

Puissances électriques

Table des matières

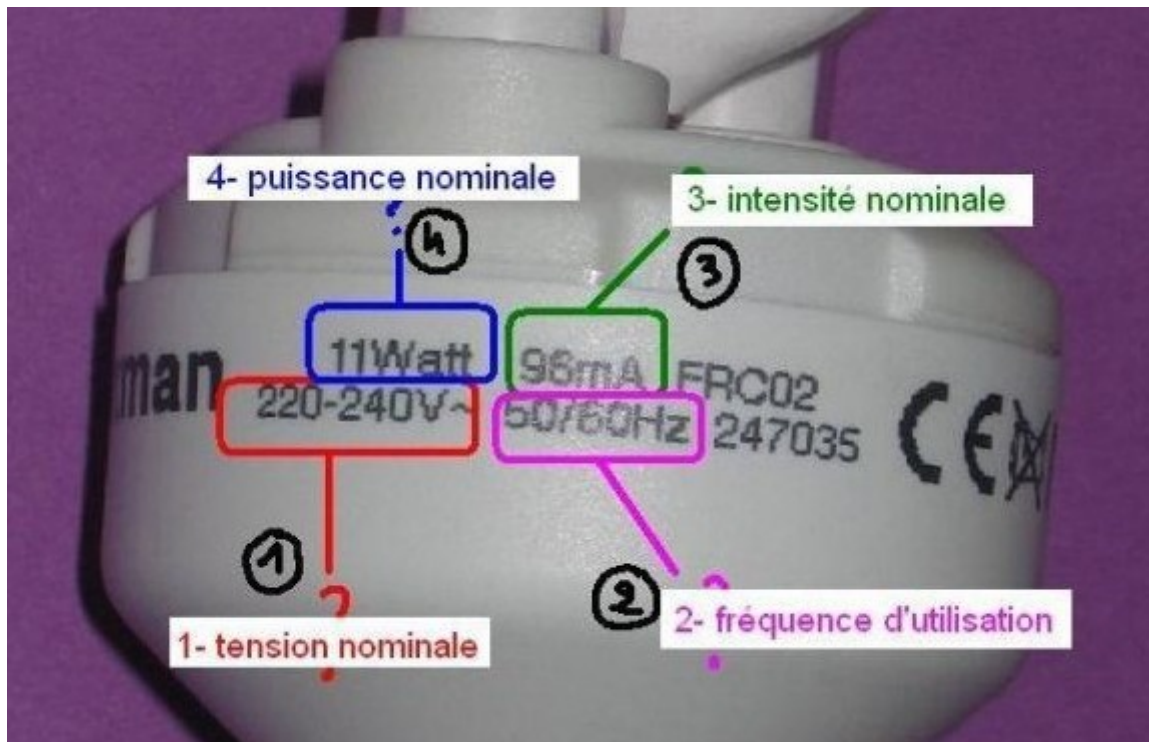
1. Introduction.....	2
2. Définition.....	3
2.1. Cas du courant continu.....	3
2.2. Cas du courant alternatif.....	3
2.3. Puissance apparente.....	5
2.4. Puissance réactive.....	5
3. L'effet Joule.....	6
3.1. La résistance électrique.....	6
3.2. Association de résistances.....	7
3.3. Rendement.....	7
4. Valeurs maximales et efficaces.....	8

La puissance est la quantité d'énergie par unité de temps fournie par un système à un autre. En électricité, elle représente le produit de la tension électrique aux bornes de laquelle est branchée l'appareil (en volts) et de l'intensité du courant électrique qui le traverse (en ampères) pour des appareils purement résistifs.



1. Introduction

Tous les appareils électriques comportent au moins deux indications : la tension normale d'utilisation et la puissance consommée en fonctionnement normal.



La puissance nominale notée P d'un appareil électrique est la puissance électrique qu'il reçoit lorsqu'il est soumis à sa tension nominale.

Elle s'exprime en watt (de symbole W).

On utilise aussi les unités dérivées:

- le kilowatt (kW) : $1kW = 1000 W$
- le megawatt (MW) : $1 MW = 1\ 000\ 000 W$
- le gigawatt (GW) : $1 GW = 1\ 000\ 000\ 000 W$

Exemples de puissances nominales :

- Calculatrice : $0,1 mW$
- Lampe basse consommation : $30 W$
- TV LCD : $150 W$
- Perceuse : $600 W$
- Lave-linge : $2,5 kW$
- Cuisinière électrique : $6,5 kW$.

2. Définition

La puissance correspond à l'énergie échangée (reçue ou donnée) pendant une seconde.

$$P = \frac{E}{t}$$

- P : puissance en Watt (W)
- E : énergie en Joule (J)
- t : temps en seconde (s)

2.1. Cas du courant continu

Si la f.é.m augmente alors l'intensité du courant aussi.

La puissance électrique est donc le produit du courant « I » et de la tension « U ».

$$P = U \times I$$

- P : puissance en Watt (W)
- I : intensité du courant en Ampère (A)
- U : tension en Volt (V)

2.2. Cas du courant alternatif

Le courant alternatif est un courant électrique périodique qui varie au cours du temps.

Un courant alternatif est caractérisé par sa fréquence, mesurée en hertz (Hz). C'est le nombre de changement de sens (alternances) qu'effectue le courant électrique en une seconde. Un courant alternatif de 50 Hz effectue 50 alternances par seconde, c'est-à-dire qu'il change 100 fois de sens par seconde (50 alternances positives et 50 alternances négatives).

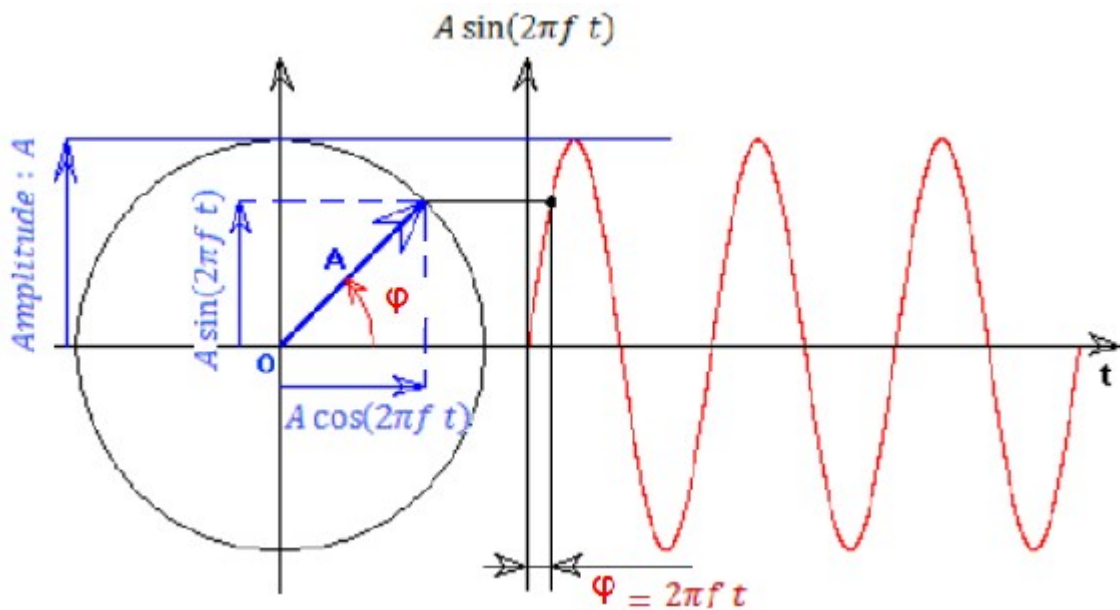
La forme la plus utilisée de courant alternatif est le courant sinusoïdal, essentiellement pour la distribution commerciale de l'énergie électrique. La fréquence utilisée est le plus souvent de 50 Hz sauf, par exemple, en Amérique du Nord où la fréquence est de 60 Hz.

$$i(t) = I_{max} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right) = I_{max} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t) = I_{max} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

- T : période (s)
- f : fréquence (Hz), $f = \frac{1}{T}$
- ω : pulsation (rad/s), $\omega = 2\pi \cdot f$

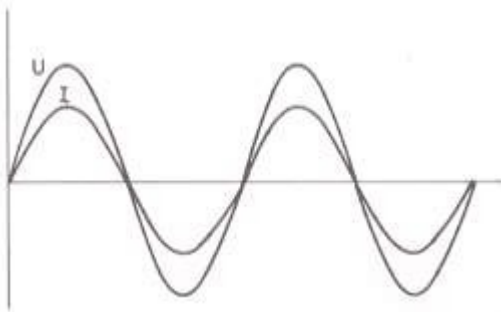
Rappels :

- période : temps pour effectuer un cycle.
- fréquence : nombre de cycles par seconde.



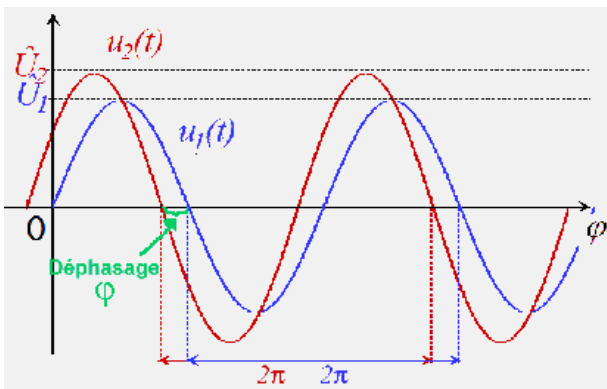
Lorsqu'un courant alternatif parcourt une résistance, la tension et l'intensité varient simultanément ; leurs effets sont conjugués.

Toute l'énergie est utilisée.



Si ce courant alternatif parcourt une bobine, le champ magnétique variable (provoqué par le courant) induit dans cette même bobine un courant alternatif secondaire.

L'intensité est en retard, sur la tension. Elles ne sont plus en phase, on dit qu'il y a déphasage. Les effets de la tension et de l'intensité ne se conjuguant plus, la puissance demandée au réseau est supérieure. Il y a perte d'énergie.



$$\varphi = 2\pi \cdot \frac{\tau}{T}$$

- φ : déphasage (rad)
- τ : retard (s)
- T : période (s)

La puissance active dissipée un dipôle linéaire se note :

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

- P : puissance en Watt (W)
- I : intensité du courant en Ampère (A)
- U : tension en Volt (V)
- $\cos\varphi$: facteur de puissance

Remarques :

Pour une résistance le déphasage $\varphi = 0$, $\cos \varphi = 1$, $P = U.I$ (on retrouve le résultat précédent en courant continu).

Pour une inductance pure le déphasage $\varphi = \pi/2$ rad, $\cos \varphi = 0$, $P = 0$ W (une inductance pure ne consomme pas de puissance active).

2.3. Puissance apparente

Elle correspond au produit des valeurs efficaces de la tension et du courant et s'exprime conventionnellement pour la distinguer en VA (Volt-Ampère). Ce produit est apparemment une puissance mais ne fournit pas nécessairement un travail, d'où son nom de puissance apparente.

$$S = U.I$$

- S : puissance apparente en Volt-Ampère (VA)
- I : intensité du courant en Ampère (A)
- U : tension en Volt (V)

2.4. Puissance réactive

L'énergie réactive provient du déphasage entre courant et intensité. Pour simplifier, nous dirons que la puissance apparente est dissipée en :

- Puissance Active qui est transformée en énergie calorifique ou mécanique
- Puissance Réactive qui est transformée en champs magnétiques

$$Q = U.I.\sin \varphi$$

- Q : puissance réactive en Volt-Ampère-Réactif (VAR)
- I : intensité du courant en Ampère (A)
- U : tension en Volt (V)
- φ : déphasage entre tension et intensité

L'énergie réactive vient essentiellement des appareils possédant des bobinages (moteurs électriques, chauffage par induction, ballasts lumineux ferromagnétiques). Il est possible de compenser cette énergie réactive en installant des batteries de condensateurs.

Exemple : la mesure avec un multimètre de la tension et du courant d'un moteur asynchrone alimenté en tension monophasée sinusoïdale (dipôle linéaire) donne :

- valeur du courant alternatif absorbé : 15 A.
- valeur de la tension d'alimentation : de 230 V

- facteur de puissance 0,96

Calculez la puissance apparente, la puissance active, la puissance réactive.

Puissance apparente : $S = U \times I = 15 \times 230 = 3450 \text{ VA}$

Puissance active : $P = U \times I \times \cos \varphi = 15 \times 230 \times 0,96 = 3312 \text{ W}$

Puissance réactive : $Q = U \times I \times \sin \varphi = 15 \times 230 \times 0,28 = 966 \text{ VAR}$

3. L'effet Joule

L'effet Joule est l'effet thermique associé au passage du courant dans un conducteur. Il se manifeste sous deux formes : transfert thermique ou rayonnement.

Les ampoules à incandescence recourent également à l'effet Joule : le filament de tungstène, placé dans une enceinte contenant un gaz noble, est porté à une température élevée (plus de 2 200 °C). À cette température la matière émet des rayonnements dans le visible mais aussi dans l'invisible ce qui fait chauffer l'enveloppe de verre et l'environnement. Ceci explique que l'efficacité lumineuse des lampes à incandescence est assez faible (5 fois moins que l'éclairage fluorescent, 10 fois moins que les lampes à décharge).



Tous les composants comme les moteurs qui utilisent de l'électricité chauffent. Cette chaleur dégagée par effet Joule est une perte d'énergie non désirée. Cet effet Joule a pour effet aussi de chauffer les circuits électroniques (des ventilateurs sont nécessaires).

On note la puissance dissipée par effet Joule dans un conducteur :

$$P_J = R \cdot I^2$$

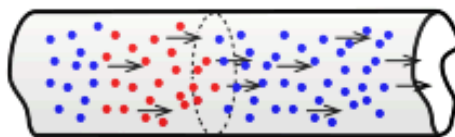
- P_J : puissance par effet Joule (W)
- R : résistance matériau (Ω)
- I : intensité courant (A)

3.1. La résistance électrique

La résistance électrique traduit la propriété d'un matériau à s'opposer au passage d'un courant électrique (l'une des causes de perte en ligne d'électricité). Elle est souvent désignée par la lettre R et son unité de mesure est l'ohm (symbole : Ω). Elle est liée aux notions de résistivité et de conductivité électrique.

$$R = \rho \cdot \frac{L}{s} = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{L}{s}$$

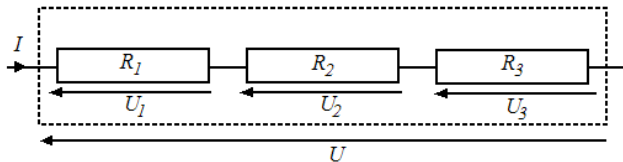
- R : résistance (Ω)
- ρ : résistivité (Ω/m)
- L : longueur (m)
- s : section (m^2)
- γ : conductivité (S/m)



3.2. Association de résistances

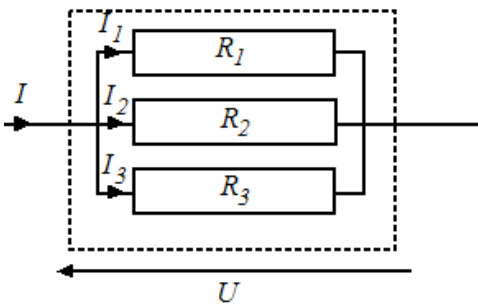
La résistance équivalente est un outil de modélisation utilisé dans le domaine de l'électricité. Cela consiste à remplacer dans une partie du circuit un ensemble de résistances par une seule qui doit être équivalente pour le reste du circuit, ceci dans le but de simplifier l'étude du circuit.

Pour déterminer cette résistance unique, on s'appuie le plus souvent sur deux relations qui permettent de calculer la résistance équivalente pour les deux associations élémentaires :



En **série**, les résistivités s'ajoutent. La résistance équivalente est donc la somme des résistances.

$$\rho = \sum \rho_i \Leftrightarrow R = R_1 + R_2$$

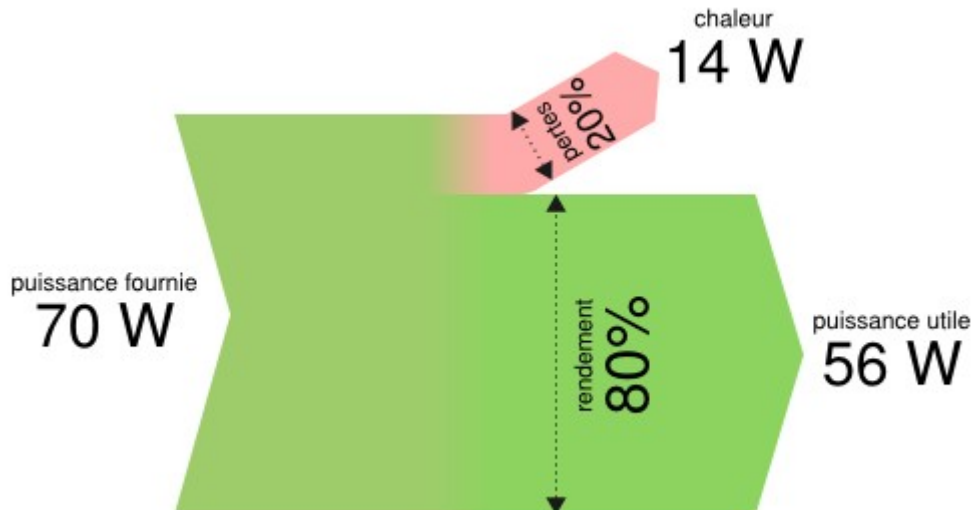


En **parallèle** ou en dérivation, les conductivités s'ajoutent. L'inverse de la résistance équivalente est donc la somme des inverses des résistances.

$$\gamma = \sum \gamma_i \Leftrightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Leftrightarrow R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

3.3. Rendement

Pour un système électrique, le rendement est défini comme étant le rapport entre la puissance recueillie en sortie et la puissance fournie en entrée.



Les pertes par effets Joule diminuent le rendement d'un système quand l'effet thermique n'est pas l'effet recherché (cas d'un convecteur, d'une cafetière, etc...).

$$\eta = \frac{\text{sortie}}{\text{entrée}} = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{absorbée}}} = \frac{P_{\text{absorbée}} - P_{\text{Joule}}}{P_{\text{absorbée}}} < 1$$

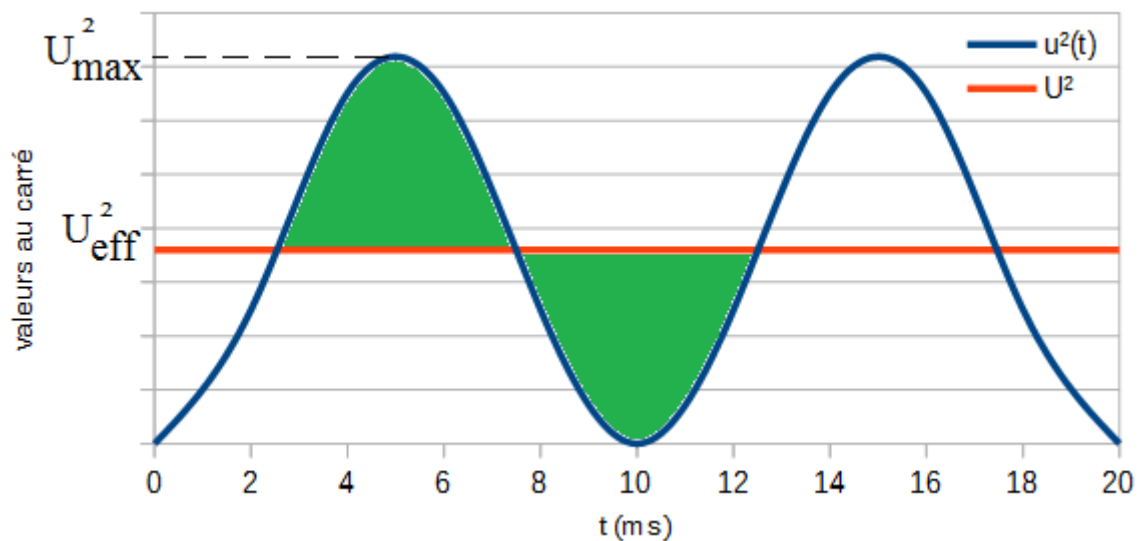
4. Valeurs maximales et efficaces

Pour déterminer les puissances en régime alternatif, on a besoin des valeurs efficaces des courants et des tensions.

Une tension et un courant efficaces correspondent à la tension continue et au courant continu qui délivreraient, en moyenne, **la même puissance dissipée par effet Joule** que les grandeurs alternatives si elles étaient appliquées à récepteur résistif pur.

La valeur efficace (U_{eff} ou I_{eff}) d'un signal périodique se mesure à l'aide d'un multimètre.

La valeur maximale (U_{max} ou I_{max}) d'un signal périodique se visualise à l'aide d'un oscilloscope.



Sur le graphique, on remarque que : $U_{\text{max}}^2 = 2 \cdot U_{\text{eff}}^2$

Donc pour la tension $U_{\text{max}} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{eff}}$

et pour le courant $I_{\text{max}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{eff}}$