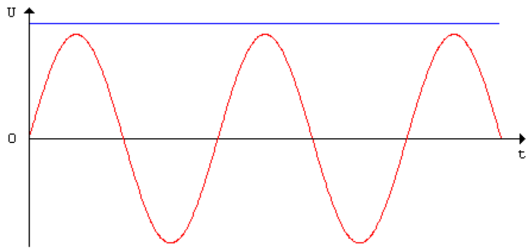
Chapitre 2 :
Le régime alternatif (AC)



Plan du chapitre

- 1. Grandeur alternative
- 2. Le régime sinusoïdal
- 3. Représentation de Fresnel
- 4. Puissance en régime AC
- 5. Récapitulatif

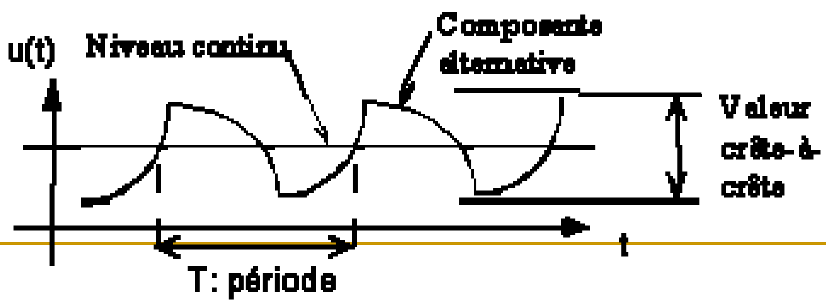
Plan du chapitre

- 1. **Grandeur alternative**
- 2. Le régime sinusoïdal
- 3. Représentation de Fresnel
- 4. Puissance en régime AC
- 5. Récapitulatif

1. Grandeur alternative

1.1 Exemple

- Introduction :
  - Un **courant continu** est un courant dont ***le sens*** est toujours ***le même*** au cours du temps.
  - Un **courant alternatif** est un courant dont ***le sens change*** au cours du temps.
- Exemple d'un signal alternatif périodique



1. Grandeur alternative

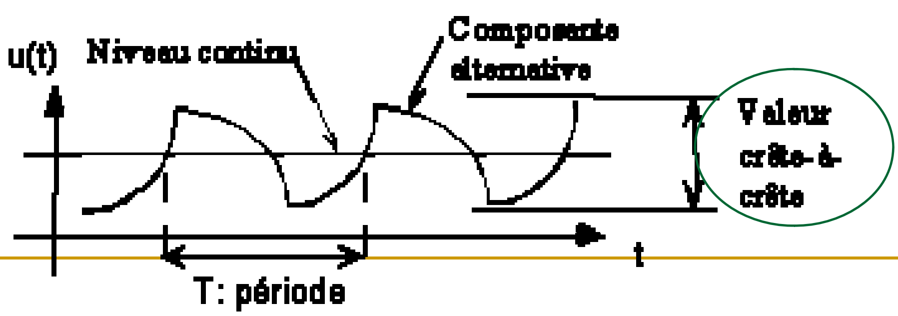
1.2 Caractéristiques

- Cas général :
  - On définit les grandeurs suivantes associées à ce type de signaux :
    - l'amplitude ou valeur crête-à-crête
    - la fréquence,
    - la valeur moyenne,
    - la valeur efficace.

1. Grandeur alternative

1.2 Caractéristiques

- Cas général :
  - On définit les grandeurs suivantes associées à ce type de signaux :
    - **l'amplitude ou valeur crête-à-crête**
    - la fréquence,
    - la valeur moyenne,
    - la valeur efficace.



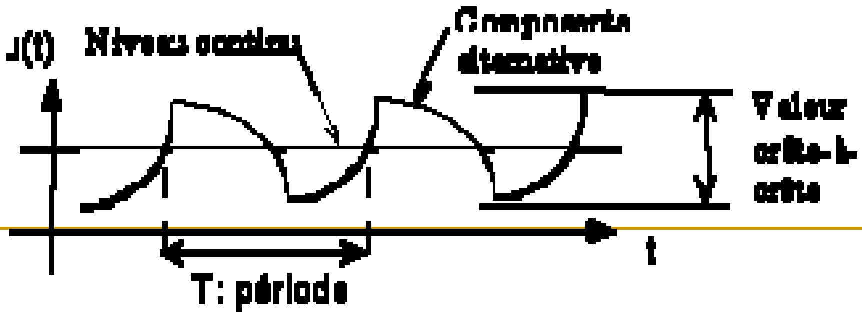
1. Grandeur alternative

1.2 Caractéristiques

- Cas général :
  - On définit les grandeurs suivantes associées à ce type de signaux :
    - l'amplitude ou valeur crête-à-crête
    - **la fréquence,**
    - la valeur moyenne,
    - la valeur efficace.

Définie comme l'inverse de la période (unité le Hertz-H)

$$f = \frac{1}{T}$$



1. Grandeur alternative

1.2 Caractéristiques

- Cas général :
  - On définit les grandeurs suivantes associées à ce type de signaux :
    - l'amplitude ou valeur crête-à-crête
    - la fréquence,
    - **la valeur moyenne,**
    - la valeur efficace.

$$U_{moy} = \frac{1}{T}\int_0^T u(t)dt$$

Il s'agit de la valeur autour de laquelle oscille la tension *u*

1. Grandeur alternative

1.2 Caractéristiques

- Cas général :
  - On définit les grandeurs suivantes associées à ce type de signaux :
    - l'amplitude ou valeur crête-à-crête
    - la fréquence,
    - la valeur moyenne,
    - **la valeur efficace.**

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T u^2(t)dt}$$

Plan du chapitre

- 1. Grandeur alternative
- 2. **Le régime sinusoïdal**
- 3. Représentation de Fresnel
- 4. Puissance en régime AC
- 5. Récapitulatif

2. Régime sinusoïdal

2.1 Importance du régime sinusoïdal

- La plus grande partie de l'énergie électrique est produite sous forme de courant alternatif sinusoïdal ;
- Les fonctions sinusoïdales sont simples à manipuler mathématiquement et électriquement ;
- Toute fonction périodique de forme quelconque peut être décomposée en une somme de signaux sinusoïdaux (décomposition en série de Fourier).

2. Régime sinusoïdal

2.2 Fonction sinusoïdal

- Définition :
  - Une tension sinusoïdale est une grandeur périodique et alternative pouvant s'écrire sous la forme :

$$u(t) = U_{\max} \sin(\omega t + \theta_u)$$

2. Régime sinusoïdal

2.2 Fonction sinusoïdal

- Définition :
  - *t* est le temps en secondes (s)
  - w est la pulsation en radians par seconde (rad.s-1) ;
  - w*t* +θ_u est la phase instantanée en radians (rad) ;
  - θ_u est la phase à l'origine en radians (rad).

$$u(t) = U_{\max} \sin(\omega t + \theta_u)$$

2. Régime sinusoïdal

2.2 Fonction sinusoïdal

- Caractéristiques:
  - La valeur moyenne d'un tel signal est nulle
  - La valeur efficace est donnée par la relation :

$$U_{eff} = \frac{U_{Max}}{\sqrt{2}}$$

  - La période est par définition la grandeur T telle que u(t+kT)=u(t) pour k entier. Il en découle que :

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

Plan du chapitre

- 1. Grandeur alternative
- 2. Le régime sinusoïdal
- 3. **Représentation de Fresnel**
- 4. Puissance en régime AC
- 5. Récapitulatif

3. Représentation de Fresnel

3.1 Définition

La représentation de Fresnel est une représentation vectorielle des grandeurs sinusoïdales

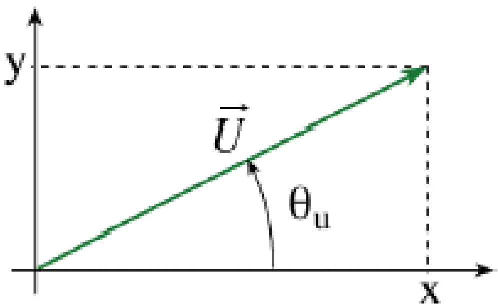
3. Représentation de Fresnel

3.2 Représentation d'un vecteur

- En coordonnées cartésiennes il faut la position (x; y) de son extrémité par rapport à son origine.

  U (x ; y)

- En coordonnées polaires, il faut sa longueur et l'angle qu'il fait avec un axe d'origine.



U (U ; θ_u)

NB: Les vecteurs peuvent être notés soit avec une flèche soit en gras

3. Représentation de Fresnel

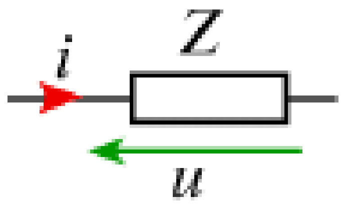
3.3 Fresnel

Toute grandeur sinusoïdale (tension ou courant) sera représentée par un vecteur de longueur sa valeur efficace et d'angle sa phase à l'origine.

3. Représentation de Fresnel

3.3 Fresnel

- Considérons un dipôle Z traversé par un courant i et ayant entre ses bornes une tension u.



3. Représentation de Fresnel

3.3 Fresnel

- Pour la tension :

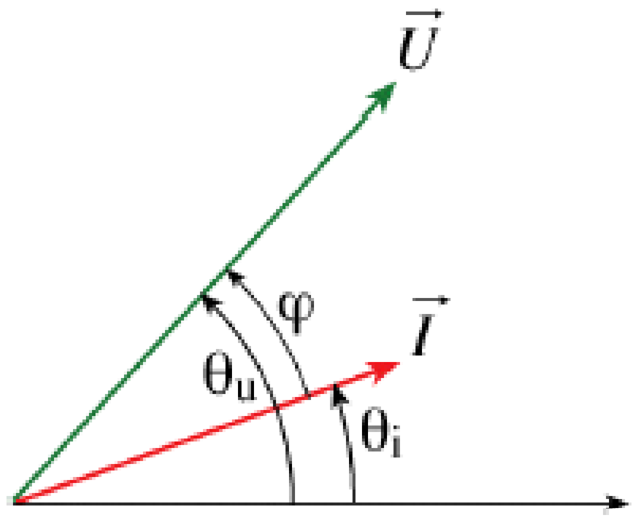
$$u(t) = U_{eff}\sqrt{2}\sin(\omega t + \theta_u)$$

- Pour l'intensité :

$$i(t) = I_{eff}\sqrt{2}\sin(\omega t + \theta_i)$$

3. Représentation de Fresnel

3.3 Fresnel



$$\varphi = \theta_u - \theta_i$$

Il s'agit du déphasage de u par rapport à i

$u(t) = U_{eff}\sqrt{2}\sin(\omega t + \theta_u)$ $i(t) = I_{eff}\sqrt{2}\sin(\omega t + \theta_i)$

3. Représentation de Fresnel

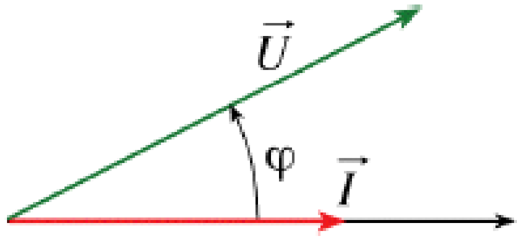
3.3 Fresnel

- Si l'on prend *i* comme référence de phase :

$$u(t) = U_{eff}\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi)$$

- Pour l'intensité :

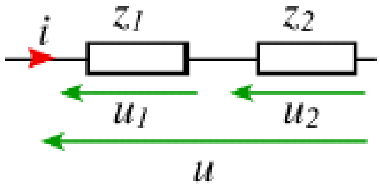
$$i(t) = I_{eff}\sqrt{2}\sin(\omega t)$$



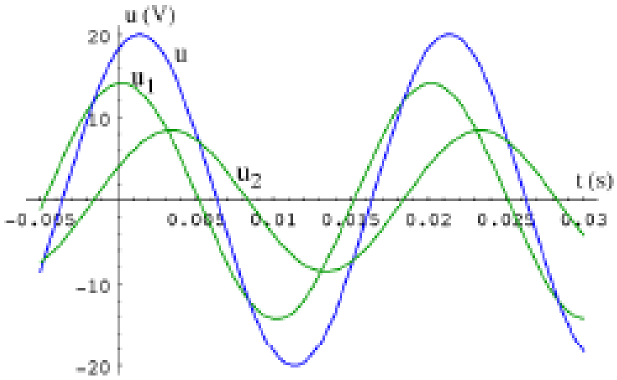
3. Représentation de Fresnel

3.4 Lois des mailles

- *De manière <u>instantanée</u>, en régime sinusoïdal, la loi s'écrit :*



$$u(t) = u_1(t) + u_2(t)$$



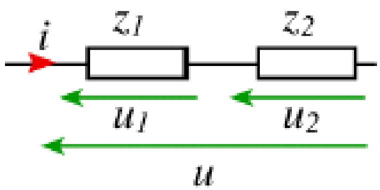
Les trois signaux ont la même période T

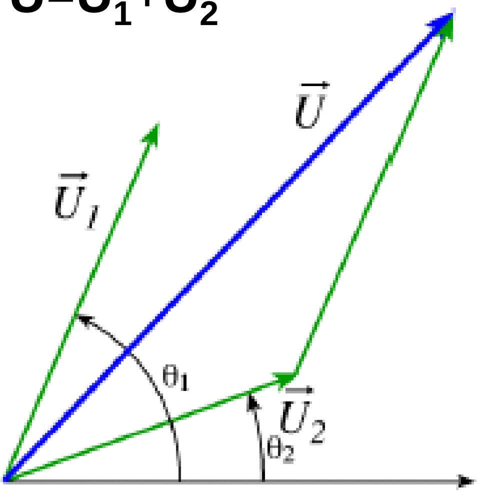
3. Représentation de Fresnel

3.4 Lois des mailles

- *De manière <u>générale</u>, la loi des mailles devient vectorielle :*

$U=U_1+U_2$





En aucun cas il ne faut faire la somme algébrique des valeurs efficaces de u_1 et de u_2.

$U_{eff} <> U_{1eff} + U_{2eff}$

NB: Idem pour la loi des noeuds

3. Représentation de Fresnel

3.5 Notation complexe

- La notation complexe est un outil de calcul permettant de traiter simplement les grandeurs sinusoïdales

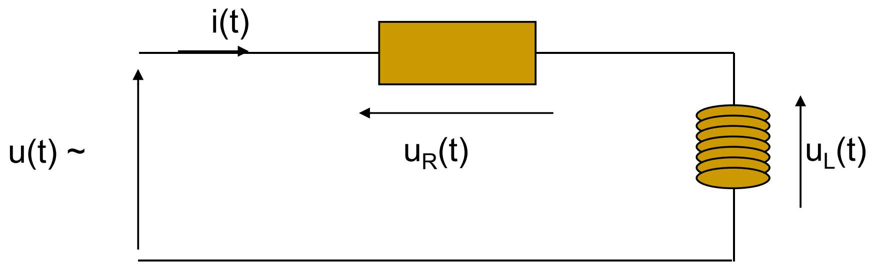
- Principe :
  - A une grandeur sinusoïdale considérée, on associe une grandeur complexe telle que :

$$u(t) = U_{\max} \sin(\omega t + \varphi) \rightarrow \underline{U} = U_{\max} e^{j(\omega t + \varphi)}$$

3. Représentation de Fresnel

3.5 Notation complexe

- Exemple d'application :
  - Considérons un circuit RL série alimenté par une tension sinusoïdale :



- Application de la loi des mailles

$$u(t) = u_R(t) + u_L(t) = Ri(t) + L\frac{di(t)}{dt}$$

3. Représentation de Fresnel

3.5 Notation complexe

- Exemple d'application :
  - En notation complexe, cette équation devient :

$$U_{\max} e^{j(\omega t+\varphi)} = R.Ie^{j\omega t} + L\frac{d(I_{\max} e^{j\omega t})}{dt}$$

$$U_{\max} e^{j(\omega t+\varphi)} = R.Ie^{j\omega t} + Lj\omega.I_{\max} e^{j\omega t}$$

$$\underline{U} = R.\underline{I} + jL\omega.\underline{I} = R.\underline{I} + e^{j\frac{\pi}{2}} L\omega.\underline{I}$$

3. Représentation de Fresnel

3.5 Notation complexe

- Conséquences :

$$\underline{U} = R.\underline{I} + jL\omega.\underline{I} = R.\underline{I} + e^{j\frac{\pi}{2}} L\omega.\underline{I}$$

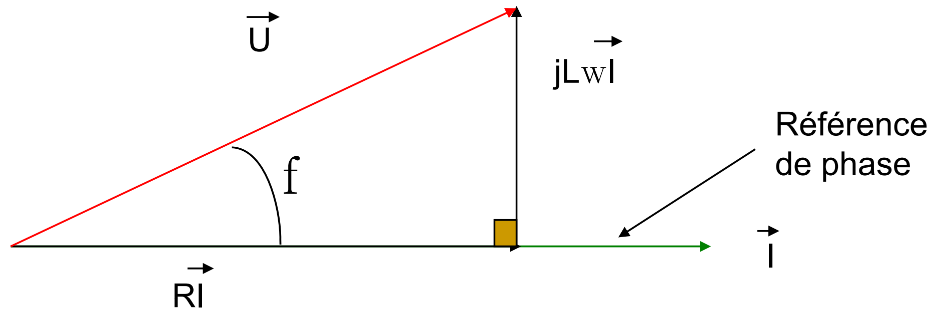
  - L'équation ne fait plus intervenir de dérivées difficilement exploitables
  - On peut définir pour la bobine une impédance complexe $\underline{Z}=jL\omega$ dont le module vaut $|\underline{Z}|=L\omega$ (exprimée en Ohms)
  - Le terme $e^{j\pi/2}$ caractérise l'existence d'un déphasage de $\pi/2$ rad (90°) entre la tension et l'intensité aux bornes d'une bobine (l'intensité étant prise comme référence de phase)

3. Représentation de Fresnel

3.5 Notation complexe

- Vectoriellement :

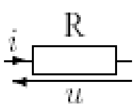
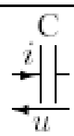
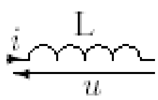
$$\vec{U} = R.\vec{I} + jL\omega.\vec{I}$$



3. Représentation de Fresnel

3.5 Notation complexe

- Généralisation:
    - Le tableau ci-dessous est une généralisation de ces résultats aux différents dipôles vus précédemment :

Nom	Résistance	Condensateur	Bobine
Schéma			
Expression de la loi d'Ohm	$u = Ri$	$u = \frac{1}{jC\omega}i$	$u = jL\omega i$

Pas de déphasage

Déphasage de -90° (intensité pour référence)

Déphasage de 90° (intensité pour référence)

Plan du chapitre

4. Puissance en régime AC

4.1. Puissance(s)

- Définitions :
  - Par définition, la puissance instantanée consommée (ou reçue) est donnée par la relation suivante :

$$p(t) = u(t).i(t) = U_{\max}\sin(\omega t+\varphi).I_{\max}\sin(\omega t)$$

  - Soit :

$$p(t) = \underbrace{\frac{U_{\max}.I_{\max}}{2}}_{\text{Un terme constant}}\cos\varphi + \frac{U_{\max}.I_{\max}}{2}\underbrace{\cos(2\omega t+\varphi)}_{\text{Un terme variant périodiquement}}$$

4. Puissance en régime AC

4.1. Puissance(s)

- Définitions :
  - Par définition, la puissance consommée (ou reçue) est donnée par la relation suivante :

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T p(t)dt$$

Facteur de puissance

  - Il vient donc que :

$$\boxed{P = U_{eff} I_{eff} \cos\varphi}$$

  - Il s'agit de la **puissance active**. Elle s'exprime en *Watt (W)*

4. Puissance en régime AC

4.1. Puissance(s)

- Définitions :
  - La puissance active ne permet cependant pas de mettre en évidence tous les phénomènes physiques liés aux bobines et aux condensateurs (qui ne consomment pas de réactif).
  - On définit donc la puissance réactive *Q* (unité le Volt Ampère Réactif VAR) permettant cette prise en compte

$$\boxed{Q = U_{eff} I_{eff} \sin\varphi}$$

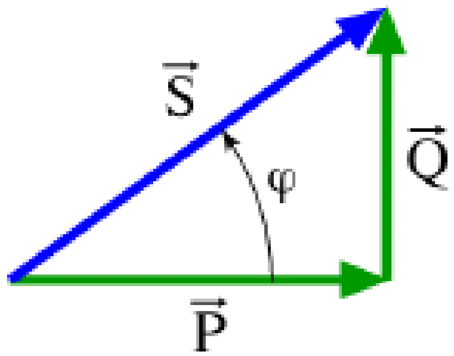
  - Ce qui amène à considérer la puissance apparente *S* (Volt Ampère VA) telle que :

$$\boxed{S = \sqrt{P^2 + Q^2} = U_{eff} I_{eff}}$$

4. Puissance en régime AC

4.2. Triangle des puissances

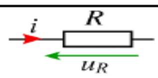
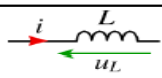
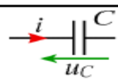
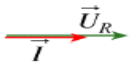
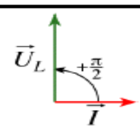
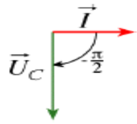
- Définition :
  - Les trois puissances décrites précédemment peuvent se traduire par une figure géométrique appelée triangle des puissances :



  - Si φ est positif, on parle de circuit inductif
  - Si φ est négatif, on parle de circuit capacitif

Plan du chapitre

5. Récapitulatif

	Résistance R	Inductance L	Capacité C
Schéma			
Equation fondamentale	$u_R = Ri$	$u_L = L\dfrac{di}{dt}$	$i = C\dfrac{du_C}{dt}$
Impédance Z (Ω)	$Z_R = R$	$Z_L = L\omega$	$Z_C = \dfrac{1}{C\omega}$
Admittance Y (S)	$Y_R = \dfrac{1}{R}$	$Y_L = \dfrac{1}{L\omega}$	$Y_C = C\omega$
Relation entre les valeurs efficaces	$U_R = RI$	$U_L = L\omega I$	$U_C = \dfrac{1}{C\omega} I$
Déphasage φ (rad)	$\varphi_R = 0$	$\varphi_L = +\dfrac{\pi}{2}$	$\varphi_C = -\dfrac{\pi}{2}$
Représentation de Fresnel			
Puissance active P (W)	$P_R = U_R I = RI^2 = \dfrac{U^2}{R}$ R absorbe P	0	0
Puissance réactive Q (VAR)	0	$Q_L = U_L I = L\omega I^2$ L absorbe Q	$Q_C = -U_C I = -C\omega U_C^2$ C fournit Q