Thème I. Ondes et signaux (Électricité)

TP n°15 Filtrage et amplification

Vendredi 21 février 2025

Capacité exigibles du programme :

- ✓ **Mettre en œuvre les fonctions de base de l'électronique réalisées par des blocs dont la structure ne fait pas l'objet d'une étude spécifique. Associer ces fonctions de base pour réaliser une fonction complexe en gérant les contraintes liées aux impédances d'entrée et/ou de sortie des blocs.**
- ✓ Gérer, dans un circuit électronique, les contraintes liées à la liaison entre les masses.
- ✓ Obtenir un signal de valeur moyenne, de forme, d'amplitude et de fréquence données.
- ✓ Repérer précisément le passage par un déphasage de 0 ou π en mode XY.
- ✓ **Étudier le filtrage linéaire d'un signal non sinusoïdal à partir d'une analyse spectrale. Effectuer l'analyse spectrale d'un signal périodique à l'aide d'un oscilloscope numérique.**

Matériel disponible :

- un GBF ; un oscilloscope numérique ; un multimètre ;
- des résistances, condensateurs et bobines : boites à décades, et composants uniques ;
- un bloc suiveur constitué d'un Amplificateur Linéaire Intégré (noté ALI) à brancher sur une plaquette blanche ;
- un bloc amplificateur constitué d'un ALI et de deux résistances à brancher sur une plaquette bleue.

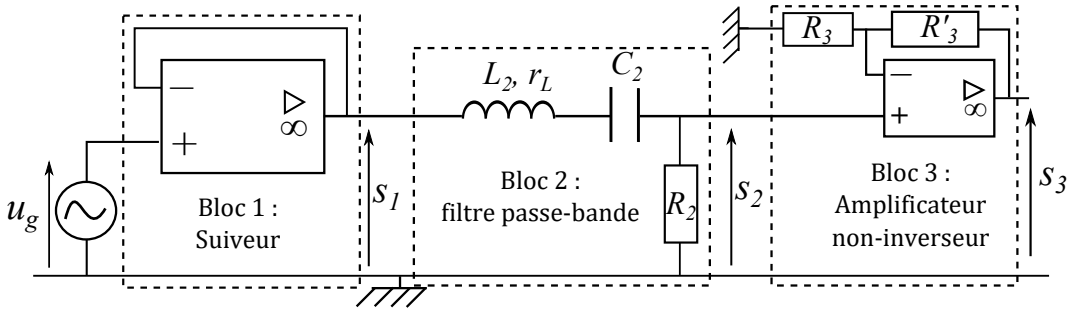
Objectif du TP *(À vous de l'écrire !)*

Méthode

Pour espérer faire fonctionner le montage que vous allez réaliser, qui est autrement plus difficile que ceux réalisés jusqu'à présents, **merci de respecter les conseils** suivants :

- Réaliser les **montages comme ils sont représentés sur le schéma** : composants dans le même ordre et dans la même disposition spatiale.
- Utiliser les **fils noirs uniquement pour toutes les masses**.
- Conseil pour ce TP : utiliser **une couleur de fil spécifique pour chaque bloc** qui sera construit au fur et à mesure.

I Montage global



Attention : Précaution à prendre
Les ALI devront être alimentés en +15 V et −15 V AVANT toute chose.

■ **Bloc 1 suiveur**

- $u_g(t)$ est la tension aux bornes du GBF de fém $e(t)$ et de résistance interne r_g : $u_g(t) = e(t) - r_g i^+(t)$.
- Fonction de transfert : $\boxed{\underline{H_1} = \dfrac{\underline{s_1}}{\underline{u_g}} = 1}$ donc $s_1(t) = e(t)$

■ **Bloc 2 filtre passe-bande**

- Fonction de transfert du bloc 2 : $\boxed{\underline{H_2}(j\omega) = \dfrac{\underline{s_2}}{\underline{s_1}} = \dfrac{\dfrac{R_2}{R_2 + r_L}}{1 + \dfrac{j}{R_2 + r_L}\left(L_2\omega - \dfrac{1}{C_2\omega}\right)}}$
- Facteur de qualité $Q = \dfrac{1}{R_2 + r_L}\sqrt{\dfrac{L_2}{C_2}}$.
- La résonance a lieu, quelque soit la valeur de R_2, pour $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{1}{L_2 C_2}}$.
  Les tensions $s_1(t)$ et $s_2(t)$ sont en phase en ω_0.
- Valeurs des composants : $R_2 = 200\ \Omega$, C_2 =*à déterminer* , $L_2 = 0,15$ H , r_L =*à mesurer !*

■ **Bloc 3 amplificateur**

- Fonction de transfert $\boxed{\underline{H_3} = \dfrac{\underline{s_3}}{\underline{s_2}} = 1 + \dfrac{R'_3}{R_3}}$.
- Valeurs des composants : *à déterminer*

■ **Association des blocs**
L'impédance de sortie du suiveur (bloc 1) est nulle ($Z_{s1} = 0$) et l'impédance d'entrée de l'amplificateur (bloc 3) est infinie ($Z_{e3} = \infty$). On a donc $Z_{e2} \gg Z_{s1}$ et $Z_{e3} \gg Z_{s2}$, ce qui permet à chacun des blocs de fonctionner indépendamment de la présence du bloc placé en sortie. Ils réalisent donc les fonctions pour lesquels ils sont prévus, malgré la présence des deux autres blocs. La fonction de transfert du montage global s'écrit alors $\underline{H}(j\omega) = \underline{H_1}(j\omega) \times \underline{H_2}(j\omega) \times \underline{H_3}(j\omega)$

■ **Développement en série de Fourier d'un signal créneau de fréquence f et d'amplitude A :**
$s(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \dfrac{4A}{\pi(2k+1)} \cos\Big((2k+1)\pi f\Big)$.

Objectif du montage global : Sélectionner l'harmonique 3 ($f_3 = 3f$) d'un signal créneau de fréquence $f = 4300$ Hz. Comme l'amplitude de l'harmonique 3 du signal créneau est faible, après la sélection il est nécessaire de l'amplifier. On souhaite amplifier l'harmonique 3 sélectionné d'un facteur 11.

II Étude des blocs

Avant de mettre les blocs bout à bout, **on les réalise individuellement** et on les étudie successivement afin de vérifier leur bon fonctionnement. Pour cela, on alimentera, successivement, chaque bloc, par **un signal sinusoïdal de valeur moyenne nulle et d'amplitude 1 V**.

Attention

Chaque bloc est construit, puis étudié isolément des autres, avant de passer à la construction et à l'étude du bloc suivant.
Vous ne déferez pas les blocs au fur et à mesure, mais les laisserez construits pour, à la fin, pouvoir les mettre bout à bout.

II.1 Bloc 1 : Suiveur

Rôle du montage

Q1. * Quel peut-être l'intérêt du montage suiveur ? On pensera notamment au courant d'entrée.

Observations

☞ Construire le bloc suiveur.

☞ Vérifier que le signal de sortie est bien égal au signal d'entrée.

II.2 Bloc 2 : Filtre passe-bande

Choix de C_2

Q2. * Quelle valeur faut-il choisir pour C_2 pour que ce filtre passe-bande puisse servir à sélectionner l'harmonique de rang $n = 3$ d'un signal créneau de fréquence $f = 4300$ Hz ?

Observations

☞ Mesurer la résistance interne r_L de la bobine et la capacité du condensateur C_2.

☞ Construire le bloc RLC série.

☞ Par un balayage rapide en fréquence, vérifier la nature du filtre.

Q3. ✍ Noter vos observations.

☞ Mesurer expérimentalement, en utilisant la méthode la plus précise, la fréquence de résonance du filtre.

Q4. ✍ Décrire la méthode suivie pour la détermination de la fréquence de résonance, ainsi que la valeur de la fréquence de résonance ainsi mesurée.

II.3 Bloc 3 : Amplificateur

Choix du montage

Q5. * Dans le cours, nous avons vu deux montages amplificateurs.
Quelles sont leurs impédances d'entrée et de sortie ?
Justifier alors pourquoi il a été décidé d'utiliser le montage amplificateur non inverseur ici.

Q6. * Comment choisir R_3 et R'_3 afin de réaliser une amplification d'un facteur 11 ? Proposer des valeurs numériques.

Observations

Le bloc amplificateur utilise un ALI, qui doit être alimenté par une alimentation continue entre +15 V et −15 V. vous utiliserez la même alimentation que pour l'ALI du bloc suiveur.

L'alimentation du suiveur ne sera pas enlevée, on se branchera en parallèle.

☞ Construire le bloc amplificateur.

☞ Observer les signaux d'entrée et de sortie, mesurer leurs amplitudes.

Q7. ✍ Noter vos observations. Vérifier la valeur du gain G_3.

III Sélection de l'harmonique 3

Observations

On souhaite maintenant **sélectionner l'harmonique 3 (de fréquence $3f$) d'un signal créneau de fréquence $f = 4300$ Hz.**

☞ Relier les blocs les uns aux autres.

☞ Visualiser la tension s_1 et la tension s_3 à l'oscilloscope.

☞ Visualiser leurs spectres et mesurer les fréquences et les amplitudes des harmoniques de s_1 et s_3.

Q8. ✍ Représenter les signaux observés ainsi que les spectres obtenus.

Observation temporelle de s_1 et s_3 :

Spectres de s_1 et s_3 superposés

Q9. ✍ Commenter vos observations.

Q10. ✍ Quantifier la qualité du filtrage effectué en exploitant les spectres.

Bilan

Conclure le TP sur la (les) problématiques qui se pose(nt) lors de la mise en cascade de plusieurs blocs.