



Thème I. Ondes et signaux (Électricité) TP n°17 Filtrage et amplification

Vendredi 15 mars 2024

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.
- ✓ Mettre en œuvre un dispositif expérimental illustrant l'utilité des fonctions de transfert pour un système linéaire à un ou plusieurs étages. Comprendre l'intérêt, pour garantir leur fonctionnement lors de mises en cascade, de réaliser des filtres de tension de faible impédance de sortie et forte impédance d'entrée.
- ✓ 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.
- ✓ Mesurer une tension à l'oscilloscope numérique. Définir la nature de la mesure effectuée (valeur efficace, valeur moyenne, amplitude, valeur crête à crête, ...).
- ✓ 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 : boîtes 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 !*)

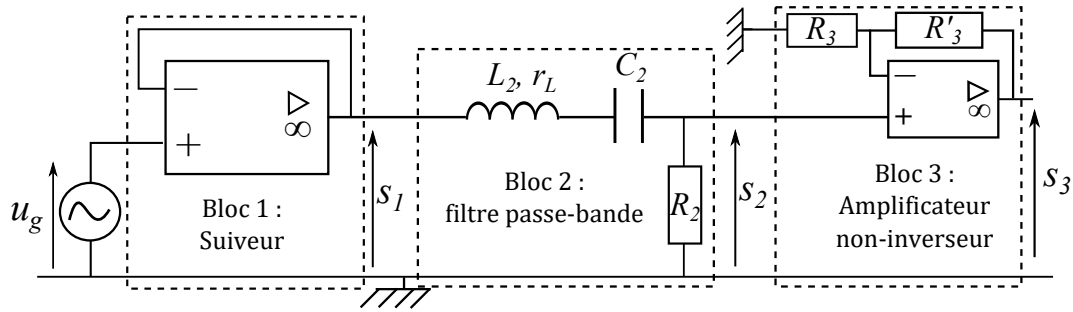


Méthode

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 : $\underline{H}_1 = \frac{s_1}{u_g} = 1$ donc $s_1(t) = e(t)$

■ Bloc 2 filtre passe-bande

- Fonction de transfert du bloc 2 : $\underline{H}_2(j\omega) = \frac{s_2}{s_1} = \frac{\frac{R_2}{R_2 + r_L}}{1 + \frac{j}{R_2 + r_L} \left(L_2 \omega - \frac{1}{C_2 \omega} \right)}$
- Facteur de qualité $Q = \frac{1}{R_2 + r_L} \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}$.
- La résonance a lieu, quelque soit la valeur de R_2 , pour $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{L_2 C_2}}$.
Les tensions $s_1(t)$ et $s_2(t)$ sont en phase en ω_0 .
- Valeurs des composants : $R_2 = 200 \Omega$, $C_2 = \text{à déterminer}$, $L_2 = 0,15 \text{ H}$, $r_L = \text{à mesurer}!$

■ Bloc 3 amplificateur

- Fonction de transfert $\underline{H}_3 = \frac{s_3}{s_2} = 1 + \frac{R'_3}{R_3}$.
- 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 :

$$s(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{4A}{\pi(2k+1)} \cos((2k+1)\pi f).$$

Objectif du montage global : Sélectionner l'harmonique 3 ($f_3 = 3f$) d'un signal créneau de fréquence $f = 4300 \text{ Hz}$. 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 défez 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.

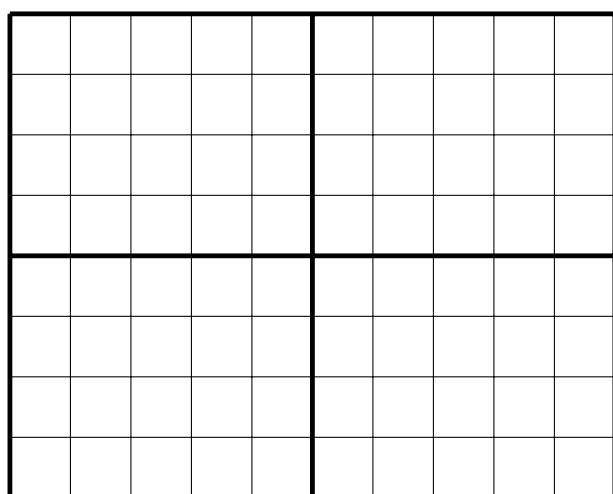


Observations

☞ Construire le bloc suiveur.

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

Q2. 📝 Noter vos observations.



Calibre de temps :/div

Calibre CH1 :/div

Calibre CH2 :/div

II.2 Bloc 2 : Filtre passe-bande



Choix de C_2

Q3. * 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 ?

Fréquence de l'harmonique $n = 3$ d'un signal créneau de fréquence $f = 4300$ Hz : $f_3 =$

La fréquence de résonance du filtre passe-bande doit donc être de : f_0

Expression de C_2 en fonction de f_0 :

Valeur de C_2 à choisir :



Observations

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

☞ Construire le bloc RLC série.

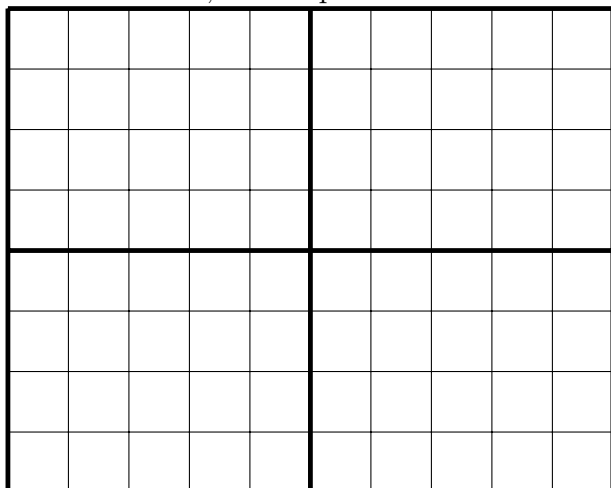
☞ Par un balayage rapide en fréquence, vérifier que le filtre réalisé est bien un passe-bande.

Q4. ✎ Noter vos observations.

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

Q5. ✎ Décrire la méthode suivie pour la détermination de la fréquence de résonance et la valeur, assortie d'une incertitude.

À la résonance, en temporel :

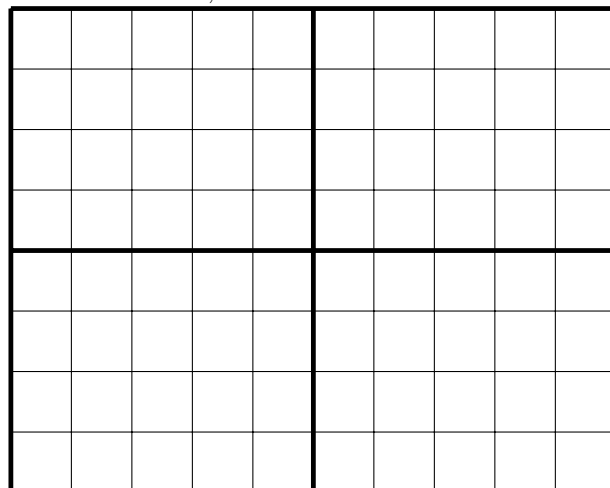


Calibre de temps :/div

Calibre CH1 :/div

Calibre CH2 :/div

À la résonance, en mode XY :



Calibre CH1 :/div

Calibre CH2 :/div

Valeur de f_0 mesurée et son incertitude :

☞ Mesurer les amplitudes de S_{1m} et S_{2m} à la résonance.

Q6. ☞ En déduire le gain $G_2(\omega_0)$ à la résonance.

À la résonance :

En entrée du filtre passe-bande, à la résonance : $S_{1m} =$

En sortie du filtre passe-bande, à la résonance : $S_{2m} =$

Gain du filtre à la résonance : $G_2(\omega_0) = \frac{S_{2m}}{S_{1m}} =$

II.3 Bloc 3 : Amplificateur

Choix du montage

Q7. * 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.

Q8. * 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.

☞ Construire le bloc amplificateur.

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

Q9. ✎ Noter vos observations et la valeur des amplitudes S_{2m} et S_{3m} . En déduire la valeur du gain G_3 .

En entrée du montage amplificateur : $S_{2m} =$

En sortie du montage amplificateur : $S_{3m} =$

Gain du montage amplificateur : $G_3 = \frac{S_{3m}}{S_{2m}} =$

On vérifie qu'il est égal à $1 + \frac{R'_3}{R_3} =$

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 .

Q10. ✎ Qu'observez-vous en sortie ?

Q11. ✎ Représenter les signaux observés ainsi que les spectres obtenus. Noter vos mesures.

Observation temporelle de s_1 et s_3 :

Calibre de temps :/div

Calibre CH1 :/div

Calibre CH2 :/div

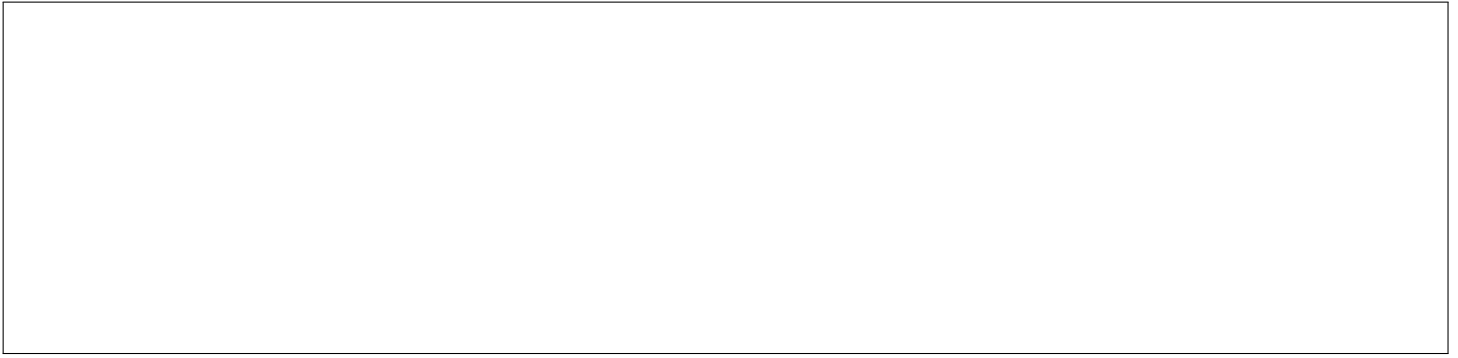
Spectre de s_1 (le créneau) :

Spectre de s_3 :

Valeurs efficaces des harmoniques :

f_n (Hz)			
$S_{1,\text{eff},n}$ (V)			
$S_{3,\text{eff},n}$ (V)			

Q12. ✎ Conclure.



Bilan

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