

Capacités exigibles :

- Définir l'amplification de tension, le gain, la bande passante d'un amplificateur linéaire.
- Établir la transmittance isochrone d'un filtre à partir de son schéma structurel : filtres actifs.
- Calculer et mesurer ses principales caractéristiques : fréquence de coupure à $-3dB$, bande passante.
- Tracer et exploiter un diagramme de Bode pour identifier les propriétés d'un filtre.
- Mesurer les principales caractéristiques d'un amplificateur.
- Exploiter la réponse fréquentielle d'un système linéaire pour identifier ses paramètres caractéristiques (amplification, facteur de qualité, ordre).
- Tracer et exploiter le diagramme de Bode d'un système linéaire.

Capacités expérimentales :

- Réaliser un circuit électrique en respectant les consignes de sécurité.
- Réaliser une série d'acquisition d'un signal grâce à Python
- Réalisation de diagramme de Bode à l'aide de la carte SYSAM-SP5

Travail préparatoire (à faire à la maison) :

La partie I est à préparer sur feuille double pour la séance de TP et sera ramassée dès le début du TP.

Jusqu'à présent, l'ensemble des systèmes étudiés étaient des systèmes dits « passifs ». Dans cette séance de TP, nous allons tracer et exploiter des diagrammes de Bode de systèmes dits « actifs ».

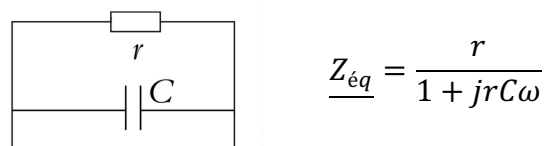
Les systèmes actifs contiennent un élément amplificateur : pour les systèmes électriques de ce TP, il s'agit d'un Amplificateur Linéaire Intégré (ALI, modèle TL081).

Dans l'ensemble du TP, on suppose que l'ALI est idéal et qu'il fonctionne en régime linéaire. Le signal d'entrée est un signal sinusoïdal alternatif.

I. Étude théorique des systèmes linéaires :

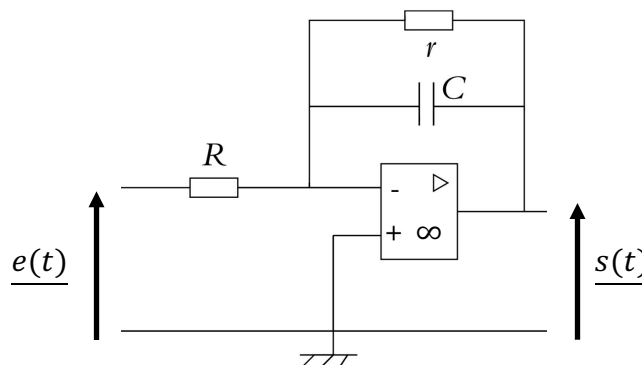
A. Système A :

1. A l'aide du *paragraphe VI.B du chapitre 08*, démontrer que l'expression littérale de l'impédance équivalente \underline{Z}_{eq} au dipôle r et C est la suivante :



Lire le *paragraphe II.A du chapitre 10*.

Le système A est constitué ainsi :



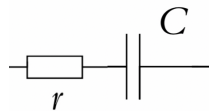
2. À l'aide de la formule présente dans le *chapitre 10, fin du paragraphe II.C*, démontrer que la transmittance isochrone complexe du système A a pour expression :

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{s}}{\underline{e}} = \frac{-\frac{r}{R}}{1 + jrC\omega}$$

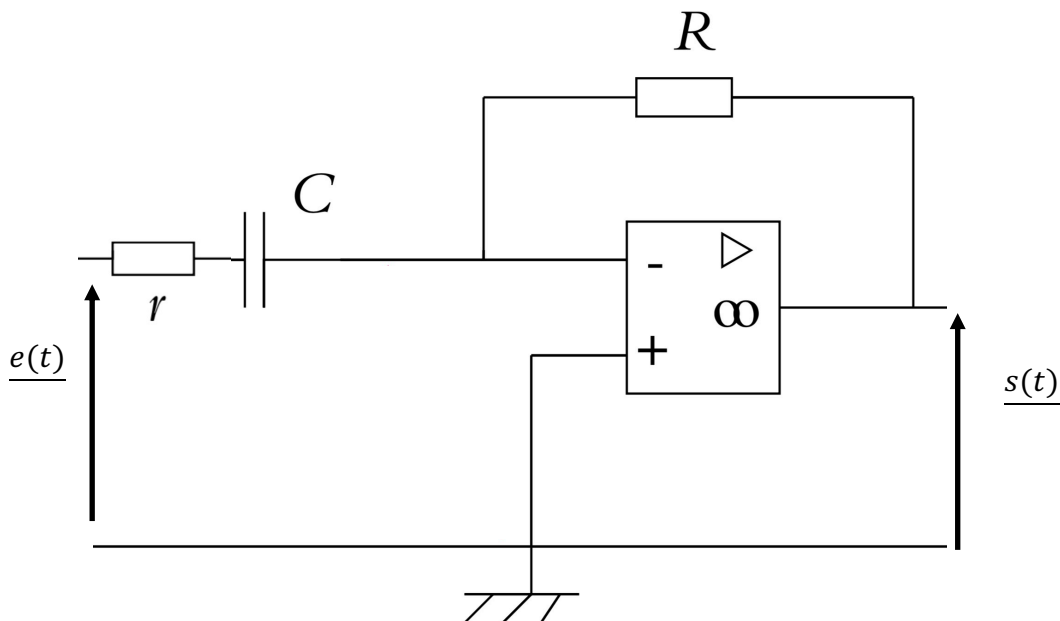
3. Déterminer l'ordre du système étudié. Justifier votre réponse.
 4. À l'aide de la *fiche méthode 11*, choisir et écrire la forme canonique (faisant intervenir la pulsation de coupure ω_C) de la transmittance isochrone complexe pour le système étudié. En déduire la nature du filtrage réalisé par le système étudié.
 5. Par identification, déterminer l'expression littérale de H_0 et l'expression littérale de ω_C (la pulsation de coupure à $-3dB$) en fonction de r, R et C .
 6. En déduire l'expression littérale de la fréquence de coupure f_C , en fonction de r et C .

B. Système B :

7. A l'aide du *paragraphe VI.B du chapitre 08*, déterminer l'expression littérale de l'impédance équivalente $\underline{Z}_{\text{éq}}$ au dipôle r et C suivant :



Le système B est constitué ainsi :



8. À l'aide de la formule présente dans le *chapitre 10 paragraphe II.C*, démontrer que la transmittance isochrone complexe du système B a pour expression :

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{s}}{\underline{e}} = \frac{-jRC\omega}{1 + jrC\omega}$$

9. Déterminer l'ordre du système étudié. Justifier votre réponse.
 10. À l'aide de la *fiche méthode 11*, choisir et écrire la forme canonique (faisant intervenir la pulsation de coupure ω_C) de la transmittance isochrone complexe pour le système étudié. En déduire la nature du filtrage réalisé par le système étudié.
 11. Par identification, démontrer que l'expression littérale de H_0 et l'expression littérale de ω_C (la pulsation de coupure à $-3dB$) sont :

$$H_0 = -\frac{R}{r} \text{ et } \omega_C = \frac{1}{rC}$$

12. En déduire l'expression littérale de la fréquence de coupure f_c , en fonction de r et C .

(Fin de la préparation à la maison)

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

II. Étude expérimentale du système A :

A. Tracé du diagramme de Bode en gain :

Le système A est constitué d'un conducteur ohmique (boîte à décade) de résistance $R = 500 \Omega$ (données constructeurs), d'un conducteur ohmique de résistance $r = 1 k\Omega$ (données constructeurs) sur son support et d'un condensateur de capacité $C = 156 nF$ (données constructeurs).

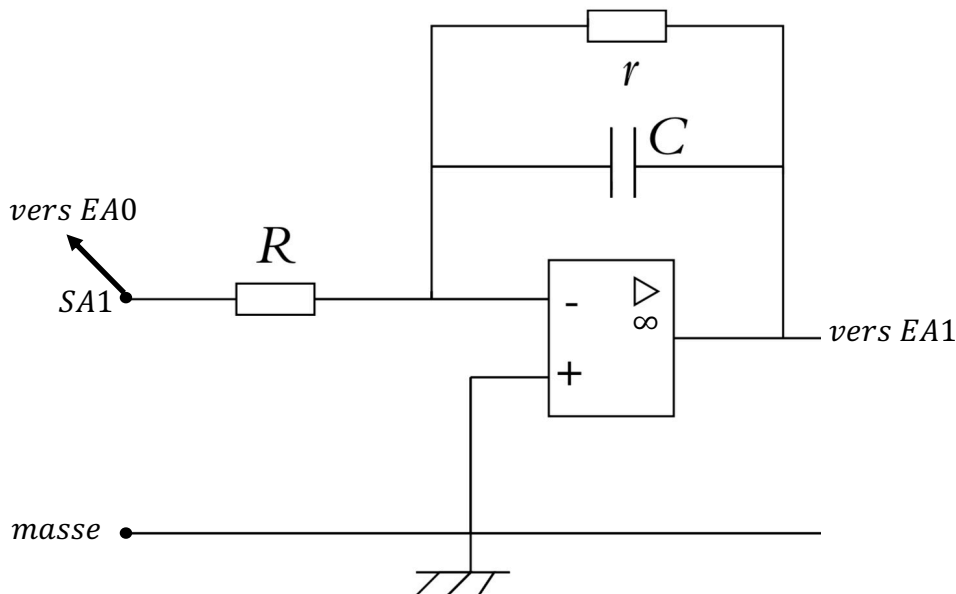
1. A l'aide d'un multimètre et de la fiche méthode expérimentale 03, mesurer et noter les valeurs de r , R et C .

On souhaite maintenant obtenir les courbes $G_{dB}(f)$ et $\varphi(f)$ expérimentalement pour le système A, en les traçant à l'aide de code Python et la carte d'acquisition SYSAM-SP5.

Câbler l'ALI sur une tension continue $-15V/0V/+15V$: on respectera la code couleur des fils. **Vous devez allumer ce générateur avant l'appel 2.**

A l'aide de la *fiche méthode expérimentale 06*, connecter la carte d'acquisition SYSAM-SP5 et réaliser le système suivant.

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



A l'aide de la *fiche méthode expérimentale 05*, ouvrir le logiciel PYZO (version 3.6) puis ouvrir le fichier nommé « TP20_système_A.py ».

Ce script permet de générer un signal d'entrée sinusoïdal alternatif dont la fréquence est comprise entre $10^1 Hz$ et $10^{4.5} Hz$, 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, le gain G_{dB} du signal de sortie par rapport au signal d'entrée.

Il trace enfin dans une fenêtre le diagramme expérimental de Bode en gain du système.

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

Lancer l'exécution du script. Une fois le diagramme en gain obtenu, réaliser l'appel suivant.

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

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

B. Exploitation du diagramme de Bode :

Nature du filtrage :

A l'aide du paragraphe I.A du chapitre 9 :

2. En étudiant le signe du gain en décibel sur le graphe, établir la nature du filtrage réalisé par le système A. Justifier votre réponse.

Fréquence de coupure :

A l'aide du paragraphe II.B du chapitre 9 :

3. A l'aide de la souris, des coordonnées indiquées en bas à droite du diagramme et de la fonction Zoom, déterminer graphiquement la valeur de la fréquence de coupure f_c . Puis, on fera apparaître sur son impression, au crayon à papier, les traits de construction expliquant vos mesures.
4. En déduire la largeur de la bande passante du système, notée Δf .

Asymptote à basses fréquences :

A l'aide du paragraphe II.C du chapitre 9 :

5. Tracer au crayon à papier, l'asymptote à la courbe $G_{dB}(f)$ à basses fréquences.
6. Déterminer la valeur du coefficient directeur de l'asymptote à basses fréquences, en $dB/décade$.

Asymptote à hautes fréquences :

7. Tracer au crayon à papier, l'asymptote à la courbe $G_{dB}(f)$ à hautes fréquences.
8. Déterminer la valeur du coefficient directeur de l'asymptote à hautes fréquences, en $dB/décade$. On fera apparaître sur son impression, au crayon à papier, les traits de construction expliquant vos mesures.

Ordre du système :

9. En déduire l'ordre du système : on justifiera rigoureusement sa réponse.

Détermination de $|H_0|$:

10. Quel est le nom de H_0 ?
11. A l'aide de la souris, des coordonnées indiquées en bas à droite du diagramme et de la fonction Zoom, déterminer graphiquement la valeur de $G_{0,dB}$.
12. A l'aide d'un calcul, en déduire la valeur expérimentale de $|H_0|$ de ce système.

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

C. Comparaison expérience/théorie :

13. A l'aide de vos mesures, déterminer la valeur théorique de la fréquence de coupure $f_c = \frac{1}{2\pi rC}$ du système étudié (en Hz). On respectera les règles concernant les chiffres significatifs.
14. Comparer, à l'aide d'un écart relatif, la valeur théorique de f_c à celle déterminée expérimentalement (graphiquement). Conclure.
15. A l'aide de vos mesures, déterminer la valeur théorique de $H_0 = -\frac{r}{R}$. On respectera les règles concernant les chiffres significatifs.
16. Comparer, à l'aide d'un écart relatif, la valeur théorique de $|H_0|$ à la valeur expérimentale de $|H_0|$. Conclure.

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

D. Influence de R :

Mettre le conducteur ohmique (boite à décade) sur $R = 200 \Omega$ (données constructeurs).

17. A l'aide d'un multimètre et de la *fiche méthode expérimentale 03*, mesurer la nouvelle valeur de R (en retirant le conducteur ohmique du système).
18. A l'aide de vos mesures, déterminer la nouvelle valeur théorique de H_0 .

Replacer le conducteur ohmique dans le système puis lancer une nouvelle fois l'exécution du script (en ayant fermé la fenêtre contenant le graphe au préalable). Une fois le diagramme en gain obtenu, répondre aux questions suivantes :

19. A l'aide de la souris, des coordonnées indiquées en bas à droite du diagramme et de la fonction Zoom, déterminer graphiquement la valeur de $G_{0,dB}$.
20. A l'aide d'un calcul, en déduire la valeur expérimentale de $|H_0|$ de ce système.
21. Comparer, à l'aide d'un écart relatif, la valeur théorique de $|H_0|$ à celle déterminée expérimentalement (graphiquement). Conclure.

Mettre le conducteur ohmique (boite à décade) sur $R = 100 \Omega$ (données constructeurs).

22. A l'aide d'un multimètre et de la *fiche méthode expérimentale 03*, mesurer la nouvelle valeur de R . (en retirant le conducteur ohmique du système).
23. A l'aide de vos mesures, déterminer la valeur théorique de H_0 .

Replacer le conducteur ohmique dans le système puis lancer une nouvelle fois l'exécution du script (en ayant fermé la fenêtre contenant le graphe au préalable). Une fois le diagramme en gain obtenu, répondre aux questions suivantes :

24. A l'aide de la souris, des coordonnées indiquées en bas à droite du diagramme et de la fonction Zoom, déterminer graphiquement la valeur de $G_{0,dB}$.
25. A l'aide d'un calcul, en déduire la valeur expérimentale de $|H_0|$ de ce système.
26. Comparer, à l'aide d'un écart relatif, la valeur théorique de $|H_0|$ à celle déterminée expérimentalement (graphiquement). Conclure.
27. Recopier et compléter la phrase suivante : « Lorsque la valeur de R diminue, le gain statique : les basses fréquences sont de plus en plus »

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

III. Étude expérimentale du système B :

A. Tracé du diagramme de Bode en gain :

Le système B est constitué d'un conducteur ohmique (boite à décade) de résistance $R = 10,8 k\Omega$ (données constructeurs), d'un conducteur ohmique de résistance $r = 5,4 k\Omega$ (données constructeurs) sur son support et d'un condensateur de capacité $C = 156 nF$ (données constructeurs).

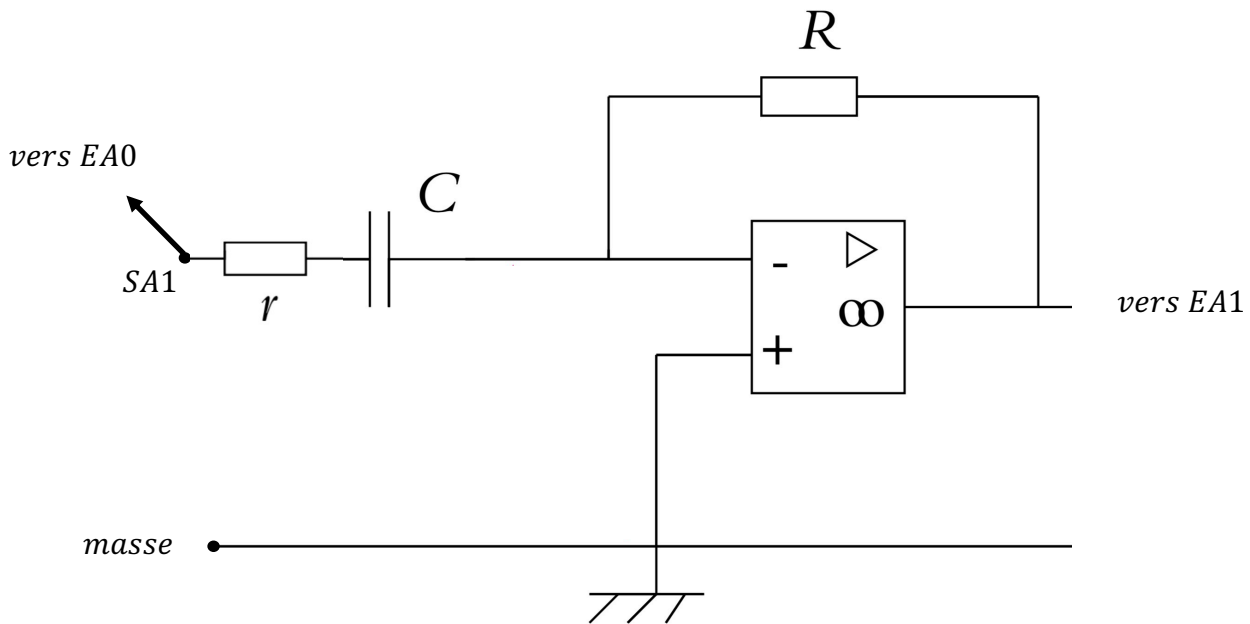
28. A l'aide d'un multimètre et de la fiche méthode expérimentale 03, mesurer et noter les valeurs de r, R .

On souhaite maintenant obtenir les courbes $G_{dB}(f)$ et $\varphi(f)$ expérimentalement pour le système B, en les traçant à l'aide de code Python et la carte d'acquisition SYSAM-SP5.

Câbler l'ALI sur une tension continue $-15V/0V/+15V$: on respectera la code couleur des fils. **Vous devez allumer ce générateur avant le prochain appel.**

A l'aide de la fiche méthode expérimentale 06, connecter la carte d'acquisition SYSAM-SP5 et réaliser le système suivant.

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



A l'aide de la *fiche méthode expérimentale 05*, ouvrir le logiciel PYZO puis ouvrir le fichier nommé « TP20_systeme_B.py ».

Ce script permet de générer un signal d'entrée sinusoïdal alternatif dont la fréquence est comprise entre 10^1 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, le gain G_{dB} du signal de sortie par rapport au signal d'entrée.

Il trace enfin dans une fenêtre le diagramme expérimental de Bode en gain du système.

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

Lancer l'exécution du script. Une fois le diagramme en gain obtenu, réaliser l'appel suivant.

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

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

B. Exploitation du diagramme de Bode :

Nature du filtrage :

A l'aide du paragraphe I.A du chapitre 9 :

29. En étudiant le signe du gain en décibel sur le graphe, établir la nature du filtrage réalisé par le système B. Justifier votre réponse.

Fréquence de coupure :

A l'aide du paragraphe II.B du chapitre 9 :

30. A l'aide de la souris, des coordonnées indiquées en bas à droite du diagramme et de la fonction Zoom, déterminer graphiquement la valeur de la fréquence de coupure f_c . Puis, on fera apparaître sur son impression, au crayon à papier, les traits de construction expliquant vos mesures.

31. En déduire la bande passante du système.

Asymptote à basses fréquences :

A l'aide du paragraphe II.C du chapitre 9 :

32. Tracer au crayon à papier, l'asymptote à la courbe $G_{dB}(f)$ à basses fréquences.
33. Déterminer la valeur du coefficient directeur de l'asymptote à basses fréquences, en $dB/décade$. On fera apparaître sur son impression, au crayon à papier, les traits de construction expliquant vos mesures.

Asymptote à hautes fréquences :

34. Tracer au crayon à papier, l'asymptote à la courbe $G_{dB}(f)$ à hautes fréquences.
35. Déterminer la valeur du coefficient directeur de l'asymptote à hautes fréquences, en $dB/décade$.

Ordre du système :

36. En déduire l'ordre du système : on justifiera rigoureusement sa réponse.

Détermination de $|H_0|$:

37. Quel est le nom de H_0 ?
38. Sur votre impression, déterminer graphiquement la valeur de $G_{0,dB}$.
39. A l'aide d'un calcul, en déduire la valeur expérimentale de $|H_0|$ de ce système.

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

C. Comparaison expérience/théorie :

40. A l'aide de vos mesures, déterminer la valeur théorique de la fréquence de coupure $f_c = \frac{1}{2\pi rC}$ du système étudié (en Hz). On respectera les règles concernant les chiffres significatifs.
41. Comparer, à l'aide d'un écart relatif, la valeur théorique de f_c à celle déterminée expérimentalement (graphiquement). Conclure.
42. A l'aide de vos mesures, déterminer la valeur théorique de $H_0 = -\frac{R}{r}$.
43. Comparer, à l'aide d'un écart relatif, la valeur théorique de $|H_0|$ à celle déterminée expérimentalement (graphiquement). Conclure.

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

IV. Étude d'un nouveau système :

A. Tracé expérimental du diagramme de Bode en gain :

Le système C est constitué de deux conducteurs ohmiques de résistance $r = 3\text{ k}\Omega$ (données constructeurs) et de deux condensateurs de capacité $C = 156\text{ nF}$ (données constructeurs).

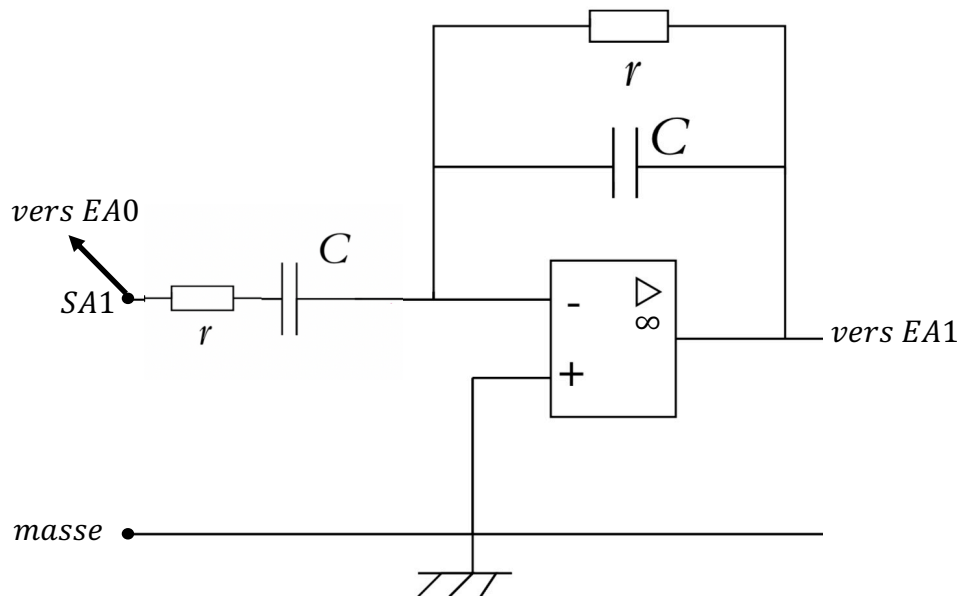
44. A l'aide d'un multimètre et de la *fiche méthode expérimentale 03*, mesurer et noter les valeurs de r et C . On veillera à avoir les deux valeurs de r les plus proches possible.

On souhaite maintenant obtenir les courbes $G_{dB}(f)$ et $\varphi(f)$ expérimentalement pour le système C, en les traçant à l'aide de code Python et la carte d'acquisition SYSAM-SP5.

Câbler l'ALI sur une tension continue $-15V/0V/+15V$: on respectera la code couleur des fils. **Vous devez allumer ce générateur avant le prochain appel.**

A l'aide de la *fiche méthode expérimentale 06*, connecter la carte d'acquisition SYSAM-SP5 et réaliser le système suivant.

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



A l'aide de la fiche méthode expérimentale 05, ouvrir le logiciel PYZO puis ouvrir le fichier nommé « TP20_systeme_C.py ».

Ce script permet de générer un signal d'entrée sinusoïdal alternatif dont la fréquence est comprise entre $10^{1.2} \text{ Hz}$ et $10^{4.6} \text{ Hz}$, 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, le gain G_{dB} du signal de sortie par rapport au signal d'entrée.

Il trace enfin dans une fenêtre le diagramme expérimental de Bode en gain du système.

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

Lancer l'exécution du script. Une fois le diagramme en gain obtenu, réaliser l'appel suivant.

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

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

B. Exploitation du diagramme expérimental de Bode :

Nature du filtrage :

A l'aide du paragraphe I.A du chapitre 9 :

45. En étudiant le signe du gain en décibel sur le graphe, établir la nature du filtrage réalisé par le système C. Justifier votre réponse.

Fréquence de coupure :

A l'aide du paragraphe II.B du chapitre 9 :

46. A l'aide de la souris, des coordonnées indiquées en bas à droite du diagramme et de la fonction Zoom, déterminer graphiquement les valeurs des fréquences de coupure. Puis, on fera apparaître sur son impression, au crayon à papier, les traits de construction expliquant vos mesures.

47. En déduire la bande passante du système et la largeur de la bande passante Δf .

Asymptote à basses fréquences :

A l'aide du paragraphe II.C du chapitre 9 :

48. Tracer au crayon à papier, l'asymptote à la courbe $G_{dB}(f)$ à basses fréquences.

49. Déterminer la valeur du coefficient directeur de l'asymptote à basses fréquences, en $dB/décade$. On fera apparaître sur son impression, au crayon à papier, les traits de construction expliquant vos mesures.

Asymptote à hautes fréquences :

50. Tracer au crayon à papier, l'asymptote à la courbe $G_{dB}(f)$ à hautes fréquences.

51. Déterminer la valeur du coefficient directeur de l'asymptote à hautes fréquences, en $dB/décade$. On fera apparaître sur son impression, au crayon à papier, les traits de construction expliquant vos mesures.

Fréquence propre f_0 :

52. Déterminer, sur votre impression, graphiquement, la valeur de la fréquence propre du système f_0 . On fera apparaître les traits de constructions.

Facteur de qualité Q :

53. Calculer la valeur expérimentale de $Q = \frac{f_0}{\Delta f}$ en précisant son unité et en veillant à respecter les chiffres significatifs.

Ordre du système :

54. Déterminer l'ordre du système : on justifiera rigoureusement sa réponse.

Détermination de $|H_0|$:

A l'aide de l'introduction du chapitre 10 :

55. Quel est le nom de H_0 ?

56. Sur votre impression, déterminer graphiquement la valeur de $G_{0,dB}$.

57. A l'aide d'un calcul, en déduire la valeur expérimentale de $|H_0|$ de ce système.

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

C. Comparaison expérience/théorie :

58. A l'aide de vos mesures, déterminer la valeur théorique de la fréquence propre $f_0 = \frac{1}{2\pi rC}$ du système étudié (en Hz). On respectera les règles concernant les chiffres significatifs.

59. Comparer, à l'aide d'un écart relatif, la valeur théorique de f_0 à celle déterminée expérimentalement (graphiquement). Conclure.

On donne la valeur théorique de $H_0 = -\frac{1}{2}$.

60. Comparer, à l'aide d'un écart relatif, la valeur théorique de $|H_0|$ à celle déterminée expérimentalement (graphiquement). Conclure.

On donne la valeur théorique de $Q = \frac{1}{2}$.

61. A l'aide d'un écart relatif sur Q , conclure sur la validité du modèle pour le système étudié ici.

APPEL 14 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail.

D. Étude théorique du nouveau système :

62. À l'aide de la formule présente dans le *chapitre 10 paragraphe II.C*, déterminer l'expression littérale de la transmittance isochrone complexe du nouveau système.

63. Déterminer l'ordre du système étudié. Justifier votre réponse.

64. À l'aide de la *fiche méthode 11*, choisir et écrire la forme canonique (faisant intervenir le facteur de qualité Q) de la transmittance isochrone complexe pour le système étudié. En déduire la nature du filtrage réalisé par le système étudié.

65. Par identification, déterminer les valeurs de H_0 , Q et l'expression littérale de ω_0 :

APPEL 15 : Appeler le professeur afin qu'il valide votre travail.