

Capacités exigibles :

- Exploiter la réponse indicielle d'un système linéaire pour identifier ses paramètres caractéristiques (amplification statique, pseudo-période, coefficient d'amortissement, temps de réponse à 5%, ordre).

Capacités expérimentales :

- Utilisation de LATISPRO afin d'effectuer des mesures temporelles et en tension.
- Réalisation d'un système électrique

A faire à la maison :



**Visualiser la vidéo suivante :**  
**« Chapitre 06 – Comment exploiter graphiquement la réponse indicielle d'un système linéaire ? »**

Dans cette séance, on souhaite connaître/étudier le comportement d'un système. Pour cela, on impose à l'entrée de ce système, un signal d'entrée nommé « échelon ».

Un signal « échelon » possède un passage brusque d'une valeur constante à une autre valeur constante du signal. Le laps de temps pour passer de l'une à l'autre est infinitésimal.

L'étude de la forme du signal de sortie permet alors de déterminer les caractéristiques du système : la nature du filtrage réalisé, son ordre, sa bande passante, son coefficient d'amortissement, son amplification, son temps de réponse à 5%, sa pseudo-période etc.

*Dans cet énoncé, dès qu'une référence est faite à une partie du chapitre 06, vous devrez lire la partie du chapitre concernée afin de poursuivre le T.P. Toute question orale portant sur une information rédigée dans le chapitre 06 et indiquant clairement que vous ne l'avez pas lu, entraîne un point en moins.*

I. Un premier système linéaire électrique : le circuit (R, L, C)

A. Réponse indicielle du système électrique :

1. A l'aide du multimètre et de la *fiche méthode expérimentale 03*, mesurer et noter :

- la valeur de la capacité  $C = 10 \text{ nF}$  (donnée constructeur) du condensateur,
- la valeur de la résistance  $R_1 = 10 \text{ } \Omega$  (donnée constructeur) du conducteur ohmique,
- la valeur de de l'inductance  $L = 1,0 \text{ H}$  (donnée constructeur) de la bobine,
- la valeur de la résistance interne  $R_2$  de la bobine.

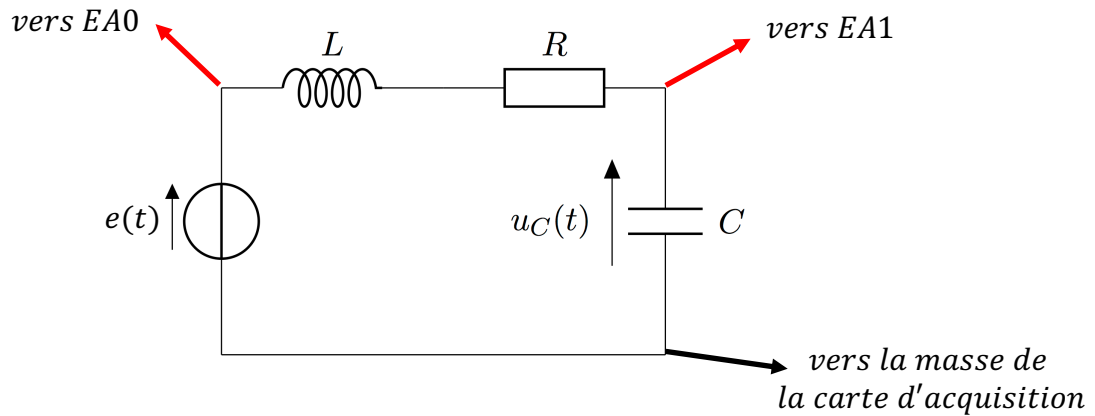
**On veillera à la précision des mesures.**

En déduire la valeur de  $R$ , somme des résistances  $R_2$  et  $R_1$ .

On souhaite obtenir un signal d'entrée « échelon » comme indiqué dans le *chapitre 06 - rubrique II.A*.

Pour générer ce signal d'entrée « échelon », le GBF doit délivrer un signal d'entrée  $e(t)$ , périodique, de fréquence  $f = 20 \text{ Hz}$ , carré, de valeur moyenne égale à  $1,5 \text{ V}$ , de hauteur  $E = 3,0 \text{ V}$  (la hauteur correspond à sa valeur crête à crête).

Réaliser le système suivant, GBF avec la sortie OUTPUT sur OFF.



Le signal de sortie est ici le signal aux bornes du condensateur, notée  $u_C$ .

Le signal d'entrée  $e(t)$ , (issu du GBF) est mesuré sur la voie EA0 de la carte d'acquisition SYSAM-SP5. Le signal de sortie  $u_C(t)$  est mesuré sur la voie EA1 de la carte d'acquisition SYSAM-SP5.

### Préparation de LATISPRO :

Dans le répertoire Physique, ouvrir le logiciel nommé LATISPRO (*fiche méthode expérimentale 07* si nécessaire). Sélectionner la voie EA0 et la voie EA1. Mettre 5000 points pour une durée totale de 50 ms Dans Déclenchement, choisir EA1 comme source avec le sens descendant pour un seuil de 10 mV.

Lire le chapitre 06 - rubrique I.A

2. Le système électrique est-il actif ou passif ? Justifier votre réponse.
3. Calculer les valeurs théoriques du coefficient d'amortissement  $m$  du système et de la période propre  $T_0$  du système, à l'aide des formules suivantes et à l'aide des valeurs mesurées pour  $R, L$  et  $C$  à la question 1 (en respectant les chiffres significatifs)

$$m = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$$

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

Acquérir les deux signaux avec la touche F10. Double-cliquer sur le nom de l'axe des ordonnées EA1 afin d'adapter l'échelle du graphe.

Effectuer un clic droit sur le nom de l'axe des ordonnées EA0, puis Propriétés et choisir comme style « traits » en noir.

Effectuer un clic droit sur le nom de l'axe des ordonnées EA1, puis Propriétés et choisir comme style « traits » en rouge.

Faire un zoom (fonction Loupe de LATISPRO) sur l'échelon montant afin qu'il soit de la même allure que le graphe de l'annexe 01.

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

Imprimer au format paysage ces représentations temporelles puis ajouter à la main, une légende indiquant le signal d'entrée  $e(t)$  et le signal de sortie  $u_C(t)$ .

B. Quel type de filtrage est réalisé par ce système ?

Lire le chapitre 06 - rubrique I.B et le paragraphe II.

4. A l'image de la variation globale du signal d'entrée  $\Delta e$  dans le chapitre, tracer, sur votre impression, à l'aide d'une double-flèche, la grandeur  $\Delta s$ , correspondant à la variation globale du signal de sortie.
5. Le signal de sortie contient-il des raies de basses fréquences (comme le signal d'entrée) ? Justifier votre réponse. En conclure si le système étudié laisse passer les basses fréquences.
6. Sur votre impression, entourer en rouge, la partie du signal d'entrée indiquant la présence de raies « hautes fréquences » (dans le spectre du signal d'entrée).
7. Le signal de sortie contient-il des raies « hautes fréquences » (comme le signal d'entrée) ? Justifier votre réponse. En conclure si le système étudié laisse passer les hautes fréquences.
8. En déduire quelle nature de filtrage est réalisée par ce système.

**APPEL 3 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.**

C. Quel est l'ordre de ce système ?



L'origine de l'expérience correspond à l'instant où l'échelon bascule du niveau bas au niveau haut.

9. Indiquer sur votre impression, le point considéré comme l'origine du signal de sortie.

Lire le chapitre 06 - rubrique III.A.

10. Sur LATISPRO, zoomer sur la zone contenant le point origine du signal de sortie. Puis, à l'aide de LATISPRO, tracer la tangente à l'origine au signal de sortie. *Demander au professeur de valider votre tracé si vous avez un doute.* Relever sur votre copie, la valeur du coefficient directeur mesuré par LATISPRO sachant que son unité est le  $V/ms$ .
11. A l'aide de la méthode de la tangente à l'origine, indiquer si l'ordre du système étudié ici peut-être égal à 2, en justifiant votre réponse.
12. Tracer sur votre impression, à l'aide d'une règle (droite, n'étant pas une carte de cantine), la tangente à l'origine au signal de sortie.

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

On admet dans la suite du TP, que l'ordre du système est 2.

D. Quel type de régime transitoire observe-t-on ?

Lire le chapitre 06 - rubrique VIII.E

13. A l'aide de la forme du signal de sortie, indiquer le nom du régime transitoire observé et dire si le coefficient d'amortissement  $m$  du système étudié, est plus petit, plus grand ou égal à 1. Indiquer le nom du régime transitoire observé, sur votre impression.

Pseudo-période  $T_p$  et coefficient d'amortissement  $m$  du système :

14. A l'aide du réticule lié à EA1, sur LATISPRO, mesurer le plus précisément possible, la durée correspondant à 5 pseudo-motifs. En déduire la valeur de la pseudo-période, notée  $T_p$ , du signal de sortie. On rédigera les calculs nécessaires sur sa copie. On fera apparaître à l'aide d'une double flèche, cette durée  $T_p$  sur son impression.

15. Vérifier que  $T_p \approx T_0$  (calculée à la question 01).

Modélisation du signal de sortie :

Dans LATISPRO, aller dans Traitements/Modélisation. Aller dans Listes des courbes (icône « courbe verte »), puis faire glisser le nom EA1 dans le cadre « Courbe à modéliser ». Choisir un modèle en cosinus amorti. Sur le graphe (sans fermer la fenêtre de modélisation), sélectionner la partie du signal de sortie à modéliser en cliquant sur le premier sommet de ce signal puis sur le dernier sommet visible. Enfin cliquer sur « Calculer le modèle » et la double flèche.

16. Noter sur votre copie, les valeurs expérimentales (obtenues par la modélisation) du coefficient d'amortissement  $m$  du système et de la fréquence propre  $f_0$  du système.

17. Calculer la valeur expérimentale de la période propre  $T_0$  du système.

18. Conclure sur la validité de votre modélisation, en calculant l'écart relatif pour  $m$  et l'écart relatif pour  $T_0$  (dont les valeurs théoriques ont été calculée à la question 01).

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

E. Régime transitoire apériodique et critique :

Mettre OUTPUT sur OFF pour le GBF, sortir le conducteur ohmique  $R_1$  du système et mesurer sa valeur pour  $R_1 = 24 \text{ k}\Omega$ .

19. Calculer la nouvelle valeur de  $R$ , somme des résistances  $R_2$  et  $R_1$ .

20. Calculer la nouvelle valeur théorique de  $m$ , à l'aide des valeurs mesurées pour  $R, L$  et  $C$ , en respectant les chiffres significatifs.

21. A l'aide du paragraphe du *chapitre 06 - rubrique VIII.E*, en déduire le régime transitoire que vous allez observer avec cette valeur de  $R$ , en justifiant votre réponse.

Introduire dans le système, la résistance  $R_1$  et vérifier votre réponse à la question précédente, à l'aide d'une nouvelle acquisition (en pensant à remettre OUTPUT sur ON).

Double-cliquer sur le nom de l'axe des ordonnées EA0 afin d'adapter l'échelle du graphe.

Effectuer un clic droit sur le nom de l'axe des ordonnées EA0, puis Propriétés et choisir comme style « traits » en noir. Effectuer un clic droit sur le nom de l'axe des ordonnées EA1, puis Propriétés et choisir comme style « traits » en rouge.

Faire un zoom (fonction Loupe de LATISPRO) sur l'échelon montant afin qu'il soit de la même allure que le graphe de l'*annexe 02*.

Imprimer au format paysage ces représentations temporelles puis ajouter à la main, une légende indiquant le signal d'entrée  $e(t)$  et le signal de sortie  $u_c(t)$ . Indiquer le nom du régime transitoire observé sur votre impression.

22. Calculer la valeur de  $R$  permettant d'observer le régime transitoire critique.

23. Est-il possible de réaliser expérimentalement cette condition ?

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

F. Détermination des grandeurs caractéristiques du système pour le régime pseudopériodique :

Remettre le conducteur ohmique sur  $R_1 = 10 \Omega$  et relancer l'acquisition : effectuer le travail de mise en forme nécessaire sur LATISPRO pour réobtenir un graphe proche de celui de l'*annexe 01*. **On ne touchera plus au zoom !**

Lire le chapitre 06 - rubrique III.B.

**Si tu ne sais pas lier un réticule à une courbe ou placer une nouvelle origine, qui dois-tu appeler à ton avis ? Continuer le TP sans réaliser cette étape, serait du temps perdu !**

Amplification statique  $H_0$  :

24. Sur LATISPRO, placer à l'aide de l'outil Réticule, lié à la courbe **EA0**, la nouvelle origine (sur le point du signal d'entrée, ayant pour abscisse l'instant où l'échelon bascule). **Si tu ne sais pas lier un réticule à une courbe ou placer une nouvelle origine, qui dois-tu appeler à ton avis ? Continuer le TP sans réaliser cette étape, serait du temps perdu !** Puis, déterminer graphiquement la valeur de la mesure  $E$  (hauteur de l'échelon). Noter sa valeur, en volt, sur votre copie.

Placer ensuite, à l'aide de l'outil Réticule, lié à la courbe **EA1**, la nouvelle origine (sur le point du signal de sortie, ayant pour abscisse l'instant où l'échelon bascule). Puis, déterminer graphiquement la valeur de la mesure de  $s_\infty$  (valeur du signal de sortie quand  $t$  tend vers  $+\infty$ ). Noter sa valeur, en volt, sur votre copie.

Enfin, calculer la valeur de l'amplification statique  $H_{0,exp}$  expérimentale du système étudié.

L'amplification statique  $H_{0,th}$  théorique du système étudié est  $H_{0,th} = 1$ .

25. En déduire si le système amplifie, atténue ou ne modifie pas (en théorie) les amplitudes des raies dont les fréquences sont dans la bande passante.

26. Conclure sur la validité de votre expérience, en calculant l'écart relatif pour  $H_0$ .

**Sur LATISPRO, vérifier que la nouvelle origine est liée à la courbe EA1,**

Lire le chapitre 06 - rubrique III.C.

Durée de réponse à 5% :

27. Calculer les valeurs en volt, de  $0,95 \times s_\infty$  et  $1,05 \times s_\infty$ .

Sur LATISPRO, aller dans Traitements puis Tableur. Faites glisser dans la première colonne la grandeur Temps. Dans la deuxième colonne, mettre la valeur de  $0,95 \times s_\infty$  dans chaque case. Dans la troisième colonne, mettre la valeur de  $1,05 \times s_\infty$  dans chaque case. Enfin, glisser les deux variables sur le graphe.

28. Avec la nouvelle origine et à l'aide d'un réticule lié à la courbe **EA1**, déterminer graphiquement  $\Delta t_{5\%}$ .

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

Retour sur le coefficient d'amortissement  $m$  :

29. Calculer à l'aide des valeurs mesurées pour  $L$  et  $C$  (question 01), en respectant les chiffres significatifs, la pulsation propre  $\omega_0$  du système, en  $rad/s$  sachant que :

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

30. Calculer la grandeur nommée « temps de réponse réduit » du système (sans unité) :  $\Delta t_{5\%} \times \omega_0$ .

31. A l'aide de l'annexe 04, en déduire la valeur « expérimentale » du coefficient d'amortissement  $m$  du système.

32. Le comparer à sa valeur théorique (calculée dans la question 03 de ce TP) et conclure.

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

G. Détermination des grandeurs caractéristiques du système pour le régime apériodique :

Remettre le conducteur ohmique sur  $R_1 = 24 \text{ k}\Omega$  et relancer l'acquisition : effectuer le travail de mise en forme nécessaire sur LATISPRO pour réobtenir un graphe proche de celui de l'annexe 02. **On ne touchera plus au zoom !**

Amplification statique  $H_0$  :

33. A l'aide des réticules (qu'il faut lier aux courbes) sur LATISPRO, déterminer les valeurs des mesures de  $s_\infty$  et  $E$ . Puis, calculer la valeur de l'amplification statique  $H_{0,exp}$  expérimentale du système étudié.

Durée de réponse à 5% :

34. En prenant soin d'établir une nouvelle origine et à l'aide d'un réticule lié à la courbe EA1, déterminer graphiquement  $\Delta t_{5\%}$ . On rédigera les calculs nécessaires sur sa copie.

35. Comparer  $\Delta t_{5\%}$  pour le régime transitoire pseudopériodique et apériodique : quel régime transitoire est le « plus court » ?

Retour sur le coefficient d'amortissement  $m$  :

36. Calculer la grandeur nommée « temps de réponse réduit » du système (sans unité) :  $\Delta t_{5\%} \times \omega_0$ .

37. A l'aide de l'annexe 04, en déduire la valeur « expérimentale » du coefficient d'amortissement  $m$  du système.

38. Le comparer à sa valeur théorique (calculée dans la question 20 de ce TP) et conclure.

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

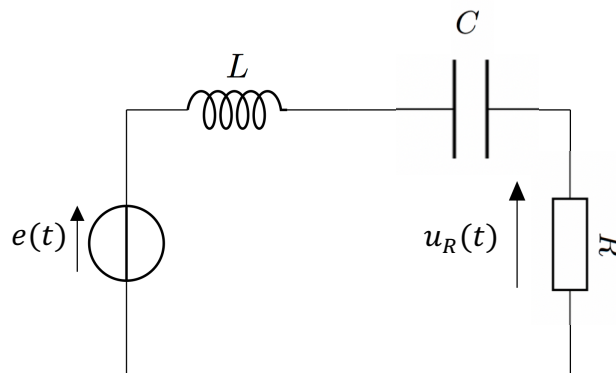
II. Un deuxième système linéaire électrique : le circuit  $(L, C, R)$

A. Réponse indicielle du système électrique :

Le système est constitué des mêmes dipôles que le système précédent :  $C = 50 \text{ nF}$  ;  $R_1 = 1,0 \text{ k}\Omega$  ;  $L = 1,0 \text{ H}$  et de la résistance interne  $R_2$  de la bobine. On appelle toujours,  $R$ , la somme des résistances  $R_2$  et  $R_1$ .

**Réaliser le système, GBF avec la sortie OUTPUT sur OFF.**

Régler le GBF afin qu'il délivre un signal d'entrée  $e(t)$ , périodique, de fréquence  $f = 20 \text{ Hz}$ , carré, de valeur moyenne égale à  $1,5 \text{ V}$ , de hauteur  $E = 3,0 \text{ V}$  (la hauteur correspond à sa valeur crête à crête).



Le signal de sortie est ici le signal aux bornes du conducteur ohmique, notée  $u_R$ .

Le signal d'entrée  $e(t)$ , (issu du GBF) est mesuré sur la voie EA0 de la carte d'acquisition SYSAM-SP5. Le signal de sortie  $u_R(t)$  est mesuré sur la voie EA1 de la carte d'acquisition SYSAM-SP5.

Préparation de LATISPRO :

Dans le répertoire Physique, ouvrir le logiciel nommé LATISPRO. A l'aide de la *fiche méthode expérimentale 07*, sélectionner la voie EA0 et la voie EA1. Mettre 5000 points pour une durée totale de 50 ms Dans Déclenchement, choisir EA1 comme source avec le sens descendant pour un seuil de  $-100\text{ mV}$ .

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

Acquérir les deux signaux avec la touche F10. Double-cliquer sur le nom de l'axe des ordonnées EA0 afin d'adapter l'échelle du graphe.

Effectuer un clic droit sur le nom de l'axe des ordonnées EA0, puis Propriétés et choisir comme style « traits » en noir.

Effectuer un clic droit sur le nom de l'axe des ordonnées EA1, puis Propriétés et choisir comme style « traits » en rouge.

Faire un zoom (fonction Loupe de LATISPRO) sur l'échelon montant afin qu'il soit de la même allure que le graphe de l'annexe 03 .

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

Imprimer au format paysage ces représentations temporelles puis ajouter à la main, une légende indiquant le signal d'entrée  $e(t)$  et le signal de sortie  $u_R(t)$ .

B. Exploitation de la réponse indicielle :

39. A l'aide des outils à votre disposition, déterminer en justifiant, pour ce système d'ordre 2 :

- la nature de filtrage est réalisée par ce système,
- le nom du régime transitoire observé ( à noter sur votre impression)
- la pente de la tangente à l'origine,
- les valeurs expérimentales des grandeurs suivantes :  $\Delta t_{5\%}$ , le coefficient d'amortissement  $m$ , la pseudo-période  $T_p$ .

40. Conclure sur cette expérience en calculant des écarts relatifs lorsque c'est possible.

C. Un autre régime :

Mettre le conducteur ohmique sur  $R_1 = 24\text{ k}\Omega$  et relancer l'acquisition : effectuer le travail de mise en forme nécessaire sur LATISPRO. Imprimer le graphe obtenu et légendé le.

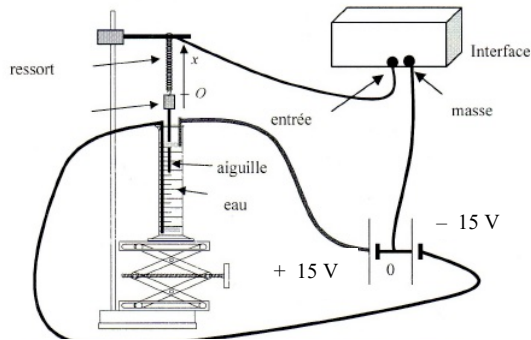
41. A l'aide des outils à votre disposition, déterminer en justifiant, pour ce système d'ordre 2:

- la nature de filtrage est réalisée par ce système,
- le nom du régime transitoire observé ( à noter sur votre impression)
- la pente de la tangente à l'origine,
- les valeurs expérimentales des grandeurs suivantes : l'amplification à hautes fréquences  $H_0$ ,  $\Delta t_{5\%}$

**APPEL 12 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.**

### III. Système mécanique linéaire d'ordre 2 :

Le montage suivant a été réalisé :



Le potentiomètre liquide permet de relier l'élongation à la tension et donc de faire une acquisition de l'élongation du système en fonction du temps .

**La tension mesurée  $V$  est proportionnelle à l'écart  $x$  par rapport à la position d'équilibre.**

Lorsque le système est à l'équilibre, la tension est nulle.

Avec une masse  $m = 50g$ , nous avons effectué un enregistrement de la tension (image de la position du système) en fonction du temps.

Télécharger le fichier TP\_10\_OH\_amorti.rw3 puis l'ouvrir sous Regressi.

42. Quel régime transitoire est observé ici ? Conclure sur la valeur de  $m$  du système.
43. À l'aide des outils graphiques de Regressi, déterminer la valeur de la pseudo-période.
44. Déterminer graphiquement  $\Delta t_{5\%}$ .
45. Déterminer la nature du filtrage réalisé par le système étudié ici. Justifier votre réponse.

**APPEL 13 : Appeler le professeur afin qu'il valide et note votre travail.**