

FICHE DE LEÇON

Classe(s): Terminale D

THEME: ÉLECTRICITÉ

TITRE DE LEÇON : OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES LIBRES DANS UN CIRCUIT LC

Durée : 6 h

HABILETÉS	CONTENUS
Définir	un oscillateur électrique.
Interpréter	la charge et la décharge d'un condensateur.
Établir	l'équation différentielle d'un oscillateur électrique LC.
Connaitre	une solution de l'équation différentielle.
Connaitre	les caractéristiques des oscillations d'un oscillateur électrique LC : - la pulsation propre ; - la période propre ; - la fréquence propre ; - l'amplitude ; - la phase à l'origine des dates.
Utiliser	- la pulsation propre. - la période propre. - la fréquence propre. - l'amplitude. - la phase à l'origine des dates.
Déterminer	l'énergie emmagasinée dans un circuit LC.
Montrer	la conservation de l'énergie totale du circuit LC.
Établir	l'analogie oscillateur mécanique-oscillateur électrique.
Expliquer	l'influence de la résistance interne de la bobine sur les oscillations électriques.
Analyser	un montage à "résistance négative".
Expliquer	l'entretien des oscillations avec un circuit intégré linéaire.

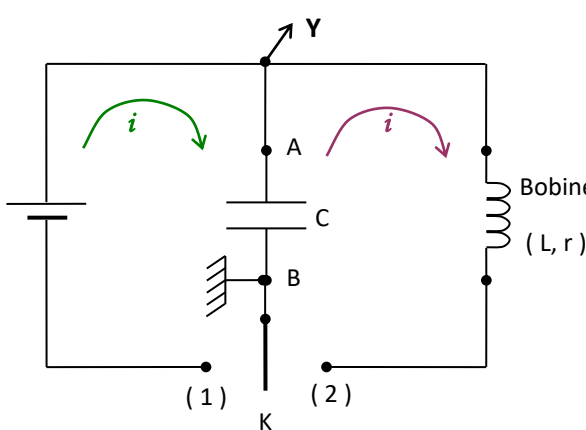
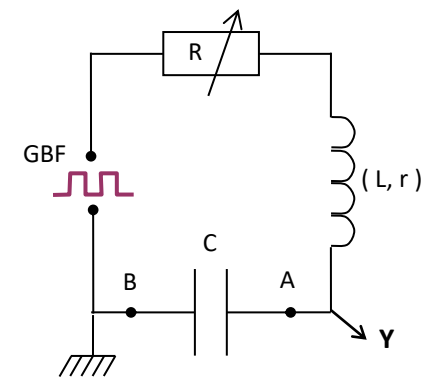
SITUATION D'APPRENTISSAGE

Au cours d'une journée carrière au lycée Moderne d'ABOISSO, les élèves de la Tle C₂ s'entretiennent avec un électronicien. Ce dernier leur apprend qu'il est possible à l'aide d'une bobine et d'un condensateur de réaliser des oscillations électriques libres. Les élèves sont perplexes car jusqu'à présent ils ne connaissent que des oscillations mécaniques libres.

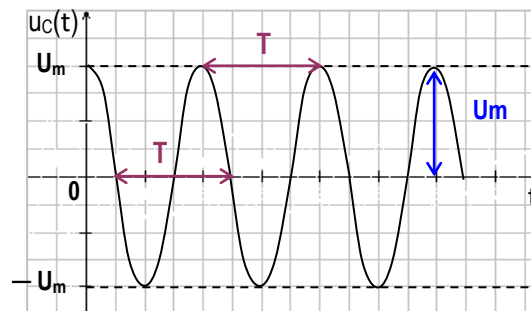
Pour en savoir davantage, de retour en classe, ils entreprennent de définir un oscillateur électrique, d'établir l'équation différentielle d'un oscillateur électrique LC et de faire ressortir l'analogie oscillateur mécanique-oscillateur électrique.

<u>Matériel par poste de travail</u>	<u>Supports didactiques</u>
bobines - ampèremètre - voltmètre - GBF - oscilloscope - condensateur - 2 rhéostats - interrupteur - AO (TL081 ou TL082) - 2 résistors de 1 k Ω -1 potentiomètre (100 Ω) -Platine leybold -Connexions -	
	<u>Bibliographie</u>
	▪ ▪ Livre de Physique AREX Terminale C et D.. Planche de schéma ▪ Livre de Physique AREX Terminale C et D. ▪ Guide et programmes Terminale C et D.

Plan de la leçon

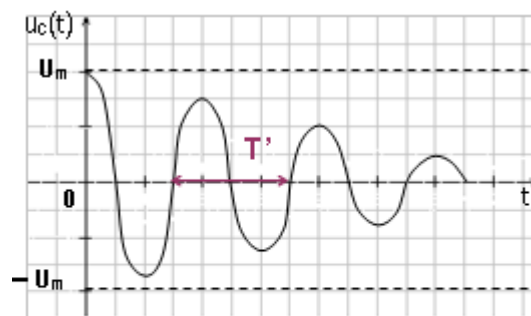
Moments didactiques/ Durée	Stratégies pédagogiques	Activités du professeur	Activités des élèves	Trace Ecrite
Présentation	Questions/réponses	Rappels/pré requis ▪ Loi d'Ohm pour une résistance, une bobine et un condensateur • Equation différentielle	Les élèves répondent aux questions	OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES LIBRES DANS UN CIRCUIT LC
Développement	Questions/réponses	Faire lire la situation par un élève. -Que veulent faire les élèves?	Les élèves lisent la situation	I – ETUDE EXPERIMENTALE DU CIRCUIT LC : 1 – Dispositifs expérimentaux : * <u>Propriétés d'un AO idéal :</u>  Montage 1 : K en (1) : Charge du condensateur C.  Montage 2 : Y : Visualise la tension aux bornes de C.

Développement
ent
(suite)



$$R + r = 0 \, \Omega$$

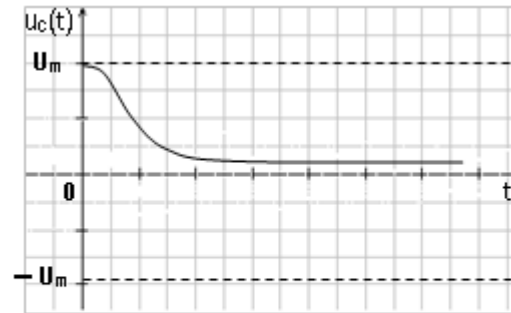
Oscillations non amorties



$$R + r \neq 0 \, \Omega, \text{ mais faible}$$

Oscillations amorties

Développement
ent
(suite)

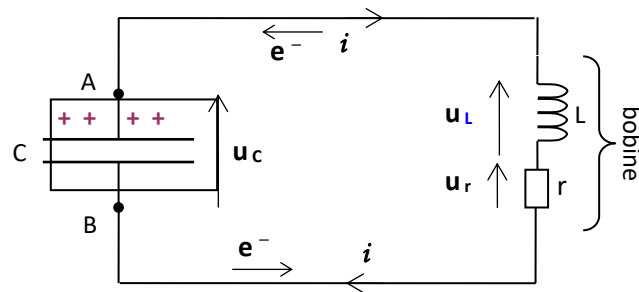


$R+r \neq 0 \Omega$, mais grande

Pas d'oscillations

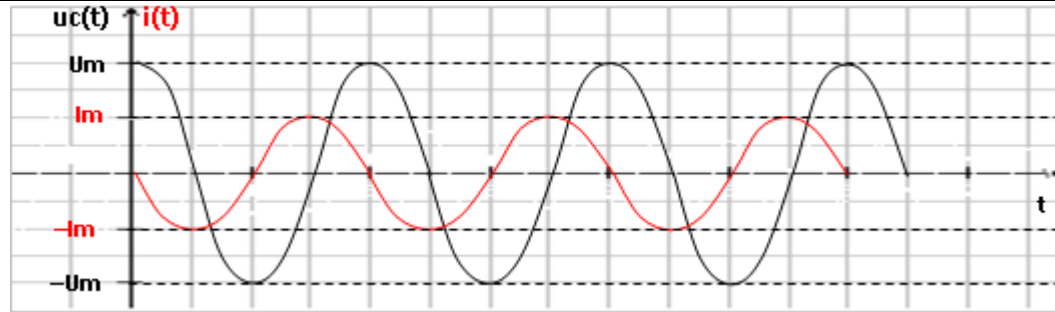
II – ETUDE THEORIQUE DU CIRCUIT LC :

1 – Equation différentielle des oscillations :



Développement (suite)	Questions/ réponses Travail de groupe Travail individuel			L'équation différentielle des oscillations est : $\ddot{q} + \frac{1}{LC}q = 0$ 2 – Solution de l'équation différentielle : La solution est de la forme $q(t) = Q_m \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi)$ avec : * ω_0 (en rad.s^{-1}) : la pulsation propre du circuit. $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow LC\omega_0^2 = 1$ * Q_m (en Coulomb C) : L'amplitude des oscillations. * φ (en rad) : La phase à l'origine des temps. <u>Remarques</u> : * On calcul la période des oscillations : T_0 (en seconde s) ; $T_0 = 2\pi / \omega_0$ * DMG on prend $q = 0$ à $t = 0s \Rightarrow \dots \varphi = 0 \text{ rad}$. 3 – Expressions de $u_c(t)$ et $i(t)$: * $q(t) = Q_m \cdot \cos(\omega_0 t)$ en prenant $\varphi = 0 \text{ rad}$. * $u_c(t) = q(t)/C = [Q_m \cdot \cos(\omega_0 t)] / C = (Q_m / C) \cdot \cos(\omega_0 t)$ $\Rightarrow u_c(t)$ est de la forme $u_c(t) = U_m \cdot \cos(\omega_0 t)$ avec $U_m = Q_m / C$; U_m en Volt (V). * $i(t) = dq(t)/dt = d [Q_m \cdot \cos(\omega_0 t)] / dt = -\omega_0 \cdot Q_m \cdot \sin(\omega_0 t) = \omega_0 \cdot Q_m \cdot \cos(\omega_0 t + \pi/2)$ $\Rightarrow i(t)$ est de la forme $i(t) = I_m \cdot \cos(\omega_0 t + \pi/2)$ avec $I_m = \omega_0 \cdot Q_m$; I_m en Ampère (A).
---	---	--	--	--

Développement
ent
(suite)



$i(t)$ est en avance dans le temps de $T/4$ sur $u_c(t)$. $i(t)$ est en avance de phase de $\pi/2$ sur $u_c(t)$.
On dit que $i(t)$ est en quadrature avance sur $u_c(t)$.

Exercices : n° 7 et 9 page 121 du livre AREX Terminale C et D.

III - ENERGIE ELECTRIQUE DU CIRCUIT LC :

A Chaque instant (t) , l'énergie électrique totale E emmagasinée dans le circuit est égale à la somme de l'énergie électrostatique E_C du condensateur et de l'énergie magnétique E_L de la bobine. $E = E_C + E_L$

$$E_C = \frac{1}{2} \frac{q(t)^2}{C} = (1/2C)(Q_m \cdot \cos(\omega_0 \cdot t))^2 = \frac{1}{2} \frac{Q_m^2}{C} \cdot \cos^2(\omega_0 \cdot t)$$

$$E_L = \frac{1}{2} L \cdot i(t)^2 = (L/2)[- \omega_0 \cdot Q_m \cdot \sin(\omega_0 \cdot t)]^2 = (1/2)L(\omega_0)^2 (Q_m)^2 \cdot \sin^2(\omega_0 \cdot t)$$

$$\text{Or } LC(\omega_0)^2 = 1 \Rightarrow L(\omega_0)^2 = 1/C \text{ donc } E_L = \frac{1}{2} \frac{Q_m^2}{C} \cdot \sin^2(\omega_0 \cdot t)$$

$$E = E_C + E_L = \frac{1}{2} \frac{Q_m^2}{C} \cdot \cos^2(\omega_0 \cdot t) + \frac{1}{2} \frac{Q_m^2}{C} \cdot \sin^2(\omega_0 \cdot t) = \frac{1}{2} \frac{Q_m^2}{C} \underbrace{[\cos^2(\omega_0 \cdot t) + \sin^2(\omega_0 \cdot t)]}_1$$

Développement ent (suite	Expérimentation			$E = \frac{1}{2} \frac{Q_m^2}{C} = \text{cte. Le système est conservatif.}$ <u>Autres formules</u> : Avec $U_m = Q_m/C$ on a $E = 1/2 \cdot C \cdot U_m^2$ Avec $I_m = \omega_0 \cdot Q_m$ on a . .
	Travail de groupe			

IV – ENTRETIEN DES OSCILLATIONS :

En réalité E n'est pas constante. Il se produit une dissipation d'énergie sous forme d'effet joule dans la résistance (r) de la bobine.
L'énergie perdue pour une durée Δt est de la forme $E_{\text{perdue}} = r \cdot i^2 \cdot \Delta t$.
Pour entretenir les oscillations, il faut à chaque instant (t) compenser cette énergie perdue. Pour cela, on place aux bornes du circuit (L, r, C) un générateur spécial.

1 – Le générateur spécial :

Développement
ent
(suite)

Travail
individuel

La loi d'Ohm du générateur est :

Le générateur se comporte comme une « résistance négative ».

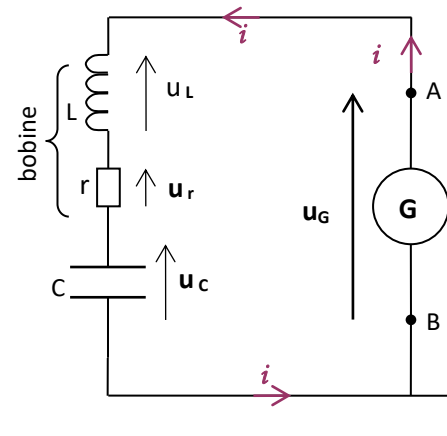
Démonstration :

Maille DCSD : $\varepsilon + u_{R1} - u'_{R1} = 0 \Rightarrow 0 + R_1 \cdot i - R_1 \cdot i_1 = 0 \Rightarrow i = i_1$ ($u_{R1} = u'_{R1}$)

Maille BACSDMB : $u_G + u_{R1} - u'_{R1} - u_{R0} = 0$

$\Rightarrow u_G = u_{R0} = R_0 i = R_1 \cdot i_1 = R_1 \cdot i$

2 – Circuit d'entretien des oscillations :



Loi des mailles : $u_C + r \cdot i + u_L - u_G = 0 \Rightarrow u_C + u_L + (r - R_0) \cdot i = 0$

En prenant $R_0 = r$ on a : $u_C + u_L = 0 \Rightarrow q/C + L \cdot (d^2q/dt^2) = 0$

$$\Rightarrow \ddot{q} + \frac{1}{LC} q = 0$$

Equation différentielle d'un circuit oscillant non amorti.

V – ANALOGIE ENTRE OSCILLATEURS MECANIQUE ET ELECTRIQUE :

GRANDEURS MECANQUES	GRANDEURS ELECTRIQUES
Elongation x	Charge électrique q
Vitesse v = x	Intensité i = q
Masse m	Auto – inductance L
La raideur du ressort K	La capacité du condensateur C
La tension du ressort T	La tension aux borne du condensateur uc
Energie potentielle élastique Ep = ½ •K•x²	Energie du condensateur Ec = ½ •q²/C
Energie cinétique Ec = ½ •m•v²	Energie dans la bobine EL = ½ •L •i²

--	--	--	--	--

EVALUATI ON				
------------------------	--	--	--	--