

FICHE DE LEÇON

Classe(s): Terminale D

THEME: ÉLECTRICITÉ

TITRE DE LEÇON : CIRCUIT RLC SÉRIE EN RÉGIME SINUSOÏDAL FORCE

Durée : (4 h)

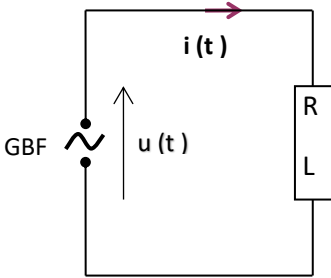
HABILETÉS	CONTENU
Énoncer	la loi de Laplace.
Connaître	- l'expression de la force de Laplace $\vec{F} = I\vec{\ell} \wedge \vec{B}$. - les règles d'orientation de la force électromagnétique.
Déterminer	les caractéristiques de la force de Laplace.
Représenter	la force de Laplace $\vec{F} = I\vec{\ell} \wedge \vec{B}$.
Utiliser	la loi de Laplace.
Analyser	quelques applications de la loi de Laplace : - balance de cotton ; - roue de Barlow.
Expliquer	le fonctionnement d'un haut-parleur.

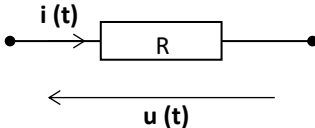
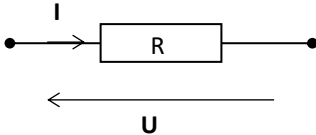
SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève de Terminale D du lycée moderne de Yopougon- Andokoi découvre dans une revue scientifique, qu'il est possible d'alimenter en courant sinusoïdal à l'aide d'un générateur basse fréquence (GBF), l'association en série d'un résistor, d'un condensateur et d'une bobine. Intrigué, il informe ses camarades de classe. Ensemble, ils entreprennent de déterminer les caractéristiques du courant alternatif, de construire le diagramme de FRESNEL et d'établir les expressions de l'impédance Z et de la phase.

<u>Matériel par poste de travail</u>	<u>Supports didactiques</u>
- Bobines d'inductance variable - GBF - Multimètres - Oscilloscope - Condensateur - Boîte de résistors à décades - Platine leybold - Connexions - Fils de connexion	▪ Livre de Physique AREX Terminale C et D.. - Planche de schéma
	<u>Bibliographie</u>
	▪ Livre de Physique AREX Terminale C et D. ▪ Guide et programmes Terminale C et D.

Plan de la leçon

Moments didactiques/ Durée	Stratégies pédagogiques	Activités du professeur	Activités des élèves	TRACE ECRITE
Présentation	Questions/ réponses	Rappels/pré requis •• Loi d'Ohm pour une résistance, une bobine et un condensateur	Les élèves répondent aux questions	CIRCUIT RLC SÉRIE EN RÉGIME SINUSOÏDAL FORCE
Développement	Questions/ réponses	Faire lire la situation par un élève. -Que veulent faire les élèves?	Les élèves lisent la situation	I – <u>LE COURANT ALTERNATIF</u> : 1 – <u>Oscillation forcée</u> : * L'oscillateur (circuit RLC série) est excité par un générateur électrique sinusoïdal de fréquence N (pulsation ω). Le circuit répond par des oscillations dites forcées de même nature et de même fréquence que l'excitation.  L'excitation : $u(t) = U_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_1)$ La réponse : $i(t) = I_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_2)$ * En choisissant convenablement l'origine des phase on a : $i(t) = I_m \cdot \cos(\omega \cdot t)$ et $u(t) = U_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$ Avec φ la phase de $u(t)$ par rapport à $i(t)$. • Si $\varphi > 0$; $u(t)$ est en avance de phase sur $i(t)$. • Si $\varphi < 0$; $u(t)$ est en retard de phase sur $i(t)$.

Développement (suite)	Expérimentation Travail de groupe Travail individuel			• Si $\varphi = 0 \text{ rad}$; $u(t)$ et $i(t)$ vibrent en phase. ($u(t)$ et $i(t)$ sont en phase). • Si $\varphi = \pm \pi \text{ rad}$; $u(t)$ et $i(t)$ vibrent en opposition de phase. • Si $\varphi = \pm \pi / 2$; $u(t)$ et $i(t)$ sont en quadrature de phase. 2 – Valeur efficace : Définitions : * L'intensité efficace d'un courant sinusoïdal [$i(t) = I_m \cdot \cos(\omega \cdot t)$] est égale à l'intensité (I) d'un courant continu, qui passant dans un même résistor produit le même effet thermique pendant la même durée. On a : $I_{\text{eff}} = I_m / \sqrt{2}$ * De même la tension efficace d'une tension sinusoïdale [$u(t) = U_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$] est donnée par la relation : $U_{\text{eff}} = U_m / \sqrt{2}$ NB : L'Ampèremètre et le Voltmètre mesurent des valeurs efficaces. Démonstration :  $i(t) = I_m \cdot \cos(\omega \cdot t)$ $u(t) = R \times i(t)$ La puissance $p(t) = u(t) \times i(t) = R \times (i(t))^2$  $U = R \times I$ La puissance : $P = U \times I = R \times I^2$ <u>Pour une durée T(période) : L'effet joule est :</u> $E = \int_0^T p(t) \times dt = \int_0^T R \times i(t)^2 \times dt$ $E = R \times I^2 \times T$
---	---	--	--	---

**Développement
(suite)**

Expérimentation

Travail de
groupe

Travail
individuel

$$\Rightarrow E = R(I_m)^2 \int_0^T \cos^2(\omega x t) x dt \quad \text{Or } \cos^2(\omega \cdot t) = 1/2[1 + \cos(2\omega \cdot t)]$$

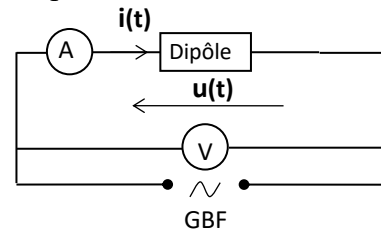
$$\Rightarrow E = \frac{R(I_m)^2}{2} \int_0^T (1 + \cos(2\omega x t)) x dt = \frac{R(I_m)^2}{2} \left[t + \frac{1}{2\omega} \sin(2\omega x t) \right]_0^T = \frac{R(I_m)^2}{2} x T$$

En comparant les effets joules :

$$\frac{R(I_m)^2}{2} x T = R x I^2 x T \Rightarrow (I_m)^2/2 = I^2 \Rightarrow I = I_m / \sqrt{2}$$

3 – Notion d'impédance :

a) Expérience :



La fréquence de la tension sinusoïdale est maintenue constante.

On fait varier la tension efficace et on relève les intensités efficaces correspondantes.

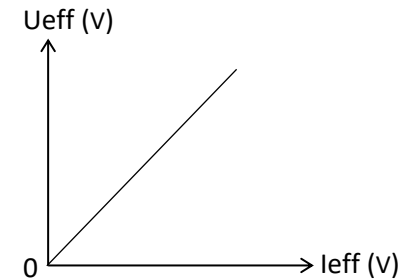
b) Tableau de valeurs :

Ueff (V)	0				
Ieff (A)	0				

c) Exploitation :

* Traçons la courbe Ueff = f(Ieff)

Développement
(suite)



* La courbe est une droite qui passe par l'origine. U_{eff} est proportionnelle à I_{eff} .
 $U_{eff} / I_{eff} = Cte$

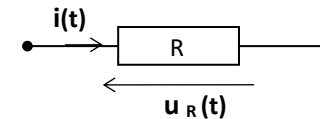
d) conclusion :

La tension efficace aux bornes d'un dipôle est proportionnelle à l'intensité efficace du courant qui le traverse. La constante de proportionnalité est notée **Z** et est appelée impédance du dipôle. **$U_{eff} = Z \times I_{eff}$** Z s'exprime en Ohm (Ω)

Remarque : avec $U_{eff} = U_m / \sqrt{2}$ et $I_{eff} = I_m / \sqrt{2}$; on a : **$U_m = Z \times I_m$**

II – ETUDE THEORIQUE DE QUELQUES DIPÔLES :

1 – Cas d'un résistor :



$$i(t) = I_m \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

La loi d'Ohm : $u_R(t) = R \times i(t) = R \times I_m \cdot \cos(\omega \cdot t)$

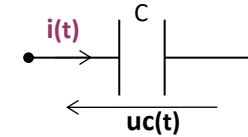
$u_R(t)$ est de la forme **$u_R(t) = U_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$** avec

• **$\varphi = 0 \text{ rad}$** $\Rightarrow$ $u(t)$ et $i(t)$ sont en phase.

Développement
(suite)

$$\bullet U_m = R i \Rightarrow Z = R$$

2 – Cas d'un condensateur :



$$i(t) = I_m \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

$$i(t) = dq/dt \Rightarrow$$

$$q(t) = \int_0^t i(t') dt' = \int_0^t I_m \cos(\omega \cdot t') dt' = \left[\frac{I_m}{\omega} \sin(\omega \cdot t') \right]_0^t$$

$$\Rightarrow q(t) = \frac{I_m}{\omega} \sin(\omega \cdot t)$$

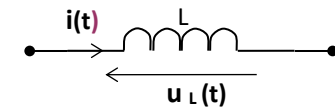
$$u_C(t) = q(t) / C = (I_m / C \omega) \cdot \sin(\omega \cdot t) = (I_m / C \omega) \cdot \cos(\omega \cdot t - \pi / 2)$$

$u_C(t)$ est de la forme $u_C(t) = U_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$ avec

• $\varphi = -\pi / 2$ rad $\Rightarrow u(t)$ est en quadrature retard sur $i(t)$.

$$\bullet U_m = I_m / C \omega \Rightarrow Z = 1 / C \omega$$

3 – Cas d'une Bobine :



$$i(t) = I_m \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

$$\text{La loi d'Ohm : } u_{L(t)} = L (di(t) / dt) = L \times d[I_m \cdot \cos(\omega \cdot t)] / dt = -L \times I_m \times \omega \times \sin(\omega \cdot t) \\ = L \times I_m \times \omega \times \cos(\omega \cdot t + \pi / 2)$$

$u_L(t)$ est de la forme $u_L(t) = U_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$ avec

• $\varphi = +\pi / 2$ rad $\Rightarrow u(t)$ est en quadrature avance sur $i(t)$.

$$\bullet U_m = L \times \omega \times I_m \Rightarrow Z = L \times \omega$$

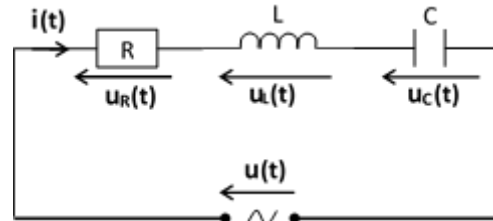
– ETUDE DU CIRCUIT RLC SERIE :

1 – Expression de $u(t)$:

Développement
(suite)

Travail de
groupe

Travail
individuel



$$i(t) = I_m \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

Loi des branches :

$$\begin{aligned} u(t) &= u_R(t) + u_L(t) + u_C(t) \\ &= R \times I_m \cdot \cos(\omega \cdot t) + L \times I_m \times \omega \times \cos(\omega \cdot t + \pi/2) + (I_m/C\omega) \cdot \cos(\omega \cdot t - \pi/2) \end{aligned}$$

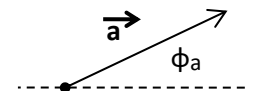
Il s'agit de mettre sous la forme $u(t) = U_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$
afin de déterminer φ , U_m et le Z du circuit.

2 – Construction de Fresnel :

On se place à la date $t = 0$ s.

A chaque fonction sinusoïdale $a(t) = A_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_a)$, on fait correspondre un vecteur $\vec{a}$:

- de norme : $\|\vec{a}\| = A_m$ ou $A_m/\sqrt{2}$ (valeur efficace ou maximale de la grandeur sinusoïdale).
- de direction faisant un angle φ_a avec l'horizontal.



3 – Résolution par la méthode de Fresnel :

$$* u(t) = U_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$$

$$= R \times I_m \cdot \cos(\omega \cdot t) + L \times I_m \times \omega \times \cos(\omega \cdot t + \pi/2) + (I_m/C\omega) \cdot \cos(\omega \cdot t - \pi/2)$$

$$\Rightarrow \bar{u}(U_m, \varphi) = \bar{u}_R(R \cdot I_m, 0) + \bar{u}_L(L \cdot \omega \cdot I_m, +\pi/2) + \bar{u}_C(I_m/C\omega, -\pi/2)$$

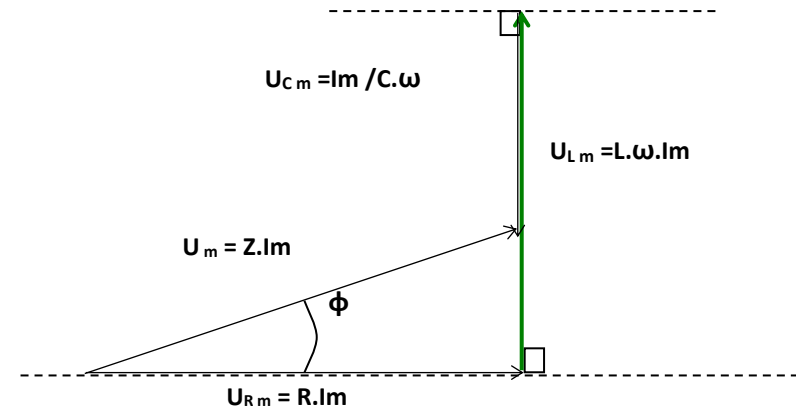


Diagramme d'un circuit inductif : $\phi < 0$

$$* (U_m)^2 = (Z \cdot I_m)^2 = (R \times I_m)^2 + [L \times \omega \times I_m - I_m/C\omega]^2$$

$$\Rightarrow Z^2 \cdot (I_m)^2 = (I_m)^2 \cdot [R^2 + (L \times \omega - 1/C\omega)^2]$$

$\Rightarrow$

$$\boxed{\sqrt{Z = R^2 + (L \times \omega - 1/C\omega)^2}}$$

$$* \operatorname{tg}(\varphi) = (L \times \omega - 1/C\omega) I_m / R \cdot I_m = (L \times \omega - 1/C\omega) / R$$

$$\cos(\varphi) = (R \cdot I_m) / Z \cdot I_m = R / Z$$

Développement
(suite)

				$\sin(\varphi) = (L \times \omega - 1/C\omega) \cdot I_m / Z \cdot I_m = (L \times \omega - 1/C\omega) / Z$ <u>Autres diagrammes :</u> Diagramme d'un circuit capacitif : $\varphi < 0$ Diagramme d'un circuit résistif : $\varphi = 0$; $Z = R$ <u>Remarque</u> : Si la bobine possède une résistance interne r la résistance totale du circuit est $R + r$ et on a : $Z = \sqrt{(R + r)^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$
--	--	--	--	---

--	--	--	--	--

--	--	--	--	--

EVALUATION				
-------------------	--	--	--	--