

Étude d'un filtre passe-bas du premier ordre

☒ Capacités exigibles

- Décalage temporel/déphasage à l'aide d'un oscilloscope numérique.
- Reconnaître une avance ou un retard.
- Passer d'un décalage temporel à un déphasage et inversement.
- Mettre en œuvre un dispositif expérimental illustrant l'utilité des fonctions de transfert pour un système linéaire à un ou plusieurs étages.
- Agir sur un signal électrique à l'aide des fonctions simples suivantes : filtrage

❖ Objectifs

- ◊ Apprendre à utiliser un dBmètre.
- ◊ Apprendre à déterminer rapidement une fréquence de coupure.
- ◊ Apprendre à mesurer un déphasage à l'oscilloscope.
- ◊ Apprendre à tracer un diagramme de BODE sur papier semi-log et papier millimétré.

I S'approprier

I/A Méthode pour mesurer un déphasage – rappel de cours

Rappel mesure de déphasage

Supposons $e(t) = E_m \cos(\omega t)$ sur la voie Y_1 et $s(t) = S_m \cos(\omega t + \varphi)$ sur la voie Y_2 de l'oscillogramme ci-contre. Le déphasage φ entre deux signaux est un nombre appartenant à l'intervalle $]-\pi ; \pi]$. Il se mesure grâce à l'oscilloscope.

- 1) **Déterminer $|\Delta\varphi_{s/e}|$** : pour cela, il faut placer les curseurs verticaux de manière à déterminer le décalage temporel Δt , puis $|\Delta\varphi_{s/e}| = \omega |\Delta t|$ (en rad).
- 2) **Déterminer le signe de $\Delta\varphi_{s/e}$** : pour cela, on cherche quelle courbe est en avance sur l'autre. Sur l'oscillogramme ci-contre, s est en retard sur e puisqu'il atteint son maximum après e : on en déduit $\Delta\varphi_{s/e} < 0$.

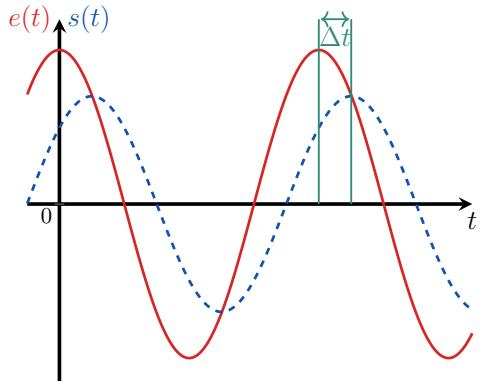


FIGURE TP13.1 – Déphasage

I/B Méthode pour mesurer un gain en dB

Le gain se mesure grâce à un multimètre.

Outils TP13.1 : Mesure de gain

- 1) Appuyez sur la fonction Volt alternatif (symbole $V\sim$), puis dBmètre (bouton dB) pour activer la fonction dBmètre;
- 2) Brancher le multimètre sur l'entrée $e(t)$ du montage;
- 3) Appuyer sur rel une ou deux fois jusqu'à ce que le multimètre affiche 0 : on indique alors au multimètre que c'est cette tension $e(t)$ qui sert de référence.
- 4) Brancher ensuite le multimètre sur la sortie $s(t)$. Il affiche directement le gain en dB.



Attention TP13.1 : Attention

Il faut refaire le zéro relatif pour chaque fréquence.

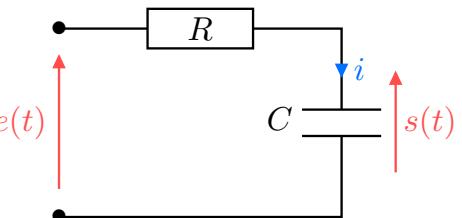
I/C Méthode pour tracer un diagramme de BODE

Outils TP13.2 : Tracer un diagramme de BODE

Pour tracer le diagramme de BODE, il est nécessaire pour chaque fréquence de déterminer :

- 1) Le déphasage $\Delta\varphi_{s/e}$ de $s(t)$ par rapport à $e(t)$;
- 2) Le gain en dB.

III Analyser



Le montage étudié, schématisé ci-contre, est un circuit RC série alimenté par la tension $e(t) = E_m \cos(\omega t)$. On pose $s(t) = S_m \cos(\omega t + \varphi)$ la tension aux bornes du condensateur.

- ① Établir l'expression de la fonction de transfert.
- ② Déterminer le comportement asymptotique du filtre pour le gain et le déphasage.
- ③ Déterminer l'expression de la fréquence de coupure f_c , puis la calculer pour $R = 1,0 \text{ k}\Omega$ et $C = 0,10 \mu\text{F}$.
- ④ Compléter le schéma avec les branchements de la carte Sysam permettant de visualiser simultanément $e(t)$ sur la voie EA0 et $s(t)$ sur la voie EA1 de l'oscilloscope.
- ⑤ On souhaite éliminer toute composante continue des signaux observés, doit-on choisir le mode AC ou DC ? (vous pourrez faire une recherche sur internet ce que signifie mode AC et DC d'un oscilloscope).
- ⑥ Si l'amplitude E_m du signal d'entrée est représentée par 2,8 carreaux, en supposant que la sensibilité verticale est la même sur les 2 voies, montrer que pour $f = f_c$ l'amplitude S_m du signal de sortie correspond alors à 2 carreaux sur l'oscillogramme.

IV Réaliser

IV/A Étude rapide de comportement

Expérience TP13.1 : Diagramme automatique

- 1) Connecter la carte Sysam à l'ordinateur ;
- 2) Ouvrir **Oscillo5** (Programmes Physique-chimie → Eurosmart → **Oscillo5**) ;
- 3) Alimenter votre filtre RC avec la sortie analogique **SA1** de la carte Sysam.
- 4) Relever la tension $e(t)$ sur le canal EA0 et la tension $s(t)$ sur le canal EA1.
- 5) Passer en mode **Bode** ;
- 6) Afficher gain et phase ;
- 7) Prendre une échelle log avec une étendue de fréquence cohérente avec la fréquence de coupure que vous avez préalablement déterminée ;
- 8) Sélectionner **EA0** en entrée ;
- 9) Effacer acquisitions précédentes. Choisir : toutes ;
- 10) Déclencher.
- 11) Les diagrammes sont tracés de manière automatique. Pratique si on veut être rapide !

IV/B Mesures pour le tracé du diagramme de BODE

Il s'agit maintenant de faire un relevé fréquence par fréquence pour apprendre à le faire « à la main ».

Expérience TP13.2 : À la main

- 1) Choisir maintenant le mode **BALAYAGE**, pour utiliser **Oscillo5** comme un oscilloscope ;
- 2) Dans le panneau de contrôle (boîte flottante en haut de l'écran), cliquer sur **Voir GBF1** et appuyer sur **Marche** ;
- 3) Prendre comme amplitude du signal d'entrée environ 2 V (soit 4 Vpp). Pour des fréquences entre 100 Hz et 50 kHz :
- 4) Mesurer le déphasage entre $s(t)$ et $e(t)$ à l'aide d'**Oscillo5**, comme indiqué dans S'approprier. Pour plus de facilité, utiliser les curseurs (en bas à droite du menu d'**Oscillo5**) et les calibres horizontaux (à droite) et verticaux (en bas).
- 5) Mesurer le gain en dB à l'aide du dBmètre, comme indiqué dans S'approprier.
- 6) Une échelle logarithmique de variation de la fréquence est pertinente et vous pourrez faire plus de mesures autour de la fréquence de coupure f_c précédemment établie.

- 1 Regrouper les valeurs dans un tableau :

TABLEAU TP13.1 – Mesures pour diagramme de BODE.

f (Hz)	G_{dB} (dB)	$ \Delta t $ (μs)	$ \Delta\varphi_{s/e} $ (rad)	$\Delta\varphi_{s/e}$ (rad)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

V Valider et conclure

- 2 Tracer le diagramme de BODE expérimental sur papier semi-log (fourni en fin de sujet) en mettant la fréquence en abscisse (les 2 courbes sur une même feuille en prenant l'échelle du gain en haut et l'échelle du déphasage en bas).
- 3 Ajouter sur le diagramme, les asymptotes obtenues grâce à l'étude théorique de l'analyse.
- 4 En déduire :
- a – La fréquence de coupure expérimentale $f_{c,\text{exp}}$ en considérant $G_{\text{dB}}(f_{c,\text{exp}}) = G_{\text{dB},\text{max}} - 3 \text{ dB}$. La comparer à la valeur théorique en calculant l'écart **normalisé**.
 - b – Le déphasage expérimental $\varphi_{c,\text{exp}}$ pour $f = f_{c,\text{exp}}$. Le comparer à la valeur théorique en calculant l'écart **normalisé**.
 - c – La nature du filtre.