Planche 1

Question : Donner sans démonstration la forme de la courbe de résonance en vitesse ou intensité, et indiquer ses caractéristiques principales.

Exercice : Détection d'un obstacle (E3A PSI 2016)

Un robot doit être capable de détecter des obstacles mobiles : enfant ou animal domestique se déplaçant.

On étudie donc, dans cette partie, la réflexion d'une onde ultrasonore sur un obstacle (ou paroi) assimilé à une interface plane, imperméable, perpendiculaire à la direction de propagation.

L'obstacle se déplace en direction de l'émetteur à vitesse constante $\vec{V} = -V\vec{e}_x$.

On place l'origine du repère à la position initiale de l'obstacle, la position de ce dernier est donc : $x_P(t) = -Vt$

On admet, dans cette partie, qu'il n'y a pas d'onde transmise.

On néglige l'effet de l'écoulement de l'air engendré par le déplacement de la paroi, c'est-à-dire que l'on considère que les ondes incidentes et réfléchies se propagent comme si l'air était au repos.

La pulsation ω_r de l'onde reçue par le récepteur à ultrasons, après réflexion de l'onde sonore émise à la pulsation ω_0 sur un obstacle mobile à la vitesse V est :

$$\omega_r = \omega_0 \frac{1 + \frac{V}{c}}{1 - \frac{V}{c}}$$

1. Dans le cas où l'obstacle mobile est un chien voulant jouer avec le robot et se déplaçant à une vitesse de $V = 3,6$ km·h^{-1} vers ce dernier, justifier la relation :

$$\omega_r = \omega_0 \left(1 + 2\frac{V}{c}\right)$$

Pour prendre la décision adéquate : rebrousser immédiatement son chemin ou continuer encore son trajet, le robot doit déterminer la vitesse V de l'obstacle mobile. Pour cela on va effectuer une détection hétérodyne, c'est-à-dire qui exploite un décalage de fréquence. Dans un premier temps on multiplie la tension u_0 à laquelle a été soumise la lame de quartz par la tension u_r délivrée par le récepteur à ultrasons. Puis on filtre le signal u_e ainsi obtenu.

2. Représenter sur un schéma-bloc les opérations effectuées sur les signaux $u_0(t)$ et $u_r(t)$ par la détection hétérodyne pour obtenir un signal dont l'amplitude est proportionnelle à la vitesse V recherchée.

On a : $u_0(t) = U_0 \cos(\omega_0 t)$, $u_r(t) = U_r \cos(\omega_r t + \varphi)$ et $u_e(t) = k \cdot u_0(t) \cdot u_r(t)$.

3. Exprimer $u_e(t)$ comme une somme de composantes harmoniques puis représenter l'allure de son spectre en pulsation.

4. Dans le cas où l'obstacle mobile est un chien voulant jouer avec le robot et se déplaçant à une vitesse de $V = 3,6$ km·h^{-1}, avec $c = 343$ m·s^{-1} et $f_0 = 40$ kHz, on désire ne conserver que la composante $\omega_r - \omega_0$ pour accéder à la valeur de V. Justifier ce choix. En déduire la nature du filtre nécessaire. Dans quel domaine de valeurs numériques doit se situer la pulsation de coupure ?

On cherche une réalisation simple de ce filtre, pour cela on étudie les 3 quadripôles suivants, pour lesquels on considère que l'intensité i_S du courant de sortie est nulle.

5. Proposer un quadripôle qui réalise la fonction de filtrage désirée ?

6. Déterminer l'expression de la fonction de transfert harmonique du filtre choisi. Exprimer la pulsation de coupure ω_C du filtre en fonction des impdances des composants du quadripole.

7. On désire atténuer d'un facteur 100 l'amplitude de la composante haute fréquence du signal $u_e(t)$, déterminer la valeur de la pulsation de coupure ω_C du filtre. Quel est alors la valeur du facteur d'atténuation de la composante basse fréquence du signal ? Commenter.

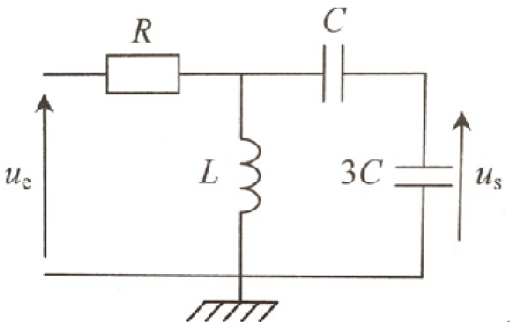
Planche 2

Questions de cours

Question : Définir la valeur moyenne et la valeur efficace d'un signal périodique.

Exercice : Filtre de Colpitts

On considère le quadripôle ci-dessous, où C est une capacité, R une résistance et L une inductance. Il est utilisé en régime sinusoïdal forcé de pulsation ω, en sortie ouverte (rien n'est branché entre les bornes de sortie).

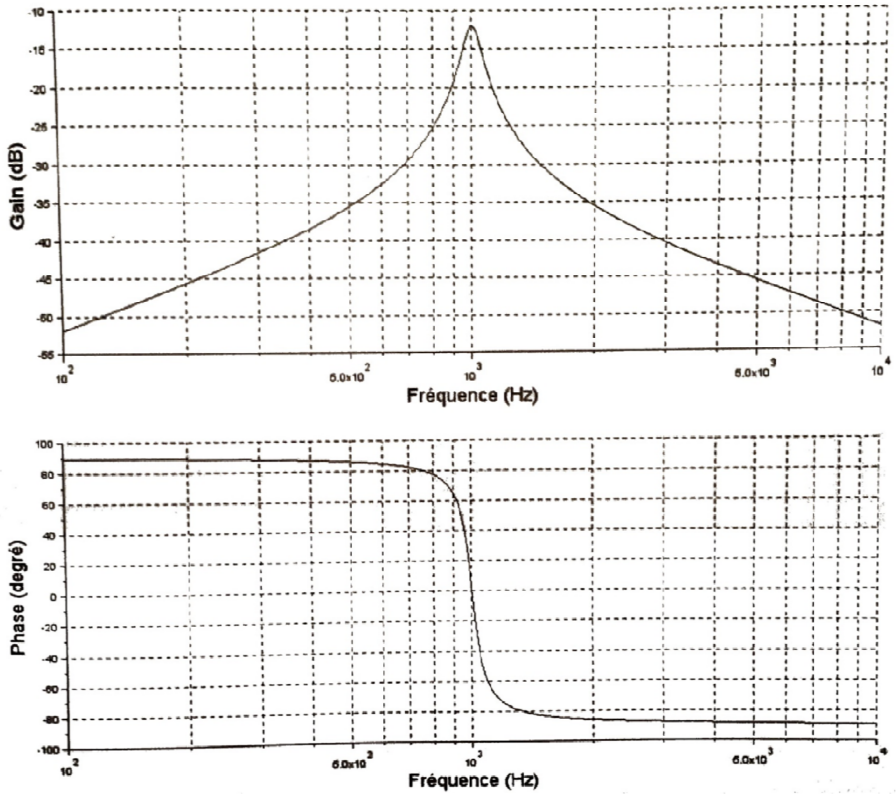


1. Déterminer la fonction de transfert $H = \frac{u_s}{u_e}$ et la mettre sous l'une des deux formes équivalentes

$$H = \frac{A}{1 + jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)} = \frac{A\frac{j\omega}{Q\omega_0}}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + \frac{j\omega}{Q\omega_0}}$$

en introduisant des constantes A, ω_0 et Q dont on précisera les expressions en fonction de R, L et C.

2. Le diagramme de Bode de ce quadripôle a été relevé, et on sait que $Q = 10$.
   (a) Justifier l'allure des parties rectilignes du diagramme de Bode.
   (b) Déduire du diagramme la valeur de la fréquence d'accord f_0, ainsi que des fréquences de coupure.



3. Un circuit multiplieur fournit le signal d'entrée

$$u_e(t) = 2B\cos(\omega_1 t)\cos(\omega_2 t)$$

avec $\omega_1 = 100\omega_0$ et $\omega_2 = 101\omega_0$.
   (a) Écrire $u_e(t)$ sous forme d'une somme de cosinus.
   (b) En déduire le signal obtenu à la sortie du filtre.

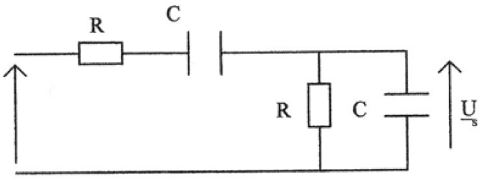
Planche 3

Questions de cours

Question : Expliquer comment on détermine le résultat de l'action d'un filtre linéaire sur un signal périodique dont on connait la décomposition de Fourier.

Exercice : Filtre de Wien

On considère le montage ci-dessous :



1. Sans calculer la fonction de transfert, déterminer la nature du filtre en étudiant le comportement asymptotique.
2. Déterminer la fonction de transfert $\beta = \frac{U_s}{U_e}$ du quadripôle. On posera $\omega_0 = \frac{1}{RC}$.
3. On note $|\beta|$ le module de β et φ son argument. Étudier puis tracer les graphes des fonctions $|\beta| = f(\omega)$ et $\varphi = g(\omega)$. Donner en particulier la pulsation ω_M du maximum de $|\beta|$ et la valeur $|\beta|_M$ du gain correspondant.
4. Déterminer la largeur $\Delta\omega$ de la bande passante et le facteur de qualité $Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}$ de ce filtre. Faire apparaitre les pulsations de coupure sur le graphe $|\beta| = f(\omega)$.
5. Le quadripôle est alimenté par un générateur de tension parfait et fermé sur une résistance d'utilisation infinie. Déterminer son impédance d'entrée et son impédance de sortie en fonction de R et ω_0. Lorsque $\omega = \omega_M$, les exprimer en fonction de R seulement.
6. La tension d'entrée est $U_e(t) = U_0[\cos(\omega_0 t) + \cos(3\omega_0 t)]$. Calculer $U_s(t)$.

Planche Bonus

Exercice 1 : Couplage AC ou DC d'un oscilloscope

La figure ci-dessous montre un signal créneau de période $T = 0,40$ s tel qu'on le visualise en utilisant le couplage DC (courbe en noir) ou le couplage AC (courbe en gris) d'un oscilloscope. Le calibre vertical est 1 V/division dans les deux cas. Lorsque le couplage AC est choisi, le signal passe à travers un filtre du premier ordre.

1. S'agit-il d'un filtre passe-bas ou d'un filtre passe-haut ? Est-ce cohérent avec la fonction du couplage AC ?
2. Déterminer la limite du gain du filtre quand la fréquence tend vers l'infini.
3. Une analyse spectrale montre que l'amplitude du fondamental est égale à 2,5 V pour le signal non filtré et 2,4 V pour le signal filtré. En déduire la fréquence de coupure du filtre $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$.

Exercice 2 : Détermination d'un filtre

Proposer un filtre pour passer du signal s_1 au signal s_2 (voir figures dans l'énoncé). On indiquera les valeurs caractéristiques du filtre.

Les oscillogrammes montrent :

— Signal s_1 : signal modulé en amplitude avec composante continue et oscillations rapides superposées

— Signal s_2 : signal sinusoïdal pur sans composante continue

Analysez le spectre de chaque signal et proposez un filtre adapté (nature, fréquence de coupure ou bande passante).