



Vendredis 28 novembre & 5 décembre 2025

<u>Compétences exigibles du programme :</u>

- ✓ 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.
- \checkmark Repérer précisément le passage par un déphasage de 0 ou π en mode XY.
- ✓ <u>Capacité numérique</u>: 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 k Ω ; 2 condensateurs de 10 nF

Travail préparatoire

- Lire l'ensemble de l'énoncé, y compris les annexes, et y identifier ce qu'il faudra faire pendant la séance.
- \blacksquare Préparer les questions précédées d'une ${\mathbb Z}$.

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 (séance n°1)

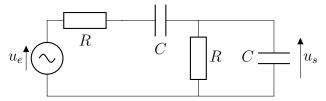
I.1 Circuit et premières observations

On souhaite étudier dans ce TP le filtre ci-contre avec

 $R = 22 \text{ k}\Omega \text{ et } C = 10 \text{ nF}.$

On note $u_e(t) = E_m \cos(\omega t + \varphi_e)$ et

 $u_s(t) = S_m \cos(\omega t + \varphi_s)$



Q1. $\[\]$ Ajouter sur le schéma la Terre et les voies de l'oscilloscope pour observer u_e et u_s .

™ Construire le circuit.

Premières observations

- 🖙 Par un balayage rapide en fréquence, déterminer la nature du filtre.
- Q2. Noter vos observations : comment évolue l'amplitude en sortie avec la fréquence? le déphasage entre l'entrée et la sortie? u_s est-elle en retard ou en avance par rapport à u_e ...

1.2 Repérage de la fréquence propre : Mode XY

Repérage de la fréquence propre

- Repérer la résonance.
- Q3. Que pouvez-vous dire du déphasage de la tension u_s par rapport à u_e à la résonance?
- 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.
- Q4. Qu'observez-vous en mode XY?
- Q5. Comment pouvez-vous repérer précisément la fréquence propre correspondant ici à la fréquence de résonance?
- Q6. En déduire une estimation précise de la fréquence de résonance f_0 de ce filtre de Wien.
- Q7. En mode temporel, mesurer le gain à la résonance.

Diagramme de Bode

- Q8. Rappeler la définition du gain en décibels, et l'exprimer en fonction des amplitudes des tensions d'entrée et de sortie du filtre. Que représente, par rapport aux signaux, la phase du filtre?

 Q9. Quelles grandeurs doit-on mesurer expérimentalement pour obtenir le gain en décibels et la phase et ainsi tracer les deux diagrammes de Bode?

 Q10. Comment est l'échelle en abscisse d'un diagramme de Bode?

 Q11. Comment répartir les mesures en terme de fréquences sur chaque décade pour obtenir un diagramme de Bode convenable efficacement?

$\mathbf{\%}\mathbf{Mesures}$

Effectuer les mesures nécessaires au tracé des diagrammes de Bode en gain et en phase sur 4 décades (2 décades avant la résonance et 2 décades après). On pourra utiliser les mesures automatiques.

Exploitation du diagramme

Q12. Exploiter les diagrammes tracés : déterminer la fréquence de résonance, les fréquences de coupure du filtre, la bande-passante les pentes des asymptotes : 1 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 $(séance\ n^\circ 2)$

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 $f=20~\mathrm{kHz}$.
- Observer les signaux temporels en entrée et en sortie.
- Q13. Reproduire et commenter les observations. Quelle fonction effectue ce filtre?
- Observer les spectres des signaux d'entrée et de sortie.
- Q14. 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.
- §Q15. Noter vos observations.

II.2 Étude numérique du filtrage d'un créneau

L'étude numérique se fait en utilisant le langage python.

🕸 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

 \square 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.

 \S Q16. Commenter l'allure du signal ainsi généré. Visualiser l'effet du nombre d'harmoniques ${\tt n}$ 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.

— et on l'ajoute à la liste des amplitudes des harmon — De même pour la phase à l'origine des temps.

Enfin, on génère le signal de sortie à partir de la fonction g harmoniques du signal de sortie.

Tracer le signal de sortie et les spectres.

Q17. Commenter le signal obtenu.

Q18. Comparer les spectres des signaux d'entrée et de sortie. Enfin, on génère le signal de sortie à partir de la fonction gene_signal et des listes qui caractérisent les

- $\$ Q19. Modifier la fréquence f du signal d'entrée, et commenter l'effet du filtrage.

Étude numérique du filtrage d'un triangle 11.3

&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.

lan du TP		
À la résonance d'un filtre passe-bande du 2 ^e ordre, les signaux d'en	trée et de sortie sont e	en
L'utilisation du <u>mode XY</u> permet de repérer très précisément deux	signaux en	(respective-
ment en), car alors on observe un	ne	
(respectivement).		
Hors de ces deux cas particuliers, on observe une	_•	
Un filtre passe-bande du 2º ordre à haute fréquence (c'est-à-dire si ω	$\gg \omega_0$), réalise une	
Un filtre passe-bande du 2e ordre à basse fréquence (c'est-à-dire si ω	$\ll \omega_0$), réalise une	
L'outil des oscilloscopes permet l'obtention du spectre	e de la tension observe	ée.
Pour obtenir un spectre convenable, il est nécessaire de le calculer	sur	de périodes
(mais pas trop non plus : cf critère de Shannon en 2 ^e année).		
l est alors possible de mesurer les et les		des diffé-
rents harmoniques.		
L'étude de l'action d'un filtre sur un signal périodique peut s'effe	ectuer numériquemen	t, 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 bouc	ele for qui parcourt le	s harmoniques
d'entrée, on calcule :		•
— l'amplitude de l'harmonique du signal de sortie en	1'	de
l'harmonique du signal d' par le du fil		
— la phase de l'harmonique du signal de sortie en		
l'harmonique du signal d'entrée à la du filtr		