



Thème I. Ondes et signaux (Électricité)

TP n°8 Étude du filtre de Wien

Vendredis 1^{er} & 8 décembre 2023

Compétences exigibles du programme :

- ✓ Mettre en œuvre un dispositif expérimental illustrant l'utilité des fonctions de transfert pour un système linéaire à un ou plusieurs étages.
- ✓ 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 ou d'une carte d'acquisition.
- ✓ Reconnaître une avance ou un retard. Passer d'un décalage temporel à un déphasage et inversement.
- ✓ Repérer précisément le passage par un déphasage de 0 ou π en mode XY.
- ✓ Capacité numérique : simuler, à l'aide d'un langage de programmation, l'action d'un filtre sur un signal périodique dont le spectre est fourni. Mettre en évidence l'influence des caractéristiques du filtre sur l'opération de filtrage.

Matériel :

- GBF de résistance interne $50\ \Omega$; 1 oscilloscope numérique ; 1 multimètre ;
- 2 résistances de $22\ \text{k}\Omega$; 2 condensateurs de $10\ \text{nF}$



Objectif du TP

Ce TP a deux objectifs :

- Étudier la fonction de transfert d'un filtre par le tracé de son diagramme de Bode.
- Étudier le filtrage effectué par le filtre, expérimentalement puis numériquement.

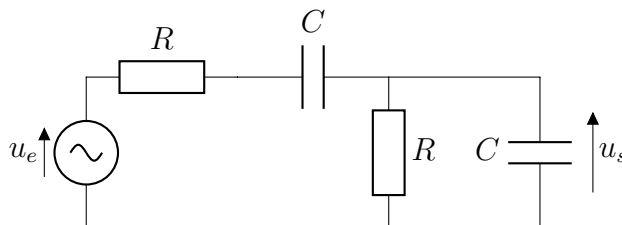
I Étude du filtre de Wien

I.1 Circuit et premières observations



Circuit étudié

On souhaite étudier dans ce TP le filtre ci-dessous avec $R = 22\ \text{k}\Omega$ et $C = 10\ \text{nF}$.



☞ Construire le circuit.



Premières observations

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

Q1. Noter vos observations : comment évolue l'amplitude en sortie avec la fréquence ? le déphasage entre l'entrée et la sortie ? ...

I.2 Diagramme de Bode

Protocole de tracé du diagramme de Bode

- Q2. Proposer un protocole permettant de tracer le diagramme de Bode (en amplitude et en phase) du filtre de Wien (sur Regressi).

Mesures

- ☞ Le mettre en œuvre.

Exploitation du diagramme

- Q3. Exploiter les diagrammes tracés : déterminer la fréquence de résonance, les fréquences de coupure du filtre, la bande-passante, les pentes des asymptotes et le gain maximal.

I.3 Repérage de la fréquence propre : Mode XY

Repérage de la fréquence propre

- ☞ Repérer la résonance.

- Q4. Que pouvez-vous dire du déphasage de la tension u_s par rapport à u_e ?

- ☞ Observer le signal sortant du générateur (Voie 1 correspondant à X) et le signal de sortie (Voie 2 correspondant à Y) en Mode XY (on sélectionne le mode XY en cliquant sur le bouton Horizontal et en choisissant le mode en bas à gauche de l'écran).

- ☞ Observer l'allure à l'oscilloscope et son évolution lorsque la fréquence d'entrée varie.

- Q5. Comment pouvez-vous repérer précisément la fréquence propre correspondant ici à la fréquence de résonance, à laquelle les deux signaux sont en phase ?

- Q6. En déduire une estimation précise de la fréquence de résonance f_0 de ce filtre de Wien, et du gain à la résonance.

II Filtrage d'un signal créneau

II.1 Étude expérimentale du filtrage d'un signal créneau

Observations

- ☞ Alimenter le filtre précédent par un signal créneau de fréquence f grande devant la fréquence propre. On pourra commencer par prendre $f = 20$ kHz.

- ☞ Observer les signaux temporels en entrée et en sortie.

- Q7. Reproduire et commenter les observations. Quelle fonction effectue ce filtre ?

- ☞ Observer les spectres des signaux d'entrée et de sortie.

- Q8. Reproduire les spectres et les mesures des fréquences et valeurs efficaces des premiers harmoniques. Commenter.

- ☞ Reprendre les observations en modifiant la fréquence du signal d'entrée.

- Q9. Noter vos observations.

II.2 Étude numérique du filtrage d'un créneau

L'étude numérique se fait en utilisant le langage python, à l'aide d'un document Jupyter notebook pré-rempli.

Étude numérique : Préliminaires

- 🖥️ Récupérer le fichier TP08_Filtrage_2023-2024, comme d'habitude, dans la zone Echange(P:).
- 🖥️ Exécuter la première cellule pour pouvoir utiliser les bibliothèques `numpy`, `matplotlib.pyplot` (tracés), et `cmath` (gestion des nombres complexes).
- 🖥️ Des fonctions nécessaires, du module `cmath` sont nécessaires ici, exécuter les lignes de la partie préliminaire et comprendre chaque instruction.

Étude numérique : Générer un signal dont le spectre est connu

- On souhaite pouvoir générer n'importe quel signal connaissant son spectre (fréquences, amplitudes et phases des harmoniques). C'est le but de la fonction `gene_signal`.
- 🖥️ Compléter la ligne manquante.

Étude numérique : Générer le signal d'entrée

- 🖥️ Compléter les différentes cellules permettant de générer le signal créneau. La fréquence f et l'amplitude A sont celles que vous avez choisies lors de l'étude expérimentales.
- Q10. Commenter l'allure du signal ainsi généré. Visualiser l'effet du nombre d'harmoniques n choisi.

Étude numérique : Fonctions de transfert

- 🖥️ Les fonctions de transfert sont déjà définies.

Étude numérique : Étude de la réponse du filtre à un signal créneau

- 🖥️ Compléter la cellule avec les paramètres du filtre de Wien.
- Le signal de sortie va être calculé comme nous le ferions à la main, à savoir, que pour chaque harmonique, on calcule l'amplitude du signal de sortie à partir de celle du signal d'entrée et du gain de la fonction de transfert, puis la phase du signal de sortie à partir de celle du signal d'entrée et de l'argument de la fonction de transfert. Pour cela :
 - On parcourt la liste des fréquences des harmoniques du signal d'entrée.
 - Pour chaque fréquence :
 - On calcule la fonction de transfert à cette fréquence, puis le gain et la phase.
 - On calcule l'amplitude de cet harmonique, comme l'amplitude de l'harmonique en entrée multipliée par le gain,
 - et on l'ajoute à la liste des amplitudes des harmoniques du signal de sortie.
 - De même pour la phase à l'origine des temps.
- Enfin, on génère le signal de sortie à partir de la fonction `gene_signal` et des listes qui caractérisent les harmoniques du signal de sortie.
- 🖥️ Tracer le signal de sortie et les spectres.
- Q11. Commenter le signal obtenu.
- Q12. Comparer les spectres des signaux d'entrée et de sortie.
- Q13. Modifier la fréquence f du signal d'entrée, et commenter l'effet du filtrage.

II.3 Étude numérique du filtrage d'un triangle



Étude numérique : Étude de la réponse du filtre à un signal triangulaire

§ ➡ Reprendre en étudiant l'effet du filtre sur un signal triangulaire de différentes fréquences.