

TP n°7 : étude de la réponse en fréquence d'un filtre de pondération de type A.

● But du TP : ce septième TP de BTS SE a pour but l'étude d'un filtre de pondération qui évolue en sens inverse du seuil d'audibilité de l'oreille humaine. On commence par présenter l'utilité d'un tel filtre. Puis, on trace la courbe de gain normalisée pour les filtres de pondération A, B et C. Ensuite, on trace la courbe de gain réelle en utilisant une maquette. Enfin, on simule le fonctionnement de ce filtre à l'aide du logiciel Ltspice.

1) Présentation de l'utilité de tels filtres.

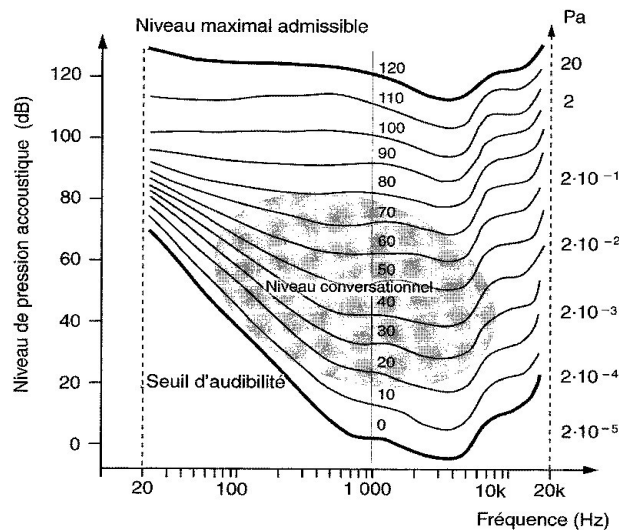
L'oreille a une perception différente des sons selon la fréquence.

Le diagramme ci-dessous représente les courbes d'égale sensation sonore d'une oreille humaine normale en fonction de la fréquence.

La zone d'audition normale est comprise entre la limite de la douleur (vers 120 décibels) et le seuil d'audition (0dB à 1000Hz). Elle est en outre limitée vers 30 Hz pour les fréquences basses et vers 15000 Hz pour les fréquences hautes.

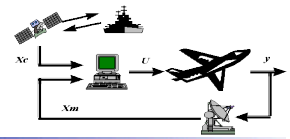
Ce diagramme est une moyenne. Il montre que la sensibilité de l'oreille est maximale entre 1000 et 5000Hz.

Les limites évoluent d'un sujet à l'autre et pour un même individu en fonction de l'âge ou des maladies et accidents.



Pour tenir compte de la sensibilité de l'oreille humaine, on pondère les mesures de sons avec des filtres de pondération : type A pour les sons faibles, B pour les moyens et C pour les sons forts. Le plus utilisé étant le filtre de pondération de type A, on l'étudie dans ce TP et on donne en annexe :

- ➔ un tableau de valeurs permettant de tracer la courbe de gain pour les filtres normalisés de type A, B et C.
- ➔ le schéma structurel de la maquette utilisée pour le filtre de type A.



2) Tracé des courbes normalisées.

A l'aide du tableur d'open office, tracer les courbes de gain des filtres de pondérations de types A, B et C sur la même feuille en se servant de la méthode décrite ci-dessous.
Décrire les différences entre les trois courbes.

Utilisation du tableur d'OpenOffice.

Entrer sur 2 colonnes les valeurs normalisées de la fréquence et du gain.

Pour tracer le graphe : sélectionner les 2 colonnes et suivre la procédure suivante

Insertion → Diagramme → Diagramme XY → Lignes avec symboles

Il faut également modifier l'axe horizontal pour avoir un affichage logarithmique de la fréquence.

Suivre la procédure suivante :

- ✓ Sélectionner le graphe par un «double Clic»
- ✓ Positionner la souris près de l'axe pour voir apparaître « Axe X »
- ✓ Clic droit de la souris et renseigner la nouvelle fenêtre comme indiqué ci-dessous.

Axe X

Ligne | Caractères | Effets de caractères | **Échelle** | Nombres | Étiquette

Échelle de l'axe

Minimum : Automatique

Maximum : Automatique

Intervalle principal : Automatique

Intervalle secondaire : Automatique

Axe à : Automatique

Échelle logarithmique

Modifier enfin la couleur de fond en sélectionnant : Paroi du diagramme → Remplissage Couleur blanche

Il ne reste plus qu'à faire apparaître les grilles secondaires pour une meilleure visibilité graphique.

Menu « Insertion » → Grilles (sélectionner grille principale et grille secondaire)

N'oublier pas d'enregistrer votre fichier dans votre répertoire de travail.

3) Tracé de la courbe réelle.

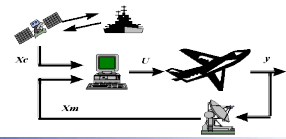
Donner le schéma de câblage des différents appareils d'instrumentation de table nécessaires pour relever « en manuel » quelques points de la réponse en fréquence du filtre.

En balayant les fréquences de $f = 10 \text{ Hz}$ à $f = 100 \text{ kHz}$, donner le type (passe-bas, passe-haut ou passe-bande) du filtre à étudier.

En indiquant votre façon de procéder, noter la valeur du gain et du déphasage pour une dizaine de fréquences choisies de manière intelligente entre 10Hz et 100 kHz.

Tracer la courbe de gain et de déphasage sur feuille de papier semi-log.

Commenter les valeurs réelles en les comparant à celles des données normalisées pour le type A.



4) Utilisation du logiciel de simulation Ltspice.

LTSPICE IV est un logiciel gratuit qui permet de simuler le fonctionnement de nombreux circuits électroniques. L'ancien nom de ce logiciel est SwitcherCAD et la société est Linear Technology. Le site internet est : www.linear.com/software

Le principe d'utilisation de ce logiciel est simple :

- saisie du schéma.
- saisie des caractéristiques des composants, des sources et du type de simulation choisie (en continu, en sinusoïdal, ...)
- simulation et choix des courbes à afficher.

Un fichier de découverte de ce logiciel est présent sur le répertoire SE sur le réseau du lycée. Pour mémoire, les principales commandes pour l'édition de schéma :

| Edit | | |
|-----------------|----------|---|
| Undo | F9 | ← Pour annuler l'action précédente |
| Redo | Shift-F9 | |
| Text | 'T' | ← Pour ajouter du texte sur le schéma comme des commentaires par ex. |
| SPICE Directive | 'S' | ← Pour ajouter une directive spice sur le schéma : Il s'agit d'instructions données au moteur de simulation spice pour effectuer l'analyse de votre circuit. |
| SPICE Analysis | | |
| Resistor | 'R' | ← Pour ajouter des composants |
| Capacitor | 'C' | |
| Inductor | 'L' | |
| Diode | 'D' | |
| Component | F2 | |
| Rotate | ^R | ← Permet d'effectuer une rotation de 90° du composant sélectionné sur la grille de travail. Très utile pour une disposition horizontale ou verticale d'un élément |
| Mirror | ^E | ← Permet d'effectuer un effet de miroir du composant sélectionné sur la grille de travail. |
| Draw Wire | F3 | ← Pour relier les composants par des fils |
| Label Net | F4 | ← Pour donner un nom (plus parlant) aux potentiels du circuit. Exemple : Ve, Vs |
| Place GND | 'G' | |
| Delete | F5 | ← Pour effacer un élément du schéma |
| Duplicate | F6 | ← Pour copier et coller un élément |
| Move | F7 | ← Pour déplacer des éléments |
| Paste | ^V | |
| Drag | F8 | ← Pour déplacer un composant et ses connexions |
| Draw | | ← Commande de dessin pour illustrer votre schéma : Attention ces commandes ne peuvent pas être utilisées pour effectuer les connexions électriques entre composants (seule la commande Draw Wire permet cela) |

Lancer le logiciel et ouvrir le fichier « filtreA.asc ». Dans ce fichier, on a déjà dessiné quelques composants. Compléter le dessin en ajoutant les composants manquants à l'aide des commandes indiquées ci-dessus..

Vérifier la présence du fichier opamp.sub dans le répertoire : <C:\Program>

Files\LTC\LTspiceIV\lib\sub ou copier ce fichier à partir du répertoire de votre classe.

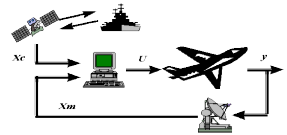
Saisir ensuite les caractéristiques des composants (valeurs des composants passifs, sources).

Pour obtenir la réponse en fréquence d'un montage il faut lancer une simulation en mode AC .

Pour cela on réglera la source de tension Ve en précisant AC 1 (un volt efficace) dans la gamme de fréquence [10Hz,1MHz] avec 1000 points de calcul par décade.

Lancer la simulation et tracer Vs/Ve ce qui permettra d'obtenir le diagramme de Bode de la structure.

Pour obtenir le gain et la phase sur deux graphes différents il faudra actionner la commande « add plot plane » par un click droit puis recopier en déplaçant la courbe par un ctrl et click gauche maintenu. Ensuite sur un des graphes en plaçant la souris sur l'échelle de gauche (le curseur devient une réglette) on choisit par un click gauche « Don't plot phase » pour n'obtenir que le gain et sur l'autre graphe par la même méthode sur l'échelle de droite par la commande « Don't plot



the magnitude » pour n'obtenir que la courbe de phase. Imprimer le résultat.
Comparer les résultats aux courbes réelles et normalisées.

Tracer les asymptotes à la courbe de gain c'est-à-dire les droites asymptotiques à la courbe lorsque $f \rightarrow 0$ et $f \rightarrow \infty$.

Mesurer la pente de ces droites (en dB/décade) et en déduire l'ordre du filtre
(Rappel : 20 dB/décade \rightarrow 1^{er} ordre , 40 dB/décade \rightarrow 2nd ordre, ...)

Annexe.

TABLEAU 1.3 PONDÉRATIONS A, B, C EN dB APPLIQUÉES AUX FRÉQUENCES NORMALISÉES EN TIERS D'OCTAVE.

| Fréq (Hz) | Pondération A | Pondération B | Pondération C | Fréq (Hz) | Pondération A | Pondération B | Pondération C |
|-----------|---------------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|---------------|
| 12.5 | -63.4 | -33.2 | -11.2 | 500 | -3.2 | -0.3 | 0 |
| 16 | -56.7 | -28.5 | -8.5 | 630 | -1.9 | -0.1 | 0 |
| 20 | -50.5 | -24.2 | -6.2 | 800 | -0.8 | 0 | 0 |
| 25 | -44.7 | -20.4 | -4.4 | 1 000 | 0 | 0 | 0 |
| 31.5 | -39.4 | -17.1 | -3 | 1 250 | 0.6 | 0 | 0 |
| 40 | -34.6 | -14.2 | -2 | 1 600 | 1 | 0 | -0.1 |
| 50 | -30.2 | -11.6 | -1.3 | 2 000 | 1.2 | -0.1 | -0.2 |
| 63 | -26.2 | -9.3 | -0.8 | 2 500 | 1.3 | -0.2 | -0.3 |
| 80 | -22.5 | -7.4 | -0.5 | 3 150 | 1.2 | -0.4 | -0.5 |
| 100 | -19.1 | -5.6 | -0.3 | 4 000 | 1 | -0.7 | -0.8 |
| 125 | -16.1 | -4.2 | -0.2 | 5 000 | 0.5 | -1.2 | -1.3 |
| 160 | -13.4 | -3 | -0.1 | 6 300 | -0.1 | -1.9 | -2 |
| 200 | -10.9 | -2 | 0 | 8 000 | -1.1 | -2.9 | -3 |
| 250 | -8.6 | -1.3 | 0 | 10 000 | -2.5 | -4.3 | -4.4 |
| 315 | -6.6 | -0.8 | 0 | 12 500 | -4.3 | -6.1 | -6.2 |
| 400 | -4.8 | -0.5 | 0 | 16 000 | -6.6 | -8.4 | -8.5 |

Maquette utilisée pour le filtre de type A :

