

SUIS-JE AU POINT ?

Chapitre 16 : Filtrage linéaire

- 💡 Une notion à bien comprendre, un point à retenir.
- ♥ Une définition/formule à connaître PAR CŒUR.
- 📖 Un savoir-faire à acquérir.
- TD Un exercice du TD pour s'entraîner.

1 Notion de filtre

1.1 Définition

- ♥ Définir un filtre (en électricité), un filtre actif, un filtre passif.

1.2 Fonction de transfert, gain, phase

- ♥ Définir la **fonction de transfert**, le **gain** et la **phase** d'un filtre.
- 📖 Interpréter physiquement le rôle du gain et de la phase d'un filtre (*le gain est le rapport entre l'amplitude de la tension de sortie et celle de la tension d'entrée, la phase est l'avance de phase de la tension de sortie sur la tension d'entrée*).

1.3 Types de filtres

- 💡 Il existe différents types de filtres, que l'on peut classer selon la manière dont ils traitent les basses et les hautes fréquences. On peut citer les filtres **passe-bas**, **passe-haut**, **passe-bande** ou **rejetteur de bande**.
- 📖 Reconnaître la nature d'un filtre dont on fournit l'allure de la courbe de gain.
- ♥ Définir l'**ordre** d'un filtre.

1.4 Diagramme de Bode

- ♥ Définir le **diagramme de Bode en gain**, le **diagramme de Bode en phase** d'un filtre.
- 💡 Sur l'axe des abscisses, l'échelle est **logarithmique**, de manière à pouvoir représenter aussi bien le comportement du filtre aux basses fréquences qu'aux hautes fréquences. Un intervalle unitaire sur l'axe des abscisses correspond à une variation de fréquence d'un facteur 10. On l'appelle une **décade**.

2 Filtres passifs

IMPORTANT : Dans l'intégralité de ce paragraphe, on supposera toujours le courant de sortie $I_s = 0$ (sortie à vide).

TD Filtre du premier ordre : exercice 1.

2.1 Filtre RC passe-bas du premier ordre

- ♥ Représenter schématiquement le filtre RC série passe-bas, en indiquant les bornes d'entrée et de sortie (*la sortie est reliée aux bornes du condensateur*).
- ♥ Rappeler le comportement équivalent d'un condensateur/d'une bobine idéale en BF et HF.
- 📖 En s'appuyant sur des schémas équivalents, déterminer la nature de ce filtre.

2.1.1 Fonction de transfert

- 📖 Établir la fonction de transfert du filtre. L'écrire sous forme canonique. Identifier la pulsation de coupure à -3 dB.

2.1.2 Diagramme de Bode en gain

-  Étudier le comportement asymptotique du filtre ($\omega \ll \omega_c$ et $\omega \gg \omega_c$). En déduire l'équation des asymptotes du diagramme de Bode en gain. Donner la valeur des pentes. Tracer le diagramme de Bode asymptotique puis, sans démonstration, l'allure du diagramme de Bode réel.

2.1.3 Diagramme de Bode en phase

-  Déterminer l'équation des asymptotes du diagramme de Bode en phase. Déterminer la phase à la pulsation de coupure. Tracer le diagramme de Bode asymptotique puis, sans démonstration, l'allure du diagramme de Bode réel.

2.1.4 Caractère intégrateur du filtre en HF

-  Justifier que ce filtre permet d'intégrer les signaux de pulsation $\omega \gg \omega_c$. Établir la relation entre $s(t)$ et $e(t)$ dans le domaine intégrateur.

2.2 Filtre RC passe-haut du premier ordre

-  Reprendre chaque point du paragraphe 2.1., dans le cas du filtre RC série passe-haut.

2.2.1 Fonction de transfert

2.2.2 Diagramme de Bode en gain

2.2.3 Diagramme de Bode en phase

2.2.4 Caractère dérivateur du filtre en BF

-  Justifier que ce filtre permet de dériver les signaux de pulsation $\omega \ll \omega_c$. Établir la relation entre $s(t)$ et $e(t)$ dans le domaine dérivateur.

2.3 Filtre RLC passe-bas du deuxième ordre

TD Filtre du deuxième ordre : exercices 2 à 7.

2.3.1 Fonction de transfert

-  Établir la fonction de transfert du filtre. L'écrire sous forme canonique.

2.3.2 Diagramme de Bode en gain

-  Étudier le comportement asymptotique du filtre ($\omega \ll \omega_0$ et $\omega \gg \omega_0$). En déduire l'équation des asymptotes du diagramme de Bode en gain. Donner la valeur des pentes. Tracer le diagramme de Bode asymptotique puis, sans démonstration, l'allure du diagramme de Bode réel, dans le cas d'une résonance et en l'absence de résonance.

2.3.3 Diagramme de Bode en phase

-  Déterminer l'équation des asymptotes du diagramme de Bode en phase. Déterminer la phase à la pulsation propre. Tracer le diagramme de Bode asymptotique puis, sans démonstration, l'allure du diagramme de Bode réel.

2.4 Filtre RLC passe-bande du deuxième ordre

2.4.1 Fonction de transfert

-  Établir la fonction de transfert du filtre. L'écrire sous forme canonique.

2.4.2 Diagramme de Bode en gain

-  Étudier le comportement asymptotique du filtre ($\omega \ll \omega_0$ et $\omega \gg \omega_0$). En déduire l'équation des asymptotes du diagramme de Bode en gain. Donner la valeur des pentes. Déterminer la gain à la fréquence propre. Tracer le diagramme de Bode asymptotique puis, sans démonstration, l'allure du diagramme de Bode réel, pour différentes valeurs du facteur de qualité.
-  Rappeler la relation entre la largeur de la bande passante et le facteur de qualité. Illustrer l'influence du facteur de qualité sur la bande passante en comparant l'allure du diagramme de Bode réel pour $Q \gg 1$ et $Q \ll 1$.
-  Un filtre passe-bande est **très sélectif** si la bande passante est étroite ($Q \gg 1$) et **peu sélectif** si la bande passante est large ($Q \ll 1$).

2.4.3 Diagramme de Bode en phase

-  Déterminer l'équation des asymptotes du diagramme de Bode en phase. Déterminer la phase à la pulsation propre. Tracer le diagramme de Bode asymptotique puis, sans démonstration, l'allure du diagramme de Bode réel.

3 Valeur moyenne, valeur efficace

3.1 Définitions

-  Définir la **valeur moyenne**, la **valeur efficace** d'un signal périodique.
-  Déterminer la valeur moyenne et la valeur efficace d'une fonction sinusoïdale d'amplitude A sans composante continue (on redonnera sans démonstration les valeurs de $\langle \cos \rangle$, $\langle \sin \rangle$, $\langle \cos^2 \rangle$ et $\langle \sin^2 \rangle$).

3.2 Signal périodique quelconque

-  Pour un signal périodique quelconque, **le carré de la valeur efficace est égal à la somme des carrés des valeurs efficaces de chaque composante de la décomposition en série de Fourier.**

4 Action d'un filtre linéaire sur un signal périodique

TD Action d'un filtre sur un signal périodique : exercices 1,2,3,5,7.

4.1 Action sur une somme finie de signaux harmoniques

-  Pour un signal d'entrée sinusoïdal (sans composante continue) $e(t) = E_m \cos(\omega t + \varphi_e)$, donner l'expression de la tension de sortie $s(t)$.
-  Élargir le résultat précédent au cas d'un signal d'entrée constitué d'une somme de sinusoïdes de fréquences différentes (avec éventuellement une composante continue non nulle).

4.2 Action sur un signal périodique quelconque

-  Dans chacun des cas ci-dessous, justifier la nature du filtre à utiliser et les éventuelles contraintes sur le choix de l'ordre et de la pulsation de coupure.

4.2.1 Suppression d'une composante continue

4.2.2 Moyenneur

4.2.3 Pseudo-intégrateur

4.2.4 Pseudo-dérivateur

4.3 Impédance d'entrée, de sortie

-  Du point de vue de ses bornes d'entrée, un filtre se comporte comme une impédance pure, appelée **impédance d'entrée**.
Du point de vue de ses bornes de sortie, il se comporte comme un générateur linéaire dont la résistance interne est appelée **résistance de sortie**.



Quand on place des quadripôles en cascade, il faut s'arranger pour que les impédances d'entrée soient les plus élevées possibles et les impédances de sortie les plus faibles possible pour éviter les effets type diviseur de tension entre deux quadripôles.