peut remplacer le groupement entre A et B par un générateur unique de f.é.m.

$$E = (m - n) \times E_0 \quad (13.14)$$

et de résistance interne

$$r = (m + n) \times r_0 \quad (13.15)$$

Remarque

D'une façon générale, quelles que soient les f.é.m. des générateurs, la f.é.m. du générateur équivalent est $\Sigma E - \Sigma E'$, ΣE étant la somme des f.é.m. des dipôles fonctionnant en générateurs et $\Sigma E'$ celle des générateurs fonctionnant en récepteur.

3.2. Groupement en parallèle

Nous étudions, comme exemple de récepteurs en parallèle, le cas des résistors, alimentés par un générateur G (E, r).

Dans la situation présentée par la figure 13.7, les résistors R_2 et R_3 sont en parallèle : la résistance équivalente est :

$$R_{\text{eq}} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} \quad (13.16)$$

Le circuit se ramène alors à montage en série (figure 13.8)

Dans le schéma équivalent ainsi obtenu, on a :

$$U_G = U_1 + U_2 \text{ (loi d'additivité des tensions)} \quad (13.17)$$

$$\Rightarrow E - rI = R_1 \times I + R_{\text{eq}} \times I \quad (13.18)$$

$$\Rightarrow I = \frac{E}{r + R_1 + R_{\text{eq}}} \quad (13.19)$$

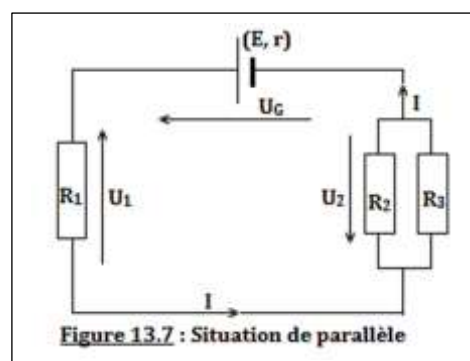


Figure 13.7 : Situation de parallèle

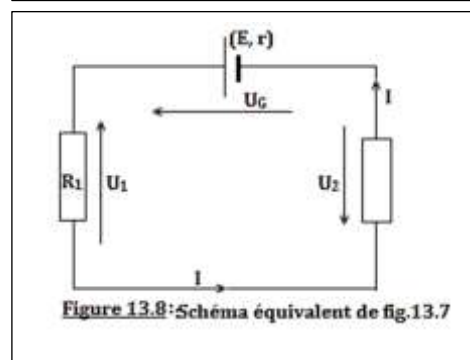


Figure 13.8 : Schéma équivalent de fig.13.7

Remarque

Afin de déterminer le courant I du circuit, il est judicieux de ramener le circuit parallèle en série.

4. Jeu bilingue

Expression française	English expression
Récepteur	Receptor
Nœud	Node
Borne	Terminal, landmark

Sentence

A receptor is device that receives electrical energy and converts it into chemical or mechanical energy.

Georges-Simon Ohm (1787-1854), Physicien allemande qui énonça en 1826 la loi qui porte aujourd'hui son nom.