Chapitre 6 - Puissance en régime sinusoïdal forcé

I. Grandeurs efficaces

1. Définition

Soit une grandeur périodique $g(t)$ de période T.

Valeur moyenne de $g(t)$: $< g(t) >= \frac{1}{T}\int_t^{t+T} g(x)\,\mathrm{d}x$

Valeur efficace de $g(t)$:

$$G_{eff} = \sqrt{< g^2(t) >} \qquad G_{eff}^2 = \frac{1}{T}\int_t^{t+T} g^2(x)\,\mathrm{d}x$$

2. Interprétation physique

L'intensité efficace d'un courant périodique est égale à l'intensité d'un courant continu qui, passant dans la même résistance pendant la même durée, produirait le même échauffement.

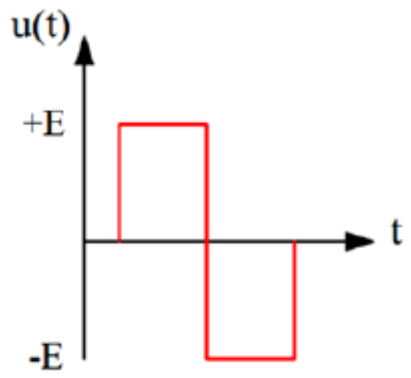
Démonstration :

3. Exemples de calcul de valeur efficace

Soit une fonction sinusoïdale : $u(t) = U_{max}\cos(\omega\, t)$

Pour un signal sinusoïdal : $U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$

Pour un signal créneau :

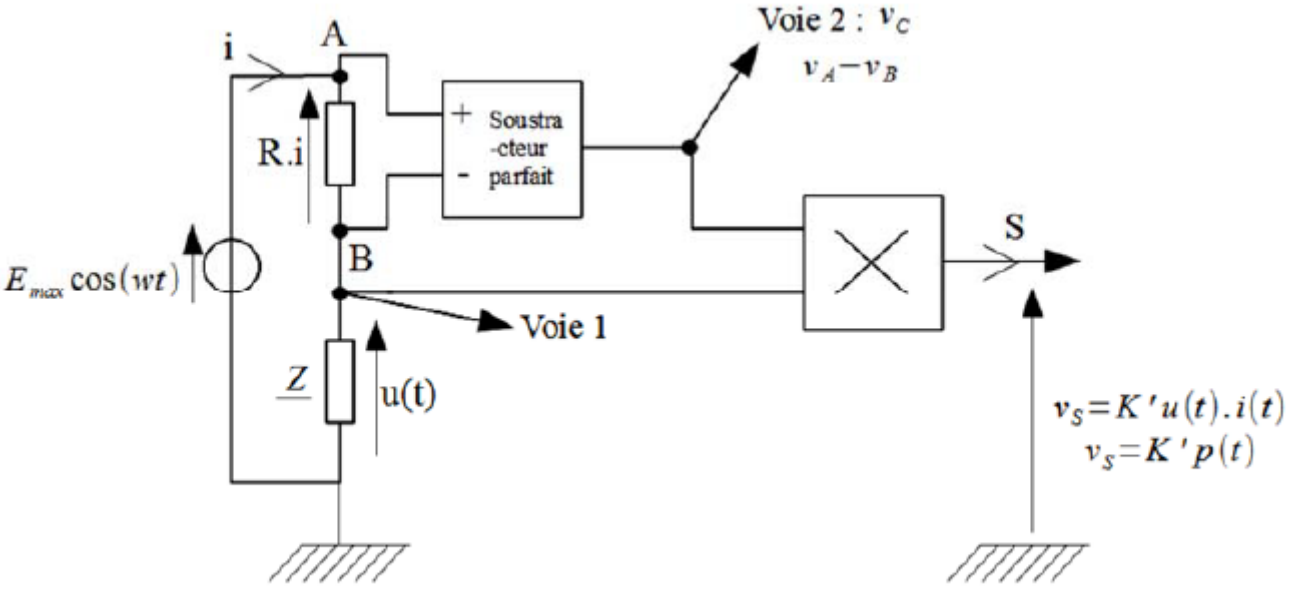


II. Puissance instantanée et puissance moyenne en régime sinusoïdal forcé

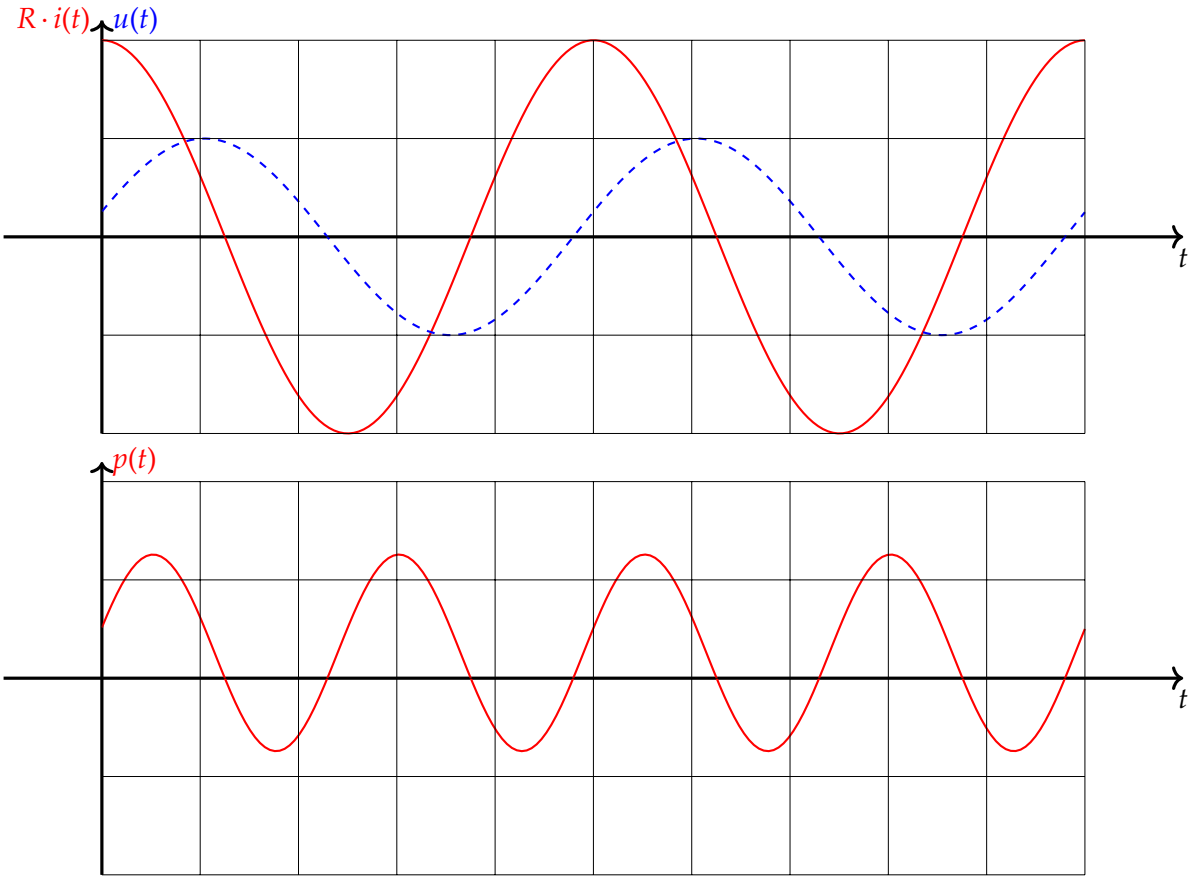
La puissance instantanée absorbée par un dipôle s'écrit $p(t) = u(t) \times i(t)$ où $u(t)$ et $i(t)$ sont fléchés en convention récepteur. Il faut donc mesurer le produit $u(t) \times i(t)$.

1. Visualisation de la puissance instantanée à l'oscilloscope

On propose le montage ci-dessous pour visualiser la puissance absorbée par le dipôle d'impédance complexe $\underline{Z}$:



Sur la voie 1, on mesure $u(t)$ aux bornes du dipôle.
Sur la voie 2, on mesure $R \cdot i(t)$, image de l'intensité qui traverse le dipôle.
Enfin, un multiplieur permet de visualiser en sortie $v_s(t)$, image de la puissance absorbée par le dipôle.
La courbe en pointillés représente la tension $u(t)$ et la courbe en traits pleins la tension $R \cdot i(t)$.



Observations :

- $p(t)$ est décalée. **La valeur moyenne de $p(t)$ n'est pas nulle.**
- La période de $p(t)$ est deux fois plus petite que la période de $u(t)$ ou de $i(t)$.

2. Interprétation des oscillogrammes

Rappel de trigonométrie : $\cos a \cdot \cos b = \frac{1}{2}[\cos(a+b) + \cos(a-b)]$.

Soient $u(t)$ et $i(t)$ des fonctions sinusoïdales : $u(t) = U_{max}\ \cos(\omega\, t + \phi_u)$ et $i(t) = I_{max}\ \cos(\omega\, t + \phi_i)$

La valeur moyenne de la puissance est donc :

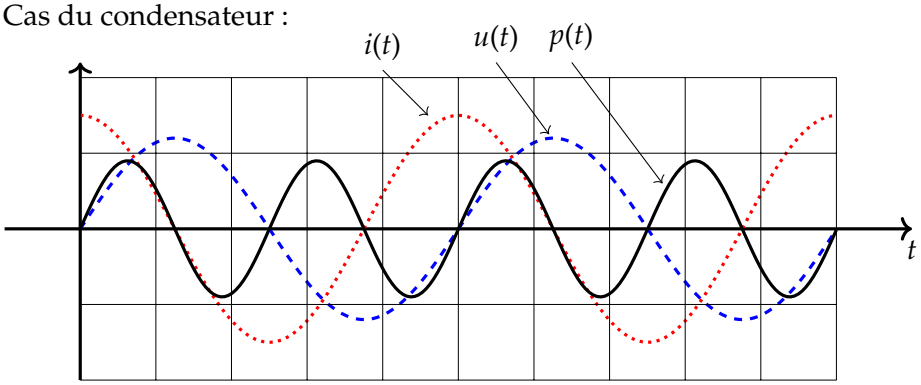
$< p(t) >= U_{eff} I_{eff} \cos(\varphi)$ avec φ : déphasage de $u(t)$ par rapport à $i(t)$.

$\cos\varphi$ est le **facteur de puissance**.

3. Puissance électrique moyenne absorbée par un dipôle

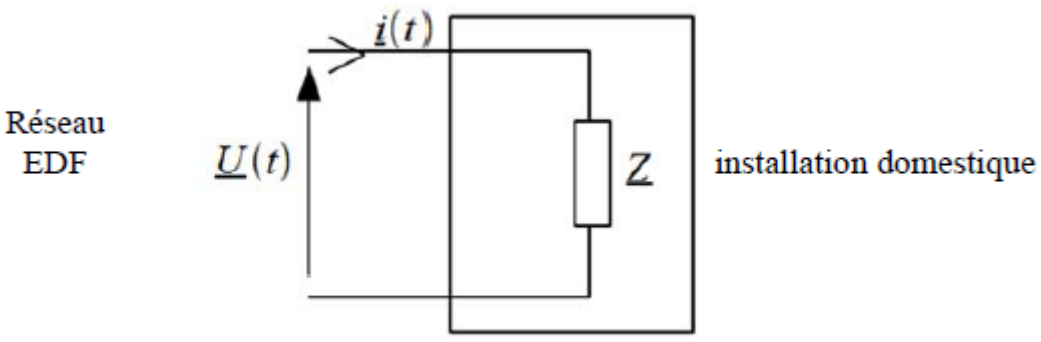
$$< p(t) >= Re(\underline{Z})\, I_{eff}^2$$

Cas du condensateur :



III. Application : Relèvement du facteur de puissance d'une installation

1. Position du problème



L'installation électrique est constituée d'un ensemble de dipôles caractérisé par une impédance équivalente $\underline{Z}$. Le fournisseur d'électricité garantit une tension $u(t)$ à l'entrée de l'installation. L'intensité $i(t)$ dépend de l'installation.

L'installation absorbe une puissance moyenne $\mathcal{P}_0 = U_{eff}\, I_{eff}\, \cos\varphi$. L'usager paye au fournisseur l'énergie consommée avec cette puissance.
Si l'impédance du circuit s'écrit $\underline{Z} = R + jX$, alors $\tan\varphi = \frac{X}{R}$. Les installations électriques sont souvent très inductives (présence de moteurs constitués de bobines) et X est donc grand. Dans ce cas, φ est grand et le facteur de puissance $\cos\varphi$ est petit.

L'intensité efficace à l'entrée de l'installation, qui s'écrit $I_{eff} = \frac{\mathcal{P}_0}{U_{eff}\cos\varphi}$, est donc grande, ce qui pose un problème puisque la dissipation par effet Joule dans le réseau est proportionnelle à I_{eff}^2.

Donc plus le facteur de puissance est petit, plus les pertes dans les lignes, à la charge du fournisseur d'énergie électrique, sont élevées.

Celui-ci exige donc de ses clients une installation à facteur de puissance élevé sous peine de pénalités : il faut relever le facteur de puissance.

2. Principe

On connecte des condensateurs en parallèle avec l'installation, afin de relever le facteur de puissance.