

# TP n°16 – Filtre RC et analyse de Fourier

## Objectifs :

- Tracer le diagramme de Bode en gain du filtre RC passe-bas
- Se familiariser avec l'utilisation de papier millimétré en échelle semi-logarithmique
- Visualiser le spectre de Fourier des signaux délivrés par un GBF
- Réaliser l'opération « valeur moyenne » à l'aide d'un passe-bas

## 1. Diagramme de Bode en gain du filtre RC passe-bas

### 1.1. Rappels résultats théoriques du filtre RC passe-bas

En vous reportant à l'étude fait en cours, redonner (sans redémontrer) les résultats suivants :

- Fonction de transfert du filtre RC passe-bas
- Equation des asymptotes BF et HF du gain en décibels. A quelle fréquence se coupent-elles ?
- Expression générale du gain (linéaire). Quelle est la *fréquence de coupure* du filtre.

### 1.2. Choix de R et C - Réalisation du montage

- Faire un schéma du RC série alimenté par un GBF, avec sortie aux bornes de C. Représenter la masse du circuit (mise à la Terre des appareils branchés sur le secteur) et les branchements des voies de l'oscilloscope.
- En modélisant le GBF par un générateur de Thévenin associant une source idéale de tension sinusoïdale  $e(t)$  et une résistance interne  $R_{GBF} = 50 \Omega$ , déterminer la résistance totale du circuit réalisé en considérant  $e(t)$  comme l'entrée (donc  $R_{GBF}$  fait partie du circuit étudié, pas de l'entrée).
- Quelle est la valeur minimale de la résistance R (résistance du boîtier réglable) que l'on doit choisir pour que la résistance totale du montage soit égale à R à 1% près ?

*Par la suite, pour pouvoir négliger les effets de la résistance interne du GBF, on choisira toujours une valeur de R supérieure à ce minimum.*

- Calculer la valeur de C permettant d'obtenir une fréquence de coupure de 1 kHz.
- Réaliser alors le montage, le GBF délivrant une tension sinusoïdale d'amplitude 6 V.
- Que doit-on concrètement mesurer à l'oscilloscope pour tracer le diagramme de Bode en gain ?

### 1.3. Tracé du diagramme de Bode en gain sur papier semi-log

On souhaite tracer le gain en décibels en fonction du logarithme de la *fréquence*. Par commodité, on rentre les valeurs mesurées dans un tableau Excel, afin d'utiliser les formules disponibles sur Excel pour calculer  $G_{dB}$ .

#### Utilisation du papier millimétré en échelle semi-logarithmique

- en ordonnées l'échelle est linéaire, il faut donc **calculer soi-même** le gain en décibels
- en abscisse l'échelle est logarithmique, il suffit de **reporter les valeurs de la fréquence** (pas de  $\log(f)$ )

***En abscisse, c'est la déformation du quadrillage qui effectue la transformation logarithmique.***

- Réaliser les mesures pour (6-7) fréquences comprises entre :  $10^2$  Hz et  $10^5$  Hz. Les reporter sur la feuille.
- Effectuer quelques mesures en plus, pour préciser l'allure de la courbe là où se coupent les asymptotes

#### 1.4. Exploitation du tracé et mesure de la fréquence de coupure

- Déterminer graphiquement (et approximativement) les asymptotes BF et HF.
- Mesurer les pentes des asymptotes. Sont-elles compatibles avec les valeurs attendues ?

Pour mesurer la fréquence de coupure, deux méthodes sont possibles. L'une est graphique (rapide, peu précise), l'autre nécessite une nouvelle mesure (plus précise).

- Méthode graphique : Déterminer la fréquence de coupure par lecture de l'abscisse du point d'intersection des deux asymptotes. Vérifier qu'à cette fréquence,  $G_{dB} = G_{dB_{max}} - 3dB$ .
- Nouveau point de mesure : Modifier la fréquence du GBF jusqu'à obtenir une amplitude en sortie diminuée d'un facteur  $\sqrt{2}$  par rapport à la valeur maximale de la sortie.

## 2. Visualisation du spectre de Fourier de quelques signaux

On conserve le même montage que précédemment. Il n'est pas utile de le démonter.

### 2.1. Signaux alternatifs de valeur moyenne nulle

- Brancher la sortie du GBF directement sur l'interface de LatisPro. *Continuer à observer les signaux à l'oscilloscope, cela permet de s'assurer de la qualité des signaux en temps réel.*

On considère successivement les trois types de signaux suivants : sinusoïdal, créneau et triangulaire (*sans offset*). Pour chacun de ces signaux délivrés par le GBF :

- Faire une acquisition de la tension délivrée par le GBF
- Observer le spectre de Fourier (opération réalisable via l'onglet « Traitement » de Latis). L'imprimer.
- Pour quelles valeurs de fréquence l'amplitude est-elle non nulle ?
- Pour le créneau (resp. le triangle), vérifier que l'amplitude des harmoniques décroît en  $1/n$  (resp. en  $1/n^2$ ), où  $n$  est le rang de l'harmonique considérée.

### 2.2. Signaux de valeur moyenne non nulle

- Dans le cas du signal créneau, ajouter une composante continue (bouton offset). Observer le spectre de Fourier du signal. Est-il compatible avec le spectre attendu ?

### 2.3. Action du filtre sur le spectre du signal – Effet d'une non linéarité, enrichissement du spectre

- A partir du montage du paragraphe précédent, vérifier qu'en sortie du filtre il n'y a pas plus d'harmoniques qu'en entrée.
- Ajouter ensuite une diode entre R et C, sans rien modifier d'autre dans le montage, vérifier que des harmoniques sont apparues en sortie du filtre.

## 3. Réalisation de la fonction « valeur moyenne »

- Régler le GBF pour qu'il délivre un créneau  $[0, E]$ , de fréquence  $10^4$  Hz.
- Régler la capacité du filtre RC de manière à obtenir une fréquence de coupure de l'ordre de 100 Hz.
- Quelle est l'allure du signal en sortie du filtre ?
- Quelle est la valeur moyenne théorique du créneau délivrée par le GBF ? Conclure.
- Enregistrer les signaux à l'entrée et à la sortie du filtre. Observer les spectres de Fourier de ces signaux. Expliquer alors pourquoi un filtre passe-bas *réalise l'opération « valeur moyenne »* pour des signaux d'entrée de fréquence très supérieure à la fréquence de coupure du filtre.