

Club ELEC

## Projet Audio

HO2 - Filtrage du signal audio

5 novembre 2018



## Introduction

Pendant ce quadrimestre, le Club ELEC vous propose de développer une chaîne de conditionnement pour un signal audio, provenant par exemple d'un ordinateur, smartphone, etc. Pour ce faire, le développement du circuit se déroulera en 3 phases, chacune correspondant à une séance de hands-on proposée par le club.

- HO1 : Contrôle du volume sonore.
- HO2 : Filtrage du contenu fréquentiel.
- HO3 : Distorsion du signal audio.

## Objectifs

Les objectifs de ce second hands-on sont :

- De se familiariser avec la notion de réponse en fréquence d'un circuit.
- De comprendre et de pouvoir interpréter un diagramme de Bode, représentant graphiquement le comportement en fréquence d'un circuit.
- De comprendre le fonctionnement et d'implémenter des filtres passe-bas et passe-haut passifs, et d'observer leur impact sur le signal audio.

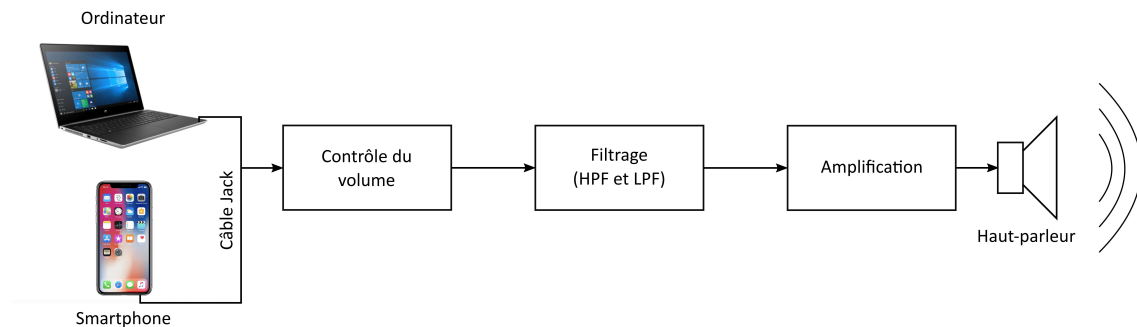


Figure 1 – Schéma-bloc du circuit, avec ajout du bloc de filtrage.

Le schéma-bloc du circuit modifié est présenté à la Figure 1. En comparaison avec la version proposée lors du premier hands-on, on constate maintenant la présence d'un bloc de filtrage entre le contrôle du volume et l'amplification. Ce bloc va permettre de sélectionner la bande de fréquences destinée à être émise. A titre d'information, la plage de fréquences audibles par l'oreille humaine est comprise entre 20 Hz et 20 kHz.

## Description du circuit

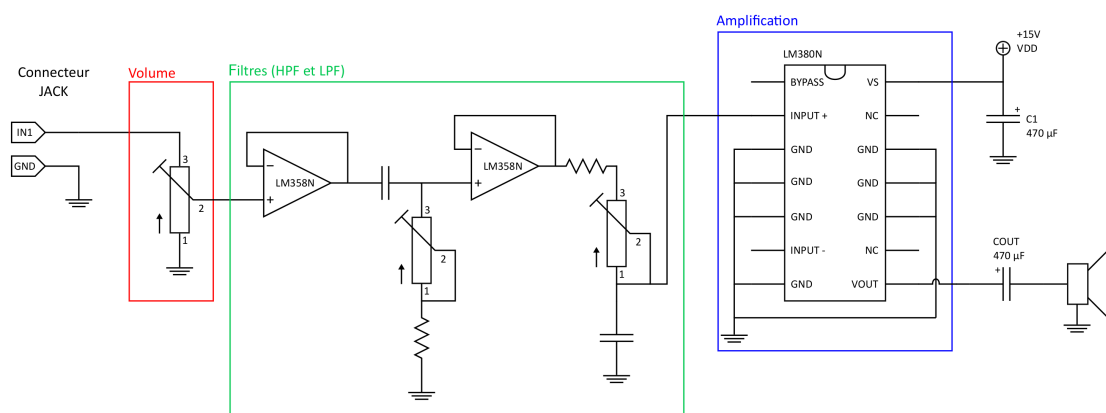


Figure 2 – Schématique du circuit

Le schématique du circuit modifié est présenté à la Figure 2. En partant de la gauche, le signal d'entrée fourni par le câble jack à la borne IN1 passe dans le bloc de contrôle du volume, implémenté par un diviseur résistif, puis arrive dans le bloc de filtrage. Les filtres ont été implémentés sur base de topologies passe-haut et passe-bas passives, c'est-à-dire qu'elles n'utilisent pas d'amplificateur opérationnel. Pour éviter que l'impédance d'entrée (resp. sortie) des blocs suivants (resp. précédents) ait un impact sur le comportement des filtres, ceux-ci sont isolés du reste du circuit par des montages suiveurs, à savoir un amplificateur opérationnel avec une rétroaction unitaire sur la borne négative.

## Diagramme de Bode

Un diagramme de Bode est un outil pour l'analyse du comportement fréquentiel de nombreux circuits, utilisé de façon universelle par les ingénieurs électriciens.

Il est constitué de 2 éléments :

1. Le diagramme en **amplitude** : Pour un signal sinusoïdal à une fréquence donnée, il donne le rapport d'amplitude du signal de sortie et du signal d'entrée du circuit. Ce rapport d'amplitude est généralement exprimé en décibels (dB), à savoir un rapport de puissances, dont la définition est la suivante :

$$20 \log_{10} \left( \frac{V_{out}}{V_{in}} \right)$$

2. Le diagramme en **phase** : Pour un signal sinusoïdal à une fréquence donnée, il donne le déphasage du signal de sortie par rapport au signal d'entrée, exprimé en degrés ou en radians.

Le diagramme de Bode de la Figure 3 donne un exemple de ce que l'on peut observer dans le cas d'un filtre passe-bas. La fréquence de coupure, représentée ici par un trait rouge, est la fréquence à partir de laquelle le filtre commence à atténuer l'amplitude du signal d'entrée. Avant cette fréquence, le signal d'entrée et de sortie ont la même amplitude. Au-delà de cette fréquence, le signal de sortie est atténué par rapport au signal d'entrée.

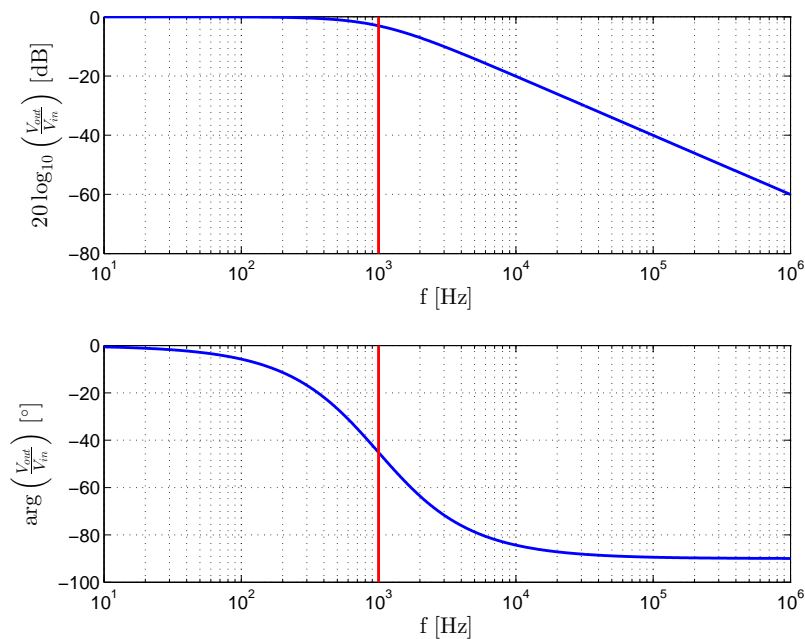


Figure 3 – Diagramme de Bode d'un filtre passe-bas.

### Montage suiveur

Dans le schéma de la Figure 2, les filtres passifs sont isolés les uns des autres grâce à des *amplificateurs*, placés dans des montages suiveurs. Pour réaliser ces montages, nous allons utiliser un chip, le LM358N, représenté sur la Figure 4, qui contient en fait deux amplificateurs. Ce chip a aussi une encoche pour donner l'information sur le sens de branchement. Chaque patte/pin du circuit a une fonction différente, comme renseigné sur la Figure 5. Par exemple, la patte  $V_{cc-}$  (pin 4) doit être connectée à une alimentation de  $-15V$  et la patte  $V_{cc+}$  (pin 8) doit être connectée à une alimentation de  $+15V$ . Les pins 1 à 3 sont les entrées/sortie du premier amplificateur, les pins 5 à 7 sont celles du second.



Figure 4 – Photo de du chip LM358N.

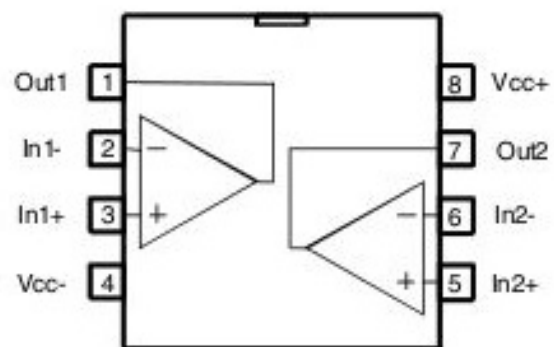


Figure 5 – Nom des pattes du chip LM358N.

Un *montage suiveur* consiste à connecter la sortie d'un amplificateur à son entrée négative ( $IN-$ ). La sortie va alors *suivre* l'entrée positive ( $IN+$ ). Ce montage permet d'isoler ce qui suit l'amplificateur de ce qui le précède, car l'amplificateur a une haute impédance d'entrée et une très faible impédance de sortie.

### Filtre passe-haut

Le premier filtre implémenté est un *filtre passe-haut* (ou *High-Pass Filter*, HPF en anglais). Il s'agit d'un filtre qui laisse passer les hautes fréquences et filtre les signaux à basse fréquence.

Une manière simple de mettre en oeuvre ce type de filtre est d'utiliser une capacité suivie d'une résistance vers la masse (voir Figure 2). La capacité va laisser passer les signaux à haute fréquence. La *fréquence de coupure* du filtre, c'est-à-dire la fréquence  $f_c$  à partir de laquelle le filtre HPF va commencer à laisser passer le signal, est inversement proportionnelle à  $RC$  :

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}.$$

Pour pouvoir contrôler/modifier l'effet du filtre, il suffit d'utiliser un potentiomètre (une résistance variable) à la place d'une résistance fixe.

### Filtre passe-bas

Le second filtre implémenté est un *filtre passe-bas* (ou *Low-Pass Filter*, LPF en anglais). Il s'agit d'un filtre qui laisse passer les basses fréquences et filtre les signaux à haute fréquence.

De nouveau, une manière simple de mettre en oeuvre ce type de filtre est d'utiliser une résistance suivie d'une capacité vers la masse (voir Figure 2). La capacité va court-circuiter à la masse les signaux à haute fréquence, laissant donc passer les signaux à basse fréquence. La *fréquence de coupure* du filtre, c'est-à-dire la fréquence  $f_c$  à partir de laquelle le filtre LPF va commencer à couper le signal, est inversement proportionnelle à  $RC$  :

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}.$$

Pour pouvoir contrôler/modifier l'effet du filtre, il suffit d'utiliser un potentiomètre (une résistance variable) à la place d'une résistance fixe.