Nom : Prénom : Groupe :

DUT GEII – S2 – ELECTRONIQUE

GRAPHES ASYMPTOTIQUES DE BODE : CIRCUITS RC AVANCE ET RETARD DE PHASE

TRAVAUX PRATIQUES N°3

S. Joly – 04/02/2020 – rev. 3

geii
IUT de BORDEAUX

1. Généralités et conditions expérimentales

Lorsqu'un signal traverse un filtre, il se produit automatiquement une variation de phase entre l'entrée et la sortie du filtre. Dès que nous branchons ensemble deux éléments aux comportements différents en alternatif (circuit RC par exemple), nous obtenons un vecteur résultant que variera soit entre ± 90 °. Le but de ce TP est donc de tracer la courbe de réponse en fréquences du module en dB et de l'argument d'une fonction de transfert en utilisant les gabarits de fonctions élémentaires représentées par des segments de droites en coordonnées semi-logarithmiques.

Liste du matériel utilisé :

- Platine de test Jeulin (voir Figure 1)
- Composants en boitier : résistances 10kΩ et 1kΩ, condensateur 10nF (voir Figure 1)
- Générateur de tension HAMEG 8030 (sinusoïdal, triangulaire, carré)
- Oscilloscope TEKTRONIX TBS1052B

Figure 1 : Platine de test sécurisé, composants en boitier UME (ici résistance et condensateur)

2. ANALYSE DU CIRCUIT « RC » AVANCE DE PHASE

2.1. Rappels théoriques : mise en forme de la fonction de transfert

Le schéma du montage RC à avance de phase est donné en figure 2. La tension v_e est sinusoïdale. Nous nous proposons de dessiner la courbe de réponse de la fonction de transfert (module et argument) du circuit en utilisant le graphe asymptotique de Bode. Ce graphe nécessite une mise en forme particulière de la fonction de transfert.

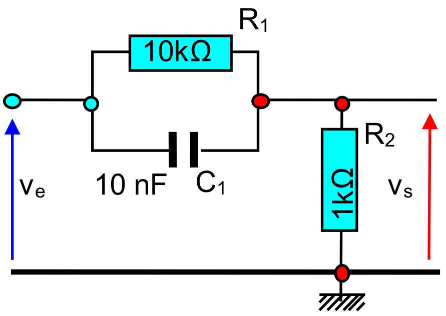


Figure 2 : Représentation schématique du circuit RC à avance de phase

Exprimons la fonction de transfert du montage (diviseur de tension) :

$$\underline{T}(\omega) = \frac{\underline{v_s}}{\underline{v_e}} = \frac{R_2}{R_2 + \dfrac{R_1}{1 + j\omega R_1 C_1}} \quad \text{(1) en sachant que } R_1 // C_1 = \frac{R_1}{1 + j\omega R_1 C_1}$$

Il est nécessaire d'exprimer l'équation (1) de manière à mettre en évidence les fonctions élémentaires (voir annexe B).

- $T(\omega) = \dfrac{R_2(1 + j\omega R_1 C_1)}{R_2(1 + j\omega R_1 C_1) + R_1}$ qui devient après développement :
- $T(\omega) = \dfrac{R_2}{R_1 + R_2}(1 + j\omega R_1 C_1)\dfrac{1}{1 + j\omega \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} C_1}$ (2)

L'expression (2) fait apparaître deux constantes de temps et les fréquences de coupure correspondantes :

- $\tau_1 = R_1 C_1$, $f_{c1} = \dfrac{1}{2\pi\tau_1}$
- $\tau_2 = (R_1 // R_2) C_1$, $f_{c2} = \dfrac{1}{2\pi\tau_2}$

Sachant que $\omega = 2\pi f$, l'équation (2) prend la forme complexe suivante qui est alors exploitable :

$$T(f) = \frac{R_2}{R_1 + R_2}\left(1 + j\frac{f}{f_{c1}}\right)\left(\frac{1}{1 + j\dfrac{f}{f_{c2}}}\right) \quad (3)$$

2.2. Expressions du module et de l'argument de la fonction de transfert.

Le graphe asymptotique de Bode du module et de l'argument de la fonction de transfert *T(f)* mise en forme selon l'équation (3) s'obtient en traçant sur une échelle semi-logarithmique la somme de fonctions élémentaires simples qui sont indiquées en annexe B.

2.2.1. *Module de T(f) exprimé en dB :*

$$|T(f)|_{dB} = 20 \log\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) + 10 \log\left[1 + \left(\frac{f}{f_{c1}}\right)^2\right] - 10 \log\left[1 + \left(\frac{f}{f_{c2}}\right)^2\right] \quad (4)$$

L'équation (4) est la somme de trois fonctions élémentaires asymptotique de Bode (cf annexe B).

2.2.2. *Déphasage ϕ (f) de la sortie par rapport à l'entrée.*

$$\Phi = 0 + \mathrm{Arc\ tan}\left(\frac{f}{f_{c1}}\right) + \left[-\mathrm{Arc\ tan}\left(\frac{f}{f_{c2}}\right)\right] \quad (5)$$

L'équation (5) est encore la somme de trois fonctions élémentaires de Bode asymptotique du tableau en annexe B.

2.3. Manipulations

2.3.1. *Tracer sur les papiers semi-logarithmiques le graphe asymptotique de Bode des fonctions élémentaires indiquées dans les relations (4) et (5).*

2.3.2. *En déduire, par addition, le graphe asymptotique de Bode du module et de l'argument de la fonction de transfert du circuit à avance de phase.*

2.3.3. *Réaliser sur la maquette le circuit RC à avance de phase qui sera excité par une tension sinusoïdale d'amplitude constante. En prenant une décade de part et d'autre de chaque fréquence de coupure, reporter les points expérimentaux sur les graphes précédents.*

Commenter les résultats.

3. ANALYSE DU CIRCUIT RC A RETARD DE PHASE

Le schéma du montage RC à retard de phase est donné en figure 2 où la tension v_e est sinusoïdale.

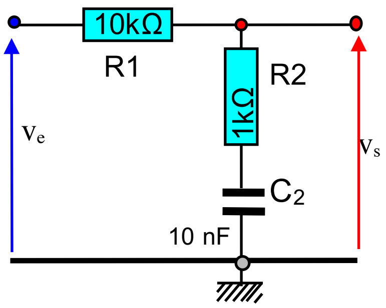


Figure 3 : Représentation schématique du montage RC à retard de phase

3.1. Expressions du module et de l'argument de la fonction de transfert.

3.1.1. ***Montrer***, *en s'inspirant de la première partie, que la fonction de transfert du circuit RC à retard de phase s'exprime selon :* $$T(f) = \frac{1 + j\dfrac{f}{f_{c3}}}{1 + j\dfrac{f}{f_{c4}}} \qquad (6)$$

3.1.2. ***Donner les expressions*** *des constantes de temps τ_3 et τ_4 et des fréquences de coupures à -3dB.*

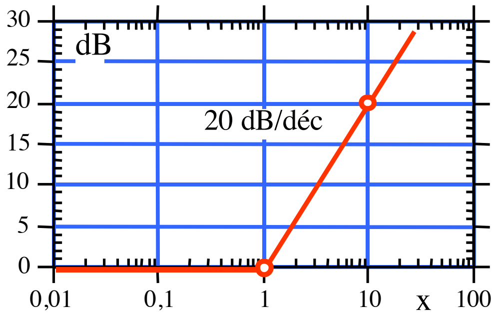
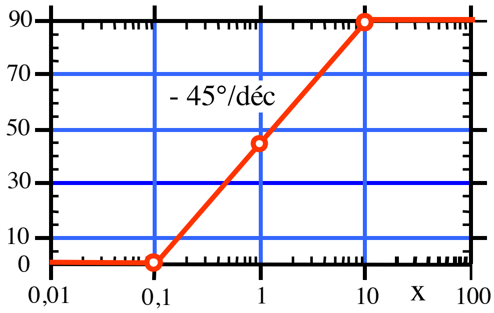
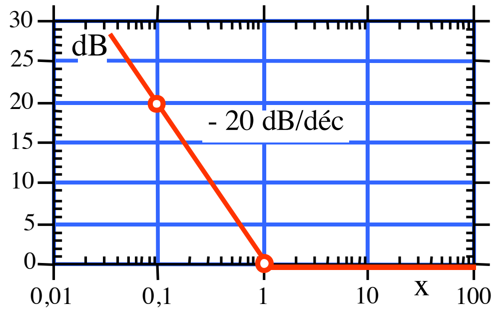
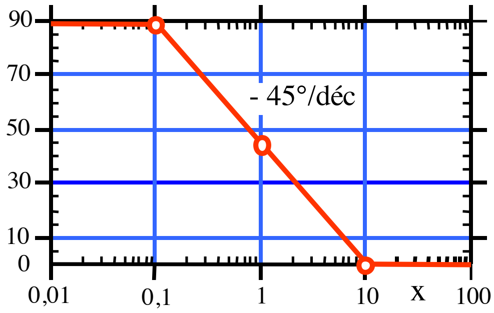
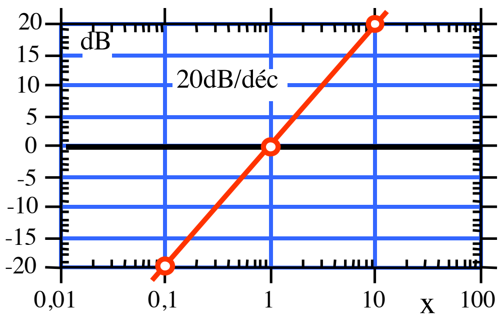
3.1.3. ***Déterminer l'expression*** *du module de la fonction de transfert exprimé en déciBels ainsi que son argument ϕ permettant de tracer le graphe de Bode asymptotique.*

3.2. Manipulations

3.2.1. ***Tracer*** *sur les papiers semi-logarithmiques, le graphe asymptotique de Bode des fonctions élémentaires et en déduire, par addition, le graphe asymptotique du module et de l'argument de la fonction de transfert du circuit à retard de phase.*

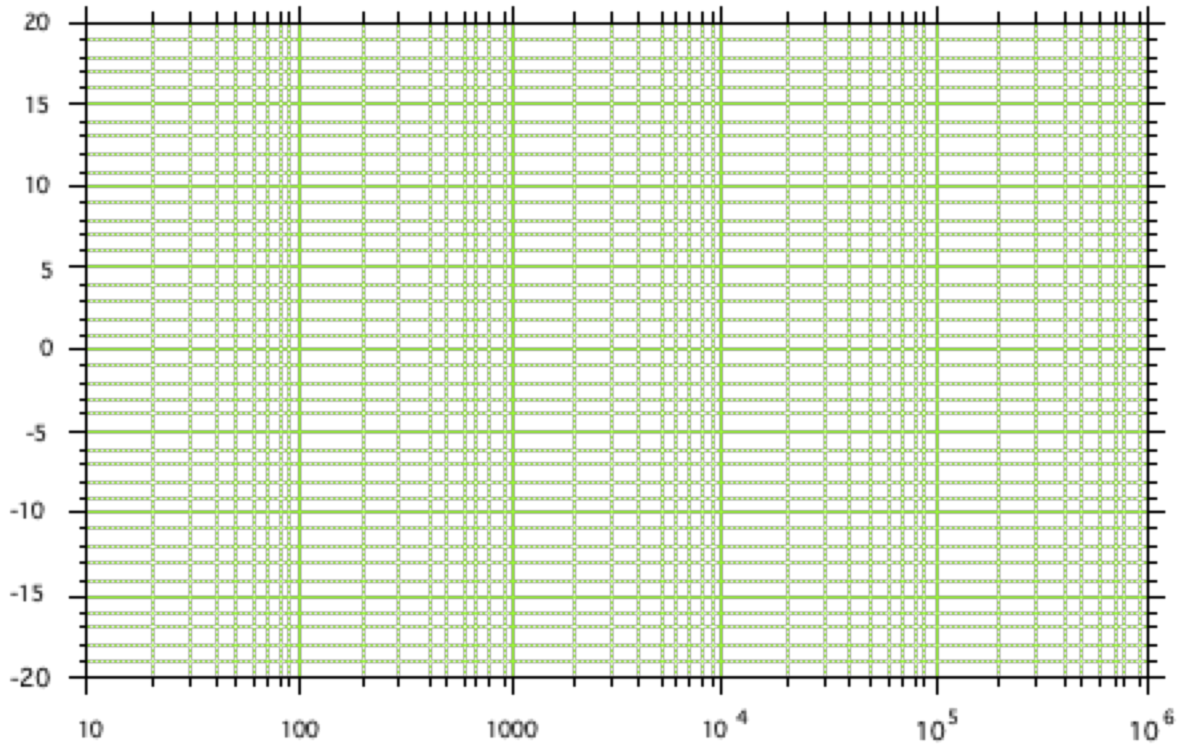
3.2.2. *Réaliser sur la maquette le circuit RC à retard de phase qui sera excité par une tension sinusoïdale d'amplitude constante. En prenant un domaine des fréquences où les mesures ont un intérêt, reporter vos points expérimentaux sur les graphes de Bode théoriques. Commenter les résultats.*

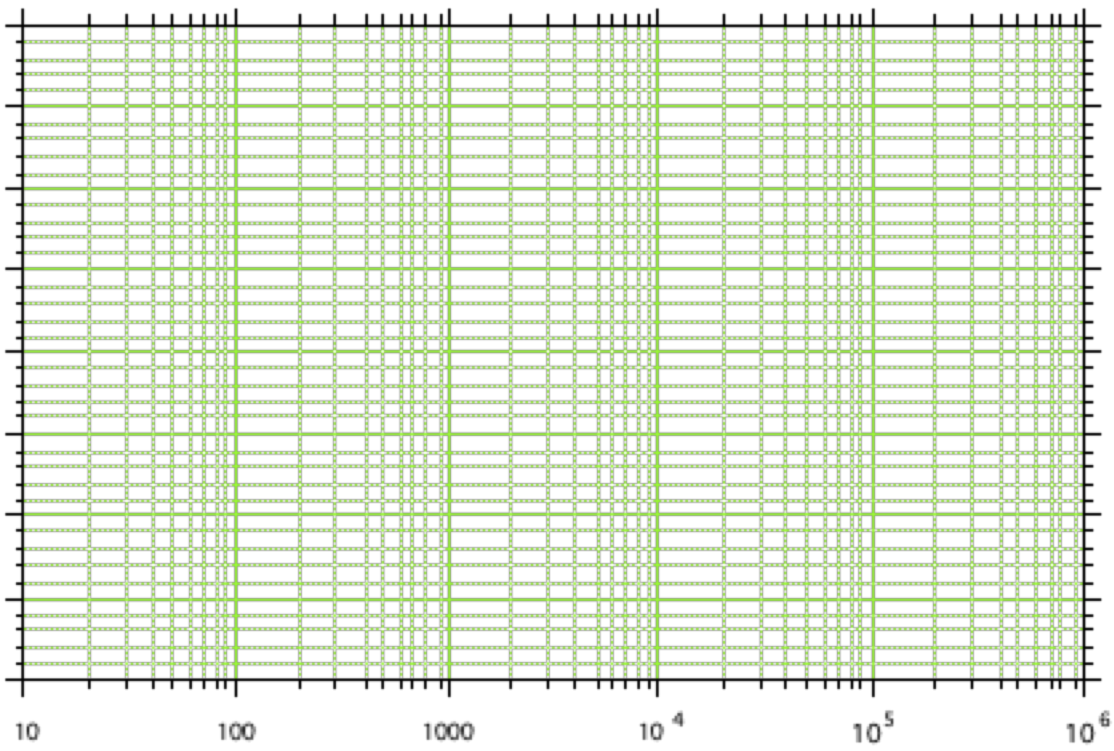
Annexe B. FONCTIONS ELEMENTAIRES DE BODE

Fonction de transfert	Module	Argument
$x = \dfrac{f}{f_c}$ T (x) = 1+j x	$10 \log (1+x^2)$ 	Arc tan (x) 
$T(x) = \dfrac{1}{1+jx}$	$-10 \log (1+x^2)$ Symétrique par rapport à l'axe x du graphe précédent	-Arc tan (x) Symétrique par rapport à l'axe x du graphe précédent
$T(x) = 1 + j\dfrac{1}{x}$	$10 \log(1 + \dfrac{1}{x^2})$ 	$Arc\ tan(\dfrac{1}{x})$ 
$T(x) = \dfrac{1}{1 + j\dfrac{1}{x}}$	$-10 \log (1+1/x^2)$ Symétrique par rapport à l'axe x du graphe précédent	*-Arc tan (1/x)* Symétrique par rapport à l'axe x du graphe précédent
T (x) = j x	$10 \log (x^2) = 20 \log(x)$ 	+ 90°
$T(x) = \dfrac{1}{jx}$	$-10 \log (x^2) = -20 \log (x)$	- 90 °

CIRCUITS RC A AVANCE DE PHASE

GROUPE : **NOMS :**





CIRCUIT RC A RETARD DE PHASE