Samedi 26 novembre 2022

DEVOIR SURVEILLE N°3
PHYSIQUE

I. Etude détaillée du circuit RL vu en TP :

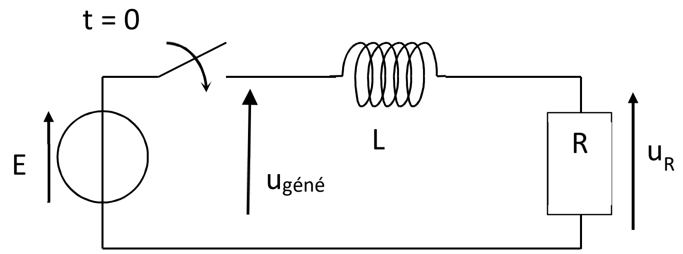
En TP nous avons étudié le circuit RL en régime transitoire à l'aide de la carte d'acquisition SYSAM et du logiciel LatisPro.

Le circuit RL est soumis à un échelon de tension et on observe la tension u_R aux bornes de la résistance R. Les valeurs des composants sont :

- R = 300 Ω (avec une tolérance de 1%)
- L = 42 mH (avec une tolérance de 5%)

A. Etude théorique initiale

Voici le schéma théorique du circuit étudié :



A l'instant t = 0 on ferme l'interrupteur.

1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par $u_R(t)$ pour t ≥ 0.

2. Définir le temps caractéristique τ du circuit à l'aide de l'équation canonique que l'on rappellera. Faire l'A.N. pour τ en tenant compte de l'incertitude sur les composants.

3. Résoudre l'équation différentielle et tracer sur un même graphique $u_{géné}(t)$ et $u_R(t)$.

On définit l'instant t_X comme l'instant où la valeur de $u_R(t)$ atteint X % de sa valeur finale avec X ∈ [0 ; 100[.

4. Etablir l'expression de t_X.

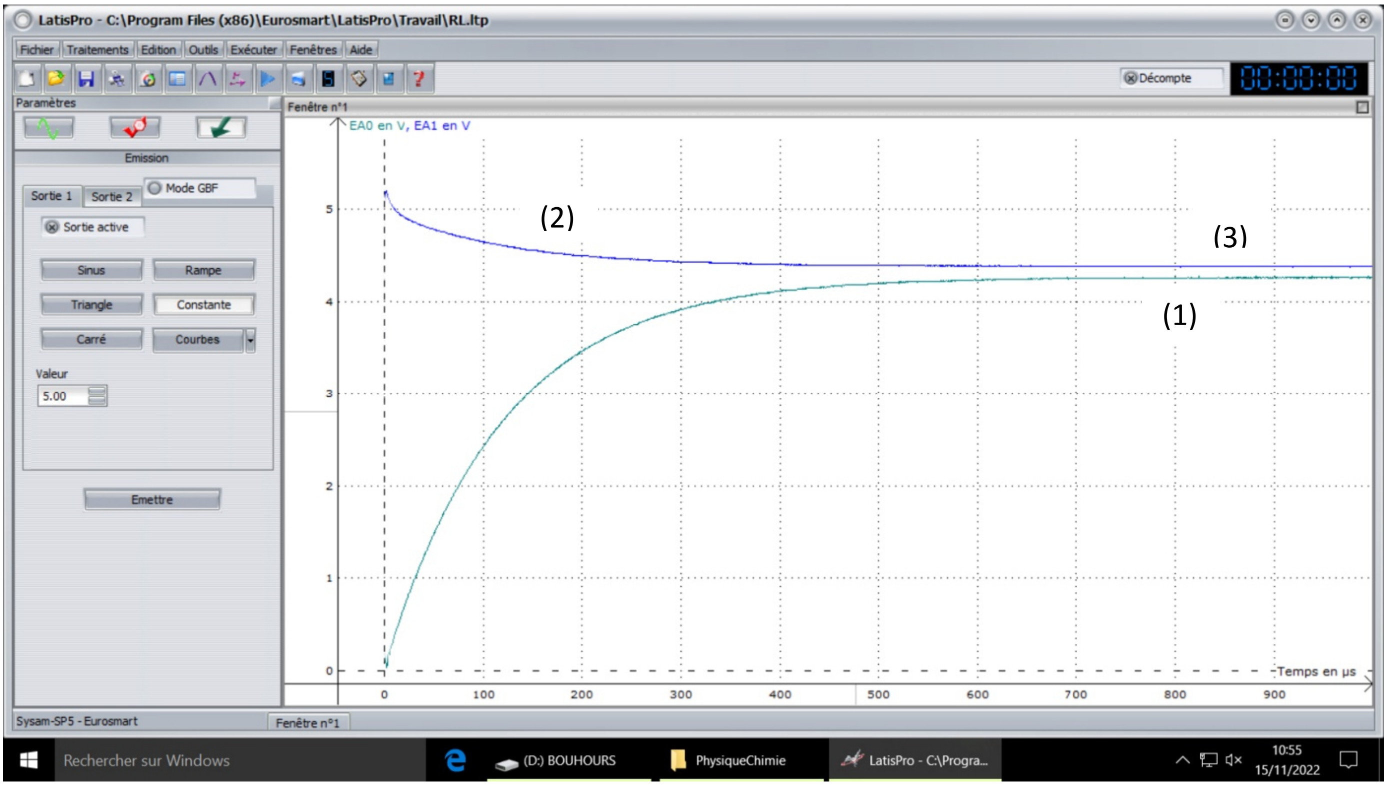
Expérimentalement on relève la durée de montée Δt définie par $\Delta t = t_{90} - t_{10}$.

5. Etablir la relation entre Δt et le temps caractéristique τ du circuit étudié.

6. Déterminer l'énergie reçue par la bobine sur l'ensemble du régime transitoire pour E = 5,0 V.

B. Etude expérimentale

Voici l'enregistrement obtenu expérimentalement :



La courbe du haut est $u_{géné}$ et celle du bas est u_R.

On constate quelques écarts par rapport à la courbe théorique…

1. La valeur asymptotique de u_R n'est pas égale à E = 5,0 V mais à $u_{R\,\infty}$ = 4,25 V,
2. Le signal fourni par le générateur n'est pas une constante de valeur E = 5,0 V mais une évolution exponentielle,
3. l'asymptote de u_R ($u_{R\,\infty}$ = 4,25 V) n'est pas la même que l'asymptote du générateur ($u_{géné\,\infty}$ = 4,40 V).

Nous allons compléter le modèle théorique pour essayer d'expliquer ces écarts :

- le générateur a une résistance interne R_{int}
- la bobine a une résistance de bobinage R_{bob}

7. Dessiner le nouveau schéma du circuit et établir la nouvelle équation différentielle vérifiée par u_R en fonction de E, L, R, R_{int} et R_{bob}.

8. Définir un nouveau temps caractéristique τ' et résoudre cette équation.

9. En déduire $u_{géné}(t)$.

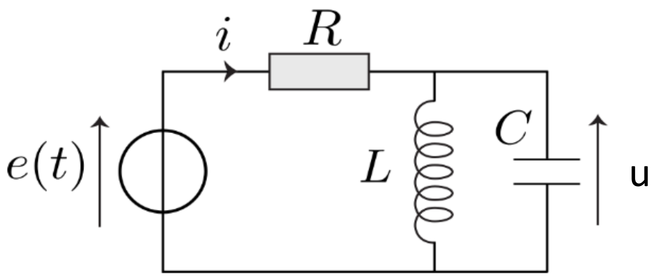
10. Les écarts relevés ci-dessus sont-ils maintenant correctement pris en compte ? En déduire la valeur de R_{int} et de R_{bob}.

11. Il reste un écart avec la théorie non signalée ci-dessus. L'identifier et l'expliquer [si possible].

II. Circuit anti-résonant en régime transitoire puis sinusoïdal

Les circuits anti-résonants jouent un rôle important en électronique, notamment dans les circuits de sélection en fréquence dans le processus d'émission et de réception d'ondes électromagnétiques.

Le circuit représenté sur la figure ci-dessous est constitué d'un condensateur de capacité C, d'une bobine supposée idéale, d'inductance L et de résistance interne négligeable et d'un résistor de résistance R = 2000 Ω :

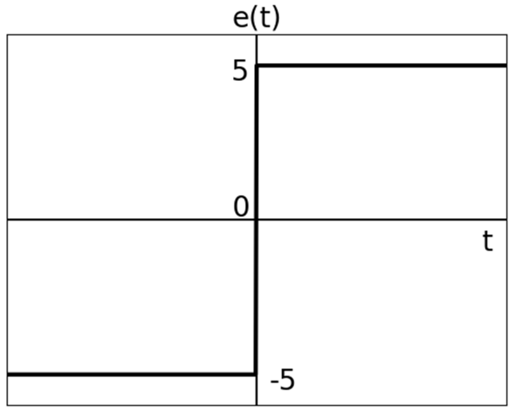


Ce circuit sera étudié en régime transitoire (partie A) puis en régime sinusoïdal (partie B).

Les parties A et B sont totalement indépendantes.

A. Etude en régime transitoire

Le générateur fournit un échelon de tension qui passe de la tension **–E** à la tension **+E** à l'instant t = 0. On se propose, dans cette partie, d'étudier le régime transitoire lors de la bascule du générateur de -E à E.



La valeur de E est fixée à E = 5,0 V et on considère que le régime établi a été atteint pour les temps négatifs [le générateur impose la tension –E depuis très lontemps].

1. Déterminer $i(0^-)$ et $u(0^-)$. Justifier la réponse à l'aide d'un schéma.

2. Déterminer les valeurs asymptotiques lorsque $t \to \infty$ de u et i, notées u_∞ et i_∞.

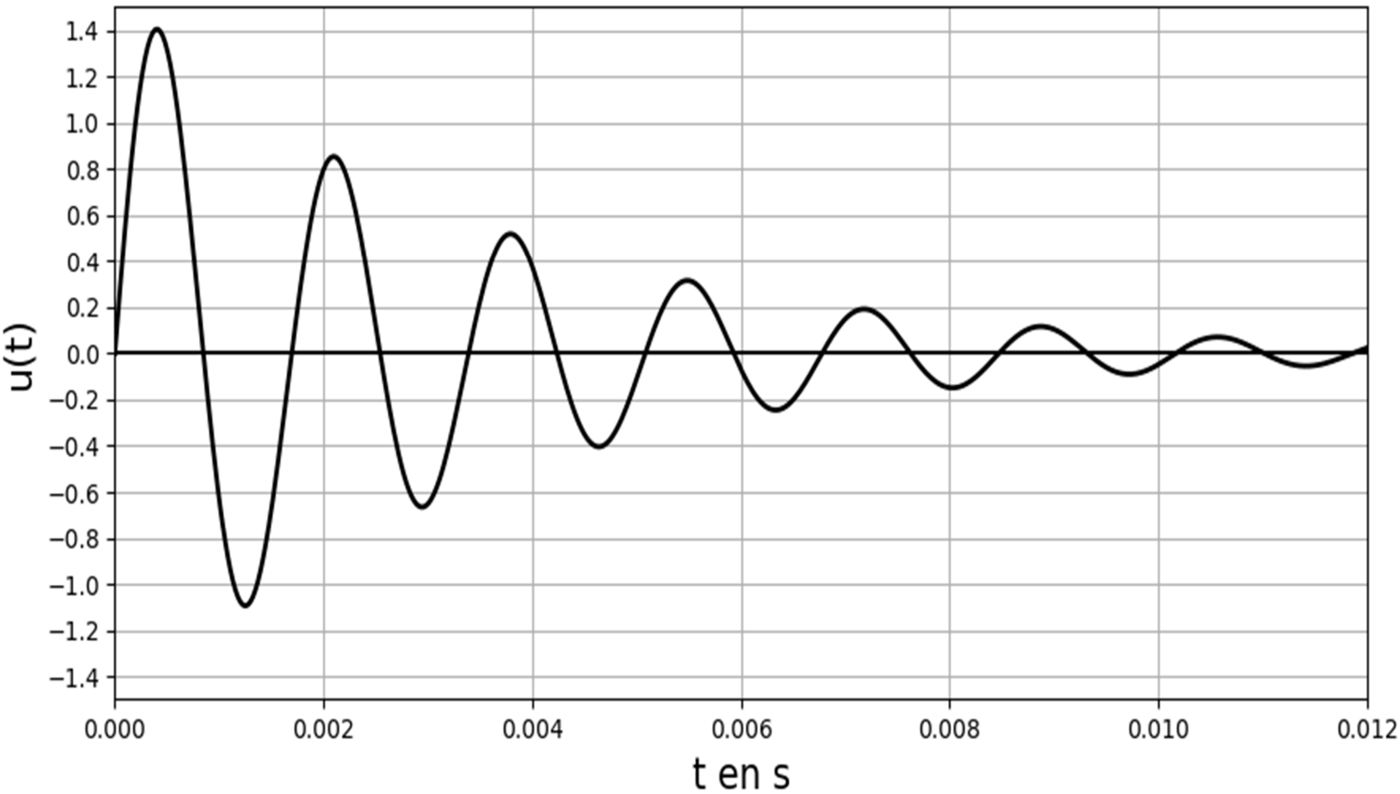
3. Etablir l'équation différentielle satisfaite par u(t) pour t > 0. On introduira la pulsation propre ω_0 du circuit et le facteur de qualité Q du circuit.

On se place dans des conditions telles que le régime transitoire observé soit pseudo-périodique amorti.

4. En déduire l'expression générale de u(t > 0) en fonction de deux constantes d'intégration A et B ainsi que de la pulsation propre ω_0 et du facteur de qualité Q.

5. Exprimer $u(0^+)$ puis $\dot{u}(0^+)$ [à l'aide de la réponse à la question **1**] et en déduire les expressions des constantes d'intégration A et B.

On donne ci-dessous l'allure des variations de u(t) relevée à l'aide d'une carte d'acquisition Sysam et du logiciel Latis-Pro :



6. Déduire du graphe précédent la valeur numérique de la pseudo-période T. Compte tenu de l'allure des variations de u(t), vous paraît-il légitime de confondre la pseudo-période T et la période propre T_0 ?

7. On appelle décrément logarithmique δ, la grandeur définie par :

$$\delta = \frac{1}{n}\ln\left(\frac{u(t)}{u(t+nT)}\right)$$

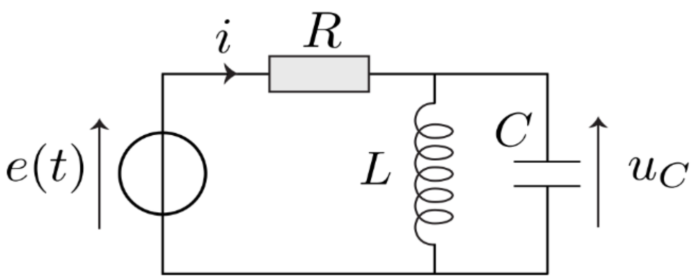
Exploiter soigneusement le graphe précédent pour obtenir la valeur numérique du décrément logarithmique δ.

8. Établir une relation entre le facteur de qualité Q et le décrément logarithmique δ. En déduire la valeur numérique du facteur de qualité Q.

9. Déduire des questions précédentes les valeurs numériques de L et C.

B. Etude en régime sinusoïdal forcé

On se propose, dans cette partie, d'étudier le régime sinusoïdal forcé : le générateur fournit alors une tension : $e(t) = e_m \cos(\omega t)$ avec e_m = 5,0 V.



On prendra les valeurs suivantes pour L et C [qui sont différentes de celles de la partie A] :

$$L = 40\ mH$$
$$C = 500\ nF$$

On conserve la valeur R = 2000 Ω.

10. Donner la définition de l'impédance $\underline{Z}$ d'un dipôle en régime sinusoïdal forcé. Etablir l'expression de l'impédance d'une bobine d'inductance L et d'un condensateur de capacité C.

11. Etablir l'expression de l'amplitude complexe $\underline{u}_m$ de la tension u [rédigez correctement !] et la mettre sous ma forme suivante en exprimant α et ω_0 :

$$\underline{u}_m = \frac{e_m}{1 + j\alpha\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

12. En déduire l'expression de u(t) en fonction de α et ω_0.

Etude de l'amplitude de u

13. Déterminer la valeur asymptotique de u en basse fréquence. Vérifier ce résultat par une analyse physique du circuit.

14. De même en haute fréquence.

15. Déterminer la pulsation pour laquelle l'amplitude de u est maximale. Quel est la valeur de ce maximum ? Faire l'A.N. pour la pulsation et la valeur du maximum de u_m.

16. Définir la bande passante de déterminer les pulsations de coupure ω_1 et ω_2. Faire l'A.N. pour ω_1 et ω_2.

17. Après avoir donné la définition du facteur de qualité Q, donner son expression et calculer sa valeur numérique [différente de celle de la partie A puisque L et C n'ont pas les mêmes valeurs].

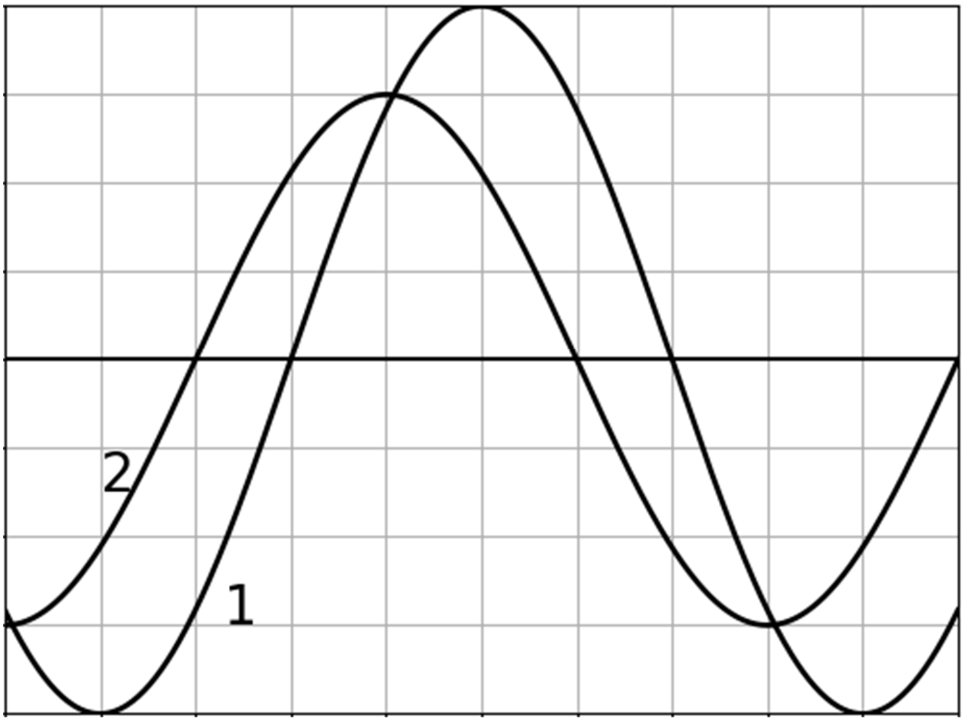
18. Tracer l'allure de la courbe de l'amplitude de u en fonction de la pulsation ω.

Etude de la phase de u

19. Déterminer l'expression du déphasage $\Delta\phi$ de la tension u par rapport à la tension délivrée par le générateur en fonction de ω, α et ω_0.

20. Déterminer les valeurs asymptotiques (BF et HF) de $\Delta\phi$ ainsi que la valeur en ω_0.

Voici un relevé de courbes obtenu à l'oscilloscope pour une pulsation ω_3.
Les échelles verticales ne sont pas les mêmes pour les deux voies.
La courbe n°1 est celle de la tension e(t) aux bornes du générateur et la courbe n°2 est celle de la tension u(t) aux bornes de C.



21. Déterminer le déphasage $\Delta_{2/1}\varphi$ de u par rapport à e.

22. En déduire la valeur de la pulsation ω_3.

C. Question bonus

23. Sans mener l'étude de l'intensité i dans ce circuit mais en utilisant l'étude précédente, préciser pourquoi ce circuit est appelé « circuit anti-résonnant ».

RAPPELS SUR LES INCERTITUDES

Écriture d'un résultat avec incertitude :

$$X = x\,;u(X)$$

Attention à la cohérence des **chiffres significatifs** et à ne pas oublier **l'unité**.

Incertitude-type de type A (répétition N fois de la mesure) :

Le menu STAT de la calculatrice donne la moyenne <x> et l'écart-type Sx des N mesures.

L'incertitude-type de la mesure est donnée par :

$$\boldsymbol{u_A = \frac{S_X}{\sqrt{N}}}$$

Incertitude-type de type B (mesure unique) :

- On détermine le **demi-intervalle** acceptable pour la mesure, noté ***a*** **:**

  - pour une lecture sur une **échelle graduée** (règle, thermomètre gradué, palmer…) :

  $$\boldsymbol{a = 1/2\ graduation}$$

  - pour un **appareil de mesure** à affichage digital (voltmètre, thermomètre électronique, …) :

  a est appelé **précision** et est donné par la **notice**

  - pour un **composant** (résistances, condensateurs, bobines, …) :

  a est appelé **tolérance** et est donné par le **fabricant**

  - pour une **évaluation directe par l'utilisateur** entre x_1 et x_2 :

  $$\boldsymbol{x = \frac{x_1 + x_2}{2} \quad et\ le\ demi-intervalle\ a = \frac{x_2 - x_1}{2}}$$

- Si la mesure est à lecture double : $\boldsymbol{a}$ est multiplié par $\boldsymbol{\sqrt{2}}$

- L'incertitude-type de la mesure est donnée par :

$$\boldsymbol{u_B = \frac{a}{\sqrt{3}}}$$

Comparaison d'une mesure : x_1 ; $u(x_1)$

avec une **valeur de référence x_{ref}**	avec une **autre mesure : x_2 ; $u(x_2)$**
On détermine l'**écart normalisé** ou **z-score :**	
$\boldsymbol{z = \frac{\lvert x_1 - x_{ref}\rvert}{u(x_1)}}$	$\boldsymbol{z = \frac{\lvert x_1 - x_2\rvert}{\sqrt{u(x_1)^2 + u(x_2)^2}}}$
Si z<2, on considère qu'il y a **compatibilité** **Si z ≥ 2**, on considère qu'il y a **incompatibilité** et il faut **chercher la cause**.	