



## TITRE DE LA LECON : PUISSANCE ET ENERGIE ELECTRIQUE

### I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Koffi et Koné, élèves en classe de 1<sup>ère</sup> au lycée Akpa Gnagne Dabou, au cours d'une récréation, devant la salle de classe Koffi demande à son ami Koné : « De quoi dépend l'énergie consommée par un appareil » ?

« De sa puissance et de la durée de fonctionnement. » répond Koné. Un de leurs amis qui a suivi la conversation leur apprend que cette énergie ne s'exprime pas de la même manière pour tous les appareils. Les deux élèves désirent s'informer davantage.

Ensemble avec leurs camarades de classe, ils entreprennent sous la direction de leur professeur, d'appliquer la loi d'Ohm pour un conducteur ohmique et pour un générateur, d'appliquer la loi de Pouillet, de connaître les expressions de la puissance électrique reçue par un récepteur, la puissance utile d'un récepteur, la puissance générée par un générateur, l'énergie électrique fournie par un générateur et d'utiliser ces expressions.

### II. CONTENU DE LA LECON

#### 1. LE CONDUCTEUR OHMIQUE : Résistor

##### 1.1. Loi d'Ohm



$U$  : tension en volt (V);  $R$  résistance en ohm ( $\Omega$ );  $I$  intensité en ampère (A)

$G$  la conductance du conducteur ohmique :  $G = \frac{1}{R}$  D'où :  $I = G \times U$  Siemens (S)

$G$  en Siemens (S)

##### 1.2. Etude énergétique

$$E_{re\cure} = U_{AB} \times I \times t$$

$$P_{re\cure} = \frac{E_{re\cure}}{t} = U_{AB} \times I$$

Soit une puissance reçue :

\* En utilisant la relation  $U = R \times I$ , on a :

$$E_{re\cure} = R \times I^2 \times t$$

### 1.3. Bilan énergétique

\* L'énergie électrique reçue par le résistor est totalement transformée en chaleur (énergie thermique) : c'est l'effet Joule.

\* Le resistor est **un dipôle purement thermique**. La puissance thermique évacuée sous forme de chaleur à l'extérieur est appelée **la puissance joule** et note **P<sub>J</sub>**.

#### Activité d'application

Un conducteur ohmique de résistance  $R = 20 \Omega$  consomme une énergie électrique  $W = 540 \text{ J}$  pendant une durée de fonctionnement  $\Delta t = 5 \text{ min}$ .

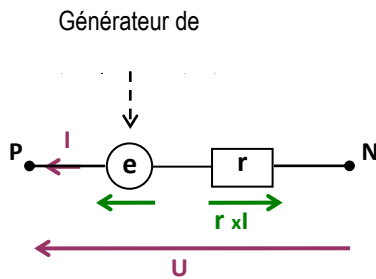
Détermine l'intensité du courant électrique qui traverse le conducteur ohmique.

#### Corrigé

$$E = R I^2 \Delta t \Rightarrow I = \sqrt{\frac{E}{R \Delta t}}; I = 0,3 \text{ A}$$

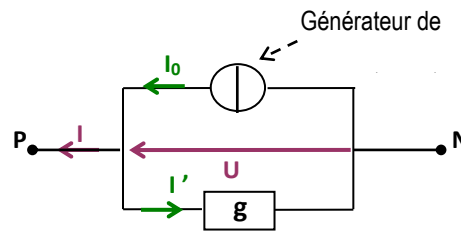
## 2. LE GENERATEUR : la pile.

### 2.1. Schémas équivalents :



Schema équivalent série :

$$U = e - r \times I$$

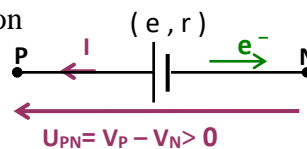


Schema équivalent parallèle:

$$g = 1/r; I_0 = e/r; I' = g \times U$$

$$I = I_0 - g \times U$$

$$\begin{matrix} | & | & | & | \\ A & A & S & V \end{matrix}$$



### 2.2. Etude énergétique :

\* Un électron qui passe de P à N, subit une variation d'énergie potentielle électrostatique :

$$\Delta E_p = E_{pN} - E_{pP} = (-eV_N) - (-eV_P) = e(V_P - V_N)$$

$$\Delta E_p = e \times U_{PN} > 0.$$

\*  $\Delta E_p > 0 \Rightarrow$  l'électron gagne de l'énergie.

Cette énergie est donnée par le générateur.

$$E = U_{PN} \times I \times t$$

Soit la puissance reçue:

$$P = E / \Delta t = U_{PN} \times I$$

\* En utilisant la relation  $U_{PN} = e - r \times I$ , on a :

$$P = e \times I - r \times I^2$$

### 2.3. Bilan énergétique : $P = U_{PN} \times I = e \times I - r \times I^2$

\* Les électrons sortent du générateur avec une puissance électrique;  $P = U_{PN} \times I$  :

C'est la **puissance disponible** à la sortie du générateur. On note :  $P_d = U_{PN} \times I$

\* Le produit  $e \times I$  est appelé la **puissance engendrée** par le générateur. On note :  $P_e = e \times I$

Cette puissance résulte des transformations chimiques qui ont lieu dans le générateur.

\* Le terme  $r \times I^2$  est la **puissance joule** dissipée dans la résistance ( r ) du générateur

## 3. L'ELECTROLYSEUR

### 3.1. Symbole et loi d'Ohm


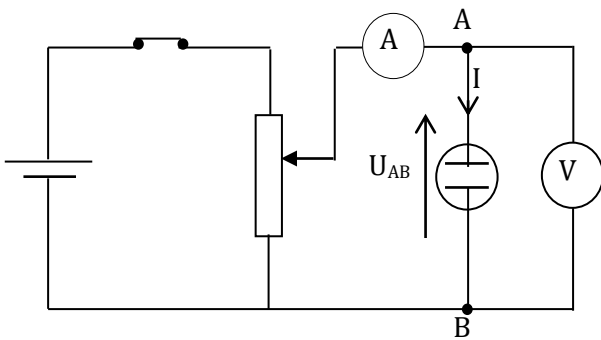
Son symbole est 

Schéma du montage



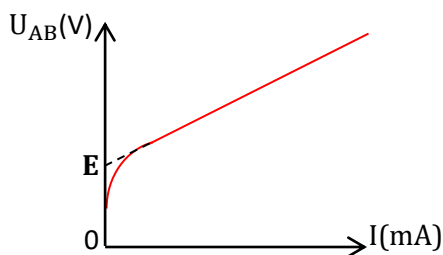
A l'aide d'un montage potentiométrique, mesurons la tension aux bornes d'un électrolyseur en fonction de l'intensité du courant qui le traverse.

Tableau de mesures

Échelle 1cm = 20 mA et 1cm = 0,25 V

U(V)	0	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,5	3
I(mA)	0	0	3	27	51	74	149	265

Caractéristiques :  $U_{AB} = f(I)$



Analyse et exploitation

La courbe présente 2 parties. (Pour  $I = 0$  et  $I \neq 0$ ).

Pour ( $I \neq 0$ ), la courbe est une droite dont l'équation est de la forme :  $U_{AB} = aI + b$

La grandeur  $a = \frac{\Delta U_{AB}}{\Delta I} > 0$  est la pente de la droite et  $b$  est l'ordonnée à l'origine c'est-à-dire ( $I = 0$ )

$a$  : est la résistance interne de l'électrolyseur. Il est noté :  $r$ '

$b$  : est la **force contre électromotrice (f.c.é.m.)** de l'électrolyseur notée  $E'$ .

### Conclusion

La tension  $U$  aux bornes d'un électrolyseur est proportionnelle à l'intensité  $I$  du courant qui le traverse.

La loi d'Ohm pour un électrolyseur (récepteur) s'écrit :  $U = E' + r'I$

### 3.2. Etude énergétique

L'énergie électrique reçue par l'électrolyseur s'écrit

$$E_r = (E'.I + r'I^2). \Delta t = E'.I. \Delta t + r'I^2. \Delta t = E_u + E_{th}$$

$E_u$  : énergie utile :  $E_u = E'.I. \Delta t$  et

$E_{th}$  énergie thermique :  $E_{th} = r'I^2. \Delta t$

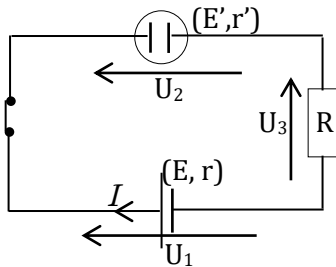
### Remarque :

Un autre récepteur a la même caractéristique que l'électrolyseur : le moteur électrique et son symbole est :



### 4. LOI DE POUILLET

#### Loi de Pouillet



Loi des mailles :  $U_3 + U_2 - U_1 = 0$

$$RI + E' + r'I - (E - rI) = 0$$

$$RI + E' + r'I - E + rI = 0$$

$$RI + r'I + rI + (E' - E) = 0$$

$$E - E' = (R + r + r')I$$

$$I = \frac{E - E'}{R + r' + r}$$

Loi de Pouillet

$$I = \frac{\sum E - \sum E'}{\sum R}$$

### 5. RENDEMENT ELECTRIQUE

#### 5.1. Cas de l'électrolyseur ( $P_r > P_u$ )

$$\eta = \frac{P_u}{P_r} = \frac{E'.I}{U.I} = \frac{E'}{U} = \frac{E'}{E' + r'I}$$

$$\text{Finalement } \eta = \frac{1}{1 + \frac{r'I}{E'}} < 1$$

#### 1. Cas du générateur ( $P_f < P_e$ )

$$\eta = \frac{P_f}{P_e} = \frac{U_{PN}.I}{E.I} = \frac{U_{PN}}{E} = \frac{E - rI}{E} < 1$$

$$\text{Finalement : } \eta = 1 - \frac{rI}{E} < 1$$

### Activité d'application

Un récepteur de force contre électromotrice  $E' = 6 \text{ V}$  et de résistance interne  $r' = 2 \Omega$  est parcouru par un courant électrique d'intensité  $I = 0,5 \text{ A}$  pendant une durée  $t = 30 \text{ s}$ .

1. Détermine le rendement du récepteur.

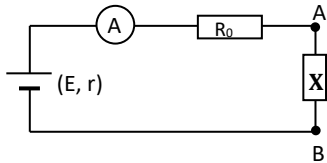
2. Détermine l'électrique reçue par le récepteur.

**Corrigé :**

- $\eta = \frac{E'I}{E'+r'I}$  ;  $\eta = 0,86$  soit 86 % ;
- $W = (E' + r'I)I = 3,5 \text{ J}$

**SITUATION D'EVALUATION**

Afin de vérifier l'acquisition des habiletés installées, votre professeur vous soumet le circuit suivant :



Il réalise, successivement, trois expériences en changeant à chaque fois le dipôle  $X \equiv AB$ .

- 1<sup>ère</sup> expérience: X est une association en parallèle de deux conducteurs ohmiques  $R_1 = 40 \Omega$  et  $R_2 = 24 \Omega$ .
- 2<sup>ème</sup> expérience : X est un moteur M de f.c.é.m.  $E' = 100 \text{ V}$  et de résistance interne  $r' = 15 \Omega$ .
- 3<sup>ème</sup> expérience : X est un générateur monté en opposition de f.é.m.  $E_0 = 150 \text{ V}$ , et de résistance interne  $r_0 = 15 \Omega$ .

Il vous est demandé d'étudier, pour chacune des expériences, le circuit afin de calculer le rendement du dipôle.

Données :  $E = 120 \text{ V}$ , r est négligeable,  $R_0 = 25 \Omega$ .

**1. 1<sup>ère</sup> expérience**

- 1.1. Fais le schéma du montage.
- 1.2. Simplifie le dipôle AB en le remplaçant par un résistor unique de résistance R . Détermine R.
- 1.3. Détermine l'intensité I du courant dans le circuit principal.
- 1.4. Calcule la tension  $U_{PN}$  aux bornes du générateur.
- 1.5. Définis, exprime et calcule le rendement du générateur.
- 1.6. Détermine les intensités  $I_1$  et  $I_2$  des courants qui traversent respectivement  $R_1$  et  $R_2$ .
- 1.7. Calcule l'énergie perdue par effet joule respectivement dans  $R_0$ ,  $R_1$  et  $R_2$  après 2 heures de fonctionnement

**2. 2<sup>ème</sup> expérience**

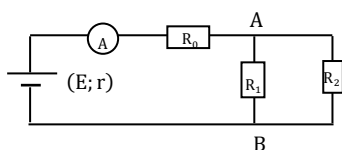
- 1.1 Fais le schéma du montage.
- 1.2 Détermine l'intensité I du courant dans le circuit et la tension  $U_{AB}$  aux bornes du moteur.
- 1.3 Définis, exprime et calcule le rendement :
  - 1.3.1 du moteur
  - 1.3.2 du circuit
- 1.4 Calcule l'intensité  $I_e$  du courant en supposant que le moteur est bloqué.

**3. 3<sup>ème</sup> expérience**

- 3.1 Fais le schéma du montage.
- 3.2 Détermine l'intensité I du courant dans le circuit.

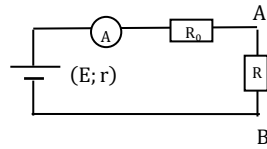
**Corrigé**

**1.1 Schéma du montage**



## 1.2 Simplifions le montage

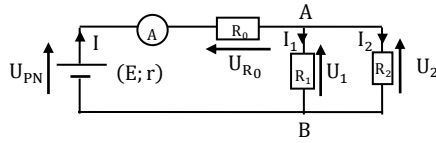
$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 15 \Omega$$



$$1.3 I = \frac{E}{R + R_0} = 3 \text{ A}$$

$$U_{PN} = E = 120 \text{ V}$$

$$\eta = \frac{U_{PN}}{E} = 1$$



1.4

$$U_1 = R_1 I_1 \Rightarrow$$

$$I_1 = \frac{E - R_0 I}{R_1} = 1,125 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{E - R_0 I}{R_2} = 1,875 \text{ A}$$

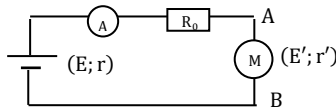
Energie perdue par effet joule dans les résistances.

\* Dans  $R_0$  :  $E_0 = R_0 I^2 \Delta t = 1,62 \text{ MJ}$

\* Dans  $R_1$  :  $E_1 = R_1 I_1^2 \Delta t = 364,5 \text{ kJ}$

\* Dans  $R_2$  :  $E_2 = R_2 I_2^2 \Delta t = 607,5 \text{ kJ}$

## 2.1 Schéma du montage



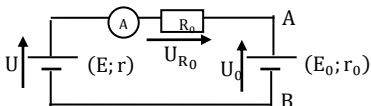
$$2.2 I = \frac{E - E'}{R_0 + r'} = 0,5 \text{ A} ; U_{AB} = E' + r' I = 107,5 \text{ V}$$

$$2.3 \text{ Le rendement du moteur : } \eta = \frac{E'}{U_{AB}} = 93,02\%$$

$$\text{Le rendement du circuit : } \eta = \frac{E'}{E} = 0,83$$

$$2.4 I = \frac{E}{R_0 + r'} = 3 \text{ A}$$

## 3.1 Schéma du montage



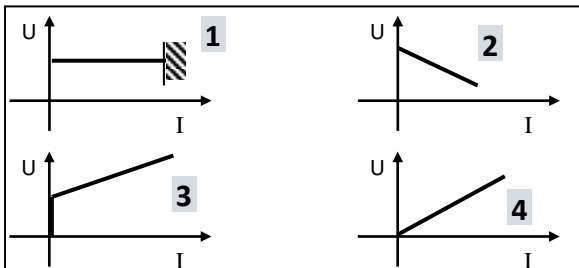
$$3.2 I = \frac{E_0 - E}{R_0 + r_0} = 0,75 \text{ A}$$

### III. EXERCICES

#### Exercice 1

Parmi les caractéristiques représentées ci-dessous, indique celle qui correspond à la caractéristique:

1. d'un électrolyseur.
2. d'un générateur ;



#### **Solution**

1. 3 ;
2. 2.

#### Exercice 2

Ton fer à repasser porte les indications : 220 V ; 1000 W. Donnée :  $1\text{Wh}=3,6\cdot 10^3\text{ J}$   
Après 20 minutes de fonctionnement:

1. l'intensité du courant dans sa résistante chauffante est :
  - a.  $I = 1,5\text{ A}$
  - b.  $I = 2,6\text{ A}$
  - c.  $I = 4,5\text{ A}$
2. la valeur de cette résistance est :
  - a.  $R = 48,4\ \Omega$
  - b.  $R = 50,5\ \Omega$
  - c.  $R = 12\ \Omega$
3. l'énergie électrique consommée est :
  - a.  $E = 333\text{ Wh}$
  - b.  $E = 155\text{ Wh}$
  - c.  $E = 55\text{ Wh}$

Recopie pour chaque proposition, la lettre correspondant à la bonne réponse.

#### **Solution**

1.c ; 2.a ; 3.c

#### Exercice 3

La caractéristique d'un dipôle a pour équation :

$$U_{PN} = -0,01 I + 2$$

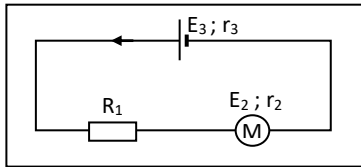
1. Donne la nature du dipôle (générateur ou récepteur).
2. Donne la tension à vide et la résistance interne  $r$ .
3. Représente le schéma équivalent du dipôle.

#### **Solution**

1.  $U_{AB}$  est de la forme :  $U_{AB} = E - r I$  ; le dipôle est donc un générateur  $\Rightarrow$
2. Par identification :  $E = 2\text{ V}$  et  $r = 0,01\ \Omega$

#### Exercice 4

Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton groupe réalise le montage électrique ci-dessous :



Le montage électrique comprend en série les appareils suivants :

- un conducteur ohmique de résistance  $R_1 = 5 \Omega$ ,
- un moteur de f. c. é. m  $E_2$  et de résistance interne  $r_2$
- un générateur de f.é.m.  $E_3$  et de résistance interne  $r_3$

Pendant cinq minutes de fonctionnement l'énergie électrique consommée par le conducteur ohmique est  $W_1 = 6 \text{ kJ}$  et le moteur de rendement  $\eta = 0,9$  consomme une puissance électrique utile  $P_2 = 36 \text{ W}$ .

Il t'est demandé de déterminer la force contre électromotrice et la résistance interne du moteur.

1. Ecris l'expression de la loi de joule pour le conducteur ohmique.
2. Calcule :
  - 2.1 l'intensité du courant électrique du circuit.
  - 2.2 la tension  $U_1$  aux bornes du résistor.
  - 2.3 la tension  $U_2$  aux bornes du moteur
3. Détermine :
  - 3.1 La force contre électromotrice  $E_2$  du moteur.
  - 3.2 Détermine la résistance interne  $r_2$  du moteur.
4. Calcule la tension  $U_3$  aux bornes du générateur.

#### Solution

1.  $W_1 = R_1 I^2 \Delta t$

2.1  $I = \sqrt{\frac{W_1}{R_1 \Delta t}} = 2 \text{ A}$  ;

2.2  $U_1 = 10 \text{ V}$  ;

2.3  $U_2 = \frac{P_2}{I} = 18 \text{ V}$  ;

3.

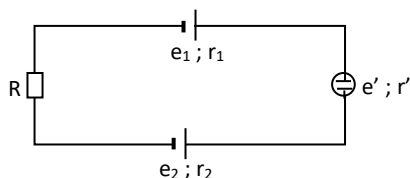
3.1  $E_2 = \frac{\eta P_2}{I} = 16,2 \text{ V}$

3.2  $r_2 = \frac{U_2 - E_2}{I} = 0,9 \Omega$  ;

4.  $U_3 = U_1 + U_2 = 28 \text{ V}$ .

#### Exercice 5

Un groupe d'élèves qui prépare son prochain devoir se propose de calculer le rendement du moteur et de l'électrolyseur utilisés dans le montage électrique ci – dessous.



Les deux générateurs sont montés en opposition et en série avec deux récepteurs et un conducteur ohmique.

Données:  $e_1 = 7 \text{ V}$  ;  $e_2 = 10 \text{ V}$  ;  $e' = 1,5 \text{ V}$  ;  $r_1 = r' = 2 \Omega$  ;  $r_2 = 0,5 \Omega$  ;

$R = 10 \Omega$

1. Donne la loi de Pouillet pour ce circuit et calcule l'intensité du courant.
2. Calcule la puissance engendrée du circuit.
3. Calcule la puissance utile du circuit. Calcule leur valeur.



4. Calcule le rendement du circuit.

### Solution

$$1. I = \frac{e_2 - e_1 - e'}{R_1 + r_1 + r_2 + r'} = 0,1 \text{ A}$$

dans un circuit où deux piles sont montées en opposition, c'est celui qui a la plus grande f. é. m. qui est le générateur, l'autre est considérée comme un récepteur.

$$2. P_e = e_2 \cdot I = 1 \text{ W} ;$$

$$3. P_u = (e_1 + e') I = 0,85 \text{ W}$$

$$4. \eta_{\text{circuit}} = \frac{P_u}{P_e} = 0,85 \text{ ou } 85\%$$

## IV- DOCUMENTATION

### Comment l'électricité arrive-t-elle jusque chez vous ?

L'électricité circule depuis l'endroit où elle est produite jusqu'à l'endroit où elle est consommée. Le transport de l'électricité se fait grâce à un réseau de grand transport et d'interconnexion et à un réseau de distribution :

- Le réseau de grand transport achemine l'électricité produite à la sortie des centrales sur de longues distances grâce à des lignes à Très Haute Tension (entre 225 000 et 400 000 volts).
- L'électricité est ensuite dirigée vers un poste de transformation dit « poste source », qui transforme la Très Haute Tension en Haute Tension (environ 90 000 volts) et en Moyenne Tension (20 000 volts). On compte environ 2 200 postes sources en France<sup>1</sup>.
- L'électricité transformée à Moyenne Tension est ensuite acheminée sur le réseau de distribution et peut être à son tour transformée en Basse Tension (entre 230 et 400 volts) grâce aux 750 000 postes de transformation dits « postes de distribution » présents sur le réseau français<sup>2</sup>.

L'électricité Basse Tension est ensuite acheminée jusque vers les 35 millions de foyers français desservis<sup>2</sup>.

### Haute, moyenne ou basse tension ?

L'électricité acheminée sur le réseau de transport puis sur le réseau de distribution répond à des besoins précis :

- Haute Tension : électricité utilisée dans la sidérurgie et par la SNCF ;
- Moyenne Tension : électricité utilisée dans la grande industrie ;
- Basse Tension : électricité utilisée dans la petite industrie, par les PME et dans les foyers.

### Un réseau de plus d'un million de kilomètres

Pour transporter l'électricité, il faut bien évidemment des câbles conducteurs. Ceux-ci sont généralement composés d'un conducteur en métal (cuivre ou, pour les nouvelles générations, alliage d'aluminium), d'une couche d'isolation et d'une gaine de protection. On distingue :

- les lignes à très haute tension, utilisées sur le réseau de grand transport et soutenues par des pylônes électriques. La longueur cumulée de ce réseau en France représente environ 100 000 kilomètres<sup>3</sup>.
- les lignes à basse et moyenne tension, utilisées pour la distribution, et soutenues par des poteaux électriques généralement en bois ou en béton. La longueur cumulée de ce réseau est d'environ 1,3 million de kilomètres<sup>3</sup>.