TP 15 de Physique :
Détermination d'une transmittance isochrone complexe pour un système électrique

Capacités exigibles :

- Savoir déterminer, à partir d'un schéma électrique, l'expression de la transmittance isochrone dans le cas d'un filtre du premier ordre et l'écrire sous sa forme canonique pour déterminer ses caractéristiques
- Savoir identifier la nature d'un filtre à partir de sa courbe d'amplification en fonction de la fréquence (ou la fréquence réduite : $\frac{f}{f_C}$) pour un filtre analogique
- Savoir déterminer la (ou les) fréquence(s) de coupure à partir de la courbe d'amplification

Capacités expérimentales :

- Réaliser un système électrique en respectant les consignes de sécurité.
- Mesurer un déphasage, des amplitudes, grâce à des acquisitions de la carte SYSAM-SP5
- Tracer sur Python le module et l'argument d'une fonction complexe.

A faire à la maison, sur votre copie double :

Dans toutes les vidéos, la transmittance complexe est notée $|\underline{H}(j\omega)|$.
Dans le nouveau programme, on la note $|\underline{T}(j\omega)|$

Visualiser la vidéo suivante :

« Que représente la transmittance isochrone complexe d'un système ? »

Chaque réponse doit être rédigée à l'aide d'une phrase.

1. Quel est le nom de la durée du régime transitoire ?
2. Comment savoir que le système est en régime sinusoïdal forcé ?
3. Rappeler la formule liant la pulsation du signal d'entrée ω et sa fréquence f.
4. Pour un filtre, de quelle grandeur dépendent l'amplitude du signal de sortie U_m et le déphasage φ du signal de sortie par rapport au signal d'entrée ?
5. A quoi correspond le module de la transmittance isochrone complexe du système, noté $|\underline{T}(j\omega)|$?
6. A quoi correspond l'argument de la transmittance isochrone complexe du système, noté α ?

Visualiser la vidéo suivante :

« Comment déterminer la fonction de transfert complexe d'un système ? »

7. Rédiger la méthode permettant de passer de déterminer la transmittance isochrone complexe d'un système à l'aide d'un pont diviseur de tension.

APPEL 0 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Ce TP est « chronométré » : vous n'avez que 50 minutes pour atteindre l'appel 03.

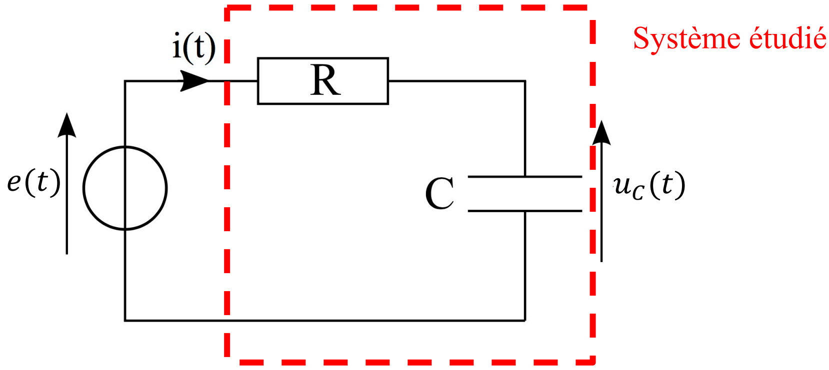
I. Étude expérimentale du système électrique (R, C) :

A. Mise en place du système :

Le système étudié est constitué d'un condensateur de capacité $C = 154\,\eta\text{F}$ (valeur constructeur) et un conducteur ohmique de résistance $R = 1{,}0\ k\Omega$ (valeur constructeur).

8. A l'aide du multimètre MX5060, mesurer et noter les valeurs de R et C (sans évaluer les incertitudes).

Le signal d'entrée est un **signal sinusoïdal alternatif** de fréquence $f = 1000\ Hz$ et d'amplitude $E = 3{,}0V$, de phase à l'origine nulle.
Réaliser le système suivant, en branchant la carte SYSAM-SP5 afin de mesurer $e(t)$ sur la voie $EA0$ et de mesurer $u_C(t)$, sur la voie $EA1$: on règlera le GBF avec **la sortie OUTPUT sur OFF.**



Ouvrir le logiciel nommé LATISPRO. Cliquer sur l'image LATISPRO pour entrer dans le logiciel. Sélectionner les voies $EA0$ et $EA1$, en mode acquisition temporelle : cocher « Périodique » et sélectionner 2 périodes.

APPEL 1 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Lancer l'acquisition des deux signaux. Double-cliquer sur un des noms en ordonnées afin d'adapter l'échelle verticale automatiquement. Cliquer à droite sur « $EA0$ », puis aller dans « propriétés » et sélectionner « Style : trait ». Faire de même pour $EA1$.

9. A l'aide de l'outil Réticule (clic droit sur le graphe) et de la fonction Nouvelle Origine, déterminer les valeurs de la fréquence f du signal d'entrée et de la fréquence f_s du signal de sortie (voir aide ci-après).

Aide pour mesurer la valeur d'une période avec la fonction Nouvelle Origine de LATISPRO :

- Repérer sur le signal étudié, les deux points « encadrant » un motif.
- Sur le point le plus à gauche, cliquer à droite et sélectionner « Nouvelle Origine ».
- Déplacer ensuite le curseur de la souris sur le point le plus à droite.
- Lire l'abscisse de ce point : il s'agit de la période du signal étudié.
- Pour annuler la nouvelle origine, clic droit puis « Origine initiale ».

10. A l'aide de votre travail en appel 0, répondre à la question suivante : quel régime observez-vous ? Justifier votre réponse.

B. Exploitation de l'acquisition pour une fréquence $f = 1000\ Hz$:

11. Le signal de sortie u_C est-il en avance ou en retard par rapport au signal d'entrée $e(t)$? Quel est le signe du décalage temporel Δt et du déphasage φ du signal de sortie par rapport au signal d'entrée ?

12. A l'aide de l'outil Réticule et de la fonction Nouvelle Origine, déterminer (précisément, et non « à l'œil nu ») :
    a. la valeur expérimentale de l'amplitude du signal d'entrée, notée E, en volt
    b. la valeur expérimentale de l'amplitude du signal de sortie, notée U_m, en volt
    c. la valeur expérimentale du décalage temporel Δt du signal de sortie par rapport au signal d'entrée, noté Δt, en seconde (**voir aide ci-après pour ne pas se tromper de signe**)
    d. calculer la valeur du déphasage φ du signal de sortie par rapport à celui d'entrée, en radiant.

Aide pour mesurer la valeur de Δt avec la fonction Nouvelle Origine de LATISPRO :
- Repérer sur le signal de sortie (voie $EA1$), un point caractéristique et chercher sur le signal d'entrée (voie $EA0$) son point analogue.
- Faire un zoom sur la zone contenant ces deux points.
- Sur le point du signal de sortie, cliquer à droite et sélectionner « Nouvelle Origine ».
- Déplacer ensuite le curseur de la souris sur le point analogue (signal d'entrée).
- Lire l'abscisse de ce point : il s'agit de Δt (le signe étant le bon)

APPEL 2 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Dans la suite du TP, on admet que $f_s = f$.

13. Pour la fréquence du signal d'entrée $f = 1000\ Hz$, donner :
    a. l'expression numérique expérimentale du signal d'entrée $e(t)$
    b. l'expression numérique expérimentale du signal d'entrée complexe $\underline{e(t)}$
    c. l'expression numérique expérimentale du signal de sortie $s(t)$
    d. l'expression numérique expérimentale du signal de sortie complexe $\underline{s(t)}$

14. En déduire l'expression numérique de la transmittance isochrone complexe $\underline{T}(j2000\pi)$ de ce système : on simplifiera son expression à l'aide de la formule suivante (à connaitre) :

$$\boldsymbol{e^{j(x+y)} = e^{jx} \times e^{jy}}$$

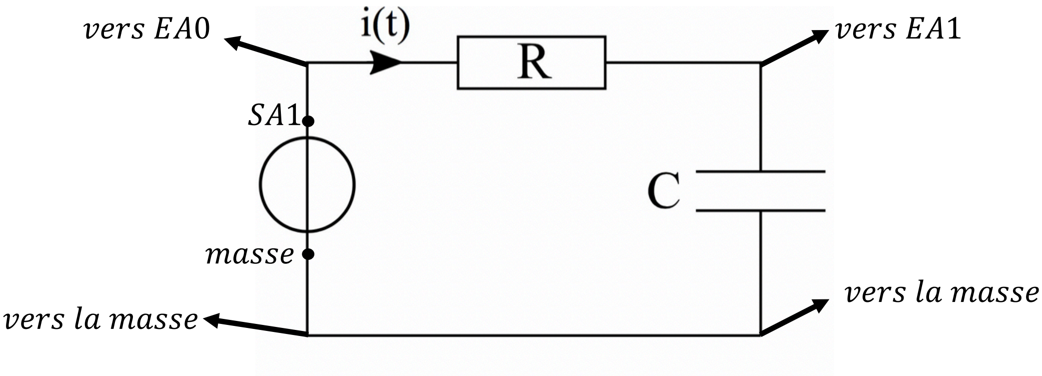
15. Par identification avec la forme trigonométrique de la transmittance isochrone complexe (*paragraphe I.B du chapitre 08)*, déterminer la valeur du module de $\underline{T}(j2000\pi)$, noté $|\underline{T}(j2000\pi)|$ et la valeur de l'argument de $\underline{T}(j2000\pi)$, noté α.

APPEL 3 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail 50 minutes maximum

C. Tracé automatisé de la courbe expérimentale $T(f)$:

Réaliser le système suivant (les dipôles sont les mêmes que précédemment).

ATTENTION ! le signal d'entrée, sinusoïdal et alternatif, est délivré par la carte d'acquisition (sortie $SA1$). Nous n'utiliserons donc plus le GBF.



Ouvrir le logiciel EduPython puis ouvrir le fichier nommé « TP15_passe_bas.py ».

APPEL 4 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

Lancer l'exécution du script.

Ce script permet de générer un signal d'entrée dont la fréquence est comprise entre $10^0\ Hz\ et\ 10^4\ Hz$, puis d'acquérir le signal d'entrée sur la voie $EA0$ et le signal de sortie sur la voie $EA1$. Le script Python détermine ensuite, pour chaque fréquence du signal d'entrée, l'amplification T du signal de sortie par rapport au signal d'entrée.
Il trace enfin la courbe expérimentale $T(f)$ du système.

APPEL 5 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail.

Mettre la courbe obtenue **en plein écran**, puis l'enregistrer au format PDF. **Ouvrir et imprimer** les fichiers PDF au format paysage, en ajustant l'échelle du graphe à la feuille.

D. Exploitation de la courbe expérimentale $T(f)$:

A l'aide du paragraphe III du chapitre 08, répondre aux questions suivantes :

Nature du filtrage :
En étudiant la valeur de l'amplification T, répondre aux deux questions suivantes,

16. Pour les basses fréquences du signal d'entrée, le système est-il passeur, atténuateur ou amplificateur ? Justifier.
17. Pour les hautes fréquences du signal d'entrée, le système est-il passeur, atténuateur ou amplificateur ? Justifier.
18. En déduire la nature du filtrage réalisé par le système.

Fréquence de coupure :

19. A l'aide des outils graphiques sur Python, déterminer graphiquement, la valeur expérimentale de la fréquence de coupure f_C du système.
    Sur votre impression, faire apparaitre les traits de constructions au crayon à papier, permettant de déterminer la valeur expérimentale de la fréquence de coupure f_C du système.
20. En déduire la bande passante et la largeur de la bande passante du système, notée Δf.

21. Déterminer graphiquement la valeur de $|T_0|$ et donner son nom.

APPEL 6 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail.

II. Étude théorique du système électrique (R, C) :

A. Détermination et exploitation de la transmittance complexe du système :

L'expression littérale de $\underline{T}(j\omega)$ nous permet de connaitre le comportement du système, quelle que soit la fréquence/la pulsation du signal d'entrée.

22. A l'aide d'un pont diviseur de tension, démontrer que l'expression de la transmittance isochrone complexe $\underline{T}(j\omega) = \frac{\underline{u_c}}{\underline{e}}$ est :

$$\underline{T}(j\omega) = \frac{1}{1 + jRC\omega}$$

23. De quel ordre est le système étudié ? Justifier votre réponse.
24. A l'aide de la fiche méthode 25, choisir et écrire la forme canonique correspondant à transmittance isochrone complexe du système, faisant intervenir la pulsation de coupure ω_C. En déduire la nature du filtrage réalisé par ce système.
25. Par identification, déterminer l'expression littérale de la pulsation de coupure ω_C ainsi que la valeur de l'amplification à basses fréquences T_0.

B. Comparaison « rapide » avec les résultats expérimentaux :

26. Déterminer (à l'aide des valeurs mesurées des dipôles) la valeur de la fréquence de coupure f_C, en Hertz.
27. Comparer la nature du filtrage, la valeur de $|T_0|$, la valeur de f_C obtenues expérimentalement et obtenues à l'aide de l'expression théorique. Justifier en une phrase, les éventuelles différences constatées.

APPEL 7 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail.

C. Tracé de $|\underline{T}(j\omega)|$ et de l'argument de $\underline{T}(j\omega)$:

Python nous permet de tracer le module de $\underline{T}(j\omega)$ en fonction de la pulsation ω du signal d'entrée ainsi que de tracer l'argument de $\underline{T}(j\omega)$ en fonction de la pulsation ω du signal d'entrée.

Dans EduPython, ouvrir le fichier nommé « TP15_module_argument_T.py ».
Compléter les lignes vides du code : le module d'un nombre complexe se détermine à l'aide de la fonction $np.abs(\,)$ et l'argument à l'aide de la fonction $np.angle(\,)$. Le nombre complexe j se code par « $1j$ ».
Lancer l'exécution du code.

APPEL 8 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

28. A l'aide de l'outil réticule, relever la valeur théorique de $|\underline{T}(j\omega)|$ pour **la valeur de fréquence étudiée au début de ce TP**. On gardera 3 chiffres significatifs pour la mesure de $|\underline{T}(j\omega)|$.
29. Comparer rapidement cette valeur à la valeur expérimentale déterminée. Conclure.
30. A l'aide de l'outil réticule, relever la valeur théorique de l'argument de $\underline{T}(j\omega)$ pour **la valeur de fréquence étudiée au début de ce TP**. On gardera 3 chiffres significatifs pour la mesure de α.
31. Comparer rapidement cette valeur à la valeur expérimentale déterminée. Conclure.

APPEL 9 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.

III. Simulation du système : régime transitoire

Dans cette partie du TP, on souhaite simuler sur Python les représentations temporelles du signal d'entrée et du signal de sortie du précédent système, quelle que soit la valeur de la fréquence du signal d'entrée.

Dans EduPython, ouvrir le fichier nommé « TP15_RT_passe_bas.py ». Compléter les lignes vides du code (à l'aide vos mesures pour $R\ et\ C$) : la fréquence du signal d'entrée est $f = 1000\ Hz$. On donne l'expression littérale du signal d'entrée :

$$e(t) = E \times \cos(\omega t)$$

La solution de l'équation différentielle (sous certaines conditions) démontrée à la question 26 a pour expression littérale :

$$s(t) = -U_m \times e^{-\omega_c t} + U_m \times \left(\cos(\omega t) + \frac{\omega}{\omega_c} \times \sin(\omega t)\right)$$

Avec :

$$U_m = \frac{H_0 E}{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2}$$

Lancer l'exécution du code.

APPEL 10 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail.

32. Que remarque-t-on sur la forme du motif du signal de sortie au début de la simulation ? Comment appelle-t-on ce régime ?

On rappelle que la durée de ce régime est $\Delta t_{5\%} = 3\ \times \tau$. On rappelle aussi que $\omega_c = \frac{1}{\tau}$.

33. Si on souhaitait éliminer la visualisation du régime transitoire, en démarrant la simulation à l'instant $t = 0{,}200\ ms$: serait-ce pertinent ? Justifier votre réponse.

APPEL 11 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail.