

Thème I. Ondes et signaux (Électricité)
TP n°8 Étude du filtre de Wien


Vendredis 29 novembre & 6 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 50Ω ; 1 oscilloscope numérique ; 1 multimètre ;
- 2 résistances de $22 \text{ k}\Omega$; 2 condensateurs de 10 nF

 **Objectif du TP**

Ce TP a deux objectifs :

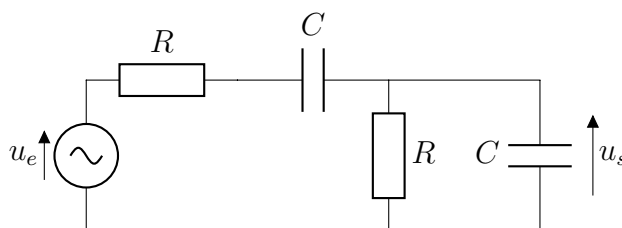
- Étudier la fonction de transfert d'un filtre par le tracé de son diagramme de Bode.
- Étudier le filtrage effectué par le filtre, expérimentalement puis numériquement.

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 Repérage de la fréquence propre : Mode XY

Repérage de la fréquence propre

☞ Repérer la résonance.

Q2. 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).

☞ Modifier légèrement la fréquence au voisinage de la résonance.

Q3. Qu'observez-vous en mode XY ?

Q4. Comment pouvez-vous repérer précisément la fréquence propre correspondant ici à la fréquence de résonance, à laquelle les deux signaux sont en phase ?

Q5. En déduire une estimation précise de la fréquence de résonance f_0 de ce filtre de Wien.

Q6. En mode temporel, mesurer le gain à la résonance.

I.3 Diagramme de Bode

Mesures

☞ Effectuer les mesures nécessaires au tracé des diagrammes de Bode en gain et en phase.

Exploitation du diagramme

☞ Q7. 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.

II Étude du filtrage d'un signal créneau par le filtre de Wien

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.

Q8. Reproduire et commenter les observations. Quelle fonction effectue ce filtre ?

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

Q9. 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.

☞ Q10. 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 notebook sur capytale : <https://capytale2.ac-paris.fr/web/c/2f9b-4412600> (Code de partage : 2f9b-4412600).

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.

Q11. 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.

Q12. Commenter le signal obtenu.

Q13. Comparer les spectres des signaux d'entrée et de sortie.

Q14. 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.



Bilan du TP

■ À la résonance d'un filtre passe-bande du 2^e ordre, les signaux d'entrée et de sortie sont en _____.

■ L'utilisation du mode XY permet de repérer très précisément deux signaux en _____ (respectivement en _____), car alors on observe une _____ (respectivement _____).

Hors de ces deux cas particuliers, on observe une _____.

■ Un filtre passe-bande du 2^e ordre à haute fréquence (c'est-à-dire si $\omega \gg \omega_0$), réalise une _____.

Un filtre passe-bande du 2^e ordre à basse fréquence (c'est-à-dire si $\omega \ll \omega_0$), réalise une _____.

■ L'outil _____ des oscilloscopes permet l'obtention du spectre de la tension observée.

Pour obtenir un spectre convenable, il est nécessaire de le calculer sur un _____ de périodes (mais pas trop non plus : cf critère de Shannon en 2^e année).

Il est alors possible de mesurer les _____ et les _____ des différents harmoniques.

■ L'étude de l'action d'un filtre sur un signal périodique peut s'effectuer numériquement, pour cela, il faut connaître :

— _____ du signal d'entrée (fréquences, amplitudes, phases) ;

— la _____ du filtre.

Pour chaque harmonique du signal d'entrée, en utilisant une boucle for qui parcourt les harmoniques d'entrée, on calcule :

— l'amplitude de l'harmonique du signal de sortie en _____ l'_____ de l'harmonique du signal d'_____ par le _____ du filtre à la fréquence de l'harmonique ;

— la phase de l'harmonique du signal de sortie en _____ la _____ de l'harmonique du signal d'entrée à la _____ du filtre à la fréquence de l'harmonique.