

Étude d'un filtre passe-bas du premier ordre

Au programme

Savoir

- ◇ Décalage temporel/Déphasage à l'aide d'un oscilloscope numérique.
- ◇ Reconnaître une avance ou un retard.

Savoir-faire

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



I 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.

II S'appropriier

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

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 la valeur absolue de $\Delta\varphi_{s/e}$: 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) Ensuite 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 s'annule après e : on en déduit $\Delta\varphi_{s/e} < 0$.

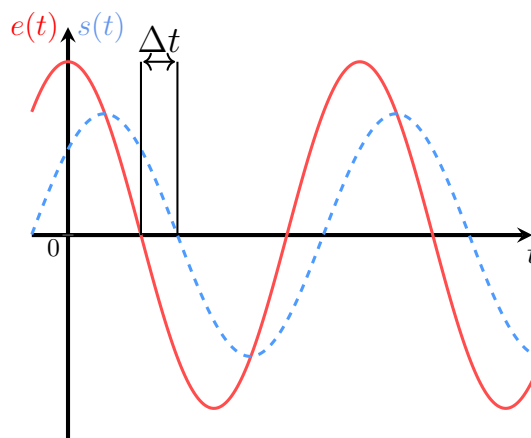


FIGURE 13.1 – Déphasage

II/B Méthode pour mesurer un gain en dB

Le gain se mesure grâce à un multimètre en fonction Volt alternatif (symbole V_{\sim}) puis dBmètre (bouton dB) pour activer la fonction dBmètre.

Mesure de gain

- 1) Brancher le multimètre sur l'entrée $e(t)$ du montage ;
- 2) 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.
- 3) Brancher ensuite le multimètre sur la sortie $s(t)$. Il affiche directement le gain en dB.



Attention

Il faut refaire le zéro relatif pour chaque fréquence.

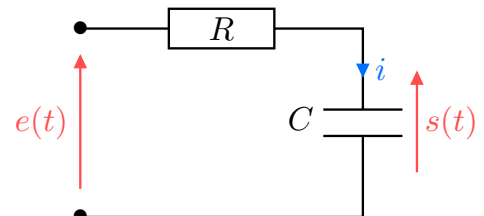
II/C Méthode pour tracer un diagramme de BODE

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 $C = 0,10\text{ }\mu\text{F}$.
- 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

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 ».

À la main



Prendre comme amplitude du signal d'entrée environ 2 V (soit 4 Vpp) en utilisant le mode GBF d'Oscillo5. Pour des fréquences entre 100 Hz et 50 kHz :

- 1) Mesurer le déphasage entre $s(t)$ et $e(t)$ à l'aide d'Oscillo5, comme indiqué dans S'approprier (il faut afficher les deux signaux temporels). Pour plus de facilité, utiliser les curseurs (en bas à droite du menu d'Oscillo5).
- 2) Mesurer le gain en dB à l'aide du dBmètre, comme indiqué dans S'approprier.
- 3) 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 13.1 – Mesures pour diagramme de BODE.

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

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 à gauche et l'échelle du déphasage à droite).
- 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 $G_{\text{dB}}(f_{c,\text{exp}}) = G_{\text{dB,max}} - 3 \text{ dB}$. 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.