

Ch 6

Régime sinusoïdal monophasé

Régime permanent sinusoïdal

Simulation AC



Formation

Electronique Physique, UniNE

Docteur ès Sciences, UniNE (PhD)

Expérience professionnelle

Plus de 20 ans dans la recherche

Responsable d'un groupe de recherche, ESPLAB EPFL

Implications dans des sociétés «startup»

Situation actuelle

50% EPFL au LAI/CAM, recherche, co-directeur de thèses

50% He-Arc, recherche et enseignement

Cours: Electrotechnique

Electronique

Technologie RF

Quiz semaine 5

- Nombre de tentatives : 43 <15%
- Moyenne générale : 4.43 / 9.00

→ **3.5**

Q1 (Dipôle - Isoler un dipôle) : **0.32/1.00**

→ **2.6**

Q2 (Tripôle équivalent - Conversion Pi-T.) : **0.74/1.00**

→ **4.7**

Q3 (Principe de superposition - Schémas équivalents.) : **0.81/1.00**

→ **5.1**

Q4 (Max de puissance - Déviation p.r. au maximum.) : **0.44/1.00**

→ **3.2**

Q5 (Max de puissance - Eloignement du point max et rdt augmente) : **0.26/1.00**

→ **2.3**

Q6 (Sources de courant - Addition) : **0.71/1.00**

→ **4.6**

Q7 (Superposition - Sources réelles) : **0.37/1.00**

→ **2.9**

Q8 (Superposition - Sources non réelles) : **0.33/1.00**

→ **2.7**

Q9 (Circuits équivalents - Annulation de sources) : **0.45/1.00**

→ **3.3**

Ch 6

Régime sinusoïdal monophasé

Régime permanent sinusoïdal

Simulation AC



- excitations (courant/tension) → fonctions sinusoïdales (ou cosinusoidales)
- supposées établies dans le temps depuis l'infini
- circuits linéaires (R, L, C)
- réponses (courant/tension) → fonctions sinusoïdales

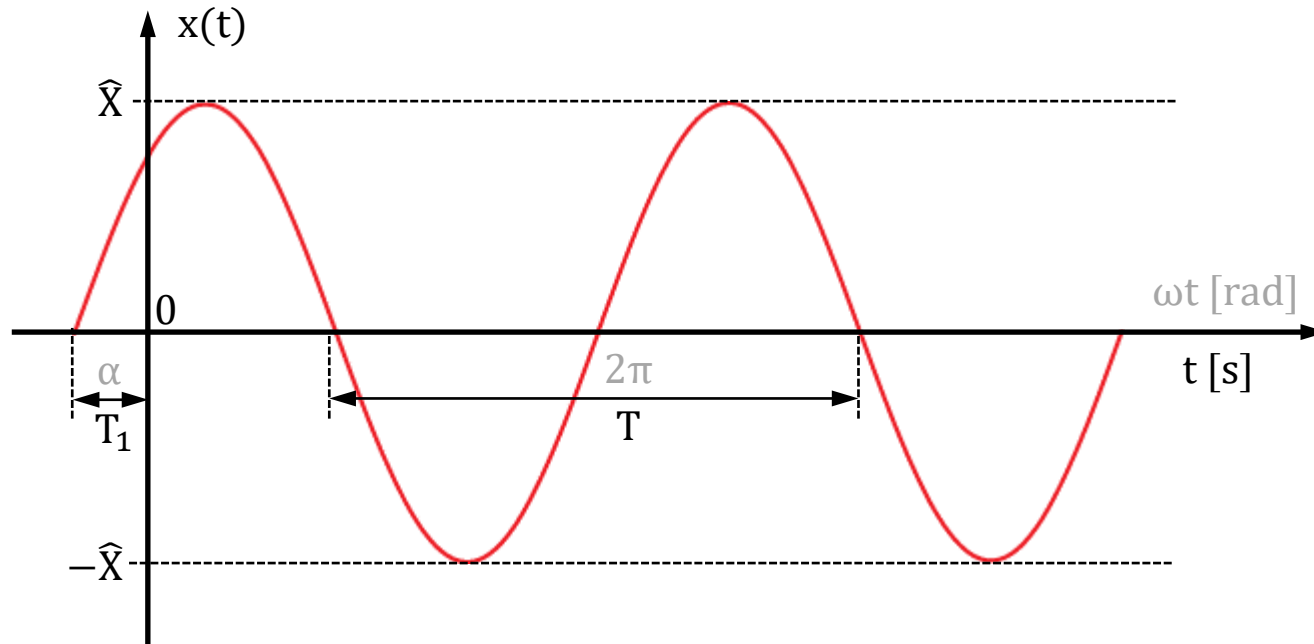
Important

$$\rightarrow \frac{d}{d\alpha} \sin \alpha = \cos \alpha$$

$$\rightarrow \frac{d}{d\alpha} \cos \alpha = -\sin \alpha = \cos \left(\alpha + \frac{\pi}{2} \right)$$

6.2 Grandeurs sinusoïdales

Expression analytique et définitions des paramètres



$$x(t) = \hat{X} \sin\left(\underbrace{\frac{2\pi}{T}}_{\omega} t + \alpha\right)$$

Amplitude: $\hat{X}$

Phase initiale: α

Période : $T = \frac{1}{f}$

Pulsation : $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$

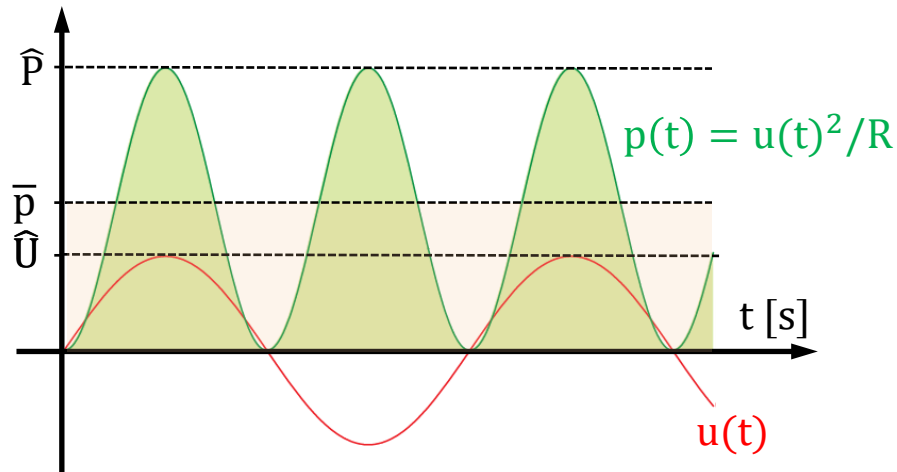
- Tension $u = u(t) = \hat{U} \cos(\omega t + \alpha)$
- Courant $i = i(t) = \hat{I} \cos(\omega t + \beta)$

- Définition: Déphasage entre u et i : $\varphi = \alpha - \beta$

- En phase: toutes les grandeurs ont même f , différence de phase est 0
- En quadrature: toutes les grandeurs ont même f , différence de phase est $\pm \frac{\pi}{2}$

6.2.13 Puissance instantanée

En résumé



$\hat{U}$: tension de crête
 $\hat{P}$: puissance de crête

Pour le régime sinusoïdal

Tension instantanée

u

$$= \hat{U} \cdot \cos(\omega t + \alpha)$$

Pour une résistance

$$= R \cdot i$$

Puissance instantanée

$$p = u \cdot i$$

$$= \frac{\hat{U}^2}{R} \cos^2(\omega t + \alpha)$$

Puissance moyenne

$$\bar{p} = \frac{1}{T} \int_0^T p \, dt$$

$$= \frac{\hat{U}^2}{2R}$$

Dans le cas d'une résistance
et pour le régime DC

$$P = \frac{U^2}{R}$$

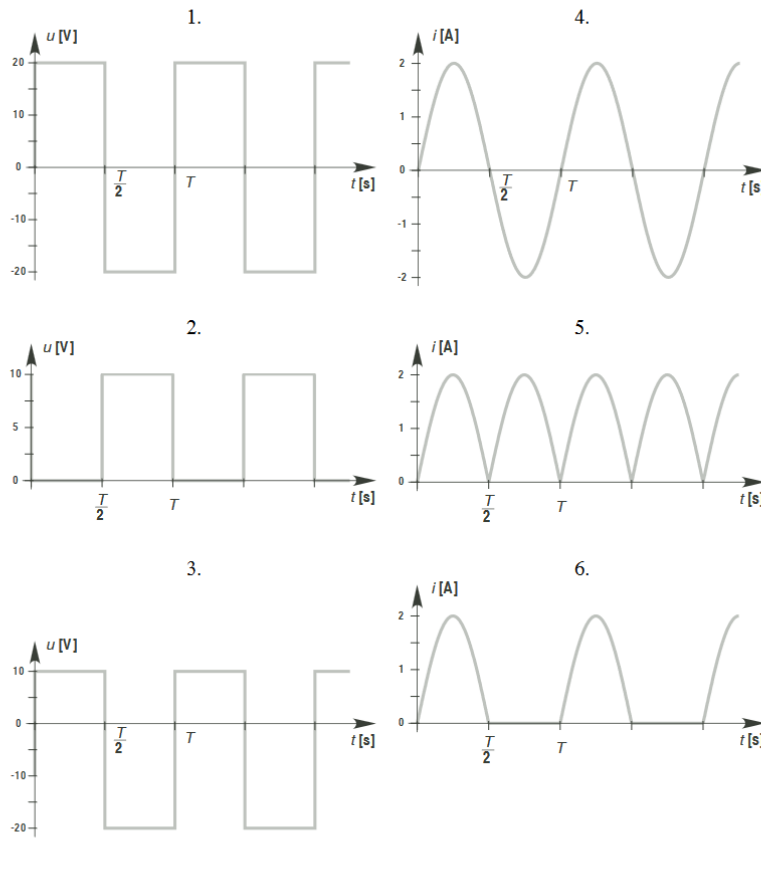
Tension efficace

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 \, dt} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$

§ 6.7.1 Valeurs moyenne et efficace – Exercice 1

Pour chacun des six signaux suivants, calculez-en :

- a) La valeur moyenne ; b) La valeur efficace ; c) La valeur maximum (de crête).

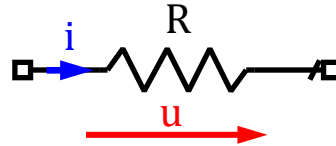


$$\bar{u} = \frac{1}{T} \int_0^T u \, dt$$

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 \, dt}$$

$$\hat{u}$$

6.2.14 Cas de la résistance



$$\begin{aligned} \text{\textcolor{red}{u}} &= \hat{U} \cdot \cos(\omega t + \alpha) \\ \text{\textcolor{blue}{i}} &= \hat{I} \cdot \cos(\omega t + \beta) \end{aligned}$$

$$u = R \cdot i$$

$$\hat{U} \cdot \cos(\omega t + \alpha) = R \cdot \hat{I} \cdot \cos(\omega t + \beta)$$

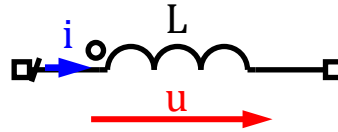
A diagram illustrating the matching of terms in the equation $\hat{U} \cdot \cos(\omega t + \alpha) = R \cdot \hat{I} \cdot \cos(\omega t + \beta)$. Green brackets connect $\hat{U}$ on the left to $\hat{I}$ on the right, and $\cos(\omega t + \alpha)$ on the left to $\cos(\omega t + \beta)$ on the right. Blue brackets connect the coefficient R on the right to the coefficient $\hat{U}$ on the left.

Il en résulte:

$$\begin{aligned} \hat{U} &= R \cdot \hat{I} \\ \alpha &= \beta \end{aligned}$$

→ tension et courant
sont **en phase**

6.2.15 Cas de l'inductance



$$\begin{aligned} & \& \textcolor{red}{u} &= \hat{U} \cos(\omega t + \alpha) \\ & \textcolor{blue}{i} &= \hat{I} \cdot \cos(\omega t + \beta) \end{aligned}$$

On se souvient que :

$$u = L \cdot \frac{di}{dt}$$

Ainsi :

$$\begin{aligned} \underbrace{\hat{U}}_{\text{green}} \cdot \underbrace{\cos(\omega t + \alpha)}_{\text{blue}} &= -\omega L \hat{I} \cdot \sin(\omega t + \beta) \\ &= \omega L \hat{I} \cdot \underbrace{\cos(\omega t + \beta + \frac{\pi}{2})}_{\text{green}} \end{aligned}$$

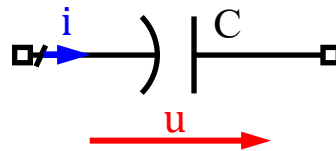
$\sin(t) = -\cos(t + \frac{\pi}{2})$

Il en résulte:

$$\begin{aligned} \hat{U} &= \omega L \hat{I} \\ \alpha &= \beta + \frac{\pi}{2} \end{aligned}$$

- tension et courant sont **en quadrature**
- le courant est en retard de $\frac{\pi}{2}$ sur la tension

6.2.16 Cas du condensateur



$$\begin{aligned} & \& \mathbf{u} = \hat{U} \cos(\omega t + \alpha) \\ & \mathbf{i} = \hat{I} \cdot \cos(\omega t + \beta) \end{aligned}$$

On se souvient que :

$$i = C \cdot \frac{du}{dt}$$

Ainsi :

$$\begin{aligned} \hat{I} \cdot \cos(\omega t + \beta) &= -\omega C \hat{U} \cdot \sin(\omega t + \alpha) \\ &= \omega C \hat{U} \cdot \cos(\omega t + \alpha + \frac{\pi}{2}) \end{aligned}$$

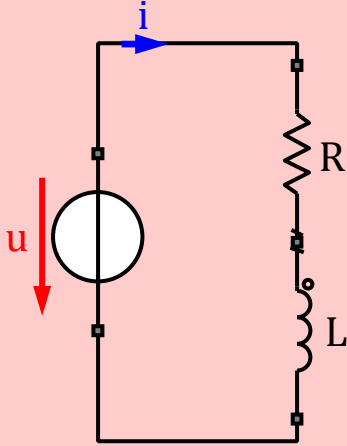
The diagram shows the derivation of the relationship between current and voltage for a capacitor. It starts with the equation $\hat{I} \cdot \cos(\omega t + \beta) = -\omega C \hat{U} \cdot \sin(\omega t + \alpha)$. A green bracket is under $\hat{I} \cdot \cos(\omega t + \beta)$ and a blue bracket is under $-\omega C \hat{U} \cdot \sin(\omega t + \alpha)$. These brackets are connected by a green line to the left and a blue line to the right. On the right side, the equation is rewritten as $= \omega C \hat{U} \cdot \cos(\omega t + \alpha + \frac{\pi}{2})$. A green bracket is under $\omega C \hat{U}$ and a blue bracket is under $\cos(\omega t + \alpha + \frac{\pi}{2})$. The green line from the first equation connects to the green bracket in the second equation, and the blue line connects to the blue bracket.

Il en résulte:

$$\begin{aligned} \hat{U} &= \frac{\hat{I}}{\omega C} \\ \alpha &= \beta - \frac{\pi}{2} \end{aligned}$$

- tension et courant sont **en quadrature**
- le courant est en avance de $\frac{\pi}{2}$ sur la tension

Exemple 1, inductance et résistance en série



Par Kirchhoff $u = R \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}$

$$\hat{U} \cdot \cos(\omega t + \alpha) = R \hat{I} \cdot \cos(\omega t + \beta) - \omega L \hat{I} \cdot \sin(\omega t + \beta)$$

$$\hat{U} \{ \cos(\omega t) \cdot \cos(\alpha) - \sin(\omega t) \cdot \sin(\alpha) \} =$$

$$\hat{I} \{ R \cdot \cos(\omega t) \cdot \cos(\beta) - R \cdot \sin(\omega t) \cdot \sin(\beta) - \omega L \cdot \sin(\omega t) \cdot \cos(\beta) - \omega L \cdot \cos(\omega t) \cdot \sin(\beta) \}$$

Par identification

$$\hat{U} \cos(\alpha) = R \hat{I} \cos(\beta) - \omega L \hat{I} \sin(\beta) \quad \leftarrow \cos(\omega t)$$

$$\hat{U} \sin(\alpha) = R \hat{I} \sin(\beta) + \omega L \hat{I} \cos(\beta) \quad \leftarrow \sin(\omega t)$$

En faisant la somme des carrés, après beaucoup de calculs:

$$\hat{U} = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} \cdot \hat{I}$$

$$\alpha = \beta + \varphi$$

Trop compliqué

On passe au calcul complexe associé

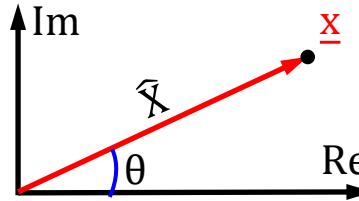
Rappels

La formule d'Euler

Coord. polaires

$$\underline{x} = \hat{X} e^{j\theta}$$

Dans le plan complexe

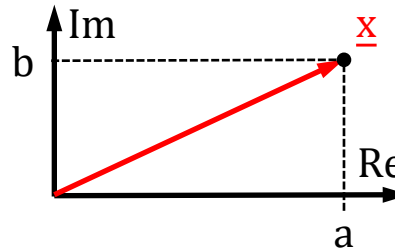


$$\hat{X} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\theta = \text{Arctg}\left(\frac{b}{a}\right)$$

Coord. cartésiennes

$$\underline{x} = a + j b$$



$$a = \hat{X} \cos \theta$$

$$b = \hat{X} \sin \theta$$

On va écrire

$$\underline{u} = \hat{U} e^{j(\omega t + \alpha)}$$

$$\underline{i} = \hat{I} e^{j(\omega t + \beta)}$$

Tension complexe

Courant complexe

Propriétés

$$\frac{d\underline{i}}{dt} = ? = j\omega \underbrace{\hat{I} e^{j(\omega t + \beta)}}_{\underline{i}} = j\omega \underline{i}$$

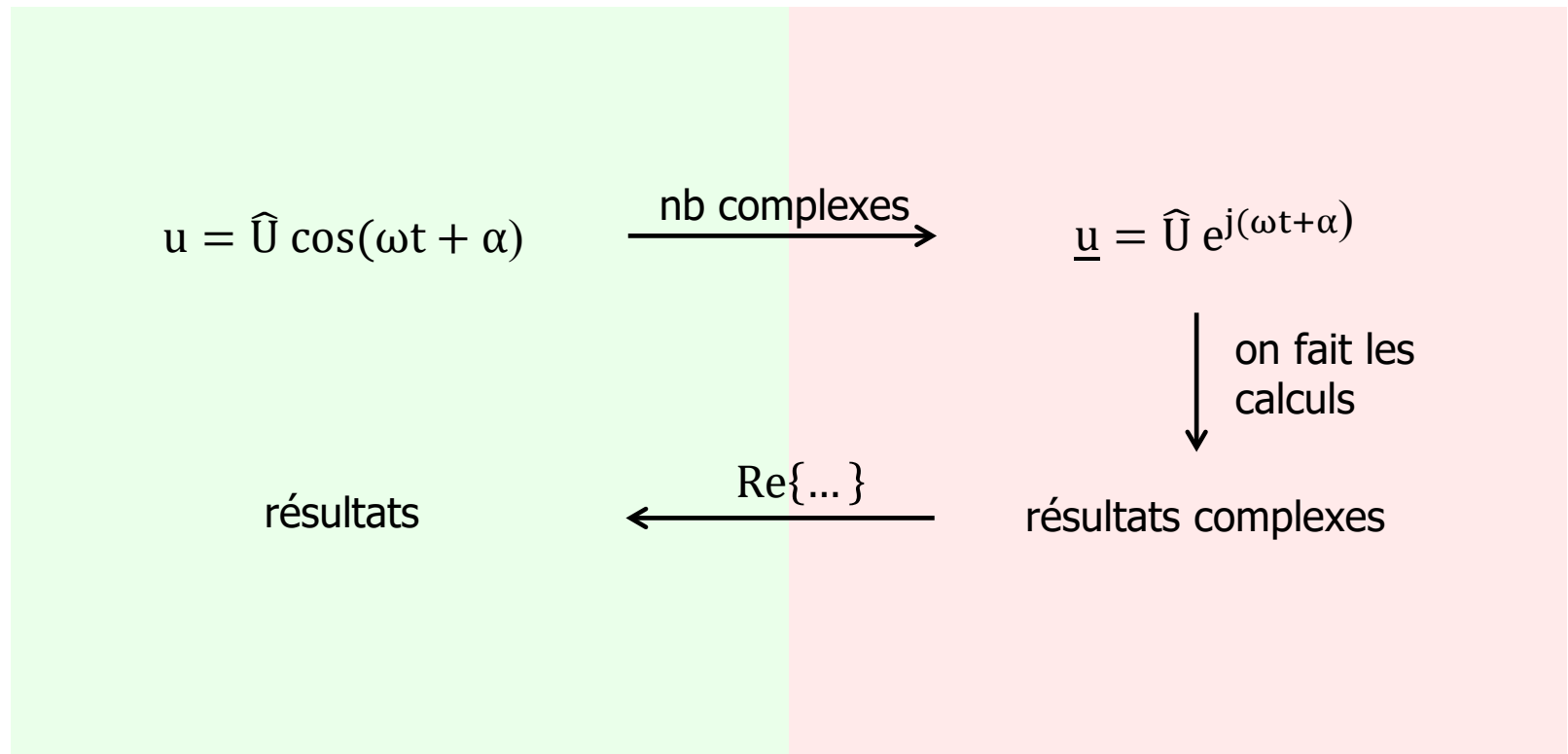
$$\int \underline{i} dt = ? = \frac{1}{j\omega} \underbrace{\hat{I} e^{j(\omega t + \beta)}}_{\underline{i}} = \frac{1}{j\omega} \underline{i}$$

$$\frac{d \dots}{dt} \rightarrow j\omega$$

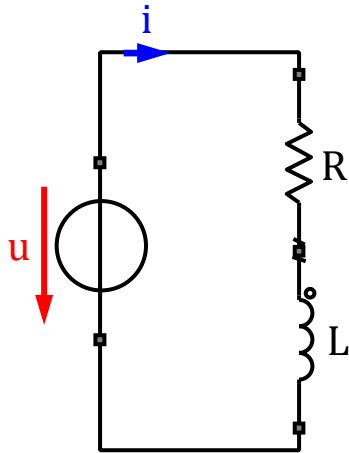
$$\int \dots dt \rightarrow \frac{1}{j\omega}$$

6.3 Calcul complexe associé

Stratégie



Exemple 1, inductance et résistance en série



$$u = \hat{U} \cdot \cos(\omega t + \alpha)$$
$$i = \hat{I} \cdot \cos(\omega t + \beta)$$

1. On construit nos vecteurs complexes pour la tension et le courant
2. On applique Kirchhoff
3. La dérivée du courant est remplacée par $j\omega$ qui multiplie le courant
4. Par Euler on peut passer de la notation polaire à la notation cartésienne (et inversement)
5. Cela nous permet de trouver une expression reliant la tension au courant
6. On peut finalement revenir dans le monde réel en ne considérant que la partie réelle

Exemple 1, inductance et résistance en série

1) On construit nos vecteurs complexes

$$\begin{aligned} u &\rightarrow \underline{u} = \hat{U} e^{j(\omega t + \alpha)} \\ i &\rightarrow \underline{i} = \hat{I} e^{j(\omega t + \beta)} \end{aligned}$$

2) On applique Kirchhoff

$$\underline{u} = R \cdot \underline{i} + L \cdot \frac{d\underline{i}}{dt}$$

3) Dérivée: $j\omega$ Intégrale: $1/j\omega$

$$\begin{aligned} \underline{u} &= R \cdot \underline{i} + j\omega L \cdot \underline{i} \\ &= \underbrace{(R + j\omega L)}_{\underline{Z}} \cdot \underline{i} \end{aligned}$$

4) Notation polaire $\leftrightarrow$ notation cartésienne

$$\begin{aligned} \underline{Z} &= R + j\omega L \\ &= Z e^{j\varphi} \end{aligned} \quad \begin{array}{c} \bullet \\ \swarrow \text{Euler} \\ \downarrow \end{array} \quad \text{et} \quad \begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} \\ \varphi &= \text{Arctg}\left(\frac{\omega L}{R}\right) \end{aligned}$$

Exemple 1, inductance et résistance en série

5) Expression reliant tension et courant

$$\underline{u} = \underline{Z} \cdot \underline{i}$$
$$\hat{U} e^{j(\omega t + \alpha)} = Z e^{j\varphi} \cdot \hat{I} e^{j(\omega t + \beta)}$$
$$= Z \hat{I} \cdot e^{j(\omega t + \beta + \varphi)}$$
$$\hat{U} = Z \hat{I} \quad \alpha = \beta + \varphi \quad \rightarrow \varphi = \alpha - \beta$$
$$\left[\begin{array}{l} \underline{u} = \hat{U} e^{j(\omega t + \alpha)} \\ \underline{i} = \hat{I} e^{j(\omega t + \beta)} \\ \underline{Z} = Z e^{j\varphi} \end{array} \right.$$

6) Résultats $\text{Re}\{\dots\}$

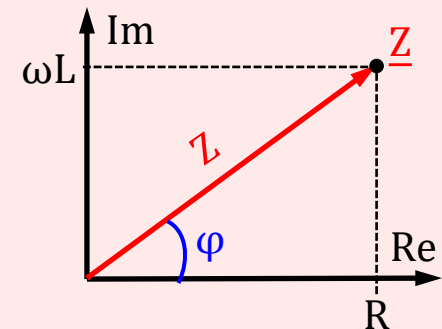
$$\hat{U} \cdot \cos(\omega t + \alpha) = Z \hat{I} \cdot \cos(\omega t + \beta + \varphi)$$

$$i = \hat{I} \cdot \cos(\omega t + \beta)$$

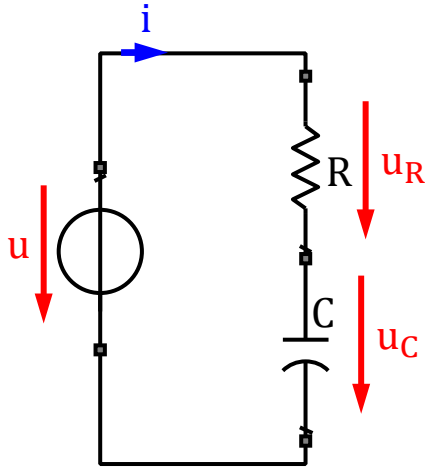
$$\hat{I} = \frac{\hat{U}}{Z}$$
$$\beta = \alpha - \varphi$$

$$\text{et} \quad Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$$
$$\varphi = \text{Arctg}\left(\frac{\omega L}{R}\right)$$

Dans le plan complexe



Exemple 2, capacité et résistance en série



On a : $u = \hat{U} \cdot \cos(\omega t + \alpha)$

$$i = \hat{I} \cdot \cos(\omega t + \beta)$$

Connu : $\hat{U}, \alpha, \omega, R$ et C

Nous cherchons : $\hat{I}, \beta, \varphi$ et Z

Déphasage entre u et i Qui lie $\hat{U}$ à $\hat{I}$

La méthode:

- 1) Dessiner le schéma (et définir ce qui est connu et recherché)
- 2) Définir le sens des tensions et des courants
- 3) Appliquer Kirchhoff (et ce qui lie courant et tension pour RLC)

$$u = u_R + u_C$$

$$= R \cdot i + \frac{1}{C} \int i \, dt$$

A small schematic shows a resistor and a capacitor connected in series. To the right of this schematic, the voltage equations are listed in a large bracket: $u_R = R \cdot i$ and $u_C = \frac{1}{C} \int i \, dt$.

4) Passage au calcul complexe

$$\underline{u} = R \cdot \underline{i} + \frac{1}{C} \int \underline{i} dt$$

5) Dériver et intégrer

$$\frac{d \dots}{dt} \rightarrow j\omega$$

$$\int \dots dt \rightarrow \frac{1}{j\omega}$$

Exemple 2, capacité et résistance en série

6) Résoudre et identifier

$$\underline{u} = R \cdot \underline{i} + \frac{1}{j\omega C} \underline{i}$$

$$= \underbrace{\left(R + \frac{1}{j\omega C} \right)}_{\underline{Z}} \underline{i}$$



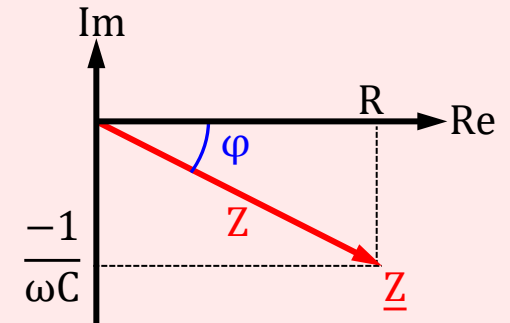
$$\underline{Z} = R + \frac{1}{j\omega C} \cdot \frac{j}{j}$$

$$= R - \frac{j}{\omega C}$$

$$= Z e^{j\varphi}$$

$$\underline{u} = \hat{U} e^{j(\omega t + \alpha)}$$

$$\underline{i} = \hat{I} e^{j(\omega t + \beta)}$$



$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{-1}{\omega C} \right)^2}$$

$$\varphi = \text{Arctg} \left(\frac{-1}{\omega RC} \right)$$

$$\hat{U} \cdot e^{j(\omega t + \alpha)} = Z e^{j\varphi} \cdot \hat{I} \cdot e^{j(\omega t + \beta)}$$

$$\hat{U} \cdot \cancel{e^{j\omega t}} \cdot e^{j\alpha} = Z e^{j\varphi} \cdot \hat{I} \cdot \cancel{e^{j\omega t}} \cdot e^{j\beta} \quad \leftarrow \text{Ne dépend pas du temps}$$

$$\hat{U} \cdot e^{j(\omega t + \alpha)} = Z e^{j\varphi} \cdot \underline{i}$$

$$\underline{i} = \frac{\hat{U}}{Z} \cdot e^{j(\omega t + \alpha - \varphi)}$$

8) Solutions complexes et réelles

$$\underline{i} = \hat{I} \cdot e^{j(\omega t + \beta)} = \frac{\hat{U}}{Z} \cdot e^{j(\omega t + \alpha - \varphi)}$$

↓ Re{...}

$$i = \underbrace{\frac{\hat{U}}{Z}}_{\hat{I}} \cdot \cos(\omega t + \underbrace{\alpha - \varphi}_{\beta})$$

$$\hat{I} = \frac{\hat{U}}{Z}$$

$$\beta = \alpha - \varphi$$

avec

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$\varphi = \text{Arctg}\left(\frac{-1}{\omega RC}\right)$$

1. «Re»dessiner le schéma
 - et définir ce qui est connu et recherché
2. Définir le sens des tensions et des courants
3. Appliquer Kirchhoff (pour les mailles et les nœuds)
 - et ce qui lie courant et tension pour RLC
4. Passage au «calcul complexe»
5. Dériver ($j\omega$) et intégrer ($1/j\omega$)
6. Résoudre et identifier
7. Solutions complexes et réelles

Définitions

Valeur instantanée complexe et phaseurs complexes

$$\underline{u} = \hat{U} e^{j(\omega t + \alpha)} \quad \rightarrow \text{Valeur instantanée complexe} \quad \rightarrow \text{dépend du temps}$$

$$\underline{\hat{U}} = \hat{U} e^{j\alpha} \quad \rightarrow \text{Phaseur de crête} \quad \rightarrow \text{ne dépend pas du temps}$$

$$\underline{U} = U e^{j\alpha} \quad \rightarrow \text{Phaseur (avec valeur efficace)} \quad \rightarrow \text{ne dépend pas du temps}$$

Diagramme des phaseurs

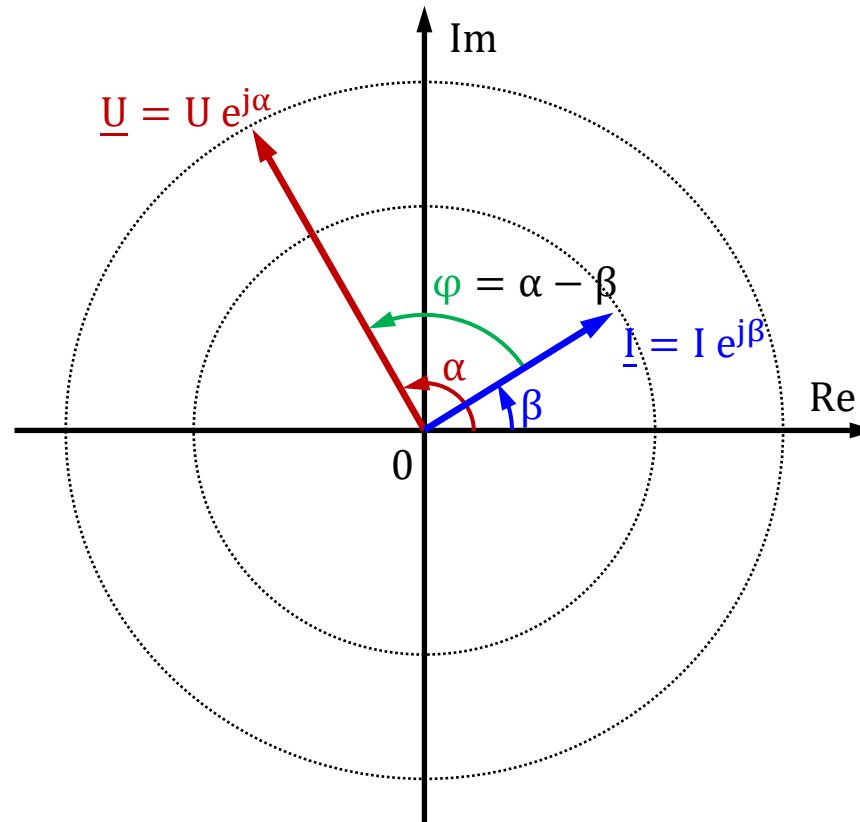
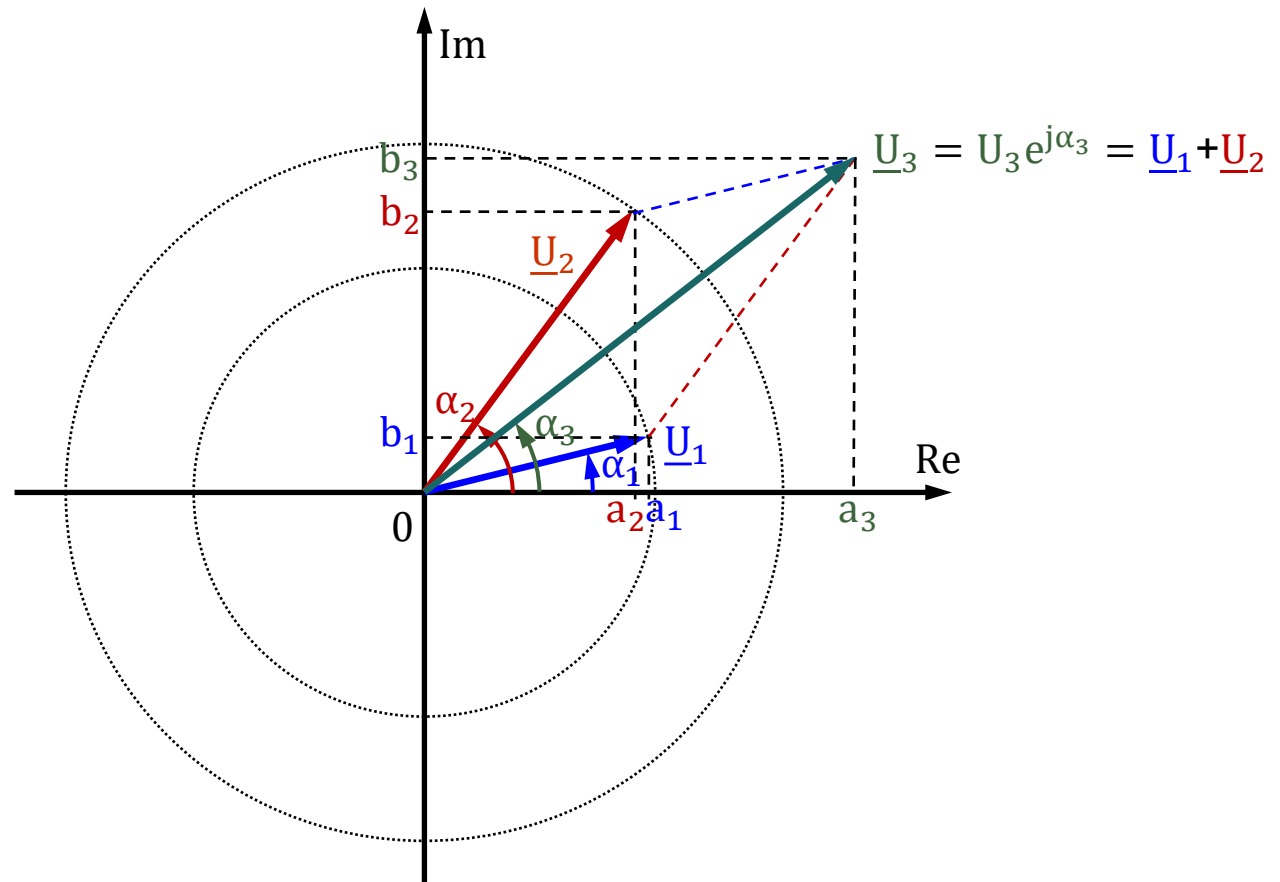
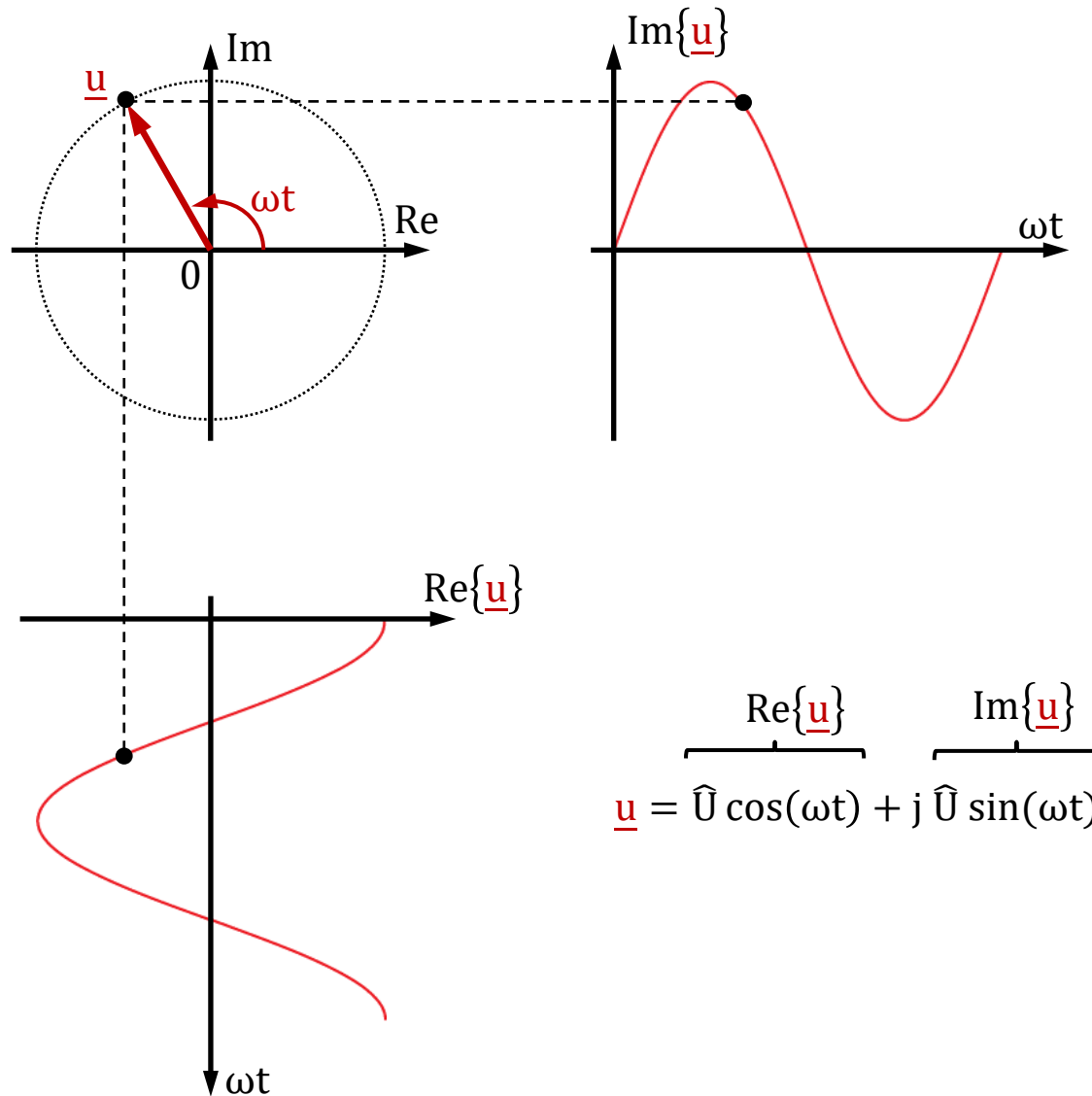


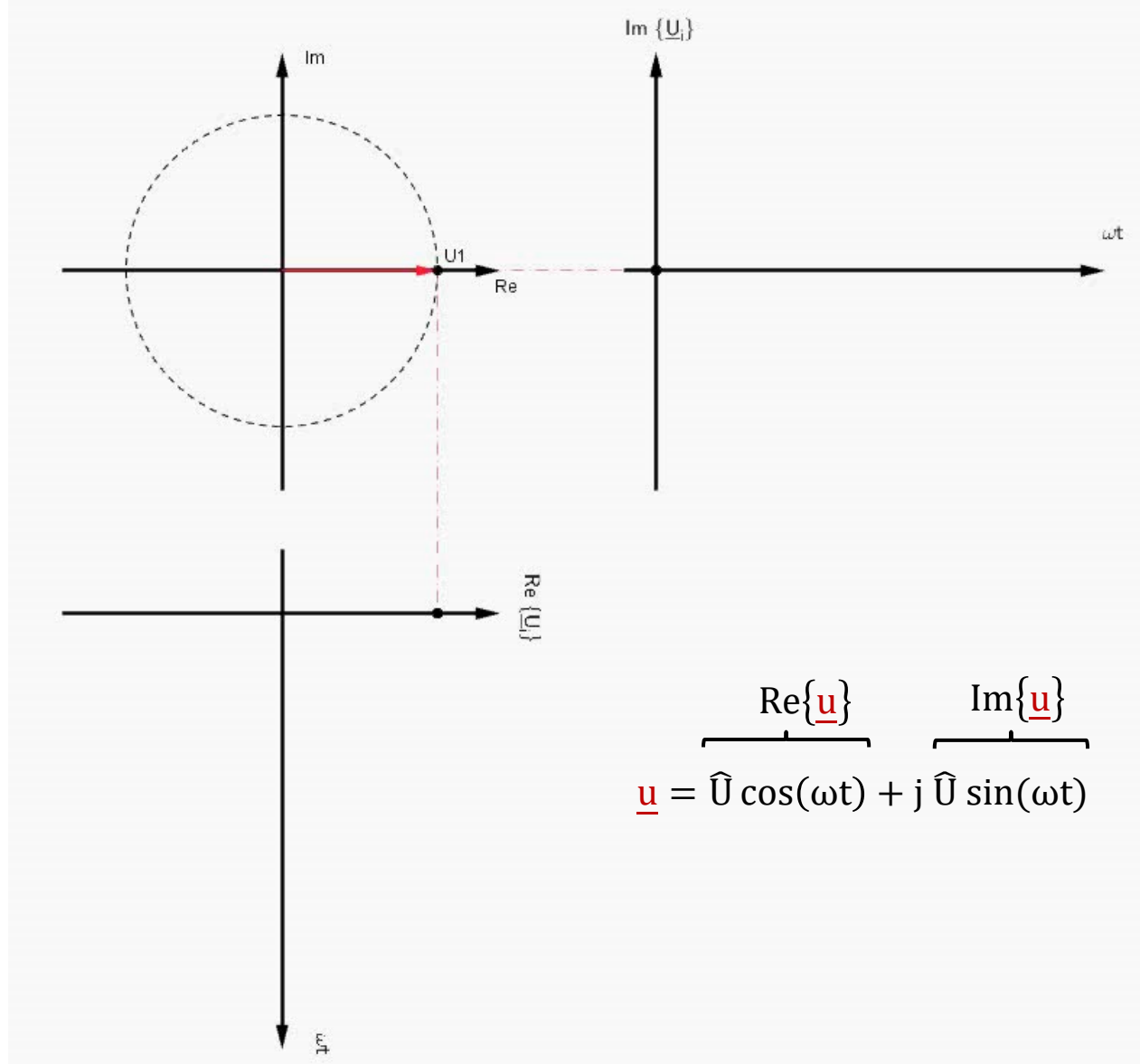
Diagramme des phaseurs



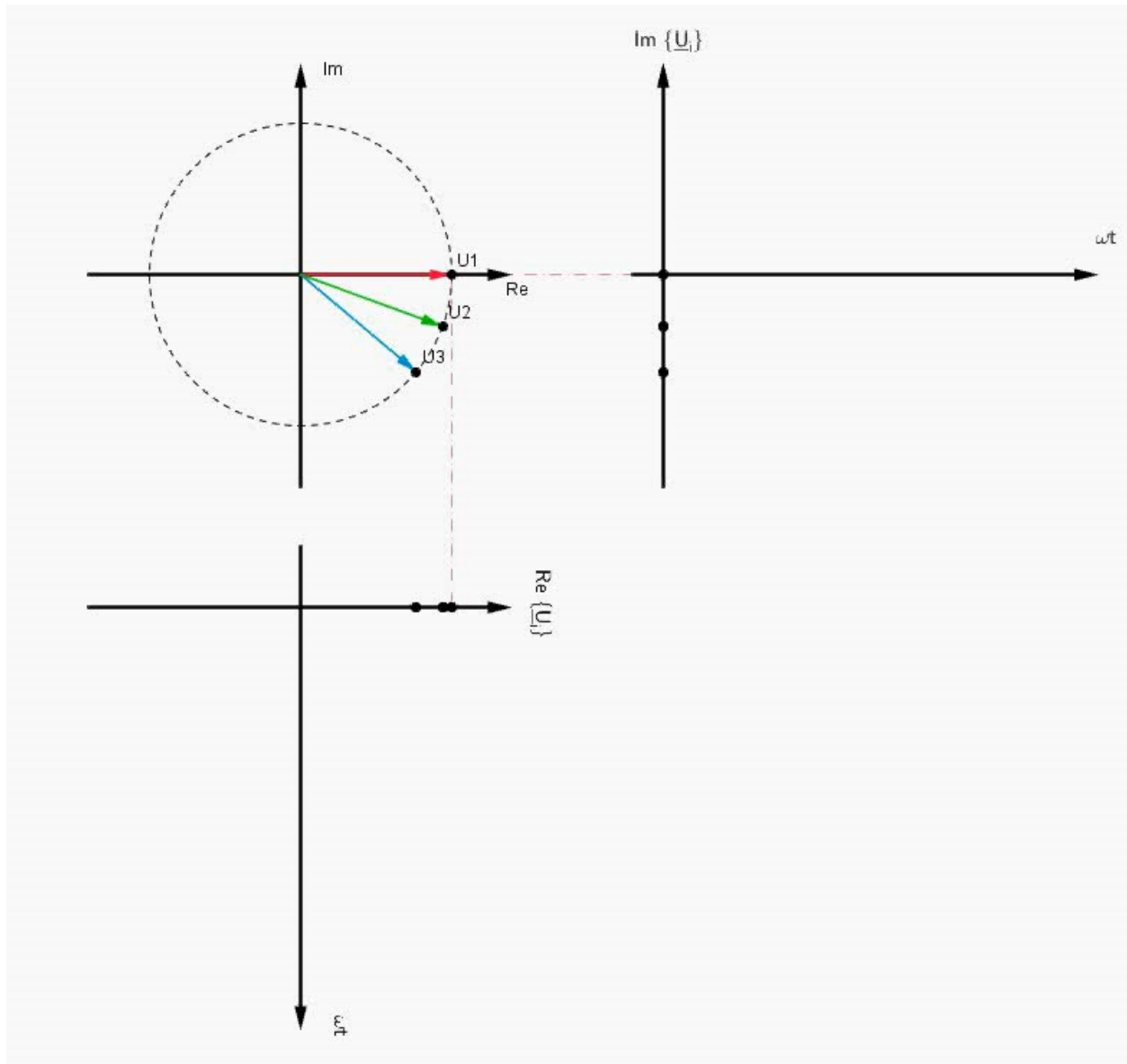
Représentation de Fresnel



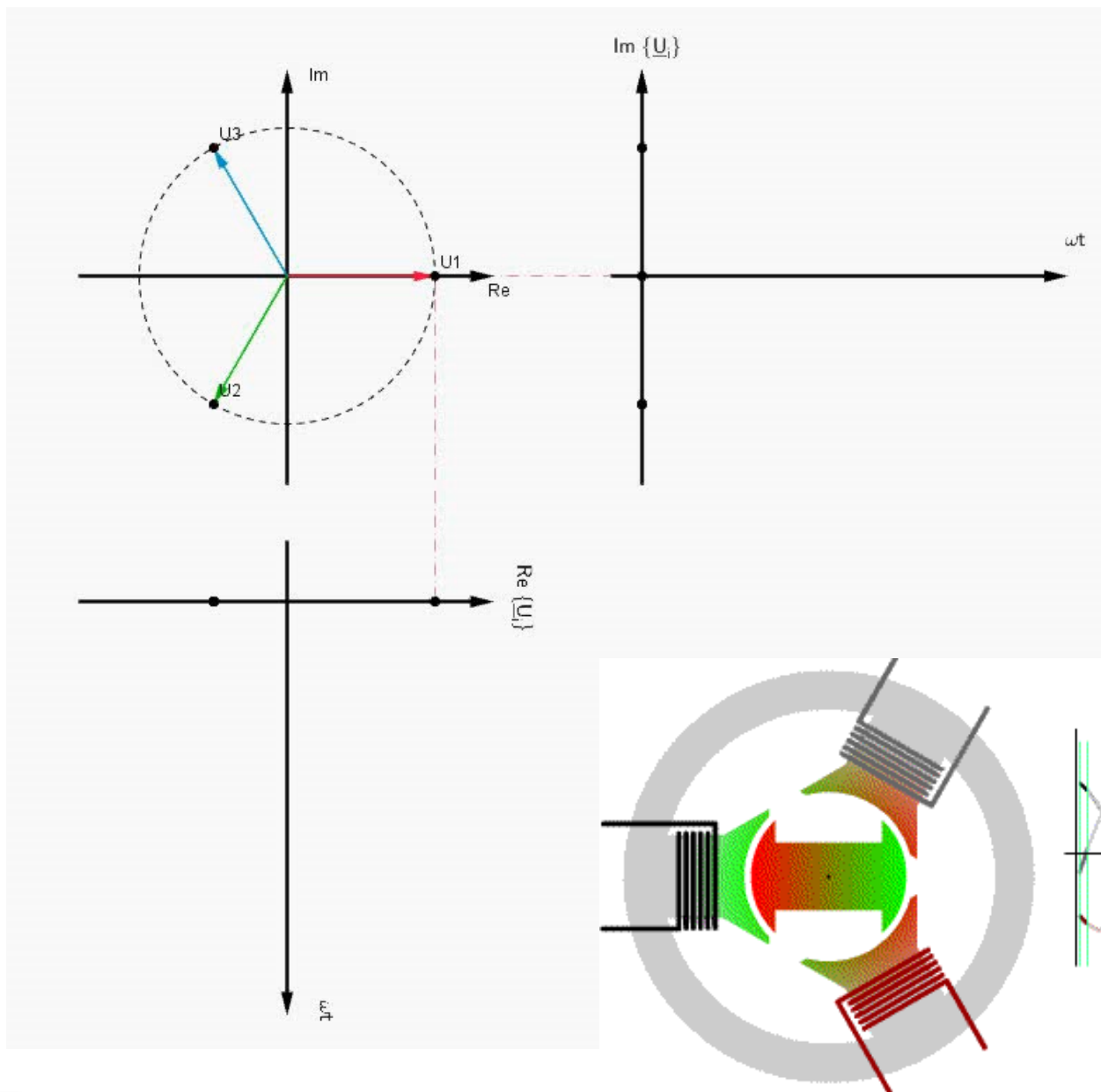
Représentation de Fresnel



Représentation de Fresnel



Représentation de Fresnel



§ 6.7.2 Valeurs complexes et phaseurs - Exercice

Soit les fonctions réelles sinusoïdales suivantes :

1. $g_1(t) = 2 \sin(3t + 3)$
2. $g_2(t) = 5 \sin(3t)$
3. $g_3(t) = 3 \cdot \sqrt{2} \sin\left(2t - \frac{\pi}{3}\right)$
4. $g_4(t) = \sin\left(6\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$

- a) Pour chaque fonction, donnez :
- Sa valeur crête $\hat{X}$
 - Sa pulsation ω et sa fréquence f
 - Sa phase initiale γ

- b) Puis écrivez la sous les formes suivantes :
- Valeur instantanée complexe
 - Phaseur (complexe) de crête
 - Phaseur (complexe) efficace

Remarque : le mot complexe est mis entre parenthèses car la notion de phaseur n'existe que dans le plan complexe.

- c) Dessiner le phaseur efficace dans le plan complexe

$$x(t) = \hat{X} \sin(\omega t + \gamma)$$

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

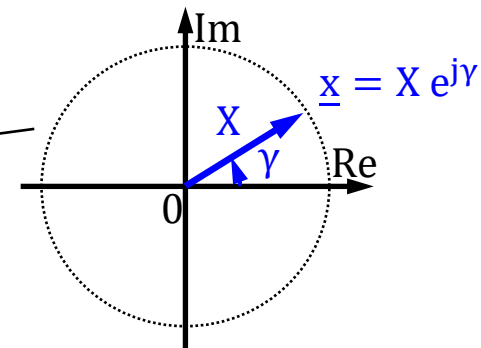
$$\underline{x} = \hat{X} e^{j(\omega t + \gamma)}$$

$$\underline{\hat{X}} = \hat{X} e^{j\gamma}$$

$$\underline{X} = X e^{j\gamma}$$

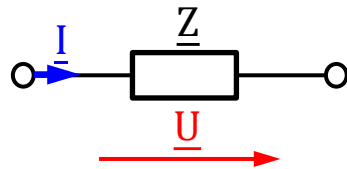
Pour le régime sinusoïdal

$$X = \frac{\hat{X}}{\sqrt{2}}$$

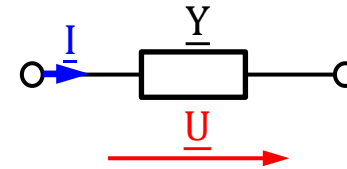


6.4 Définitions

Impédances



admittances



Définitions

$$\underline{\underline{Z}} = \frac{\underline{u}}{\underline{i}} = \frac{\underline{U}}{\underline{I}} = \frac{\hat{U}}{\hat{I}}$$

$$\underline{\underline{Y}} = \frac{1}{\underline{\underline{Z}}}$$

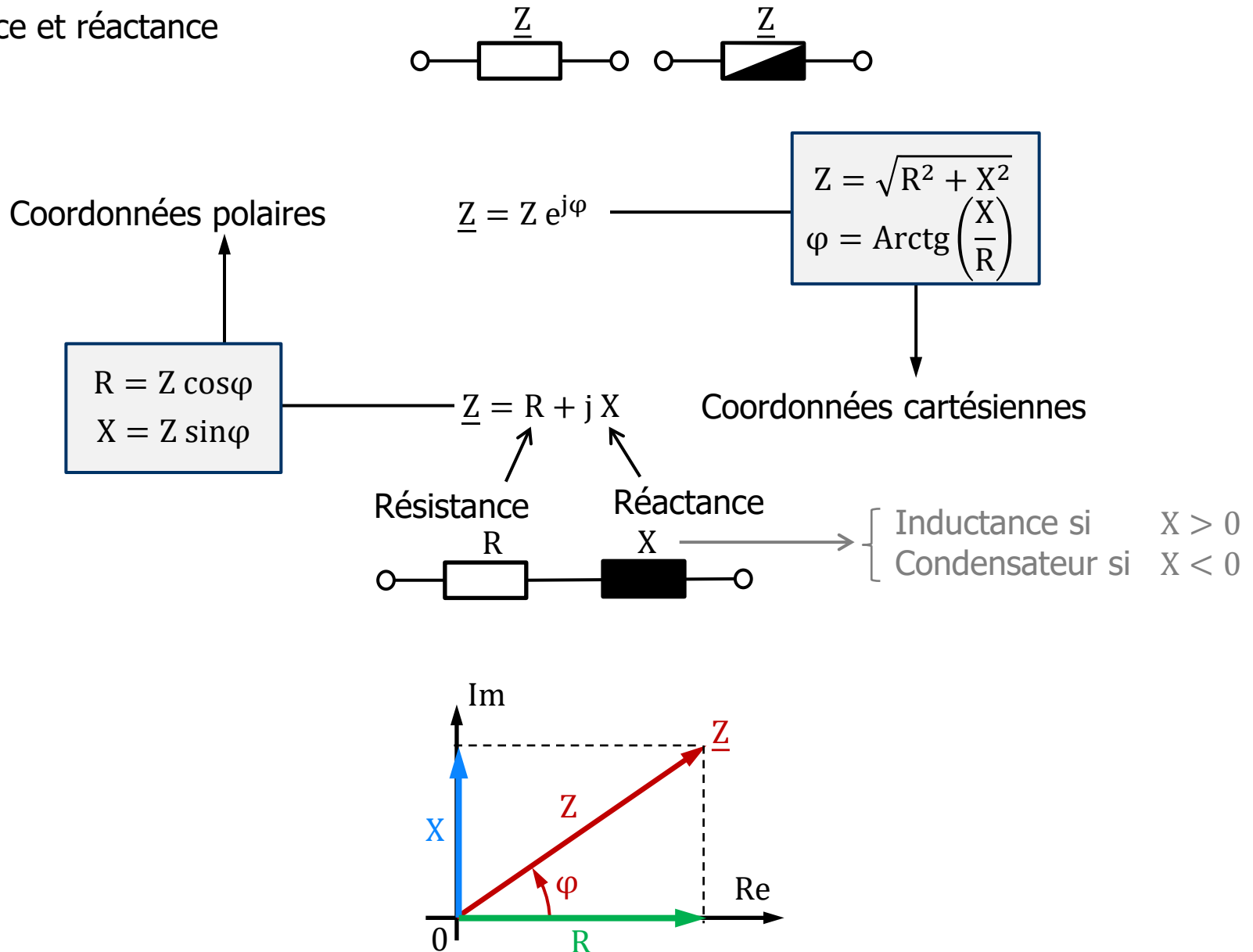
Propriétés

$$\begin{aligned} \underline{\underline{Z}} &= \frac{\underline{U}}{\underline{I}} \\ &= \frac{U e^{j\alpha}}{I e^{j\beta}} \\ &= \frac{U}{I} e^{j(\alpha-\beta)} \\ &= Z e^{j\varphi} \end{aligned} \quad \left\{ \begin{array}{l} Z = \frac{U}{I} \\ \varphi = \alpha - \beta \end{array} \right.$$

$$\begin{aligned} \underline{\underline{Y}} &= \frac{1}{\underline{\underline{Z}}} e^{-j\varphi} \\ &= Y e^{-j\varphi} \end{aligned}$$

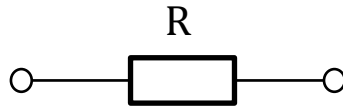
6.4.3 Résistance et réactance

Résistance et réactance

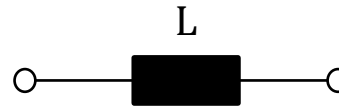


Impédance de R (6.4.4), L (6.4.5) et C (6.4.6)

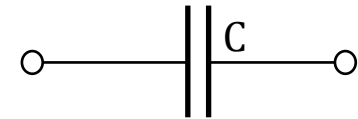
Résistance



Inductance



Condensateur



Réel

$$u = R \cdot i$$

$$u = L \cdot \frac{di}{dt}$$

$$i = C \cdot \frac{du}{dt}$$

Complexe

$$\underline{u} = R \cdot \underline{i}$$

$$\underline{u} = j\omega L \cdot \underline{i}$$

$$\underline{u} = \frac{1}{j\omega C} \cdot \underline{i}$$

Impédances

Coord. cartésiennes

$$\underline{Z}_R = R + j0$$

X_R

$$\underline{Z}_L = 0 + j\omega L$$

R_L X_L

$$\underline{Z}_C = 0 + j\frac{1}{\omega C}$$

R_C X_C

$\frac{1}{j\omega C} \cdot \frac{j}{j}$

Coord. polaires

$$\underline{Z}_R = R \cdot e^{j \cdot 0}$$

Z_R φ_R

$$\underline{Z}_L = \omega L \cdot e^{j \cdot \frac{\pi}{2}}$$

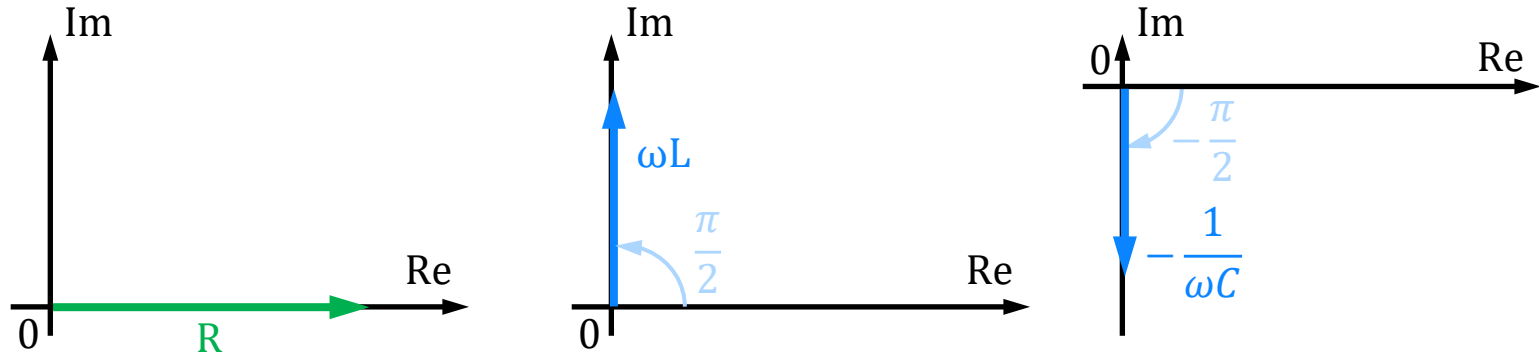
Z_L φ_L

$$\underline{Z}_C = \frac{1}{\omega C} \cdot e^{j \cdot (-\frac{\pi}{2})}$$

Z_C φ_C

Impédances et admittances

Résumé



	$\text{Re}\{\underline{Z}\}$	$\text{Im}\{\underline{Z}\}$	Z	φ	$\underline{Z}$
R	R	0	R	0	R
L	0	ωL	ωL	$\pi/2$	$j\omega L$
C	0	$-1/\omega C$	$1/\omega C$	$-\pi/2$	$-j/\omega C$

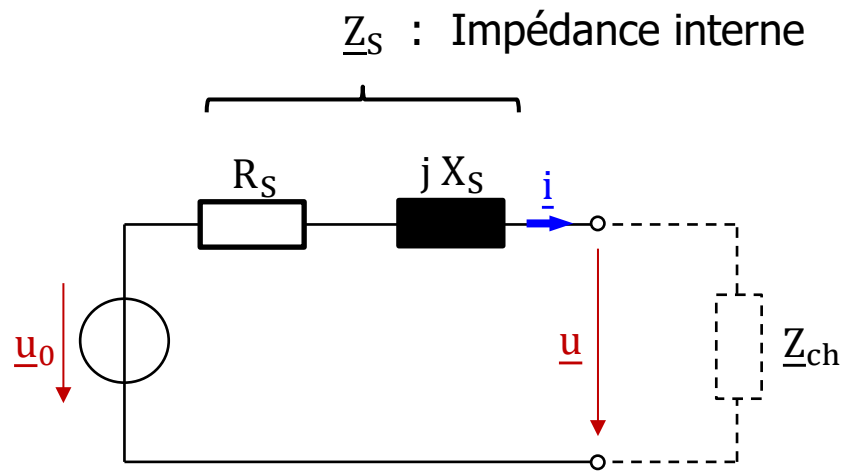
R: Résistance

X: Réactance

Impédance

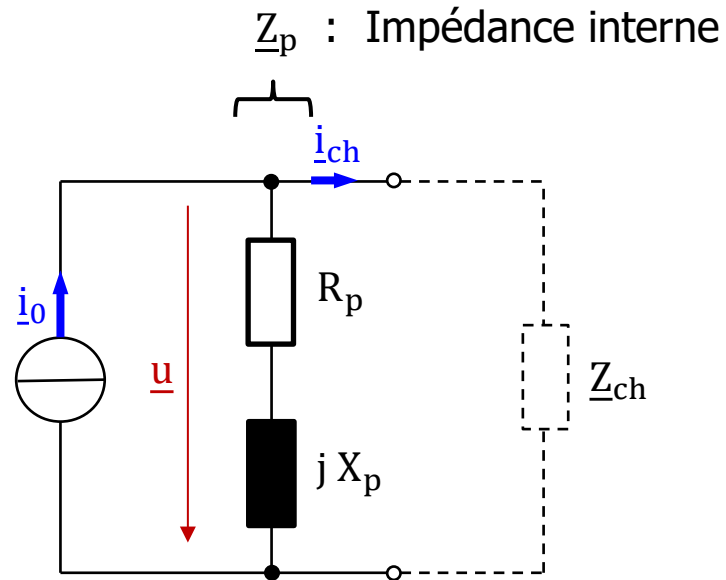
Source avec impédance interne

Source de tension



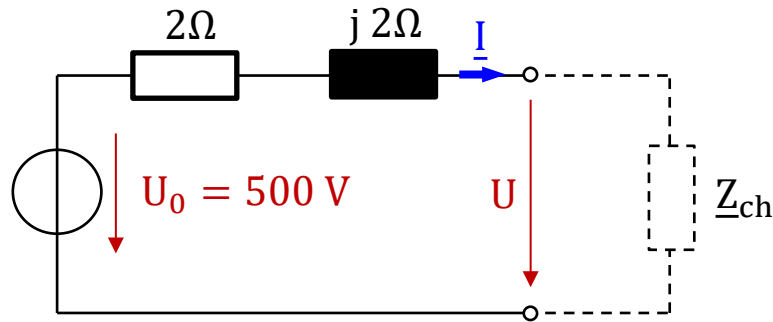
Source avec impédance interne

Source de courant



Source avec impédance interne

Source réelle: Exemple



Calcul du courant I et la tension U dans le circuit si Z_{ch} prend les valeurs suivantes:

- a) $Z_{ch} = 48\Omega$ (résistance)
- b) $Z_{ch} = j 48\Omega$ (inductance)
- c) $Z_{ch} = -j 48\Omega$ (condensateur)

a) $Z_{ch} = 48\Omega$

$$\begin{aligned} Z_{tot} &= Z_i + Z_{ch} \\ &= 2\Omega + j 2\Omega + 48\Omega \\ &= 50\Omega + j 2\Omega \end{aligned}$$

$$|Z_{tot}| = \sqrt{50^2 + 2^2} \cong 50\Omega$$

$$I = \frac{U_0}{Z_{tot}} \cong \frac{500\text{V}}{50\Omega} \cong 10\text{A}$$

$$U = Z_{ch} \cdot I \cong 48\Omega \cdot 10\text{A} \cong 480\text{V}$$

b) $Z_{ch} = j 48\Omega$

$$\begin{aligned} Z_{tot} &= Z_i + Z_{ch} \\ &= 2\Omega + j 2\Omega + j 48\Omega \\ &= 2\Omega + j 50\Omega \end{aligned}$$

$$|Z_{tot}| = \sqrt{2^2 + 50^2} \cong 50\Omega$$

$$I = \frac{U_0}{Z_{tot}} \cong \frac{500\text{V}}{50\Omega} \cong 10\text{A}$$

$$U = Z_{ch} \cdot I \cong 48\Omega \cdot 10\text{A} \cong 480\text{V}$$

c) $Z_{ch} = -j 48\Omega$

$$\begin{aligned} Z_{tot} &= Z_i + Z_{ch} \\ &= 2\Omega + j 2\Omega - j 48\Omega \\ &= 2\Omega - j 46\Omega \end{aligned}$$

$$|Z_{tot}| = \sqrt{2^2 + 46^2} \cong 46\Omega$$

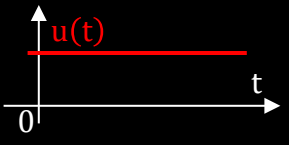
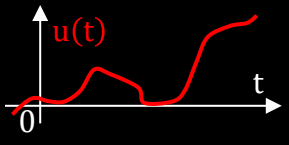
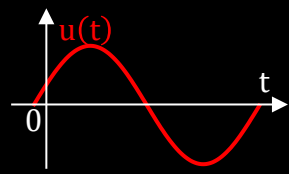
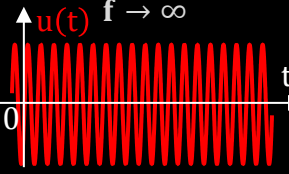
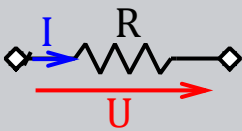
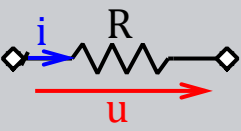
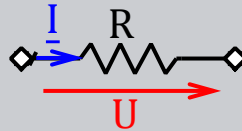
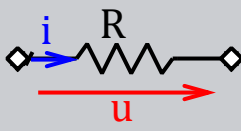
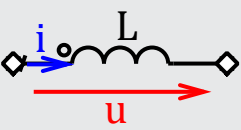
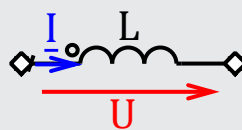
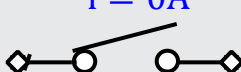
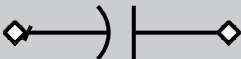
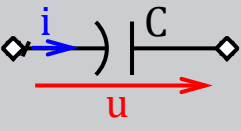
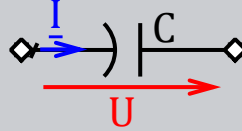
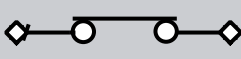
$$I = \frac{U_0}{Z_{tot}} \cong \frac{500\text{V}}{46\Omega} \cong 10.9\text{A}$$

$$U = Z_{ch} \cdot I \cong 48\Omega \cdot 10.9\text{A} \cong 523\text{V}$$

Conclusion

- Régime monophasé
- Représentation complexe
- Calcul complexe associé
- Représentation de Fresnel
- Impédances et admittances

Résumé

Régimes Eléments	Continu $f \rightarrow 0 \text{ Hz}$	quelconque	Sinusoidal	Haute fréquence $f \rightarrow \infty$
				
R : résistance 	$U = R \cdot I$ 	$u = R \cdot i$ 	$\underline{U} = R \cdot \underline{I}$ $\underline{u} = R \cdot \underline{i}$ 	$u = R \cdot i$ 
L : inductance 	$U = 0V$ 	$u = L \cdot \frac{di}{dt}$ 	$\underline{U} = j\omega L \cdot \underline{I}$ 	$i = 0A$ 
C : capacité 	$I = 0A$ 	$i = C \cdot \frac{du}{dt}$ 	$\underline{U} = \frac{1}{j\omega C} \cdot \underline{I}$ 	$u = 0V$ 
	Régime DC		Bases	
			Régime AC	