

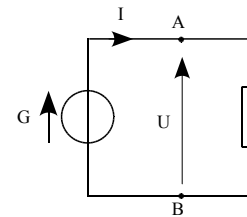
Table des matières

I Puissance et énergie en régime continu :.....2
 I.1 Puissance électrique, conventions.....2
 I.2 Énergie électrique.....2
 I.3 Énergie électrique pour une résistance.....3
 I.4 Énergie fournie à une charge.....3
 II Mesure de la puissance et de l'énergie :.....3
 II.1 Mesure de la puissance électrique :.....3
 II.1.1 Symbole :.....3
 II.1.2 Constitution :.....3
 II.1.3 Branchements d'un wattmètre.....4
 Le montage « amont » :.....4
 Le montage « aval »:.....4
 II.2 Mesure de l'énergie :.....4
 III Principe de conservation de l'énergie.....4
 IV Bilan des puissances, rendement.....5
 IV.1 Bilan des puissances:.....5
 IV.2 Rendement5
 V Énergie et puissance thermiques.....6
 V.1 Résistance thermique :.....6
 V.2 Exemple de calcul de résistance thermique :.....6
 VI Exercices d'application :.....7

I Puissance et énergie en régime continu :

I.1 Puissance électrique, conventions

Soit le montage suivant :



Le dipôle actif G fournit une puissance électrique :

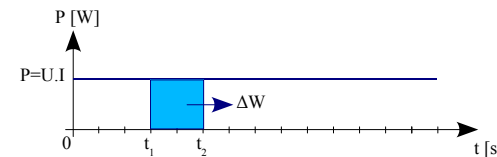
$$P = U \cdot I > 0 \text{ (convention générateur).}$$

Le dipôle passif D reçoit la puissance électrique :

$$P = U \cdot I > 0 \text{ (convention récepteur)}$$

$$P = U \cdot I \begin{Bmatrix} U[V] \\ I[A] \\ P[W] \end{Bmatrix} \text{ est la puissance échangée entre le générateur et le récepteur.}$$

I.2 Énergie électrique



Pendant une durée $\Delta t = t_2 - t_1$, à la puissance constante $P = U \cdot I$ correspond l'énergie :

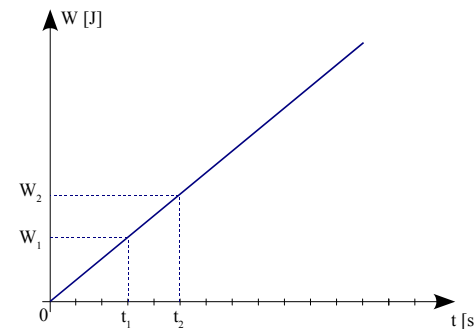
$$\Delta W = W_1 - W_2 = P \cdot \Delta t$$

Si $t_1 = 0$ et $t_2 = t$, l'énergie transférée a pour expression :

$$W = P \cdot t \begin{Bmatrix} P \text{ en watts}[W] \\ t \text{ en secondes}[s] \\ W \text{ en joules}[J] \end{Bmatrix}$$

ou :

$$W = U \cdot I \cdot t \begin{Bmatrix} U \text{ en volts}[V] \\ I \text{ en ampères}[A] \\ t \text{ en secondes}[s] \\ W \text{ en joules}[J] \end{Bmatrix}$$



Remarque : $W = P \cdot t \begin{Bmatrix} P \text{ en kilowatts}[kW] \\ t \text{ en heures}[h] \\ W \text{ en } kW \cdot h \end{Bmatrix}$. Sachant que dans une heure il y a 3600 s, on en

déduit que : $1 \text{ kW} \cdot h \Leftrightarrow 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} \Leftrightarrow 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$

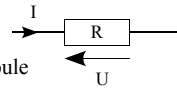
I.3 Énergie électrique pour une résistance

La tension U aux bornes de la résistance a pour expression : $U = R \cdot I$

L'énergie a pour expression :

$$W = U \cdot I \cdot t \text{ or } U = R \cdot I \text{ d'où } W = R \cdot I^2 \cdot t : \text{ Loi de Joule}$$

R : résistance ou résistance apparente.



I.4 Énergie fournie à une charge

Dans un montage électrique, l'expression du courant est

$$I = \frac{Q}{t} \Rightarrow Q = I \cdot t \text{ (} Q \text{ en coulombs [C])}$$

L'expression de l'énergie devient : $W = U \cdot I \cdot t = U \cdot Q$

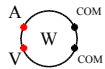
U étant une différence de potentiels $U = V_A - V_B$, l'expression de l'énergie fournie à une charge électrique : $W = Q(V_A - V_B)$

II Mesure de la puissance et de l'énergie :

II.1 Mesure de la puissance électrique :

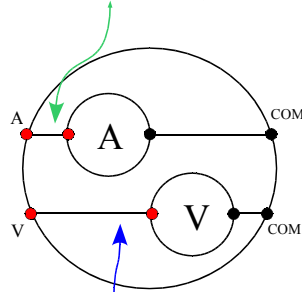
En régime continu, la puissance peut se calculer à partir de la mesure de U et de la mesure de I . On peut utiliser aussi un wattmètre :

II.1.1 Symbole :



II.1.2 Constitution :

Circuit intensité ou circuit « gros fil »



Circuit tension ou circuit « fil fin »

Le wattmètre possède 4 bornes.

2 bornes (« A » et « COM ») pour le circuit intensité qui se branche en série dans le montage.

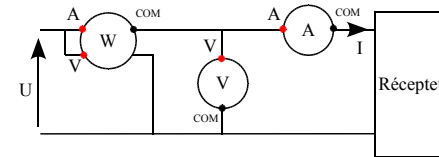
2 bornes (« V » et « COM ») pour le circuit tension qui se branche en parallèle dans le montage.

II.1.3 Branchements d'un wattmètre

De nos jours, les appareils numériques sont très répandus. Ceux-ci présentent des caractéristiques quasiment parfaites (résistance interne proche de 0 pour les ampèremètres et résistance quasi infinie pour les voltmètres). Ce qui fait que l'ordre de branchement des appareils influence très peu les mesures en général.

Le montage « amont » :

Le voltmètre est branché en amont de l'ampèremètre.

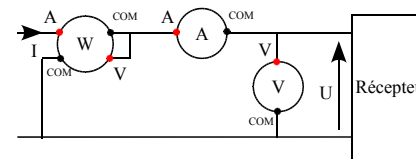


Le circuit Intensité mesure le courant qui circule dans le récepteur.

Le circuit tension mesure la tension aux bornes du récepteur + la tension au bornes du circuit ampèremètre.

Le montage « aval » :

Le voltmètre est branché en aval de l'ampèremètre.



Le circuit tension mesure la tension aux bornes du récepteur.

Le circuit intensité mesure l'intensité qui circule dans le récepteur + l'intensité qui circule dans le voltmètre.

En règle générale, nous utiliserons le montage « aval » dans presque tous les cas.

II.2 Mesure de l'énergie :

On mesure l'énergie électrique avec un compteur d'énergie. (Branchement idem à celui d'un voltmètre)

Les plus anciens sont des compteurs d'énergie mécaniques (la mesure de l'énergie entraîne un disque et on dispose d'une relation du type $C = 4 \text{ W.h / tr}$ c'est-à-dire que pour un tour effectué par le disque correspond une énergie de 4 W.h)

Les plus récents sont les compteurs d'énergie numériques, ceux-ci affiche directement l'énergie consommée, voire la puissance instantanée absorbée par l'installation.

III Principe de conservation de l'énergie

L'énergie, pour un système, peut prendre différente forme. Par exemple, pour une pile chimique, l'énergie électrique est produite à partir d'une réaction chimique. Cependant, comme la pile chauffe, il y a aussi de l'énergie qui n'est pas transformée en électricité mais en chaleur. En résumé :

$$\text{Énergie reçue} = \text{énergie interne} + \text{énergie fournie}$$

IV Bilan des puissances, rendement

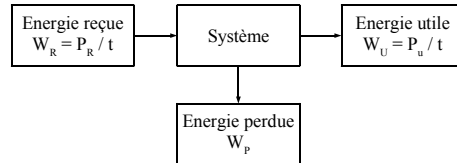
IV.1 Bilan des puissances:

Pour tout système, celui reçoit de l'énergie W_R .

Il fournit l'énergie utile W_U .

Le système présente des pertes qui représentent l'énergie perdue W_P .

En appliquant le principe de conservation de l'énergie,



$$W_R = W_U + W_P \Rightarrow \frac{W_R}{t} = \frac{W_U}{t} + \frac{W_P}{t} \text{ d'où } P_R = P_U + P_P$$

IV.2 Rendement

Le rendement est défini par : $\eta = \frac{P_U}{P_R} \leq 1$ (η : prononcez « êta »)

Autres expressions du rendement :

Comme $P_U = P_R - P_P$ alors $\eta = \frac{P_R - P_P}{P_R}$

Comme $P_R = P_U + P_P$ alors $\eta = \frac{P_U}{P_U + P_P}$

Quelques exemples de rendement :

Photopile : $\eta \leq 10\%$

Moteur électrique : $80\% \leq \eta \leq 98\%$

Radiateur électrique : $\eta = 100\%$

V Énergie et puissance thermiques

Lorsqu'on fournit une puissance électrique à un dipôle passif, sa température augmente puis se stabilise à une valeur appelée température de fonctionnement θ_F . La puissance électrique est alors transformée en puissance thermique. Cette puissance thermique est cédée au milieu extérieur par :

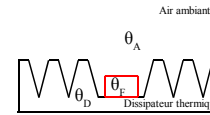
CONDUCTION : transfert de chaleur de proche en proche dû à l'agitation moléculaire.

CONVECTION : transfert de chaleur dû à des mouvements de fluides (air chaud – air froid).

RAYONNEMENT : transfert de chaleur par rayonnement (infrarouge).

V.1 Résistance thermique :

On définit la résistance thermique par :



$$\theta_F - \theta_A = R_{TH} \cdot P_J \text{ avec } \left\{ \begin{array}{l} \theta \text{ en } [^{\circ}\text{C}] \\ R_{TH} \text{ en } [^{\circ}\text{C}/\text{W}] \\ P \text{ en } [\text{W}] \end{array} \right.$$

Le rôle d'un dissipateur thermique ou refroidisseur est de diminuer la résistance thermique entre le composant et le milieu ambiant. La résistance thermique entre le composant et le dissipateur doit être la plus faible possible (utilisation de pâte thermique). Le dissipateur est alors sensible à la même température que le composant.

Relations :

Pour évacuer la puissance thermique

du composant vers le dissipateur : $\theta_F - \theta_D = R_{CD} \cdot P_J$ (R_{CD} : résistance boîtier-dissipateur).

du dissipateur vers le milieu ambiant : $\theta_D - \theta_A = R_{DA} \cdot P_J$ (R_{DA} : résistance dissipateur-milieu ambiant).

La résistance thermique de l'ensemble est alors :

$$\theta_F - \theta_A = (\theta_F - \theta_D) + (\theta_D - \theta_A) = R_{CD} \cdot P_J + R_{DA} \cdot P_J = R_{CA} \cdot P_J$$

$R_{CA} = R_{CD} + R_{DA}$: résistance thermique totale entre le composant et l'air ambiant.

V.2 Exemple de calcul de résistance thermique :

La résistance thermique entre la jonction et le boîtier d'un transistor 2N 3055 est

$R_{JB} = 1,5^{\circ}\text{C}/\text{W}$;

la puissance thermique maximale $P_{MAX} = 115 \text{ W}$ et

$\theta_{JMAX} = 200^{\circ}\text{C}$.

Le boîtier ne doit pas dépasser la température :

$$\theta_J - \theta_B = R_{JB} \cdot P_{MAX} \Rightarrow \theta_B = \theta_J - R_{JB} \cdot P_{MAX}$$

$$\text{A.N.: } \theta_B = \theta_J - R_{JB} \cdot P_{MAX} = 200 - 1,5 \times 115 = 27,5^{\circ}\text{C}$$

Si le transistor doit dissiper une puissance $P = 50 \text{ W}$, que la température de l'air est de 25°C et que la résistance thermique boîtier – dissipateur vaut $R_{BD} = 0,5^{\circ}\text{C}/\text{W}$; quelle doit-être la valeur maximale de la résistance thermique du dissipateur ?

$$\theta_{Jmax} - \theta_A = R_{JA} \cdot P \Rightarrow R_{JA} = \frac{(\theta_{Jmax} - \theta_A)}{P} = \frac{(200 - 25)}{50} = 3,5^{\circ}\text{C}/\text{W}$$

$$R_{JA} = R_{JB} + R_{BD} + R_{DA} \Rightarrow R_{DA} = R_{JA} - R_{JB} - R_{BD} = 3,5 - 1,5 - 0,5 = 1^{\circ}\text{C}/\text{W}$$

VI Exercices d'application :

-1- On lit sur un radiateur électrique les indications suivantes : **220 V ; 1500 W**. pour un régime de fonctionnement normal, calculer :

- L'intensité I_n du courant qui traverse le radiateur.
- L'énergie électrique consommé en huit heures (donner le résultat en kJ et en kW.h).

-2- Une installation, alimentée sous **230 V**, comporte un disjoncteur de calibre **30A**. On met en service un four électrique de **3 kW**, un fer à repasser de **800 W** et deux radiateurs de **1 kW** chacun. Combien de lampes de **75 W** peut-on brancher en même temps ?

-3- Un moteur électrique fonctionnant en régime permanent développe une puissance mécanique

$P_u = 1 \text{ kW}$ et produit une quantité de chaleur W_j de **12 kJ** en une minute ; calculer :

- La puissance électrique totale consommée par le moteur.
- L'énergie consommée par le moteur en 4 heures.
- Le rendement du moteur.

-4- Pour un transistor de puissance, on dispose des indications suivantes :

température de jonction maximale $\theta_j = 200^\circ\text{C}$;

résistance thermique jonction-boîtier : $R_{jb} = 0,7^\circ\text{C/W}$.

Ce transistor doit dissiper une puissance **P de 60W**. La température ambiante est

$\theta_i = 40^\circ\text{C}$. Calculer la résistance thermique maximale du radiateur sur lequel le transistor doit être monté.

L'assemblage du transistor et du radiateur est réalisé avec du mica ($100 \mu\text{m}$) sans graisse. Dans ces conditions, la résistance thermique boîtier-radiateur vaut : $R_{br} = 1,5^\circ\text{C/W}$. Calculer la résistance thermique du radiateur R_{ba} .

-5- Une source de tension, de f.é.m. $E = 220 \text{ V}$ alimente un atelier situé à **100 m** par l'intermédiaire d'une ligne bifilaire, en fil de cuivre de résistivité $\rho = 1,6 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$.

L'atelier absorbe une puissance de **12 kW** sous une tension de **210 V**. Calculer :

- L'intensité I du courant en ligne.
- La perte de puissance en ligne et la résistance des fils de ligne.
- Le diamètre des fils de ligne.

-6- Un générateur de f.é.m. $U_0 = 10 \text{ V}$ et de résistance interne $R_0 = 600 \Omega$ alimente une résistance de charge variable R_U .

- Exprimer la puissance utile P_U fournie à la charge en fonction de U_0 , R_0 et R_U .
- Calculer la puissance utile P_U pour différentes valeurs de R_U comprise entre **0 et 3 kΩ**.

Tracer la courbe représentative de $P_U = f(R_U)$.

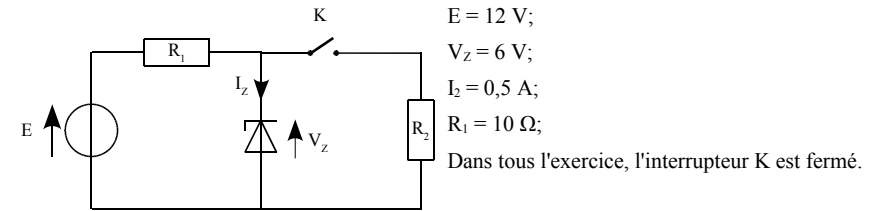
[**5 mW** \Leftrightarrow **1 cm** ; **200Ω** \Leftrightarrow **1 cm**]

- Exprimer le rendement η électrique du générateur en fonction de R_U et R_0 . Tracer la courbe représentative de $\eta = f(R_U)$.

-7- Un moteur électrique absorbe en régime permanent une puissance électrique $P_E = 30 \text{ kW}$. Le rendement du moteur est de **92 %**. Calculer :

- La puissance mécanique utile.
- La puissance perdue.
- L'énergie perdue et transformée en chaleur pour une durée de fonctionnement de **5 heures**.

-8- Soit le montage suivant :



- Calculer les courants I_1 et I_z .
 Calculer la puissance utile P_U absorbée par la charge R_2 .
 Calculer la puissance dissipée dans la résistance R_1 et dans la diode Zéner.
 Calculer la puissance P_E fournie par le générateur.
 Calculer le rendement du montage P_U/P_E .

La résistance thermique entre la diode Zéner et le milieu ambiant est $R_{TH} = 40^\circ\text{C/W}$

Calculer la température atteinte par la diode Zéner si la température ambiante est de **25°C**.