

NOTIONS DE BASE DE L'ELECTRICITE

1 - Les grandeurs électriques

1.1 - Le courant électrique

1.1.1 - Généralité

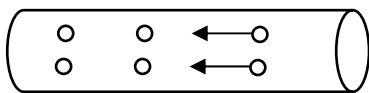
- Un corps est formé de molécules, toutes identiques. Les molécules étant elles-mêmes constitués par un ou plusieurs atomes suivant le corps considéré,
- Au centre de l'atome est situé un noyau duquel gravitent des électrons,
- Toute la masse de l'atome est concentrée dans le noyau, ce dernier est constitué de particules neutres neutrons et particules positives appelées protons,
- L'électron a une masse négligeable devant celle du noyau,
- La charge d'un électron est négative est égale à : $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- La charge d'un proton est $+e$ donc égale, en valeur absolue, à celle de l'électron,
- Le nombre d'électrons d'un atome est égal au nombre de protons,
- Un atome, dans son état normal, est électriquement neutre,

1.1.2 - Quantité d'électricité

Puisque le courant électrique est le déplacement d'électrons (porteur de charges négatives), on peut admettre qu'à travers une section droite d'un conducteur, traversé par le courant pendant un temps t_1 , N_1 électrons qui transportent une quantité d'électricité ou de charges : $q_1 = N_1 \bar{e}$

1.1.3 - Intensité du courant électrique

L'intensité du courant électrique est le débit de charge dans ce fil conducteur,



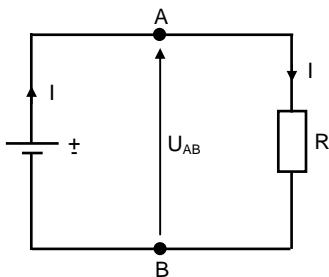
$$i = \frac{dq}{dt} \quad \left\{ \begin{array}{l} q \text{ en coulomb (C)} \\ t \text{ en second (s)} \\ I \text{ en Ampère (A)} \end{array} \right.$$

Remarque :

- Si t en (s) alors q en coulomb (C)
- Si t en (h) alors q en Ampère heure (Ah)

1.2 - La différence de potentiel

Tout dipôle électrique de bornes A et B placé dans circuit électrique présente entre ses bornes une différence de potentiel,



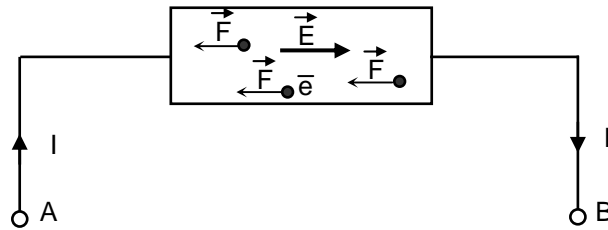
$$U_{AB} = \frac{W}{q} \quad \left\{ \begin{array}{l} W \text{ en joules (J)} \\ q \text{ en coulomb (C)} \\ U \text{ en Volt (V)} \end{array} \right.$$

Remarque :

Cette expression est valable pour un dipôle générateur ou dipôle récepteur.

1.3 - Energie électrique

- On dit qu'un corps possède de l'énergie quand il est capable de fournir un travail,
- Dans un récepteur électrique traversé par un courant I , les électrons se déplacent d'une borne à l'autre par des forces de coulomb : $\vec{F} = -e \times \vec{E}$



- L'énergie électrique mise en jeu dans ce récepteur est le travail des forces de coulomb,
- Le travail effectué par ces forces est :

$$W_{AB} = q(V_A - V_B) = q \times U_{AB}$$

- Cette expression est elle-même celle de l'énergie électrique,

$$W_{AB} = q \times U_{AB} \Rightarrow U_{AB} = \frac{W}{q}$$

$\left\{ \begin{array}{l} U_{AB} \text{ en V} \\ I \text{ en A} \\ t \text{ en s} \\ W \text{ en J} \end{array} \right.$

1.4 - La puissance électrique

- la puissance électrique P mise en jeu dans un dipôle est le rapport de l'énergie électrique W par le temps de fonctionnement t :

$$P = \frac{W_{AB}}{t}$$

$\left\{ \begin{array}{l} W \text{ en joules (J)} \\ t \text{ en seconde (s)} \\ P \text{ en watt (W)} \end{array} \right.$

- L'expression de P peut aussi s'écrire :

$$P = \frac{W_{AB}}{t} = \frac{U_{AB} \cdot I \cdot t}{t} = U_{AB} \cdot I$$

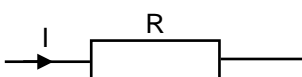
- Si P est exprimée en watt et t en heure, W_{AB} est exprimée en Wattheure (Wh),
 $1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$

2 - Les dipôles

2.1 - Le dipôle récepteur passif

Un dipôle récepteur passif est un récepteur qui transforme la totalité de l'énergie absorbée en énergie thermique (calorifique). Exemple : réchaud électrique, fer à repasser

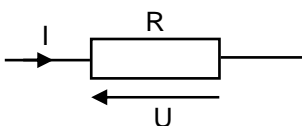
2.1.1 - La résistance



- Tout récepteur passif présentant une bonne conductance de courant a une faible résistance et vice-versa,

- La résistance R est l'inverse de la conductance : $R = \frac{1}{G}$

2.1.2 - la loi d'ohm



- La loi d'ohm s'écrit : $U = R \cdot I \Rightarrow I = \frac{U}{R}$

2.1.3 - La loi de joule

- L'énergie dissipée pendant un temps t est :

$$W = U \cdot I \cdot t = R \cdot I^2 \cdot t$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R \text{ en } \Omega \\ I \text{ en A} \\ t \text{ en s} \\ W \text{ en J} \end{array} \right.$$

- Pour trouver la puissance dissipée par effet Joule il suffit de diviser l'énergie par le temps :

$$P = \frac{W}{t} = \frac{R \cdot I^2 \cdot t}{t} = R \cdot I^2$$

2.1.4 - La résistivité

On peut calculer la résistance d'un fil conducteur en fonction de ses caractéristiques (longueur, section et nature) :

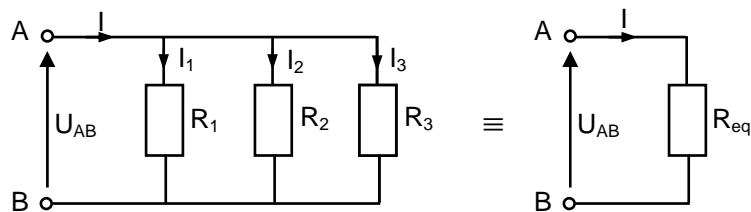
$$R = \rho \frac{L}{S} \Rightarrow \rho = \frac{R \cdot S}{L}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R \text{ en } \Omega \\ S \text{ en m}^2 \\ L \text{ en m} \\ \rho \text{ en } \Omega\text{m} \end{array} \right.$$

2.1.5 - Association des récepteurs

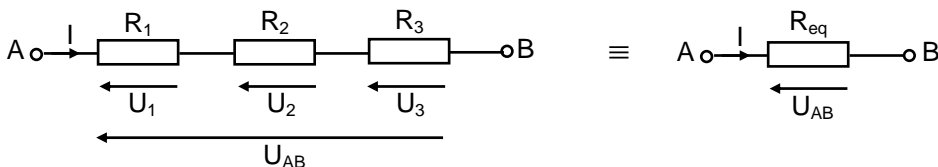
2.1.5.1 - Association des résistances

■ Association en parallèle



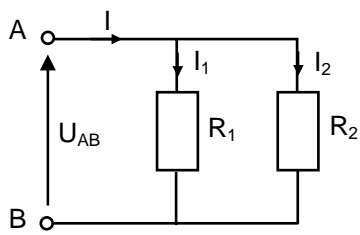
En effet $I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{U_{AB}}{R_1} = \frac{U_{AB}}{R_2} = \frac{U_{AB}}{R_3} \Rightarrow U_{AB} = I \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = I \cdot R_{eq} \Rightarrow \boxed{\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}$

■ Association en série



En effet: $U_{AB} = U_1 + U_2 + U_3 = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I + R_3 \cdot I = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3) = I \cdot R_{eq} \Rightarrow \boxed{R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}$

■ Pont diviseur de courant



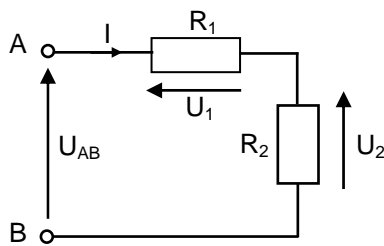
D'après la loi d'ohm, on peut écrire :

$$\begin{cases} U_{AB} = R_1 \cdot I_1 \\ U_{AB} = R_2 \cdot I_2 \\ U_{AB} = R_{eq} \cdot I \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_{eq} = R_1 \cdot I_1 \\ R_{eq} = R_2 \cdot I_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = \frac{R_{eq}}{R_1} I \\ I_2 = \frac{R_{eq}}{R_2} I \end{cases}$$

on sait que: $R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

Donc on a: $I_1 = I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$; $I_2 = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

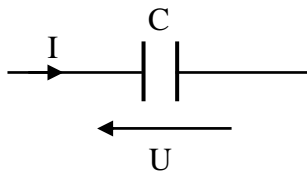
■ Pont diviseur de tension



En effet:

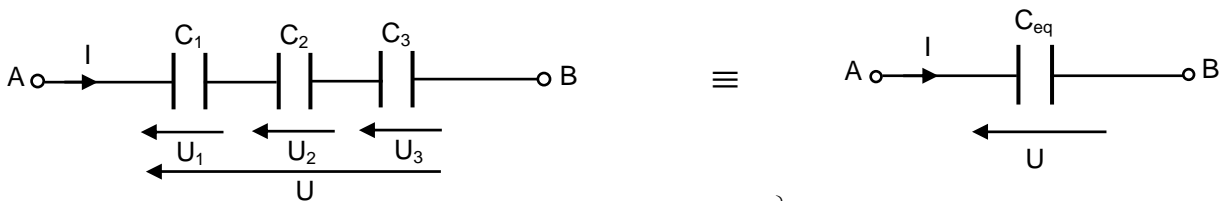
- $U_2 = R_2 \cdot I = R_2 \cdot \frac{U_{AB}}{R_1 + R_2}$
- $U_1 = R_1 \cdot I = R_1 \cdot \frac{U_{AB}}{R_1 + R_2}$

2.1.5.2 - Association des condensateurs



- $C = \frac{Q}{U} = \frac{I \cdot t}{U}$
- $W = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} Q \cdot U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$

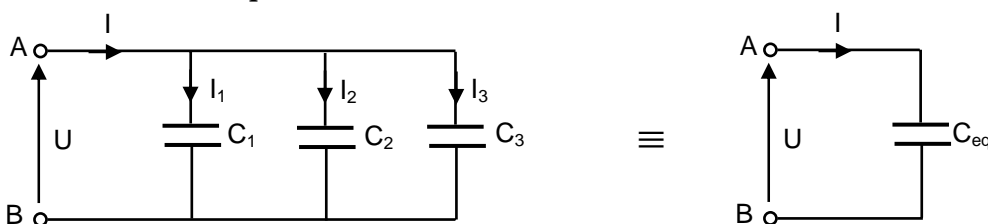
■ Association en série



- $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$ (le courant est commun)
- $Q = U_1 \cdot C_1 = U_2 \cdot C_2 = U_3 \cdot C_3 \Rightarrow U_1 = \frac{Q}{C_1} ; U_2 = \frac{Q}{C_2} ; U_3 = \frac{Q}{C_3}$
- $U = U_1 + U_2 + U_3 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} = Q \cdot \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right) = Q \cdot \frac{1}{C_{eq}}$

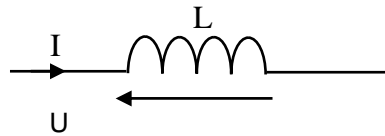
$$\Rightarrow \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

■ Association en parallèle



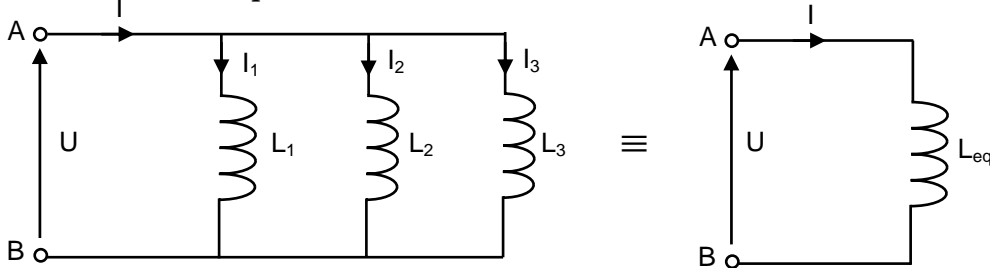
$$\left. \begin{aligned}
 &\bullet I = I_1 + I_2 + I_3 \Rightarrow Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \\
 &\bullet Q_1 = U \cdot C_1 ; Q_2 = U \cdot C_2 ; Q_3 = U \cdot C_3 \\
 &\bullet Q = U \cdot C_1 + U \cdot C_2 + U \cdot C_3 \Rightarrow Q = (C_1 + C_2 + C_3) \cdot U = C_{eq} \cdot U
 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \boxed{C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n}$$

2.1.5.3 - Association des bobines



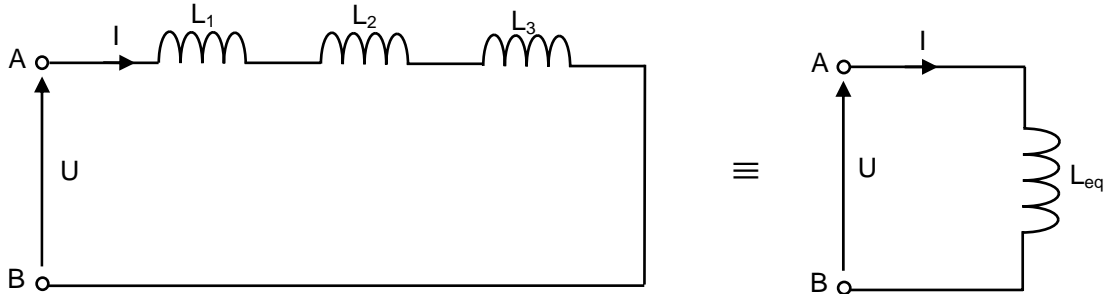
$$\begin{aligned}
 &\bullet u = L \cdot \frac{di}{dt} \\
 &\bullet i = \frac{1}{L} \int u dt
 \end{aligned}$$

■ Association en parallèle



En effet : $i = i_1 + i_2 + i_3 \Rightarrow \frac{1}{L_{eq}} \int u dt = \frac{1}{L_1} \int u dt + \frac{1}{L_2} \int u dt + \frac{1}{L_3} \int u dt \Rightarrow \boxed{\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}}$

■ Association en série



En effet : $U = L_{eq} \cdot \frac{di}{dt} = L_1 \cdot \frac{di}{dt} + L_2 \cdot \frac{di}{dt} + L_3 \cdot \frac{di}{dt} \Rightarrow \boxed{L_{eq} = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n}$

Remarque :

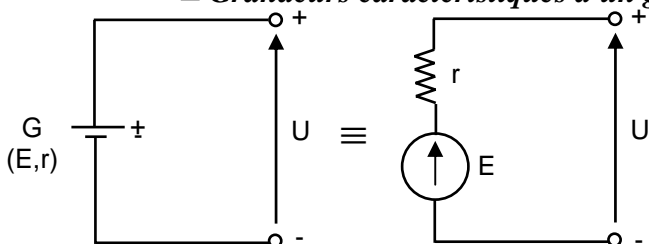
- Un circuit électrique est supposé linéaire si ses composants sont supposés linéaires (relations linéaires entre courants et tensions),
- Tous les circuits étudiés seront supposés linéaires,

2.2 - Les dipôles actifs

2.2.1 - Le dipôle générateur

Un générateur électrique est un système capable de transformer en énergie électrique une autre forme d'énergie,

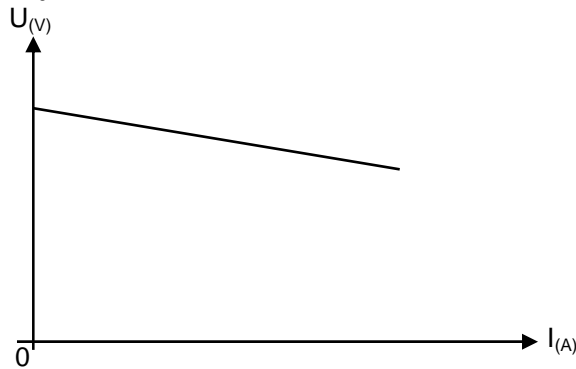
■ Grandeurs caractéristiques d'un générateur



La loi d'ohm pour un générateur :

$$U = E - r \cdot I \quad \text{avec : } \begin{cases} E : \text{f.e.m} \\ r : \text{résistance interne} \\ r \cdot I : \text{chute de tension} \end{cases}$$

■ **Caractéristique $U=f(I)$**



■ **Bilan des puissances**

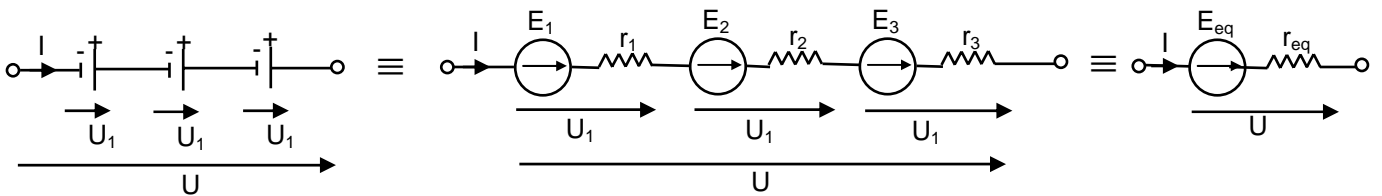
$$U = E - r \cdot I \Rightarrow U \cdot I = E \cdot I - R \cdot I^2 \Rightarrow P_u = P_a - P_p \quad \text{avec} \quad \begin{cases} P_a : \text{Puissance absorbée par le générateur} \\ P_u : \text{Puissance utile fournie par le générateur} \\ P_p : \text{Puissance perdue par effet Joule dans le générateur} \end{cases}$$

■ **Rendement du générateur**

$$\text{Rendement} = \frac{\text{Puissance utile}}{\text{Puissance absorbée}} \quad ; \quad \eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{U \cdot I}{E \cdot I} = \frac{U}{E} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\eta = \frac{U}{E}}$$

■ **Groupement des générateurs**

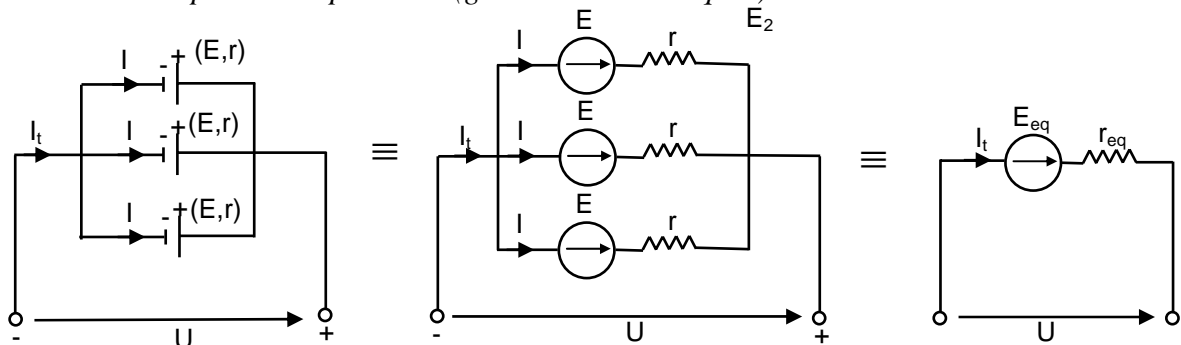
- *Groupement en série (générateurs identiques)*



En effet : $U = U_1 + U_2 + U_3 = (E_1 - r_1 \cdot I) + (E_2 - r_2 \cdot I) + (E_3 - r_3 \cdot I) = (E_1 + E_2 + E_3) - (r_1 + r_2 + r_3) \cdot I = E_{eq} - r_e \cdot I$

$E_{eq} = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n$
$r_e = r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_n$

- *Groupement en parallèle (générateurs identiques)*



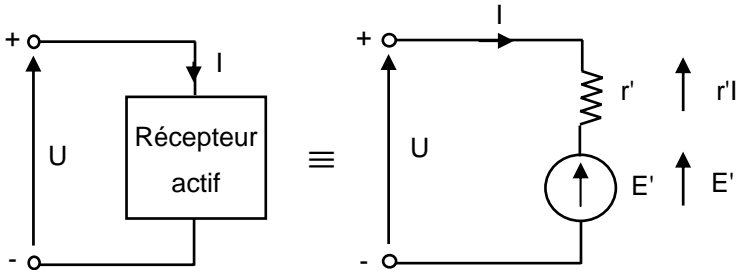
En effet :

$$\left. \begin{aligned} I_t &= 3 \cdot I \\ U &= E - r \cdot I = E_{eq} = r_e \cdot I = E_{eq} - 3 \cdot r_e \cdot I \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} E_{eq} = E \\ r_e = \frac{r}{n} \end{cases}$$

2.2.2 - Le dipôle récepteur

Un dipôle récepteur actif est un dipôle capable de transformer l'énergie électrique absorbée principalement en une autre forme, autre que l'énergie calorifique, (Exemple : moteur, électrolyseur)

■ Grandeurs caractéristiques d'un récepteur

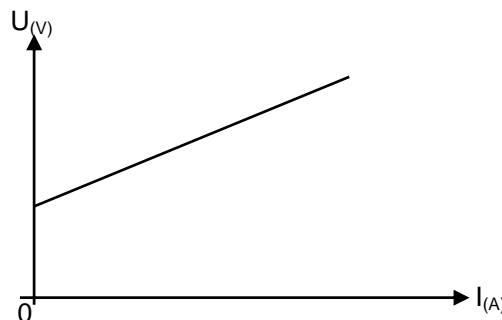


Remarque :
pour un récepteur actif E' et I sont de sens contraire ce qui justifie l'appellation force contre électromotrice,

La loi d'ohm pour un récepteur :

$$U = E' + r'.I \quad \text{avec :} \quad \begin{cases} E' : \text{f.c.e.m} \\ r' : \text{résistance interne} \\ r'.I : \text{chute de tension} \end{cases}$$

■ Caractéristique $U=f(I)$



■ Bilan des puissances

$$U = E' + r'.I \Rightarrow U.I = E'.I + r'.I^2 \Rightarrow P_a = P_u + P_p \quad \text{avec} \quad \begin{cases} P_a = U.I : \text{Puissance totale absorbée par le récepteur} \\ P_u = E'.I : \text{Puissance utile fournie par le récepteur} \\ P_p = r'.I^2 : \text{Puissance perdue par effet Joule à l'intérieur du récepteur} \end{cases}$$

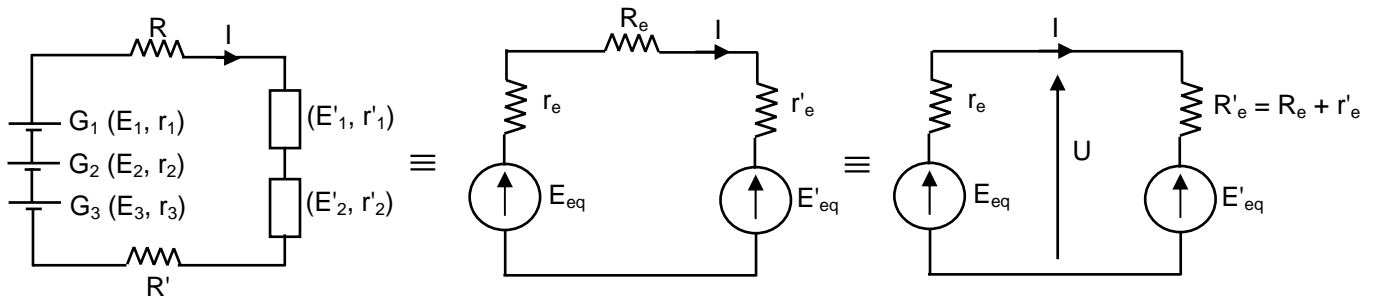
■ Rendement du générateur

$$\text{Rendement} = \frac{\text{Puissance utile}}{\text{Puissance absorbée}} \quad ; \quad \eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{E'.I}{U.I} = \frac{E'}{U} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\eta = \frac{E'}{U}}$$

2.2.3 - Association de dipôles récepteurs et de dipôles générateurs

▪ Problème :

Nous voulons déterminer l'expression de l'intensité du courant qui circule dans un circuit fermé comprenant plusieurs récepteurs et plusieurs générateurs actifs et passifs,



En effet : $U = E_{eq} - r_e \cdot I = E'_{eq} + R_e \cdot I \Rightarrow I = \frac{E_{eq} - E'_{eq}}{r_e + R_e}$ avec

$$\begin{cases} E_{eq} = E_1 + E_2 + E_3 \\ E'_{eq} = E'_1 + E'_2 \\ r_e = r_1 + r_2 + r_3 \\ r'_e = r'_1 + r'_2 \\ R'_e = R + R' + r'_e + r'_2 \end{cases}$$

▪ Conclusion :

Dans un circuit électrique fermé comprenant plusieurs générateurs et plusieurs récepteurs (actifs et passifs), l'expression de l'intensité du courant est :

$$I = \frac{\Sigma \text{ f.e.m} - \Sigma \text{ f.c.e.m}}{\Sigma \text{ résistance}}$$