Electrotechnique : alimentation et machines

Partie 1. Alimentations, puissance.

Olivier Gras

olivier.gras@ac-amiens.fr

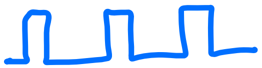
CPGE PSI / L3 GECCLEERE

- 1. analyse doc
- des feuilles d'exos
- QCM
- devoir

Objet de ce cours :

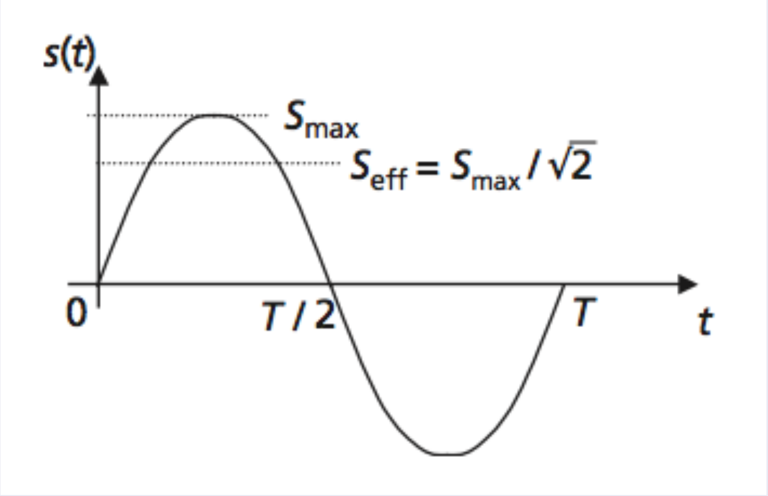
Olivier GRAS [Enseignant CPGE PSI, Amiens] [Enseignement UPJV, Amiens]

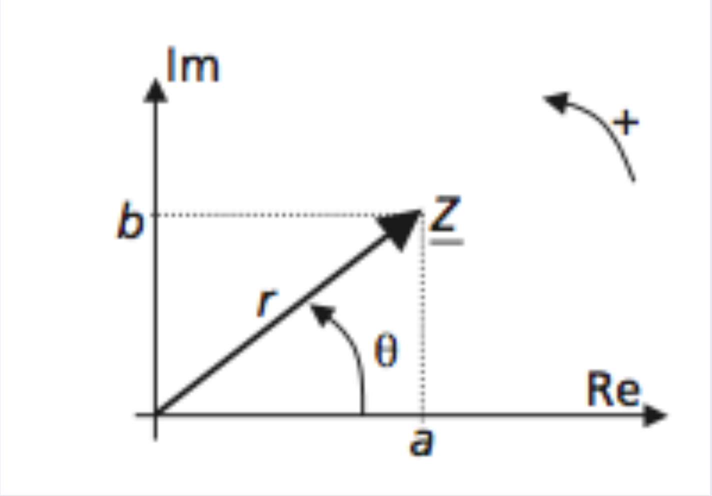
1. Alimentations dinstallations industrielles : sinusoïdale monophasée et triphasée. Puissances. Facteur de puissance.
2. Transformateurs monophasé et triphasé, cas parfait.



3. Etude de différents convertisseurs : hacheur, onduleur, gradateur, redressement monophasé (simple et double alternance).
4. Machines tournantes.
5. Machine asynchrone monophasée et triphasée.
6. Machines à courant continu. Comprendre et savoir contrôler les systèmes technologiques complexes, moteurs et convertisseurs électriques, systèmes mono et triphasés.
7. Notions nécessaires à l'Habilitation Electrique.

Cas d'une source sinusoïdale





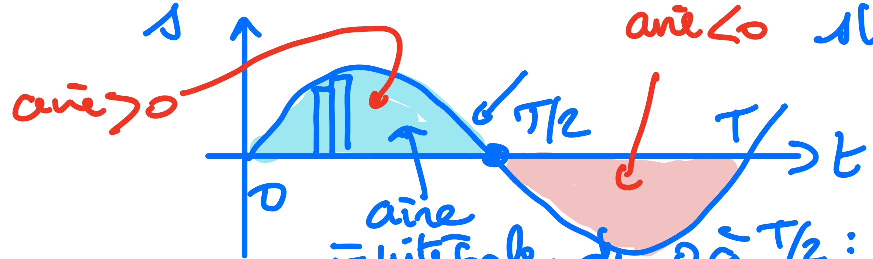
Avec les notations classiques, on peut écrire :
$s(t) = S_{max}\cos(\omega t + \phi)$ avec $S_{eff} = \sqrt{2} \times S_{max}$
On a accès aux termes : période T, fréquence $f = 1/T$, pulsation ω, phase à l'origine temporelle : ϕ, valeur moyenne $< s(t) >$, valeur efficace.
Pour la notation complexe, on a la représentation de **l'affixe** Z d'un nombre complexe $Z = a \; + \; j \times b$ avec $j^2 = -1$

ⓐ RMS root Mean Square

$$\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T s^2(t)\,dt}.$$

Moyenne : $\frac{1}{T}\int_0^T s(t)\,dt = \langle s \rangle$

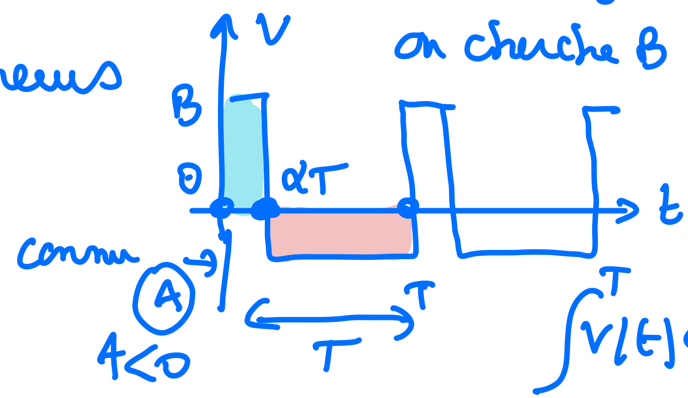
$s(t) = S\cos(\omega t)$.



aire = intégrale de 0 à T/2 : $\int_0^{T/2} s(t)\,dt$.

utilité : cf hacheurs

on cherche B et on sait $\langle V \rangle = 0$



$\frac{1}{T}\int_0^T V(t)\,dt$

$$\int_0^T V(t)\,dt = \boxed{} + \boxed{} = B\times\alpha T + \underbrace{A}_{<0}\times\underbrace{(1-\alpha)T}_{>0}$$

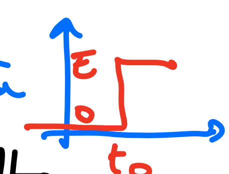
$$0 = \underset{\text{inconnue}}{B}\,\alpha T - \underset{\text{connu}}{|A|}\,T(1-\alpha).$$

ⓑ nombres complexes

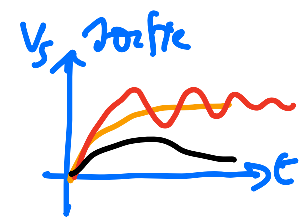
représentation simplifiée des tensions

ⓒ réponses temporelles

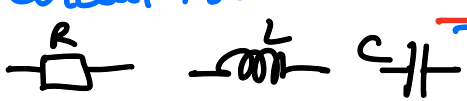
circuit soumis à



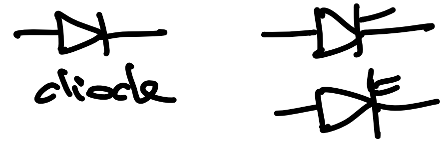
réponse →



dipôles ?

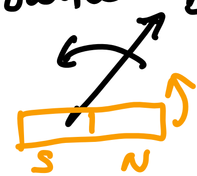


et quelques "interrupteurs" :



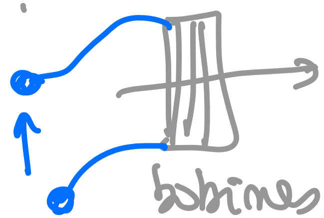
thyristor et transistor.

(d) $\vec{B}$ chp magnétique tourne $\vec{B}$



mouvement synchrone

(e) INDUCTION.



$\vec{B}(t)$ crée e(t) donc génératrice.

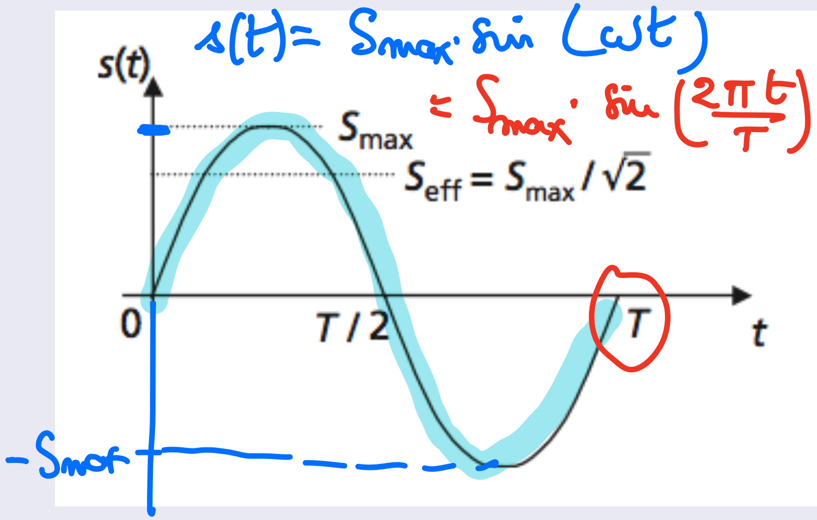
(f) étude des milieux mgn → aimants (moteurs élec).
→ enregistrement mgn.

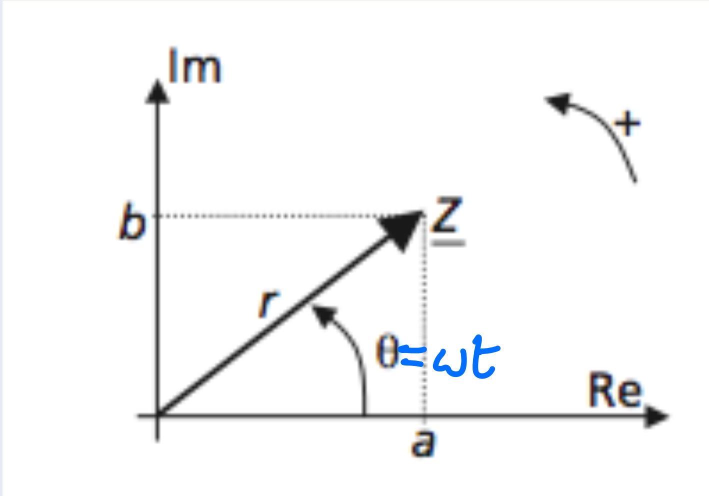
ω = pulsation en $rad \cdot s^{-1}$ $[\omega] = T^{-1}$

Cas d'une source sinusoïdale

$s(t) = S_{max} \cdot \sin(\omega t) = S_{max} \cdot \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$

$\boxed{T = \frac{2\pi}{\omega}}$

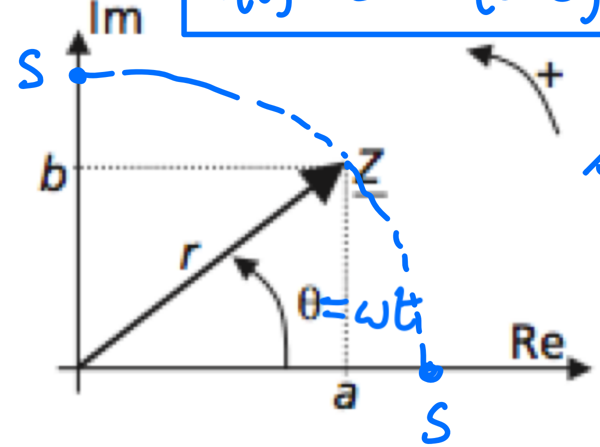


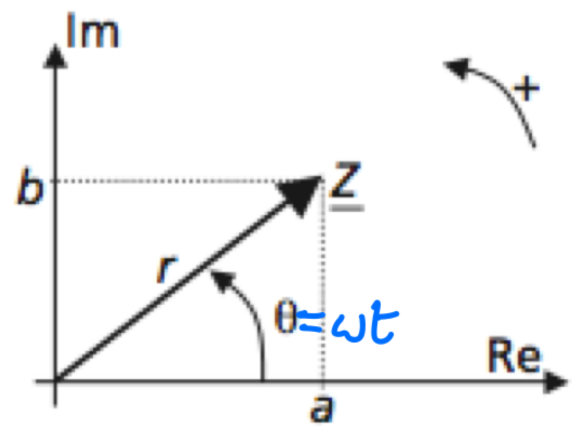


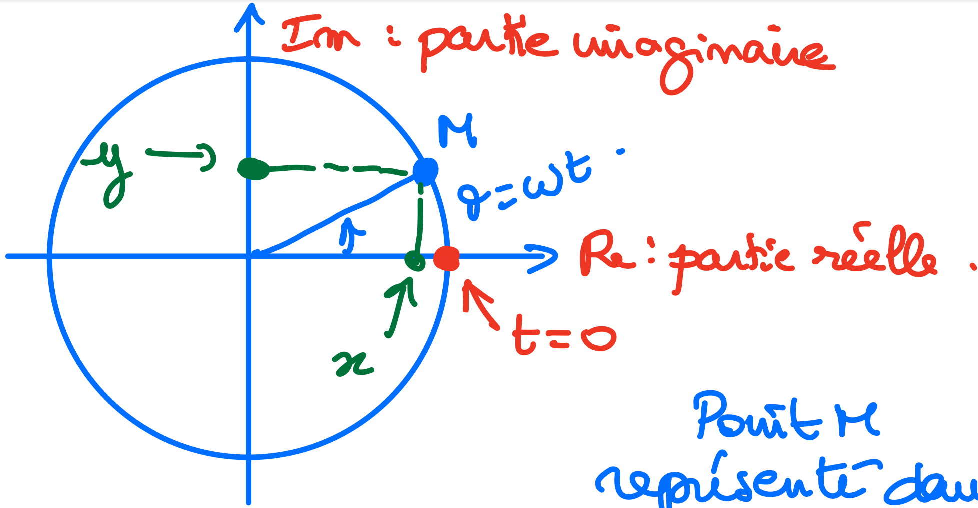
On voit qu'une tension pourra être représentée par un complexe et sa **partie réelle** est la projection sur l'axe horizontal.

$\boxed{s(t) = S\cos(\omega t).}$

$t = 0$
$s(0) = S(max)$







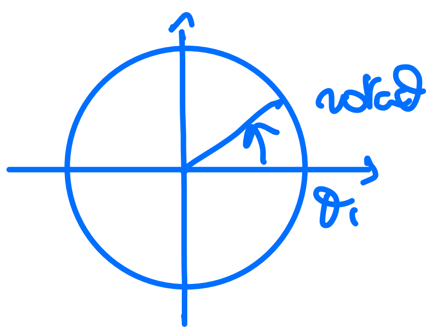
$\cos(\theta) \overset{\text{noté}}{\longleftrightarrow} \begin{cases} e^{i\theta} \\ i^2=-1 \end{cases}$

en physique

$\text{MOIVRE} \longleftarrow \begin{cases} e^{j\theta} \\ j^2=-1 \end{cases}$

Point M représenté dans le plan avec comme coord. $(\underset{x}{\underset{\parallel}{\boxed{S\cos\theta}}}, \underset{y}{\underset{\parallel}{S\sin\theta}})$.

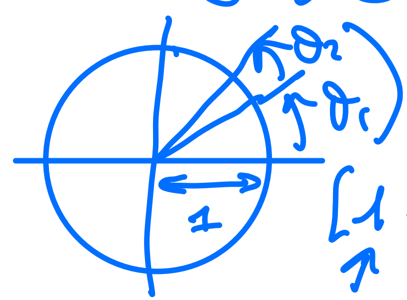
rotation de $\theta=0$ à θ_1



; 2 rotations : on utilise la propriété de e^n

$$e^n \times e^m = e^{n+m}$$

donc

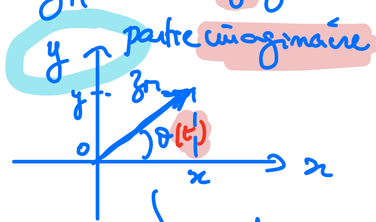


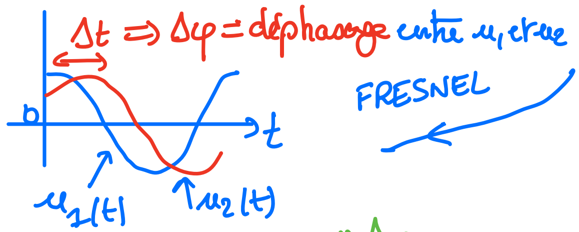
rotaθ $\theta_1+\theta_2$.

$$[\underset{\theta=}{1} \times \underbrace{e^{j\theta_1}}_{1^{\text{ère}}\ \text{rotaθ}}] \times e^{j\theta_2}$$

Vocabulaire :

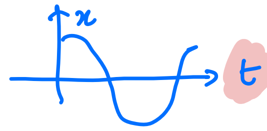
« position » du point M : affixe $z_M = \overbrace{x + j y}^{\text{notat° du type planaire}}$

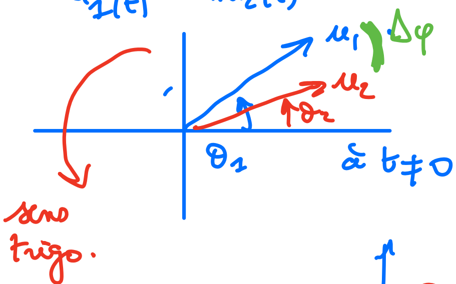




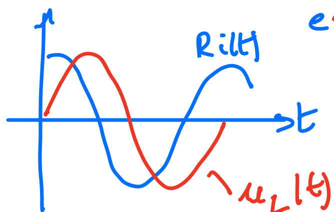
FRESNEL

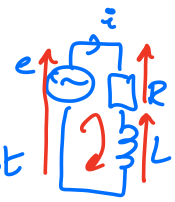
représentat° réelle





Applicat°





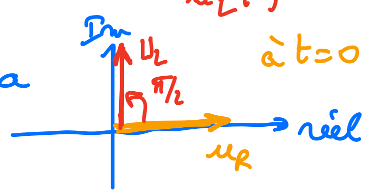
origine des phases : $i(t)$.

$u_1 = Ri = RI\cos(\omega t)$.

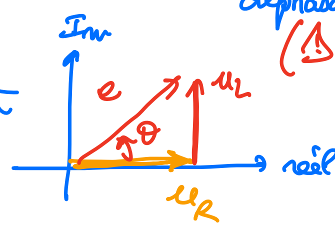
$u_2 = u_L = L\dfrac{di}{dt} = U\cos(\omega t + \varphi)$

déphasage. ($\triangle$ $\pi/2$)

on montrera



d'où



$e(t) = Ri + u_L$

Cas d'une source sinusoïdale : valeur moyenne

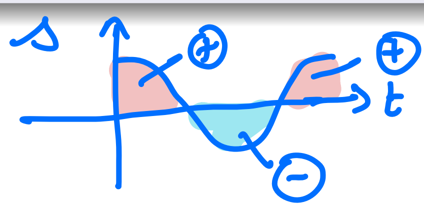
Valeur moyenne pour le cas réel : $< u(t) >= \dfrac{1}{T} \displaystyle\int_{t=0}^{T} u(t)\ dt$

Cas complexe : $< u(t) >=$

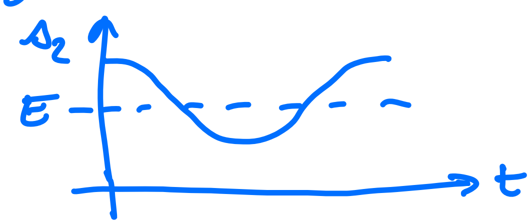
Cas d'une source sinusoïdale : valeur moyenne

Valeur moyenne pour le cas réel : $< u(t) >= \dfrac{1}{T}\displaystyle\int_{t=0}^{T} u(t)\ dt$

$\begin{cases} s(t) = S\cos(\omega t) \\ \langle s \rangle = 0 \end{cases}$

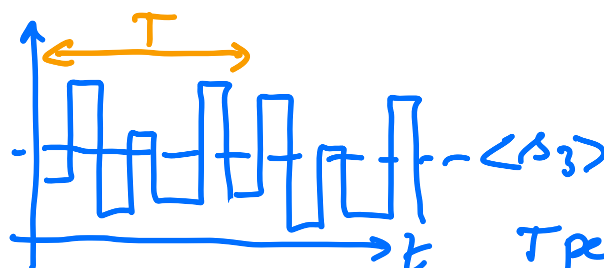


$s_2(t) = E + S\cos(\omega t)$ $\quad E > 0$



$\langle s_2 \rangle = \langle E + S\cos(\omega t)\rangle$
$= E + 0$

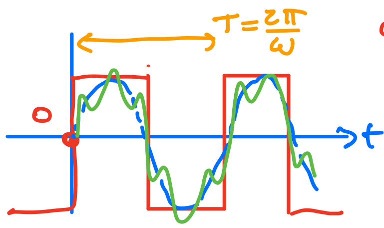
mais si s_3 est :



T petit
↳ moteur ne "sent" que $\langle s_3 \rangle$

⚠ comment calculer sans effort $\langle s \rangle$? FOURIER (méthode de mesure sur les appareils. FFT Fast Fourier Transform)

$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty}\left[a_n\cos(n\omega t) + b_n\sin(n\omega t)\right]$

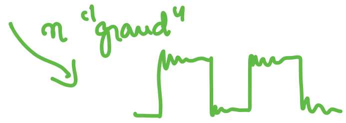


$a_0 = \langle f \rangle = 0$ ici

$a_n = 0$ car impaire alors que $\cos(n\omega t)$ est paire.

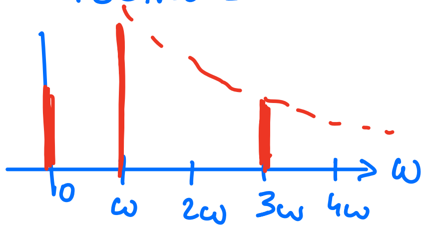
$b_2 < b_1$ etc. ($b_n \searrow$ avec $n \nearrow$).

n "grand"

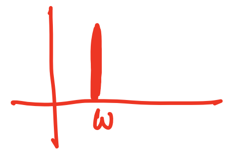


représentatiO

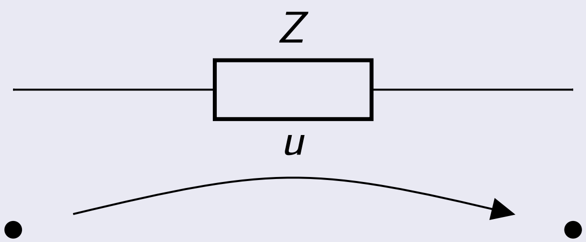
SPECTRE DE FOURIER



si sinus :



Notion d'impédance



$u = Z \times i$ Résistance $Z = R$

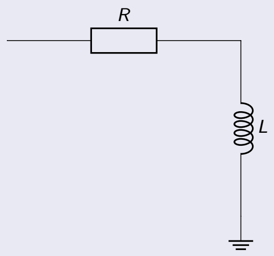
condensateur $Z = Z_c = \dfrac{1}{jC\omega}$,

bobine $Z = Z_L = jL\omega$

Pour chacun de ces dipôles, on peut tracer une représentation graphique dans le plan complexe

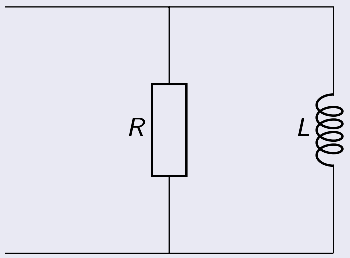
Représentation graphique dans le plan complexe

Exemple d'association : exercice



$$u = Z_{tot} \times i$$

Exemple d'association



$$u = Z'_{tot} \times i$$

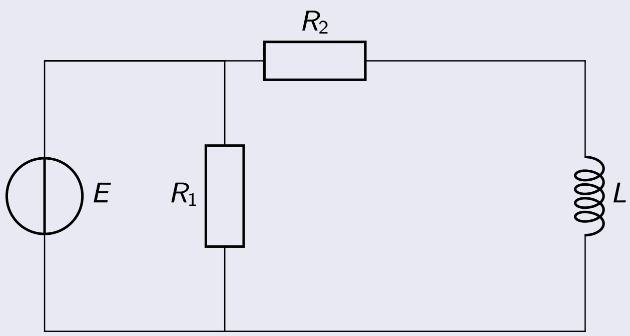
On utilise la notation
$u(t) = U\sqrt{2}\cos(\omega t)$ et $i(t) = I\sqrt{2}\cos(\omega t - \phi)$

Définitions

Puissance instantanée : $P(t) = u(t) \times i(t)$ en réel en watt
Puissance active : $P =< p(t) >= U \times I \times \cos\phi = \dfrac{U_{max} \times I_{max}}{2} \times \cos\phi$ en watt
Puissance réactive : $Q = U \times I \times \sin\phi = \dfrac{U_{max} \times I_{max}}{2} \times \sin\phi$ en VA.R
Puissance apparente : $S = U \times I$ en VA
Facteur de puissance : c'est le terme $\cos\phi$

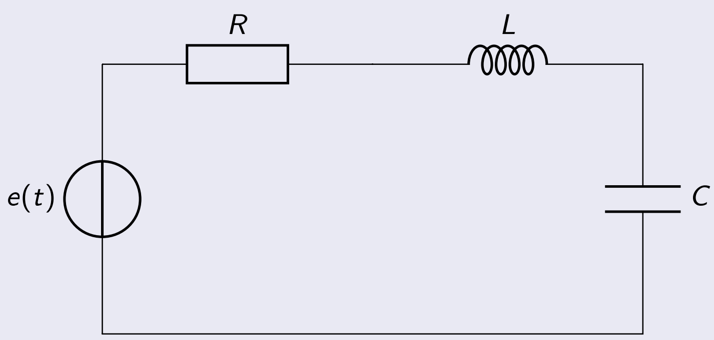
On a $S^2 = P^2 + Q^2$ $\qquad \cos\phi = \dfrac{P}{S}$ $\qquad \tan\phi = \dfrac{Q}{P}$

Exemple : exercice



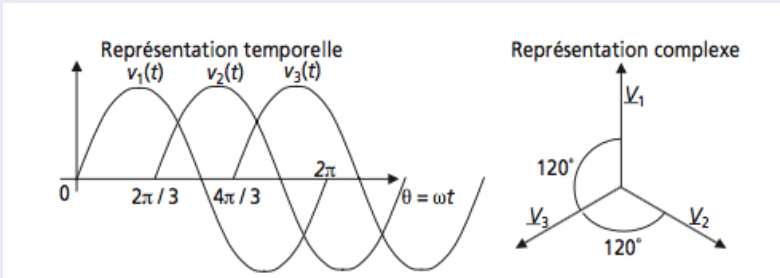
1. calculer les valeurs efficaces des courants
2. calculer P, Q et S
3. en déduire le facteur de puissance

Tracé du diagramme dans le plan complexe : exercice



1. exprimer les tensions
2. tracer les vecteurs tensions dans le plan complexe avec $e(t)$ comme origine des phases
3. idem avec $i(t)$ comme origine des phases
4. en déduire le facteur de puissance

Forme de l'alimentation



$$v_1(t) = V\sqrt{2}\sin(\omega t)$$
$$v_2(t) = V\sqrt{2}\sin(\omega t - \frac{2}{3})$$
$$v_3(t) = V\sqrt{2}\sin(\omega t - \frac{4}{3})$$

- Couplage en étoile

- Couplage en triangle