

# Correction du TP

## Capacités exigibles

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

## Objectifs

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Apprendre à utiliser un dBmètre.<br><input type="checkbox"/> Apprendre à déterminer rapidement une fréquence de coupure. | <input type="checkbox"/> Apprendre à mesurer un déphasage à l'oscilloscope.<br><input type="checkbox"/> Apprendre à tracer un diagramme de BODE sur papier semi-log et papier millimétré. |
|---|---|

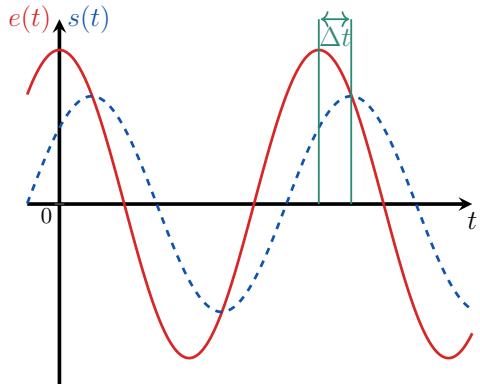
## I S'approprier

### 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  $\varphi$  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  $\Delta t$ , 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.

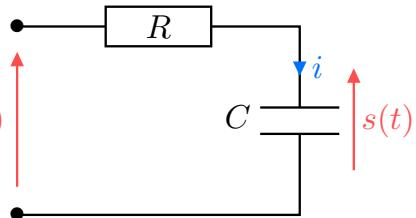
## I/C Méthode pour tracer un diagramme de BODE

### 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



- ① Établir l'expression de la fonction de transfert.

Réponse

Pont diviseur :

$$\begin{aligned}
 \underline{S} &= \frac{1/jC\omega}{R + 1/jC\omega} E \\
 \Leftrightarrow \underline{S} &= \frac{1}{1 + jRC\omega} E \\
 \Leftrightarrow \underline{H} &= \frac{1}{1 + jRC\omega} \\
 \Leftrightarrow \underline{H} &= \frac{1}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}} \\
 \Leftrightarrow \boxed{\underline{H} = \frac{1}{1 + jx}}
 \end{aligned}$$

- ② Déterminer le comportement asymptotique du filtre pour le gain et le déphasage.

Réponse

$$1) \quad \underline{H}(x) \underset{x \rightarrow 0}{\sim} \frac{1}{1+0} = 1 \quad \text{et} \quad \underline{H}(x) \underset{x \rightarrow \infty}{\sim} \frac{1}{jx}$$

2)  $\diamond$  Pour le gain :

$$G_{\text{dB}}(x) \xrightarrow{x \rightarrow 0} 20 \log(1) = 0 \quad \text{et} \quad G_{\text{dB}}(x) \underset{x \rightarrow \infty}{\sim} 20 \log \left| \frac{1}{jx} \right| = -20 \log x$$

Ainsi, à hautes fréquences, le gain diminue de 20 dB par décade : si  $\omega$  est multiplié par 10, le gain en décibel baisse de 20 dB (i.e. l'amplitude est divisée par 10).

$\diamond$  Pour la phase :

$$\varphi(x) \xrightarrow{x \rightarrow 0} \arg(1) = 0 \quad \text{et} \quad \varphi(x) \underset{x \rightarrow \infty}{\sim} \arg \left( \frac{1}{jx} \right) = -\frac{\pi}{2}$$

- ③ Déterminer l'expression de la fréquence de coupure  $f_c$ , puis la calculer pour  $R = 1,0 \text{ k}\Omega$  et  $C = 0,10 \mu\text{F}$ .

Réponse

On a trouvé

$$\omega_c = \frac{1}{RC} \Leftrightarrow f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} R = 1,0 \text{ k}\Omega \\ C = 0,10 \mu\text{F} \end{cases}$$

A.N. :  $f_c = 1,6 \times 10^{13} \text{ Hz}$

- 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.

Réponse

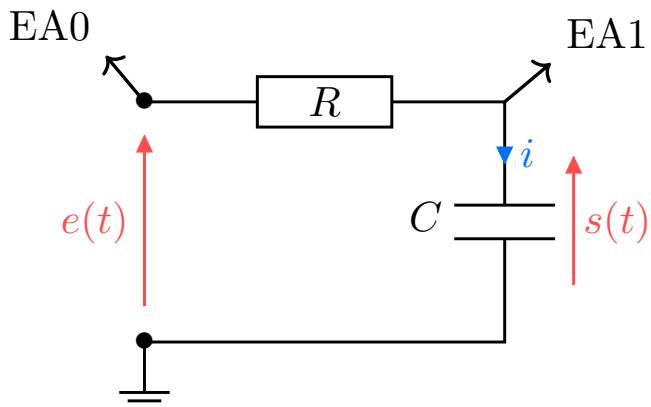


FIGURE TP13.2 – Schéma complété.

- 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).

Réponse

On choisit le mode **AC** (courant alternatif).

- 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.

Réponse

À la fréquence coupure, on obtient

$$S_m(f_c) = |H(f_c)|E_m = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

L'application numérique donne bien  $S_m(f_c) \approx 2$  carreaux.

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

### Réponse

**TABLEAU TP13.2** – Mesures pour diagramme de BODE.

$f$ (Hz)	$G_{\text{dB}}$ (dB)	$ \Delta t $ (μs)	$ \Delta\varphi_{s/e} $ (rad)	$\Delta\varphi_{s/e}$ (rad)
100	-0,02	99,9	0,06	-0,06
300	-0,15	98,8	0,19	-0,19
600	-0,58	95,6	0,36	-0,36
1000	-1,44	89,3	0,56	-0,56
1200	-1,95	85,7	0,65	-0,65
1600	-3,03	78,4	0,79	-0,79
2000	-4,11	71,5	0,90	-0,90
3000	-6,58	57,5	1,08	-1,08
5000	-10,36	40,2	1,26	-1,26
7000	-13,08	30,6	1,35	-1,35
10 000	-16,07	22,5	1,41	-1,41
20 000	-22,01	11,9	1,49	-1,49
30 000	-25,52	8,1	1,52	-1,52
40 000	-28,01	6,1	1,53	-1,53
50 000	-29,95	4,9	1,54	-1,54



## 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).

### Réponse

Voir fin du sujet.



- 3] Ajouter sur le diagramme, les asymptotes obtenues grâce à l'étude théorique de l'analyse.

### Réponse

Idem.



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**.

Réponse

On trouve  $f_{c,\text{exp}} = (1,57 \pm 0,02) \text{ kHz}$ , d'où l'écart normalisé

$$E_n = \frac{|f_{c,\text{exp}} - f_{c,\text{theo}}|}{u_{f_{c,\text{exp}}}} \Rightarrow E_n = 1 < 2 \text{ donc compatibles.}$$



- 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**.

Réponse

Calcul similaire.



- c – La nature du filtre.

Réponse

C'est un passe-bas.

