

Il faut expliquer les réponses données aux questions. Une réponse sans explication vaut 0, que la réponse soit bonne ou non. Une explication bonne vaut la moitié des points, l'autre moitié est pour la réponse exacte. Le barème est donné à titre indicatif.

Dans le problème II, les questions 5 à 9 peuvent être faites sans avoir répondu aux questions 2, 3 et 4.

## I (/9,5)

Une enceinte acoustique connectée à une chaine HIFI est constituée de 3 haut-parleurs : le boomer, le médium et le tweeter. Chacun de ces haut-parleurs est chargé d'émettre une partie du spectre audio. Le tweeter est chargé d'émettre les hautes fréquences.

Le but de cet exercice consiste à synthétiser le filtre placé à l'entrée du tweeter. Il doit laisser passer les fréquences situées entre 7.4 kHz et 19.4 kHz avec une atténuation maximum de 1 dB, et atténuer d'au moins 30 dB les fréquences situées en dessous 3.4 kHz et au-dessus de 43 kHz.

- 1°) Dessiner le gabarit de ce filtre.
- 2°) Déterminer l'ordre min d'un prototype de Chébychev permettant de respecter ce gabarit.
- **3°)** Quelle la fréquence de référence du filtre. Calculer la bande passante relative B du filtre passe bande.

On désire réaliser ce filtre en technologie de Sallen-key.

- **4°)** Tracer le schéma électrique du filtre désiré. Certains étages comportent des amplificateurs. Il faut détailler le cablâge de ces amplificateurs en partant d'amplificateurs opérationnels.
- 5°) Donner les valeurs des  $q_i$  et  $m_i$  de chacun des étages. Calculer les valeurs de chacun des composants. On choisira  $10 \text{ k}\Omega$  comme impédance de référence.
- 6°) Tracer la réponse fréquentielle du filtre désiré sur le gabarit de la question 1°).

Avant d'émettre par voie hertzienne les signaux hautes fréquence à partir d'un téléphone GSM, il faut filtrer les données numériques afin de limiter leur largeur spectrale.

## Cahier des charges:

On désire fabriquer un filtre dont le gain minimum vaut -1 dB en dessous de 10 MHz, et qui atténue d'au moins 23 dB les fréquences au dessus de 100 MHz.

On utilise pour cela des filtres Gaussiens dont la réponse fréquentielle est une Gaussienne. Le module au carré de la réponse fréquentielle d'un filtre passe bas Gaussien, exprimé en fonction de la fréquence

normalisée 
$$\omega_n$$
 vaut :  $\left|H(\omega_n)\right|^2 = \frac{1}{\exp\left(\alpha\left(\omega_n\right)^2\right)}$ .

1°) Tracer le gabarit du filtre passe bas désiré, puis le gabarit normalisé.

On ne dispose pas de tableaux de prototypes de filtres Gaussien. Il faut donc calculer le prototype qui permettra de synthétiser ce filtre. Il faut déterminer  $\alpha$  et l'ordre du filtre pour respecter ce cahier des charges.

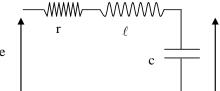
- 2°) Calculer  $\alpha$  pour que le gain à  $\omega_n$  =1 soit égal à -1 dB.
- 3°) Exprimer le dénominateur de  $\left|H(\omega_n)\right|^2$  sous la forme d'un polynôme.

On rappelle le développement limité : 
$$e^z = 1 + z + \frac{z^2}{2} + \frac{z^3}{6} + \frac{z^4}{24} + \dots$$

**4°)** A **quel** ordre d'approximation minimum faut il arreter le développement limité précédent pour que la réponse fréquentielle approchée respecte le cahier des charges. (autrement dit, faut il s'arreter à  $\omega_n^2$ ,  $\left(\omega_n^2\right)^2$ ,  $\left(\omega_n^2\right)^3$  ou  $\left(\omega_n^2\right)^4$  pour le gain dans la bande atténuée soit suffisament petit.) <u>Expliquez votre réponse.</u>

On montre finalement que 
$$\left|H(\omega_n)\right|^2 = \frac{1}{1 + 0.23 \, {\omega_n}^2 + 0.026 \, {\omega_n}^4}$$

- 5°) Vérifier que la fonction de transfert  $H(p_n) = \frac{1}{0.16 p_n^2 + 0.75 p_n + 1}$  est bien à peu près celle d'un filtre Gaussien.
- **6°)** Calculer la fonction de transfert normalisée  $H(p_n)$  du filtre normalisé ci-contre.
- 7°) Calculer les valeurs de c et  $\ell$  qui donnent la fonction de transfert du filtre Gaussien. (choisir r=1)



- 8°) On désire calculer les valeurs des composants réels de ce filtre pour que ce filtre respecte le cahier des charges. Calculer les valeurs de la capacité C et de l'inductance L sachant que l'impédance de référence vaut 50  $\Omega$ .
- 9°) Tracer la réponse fréquentielle sur le gabarit. On précisera le gain à 100 MHz.