

Étude d'un filtre passe-bas du premier ordre

I Objectifs

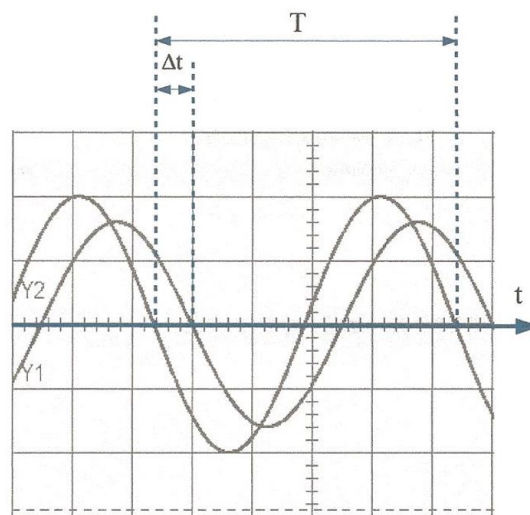
- Apprendre à utiliser un dBmètre.
- Apprendre à déterminer rapidement une fréquence de coupure.
- Apprendre à mesurer un déphasage à l'oscilloscope.
- Apprendre à tracer un diagramme de Bode sur papier semi-log et papier millimétré.

II S'appropriier

A Méthode pour mesurer un déphasage – rappel de cours

Le déphasage φ entre deux signaux est un nombre appartenant à l'intervalle $]-\pi ; \pi]$. Il se mesure grâce à l'oscilloscope. Pour toute mesure, il faut que les deux signaux soient centrés afin de repérer l'écart entre les « passages par zéro ». 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. La détermination du déphasage se fait alors en deux étapes :

- Déterminer la valeur absolue de φ : pour cela, il faut placer les curseurs verticaux de manière à déterminer la période T et le décalage Δt , puis $|\varphi| = 2\pi\Delta t/T$ (en rad).
- Ensuite déterminer le signe de φ : pour cela, on cherche quelle courbe est en avance sur l'autre. Sur l'oscillogramme ci-contre, Y_2 est en avance par rapport à Y_1 car Y_2 s'annule en premier, donc $\varphi > 0$ (et inversement).



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. Brancher le multimètre sur l'entrée $e(t)$ du montage, 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. 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.

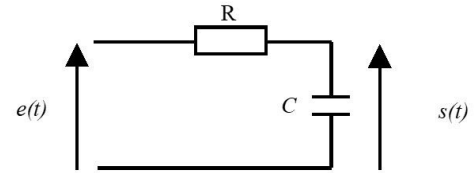
C Méthode pour tracer un diagramme de Bode

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

- 1) le déphasage φ 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

A Etude rapide de comportement

- 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 !

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 ». Prendre comme amplitude du signal d'entrée environ 2 V (soit 4 Vpp) en utilisant le mode GBF d'Oscillo5. Pour **chaque** fréquence :

- 12) 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).
- 13) Mesurer le gain en dB à l'aide du dBmètre, comme indiqué dans S'approprier.

- 14) Faire varier les fréquences entre 100 Hz et 50 kHz. 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.
- 7 Regrouper les valeurs dans un tableau faisant apparaître f (en Hz) / G_{dB} / $|\Delta t|$ (en s) / $|\varphi|$ (en rad) / φ (en rad).

V Valider et conclure

- 8 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).
- 9 Ajouter sur le diagramme, les asymptotes obtenues grâce à l'étude théorique de l'analyse.
- 10 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.
 - c – La nature du filtre.

