

Filtre de répartition purement numérique pour les ESL-63 et SW-63 réalisé à l'aide d'outils logiciels libres sous Linux

Jean-Pierre Dussault

15 avril 2019

Résumé

On présente une solution purement numérique au problème de répartir les basses au Gradient SW-63 et l'essentiel du spectre aux Quad ESL-63. Chacun des deux canaux numériques est par la suite acheminé à chaque convertisseur numérique-analogique (*dac*) dédié, puis à l'amplification et enfin aux haut-parleurs.

Keywords :

Introduction

J'ai eu la chance d'acquérir une paire de haut-parleurs électrostatiques d'occasion Quad ESL-63 il y a plusieurs années. Récemment, la chance m'a encore souri car j'ai mis la main sur une paire de haut-parleurs de graves (dipôles) Gradient SW-63. Cependant, le vendeur n'avait pas conservé le filtre de répartition original. En fouillant, j'ai bien constaté qu'il devait être possible de réaliser un tel filtre dans le domaine numérique. Il existe un produit, MiniDSP, qui propose une solution commerciale. La description du produit m'a convaincu qu'il est possible de réaliser le filtre directement sur un ordinateur.

Le principal point faible de cette solution est qu'il n'est pas possible d'auditionner des sources analogiques dans toute leur pureté, le signal devant obligatoirement être numérisé avant le traitement du filtre de répartition. Ce même point faible est partagé par le miniDSP. Un autre point faible est que le seul contrôle de volume "maître" possible est numérique, les signaux analogiques étant produits séparément pour le ELS-63 et le SW-63.

Je vais décrire l'approche que j'ai suivie. J'ai travaillé sous Linux/Ubuntu et n'ai utilisé que des composantes logicielles très accessibles :

- REW [5] (*Room Equalization Wizard*) pour les mesures ;
- ecasound [8] pour enchaîner les pièces des filtres ;
- *Linux Audio Developer's Simple Plugin API (LADSPA)*[2] ;
- plugiciels (*plugins*) de Richard Taylor (rt-plugins) [7] pour réaliser le filtre ;
- Audacity [1] pour capter la réponse des haut parleurs.

1 Les objectifs du filtre de répartition

Le Gradient SW-63 permet d'étendre d'un petit octave la réponse en basses fréquences des Quad-ESL-63. Un autre bénéfice est d'accroître la tenue en puissance des Quad, libérant les panneaux d'une portion d'énergie à reproduire en deça de 110 Hz. Le défi est de conserver la transparence et définition des Quad dans le processus.

Les Gradient SW-63 étant des dipôles, une compensation (augmentation de 6 db/octave) est requise. De plus, on recommande de limiter leur réponse en deça de 20 hz. Je me suis inspiré des description de Gary qui utilise un MiniDSP pour réaliser le filtre [3] et de Geert Meddens [4] qui a décrit un modèle maison similaire au SW-63 et un filtre (physique analogique) avec des caractéristiques semblables.

Pour ma réalisation, j'ai suivi les instructions de Richard Taylor [6] et les ai adaptées aux objectifs ci-haut mentionnés. J'ai choisi des filtres passe-haut et passe-bas Linkwitz-Riley d'ordre 4 pour séparer les haut-parleurs à 110 hz. J'ai ajouté un filtre passe bas à 28 hz de premier ordre pour augmenter au taux de 6 db/octave la réponse des Gradient pour compenser l'effet dipôle. Enfin, j'ai ajouté un filtre passe-haut Linkwitz-Riley d'ordre 4 au SW-63 à 20 hz pour limiter sa réponse dans l'extrême grave.

Les fichiers de configuration pour l'utilisation au sein de ecasound sont les suivants. D'abord le filtre passe-haut :

```
tweeter = -el:RTlr4hipass,110
```

Maintenant, le passe-bas avec les corrections :

```
woofer = -el:RTlowpass1,28 -el:RTlr4lowpass,110 -el:RTlr4hipass,20
```

2 Tests avec REW

Je vais d'abord présenter les tests des spécifications du filtre. Afin de tester les filtres, j'utilise REW. C'est un logiciel permettant l'ajustement de fréquences et phases afin d'optimiser la réponse dans une pièce d'écoute. Je n'utiliserai pas ses capacités d'optimisation, seulement de mesure. De plus, je vais adopter des tests en différé. REW permet de capter un signal qu'il émet pour calibrer/mesurer la réponse d'un haut-parleur.

2.1 Test des spécifications

Pour tester mes spécifications, j'ai utilisé la capacité de REW de produire le signal test que j'ai consigné dans le fichier `input.wav`. Ensuite, j'utilise ecasound avec mes filtres pour produire un fichier de "mesure". Voici les commandes. D'abord, testons les filtres passe-haut.

```
ecasound -i:input.wav -pf:tweeterlr4.ecp -o:outputT4.wav
```

Ceci produit dans le fichier `outputT4.wav` la réponse du filtre. Pour le filtre passe bas, j'ajoute une amplification de 12 db telle que discutée ci haut.

```
ecasound -i:input.wav -eadb:12 -pf:woofer0.ecp -o:outputW0.wav
```

Enfin, pour avoir la réponse prédite du système complet,

```
ecasound -a:T -i:outputT4.wav -a:W -i:outputW0.wav -a:all -o outputX0.wav
```

J'ai aussi testé un filtre passe-haut de second ordre. Les réponses prédites sont affichées à la figure 1.

Les réponses prédites des filtres eux-mêmes sont identiques aux mesures présentées dans [7]. Leur somme est très proche de l'idéal que je me fixais.

Notons que la figure 1 constitue la mesure par REW du rendement effectivement simulé des filtres ; c'est si bon qu'on pourrait penser qu'il s'agit des courbes théoriques, mais ces courbes sont issues de mesures de simulation.

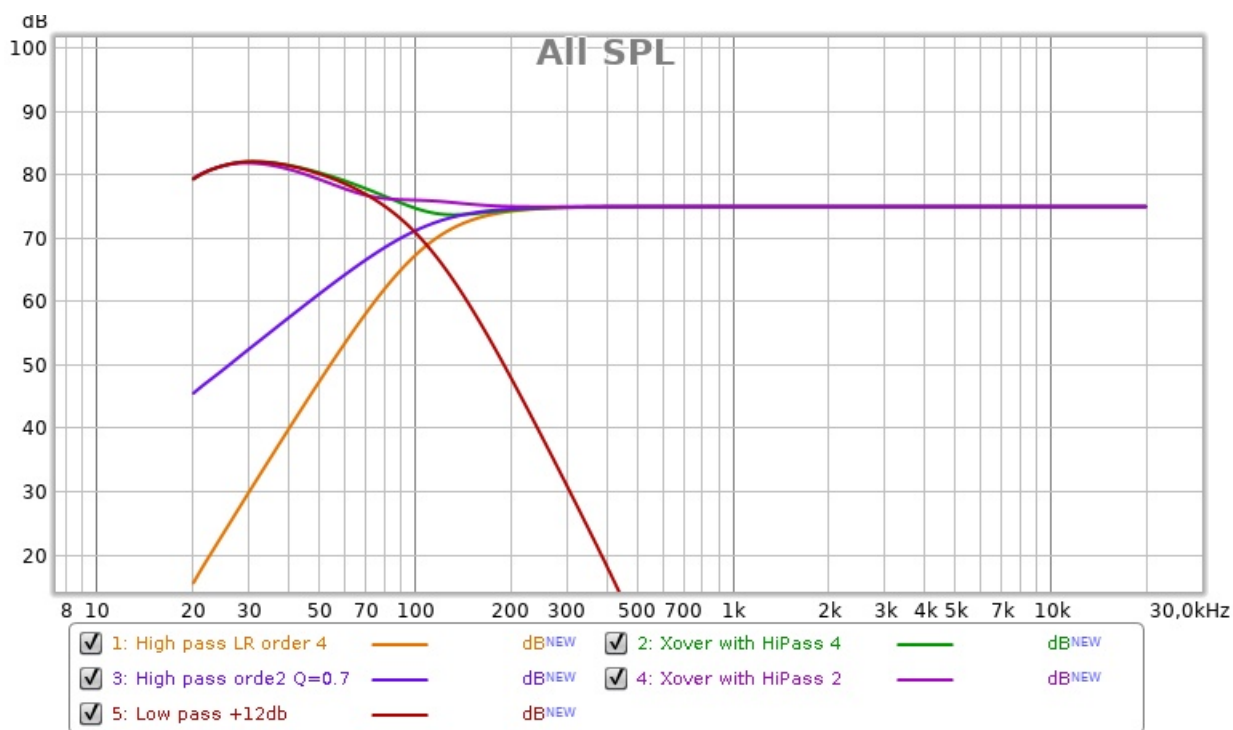


FIGURE 1 – La courbe en rouge est celle des Gradients filtrés, la jaune celle des Quads filtrés à l'ordre 4, la violette celle des Quads filtrés à l'ordre deux, la mauve celle de l'ensemble avec filtre d'ordre 2 et enfin la verte, celle de l'ensemble retenu.

2.2 Test de réponses mesurées des ESL-63 et SW-63

J'ai encore une fois utilisé la capacité de test différée de REW. J'ai fait jouer en utilisant ecasound le signal selon chacun des filtres et capture le signal émis avec un micro calibré EMM-6 et le logiciel Audacity. Voici les commandes pour produire les différentes courbes

de la figure 2. Pour prendre les mesures, j’atténue le signal de 12 db, autrement, on risque l’écrêtage.

```
# signal direct aux Quads
ecasound -i:input.wav -eadb:-12db -o:alsahw,2,0
# signal passe-haut Linkwitz-Riley 4
ecasound -i:input.wav -eadb:-12db -pf:tweeterlr4.ecp -o:alsahw,2,0
# signal passe-bas avec compensations...
ecasound -i:input.wav -eadb:-12db -pf:woofer0.ecp -o:alsahw,1,0
```

Ce dernier filtre atténue de 12 db le signal, tel que discuté. J’ajuste donc le volume de l’amplification en conséquence pour obtenir une réponse somme toute assez linéaire.

En comparant les figures 1 et 2, on peut apprécier la justesse du modèle de prédiction. Les mesures ont été effectuées à partir d’un micro posé sur une banquette, je n’avais pas de poteau de support. Par conséquent, situés un peu plus bas que l’axe d’écoute, on peut expliquer la courbe de réponse descendante dans l’aigu.

2.2.1 Détails

Quelques détails additionnels méritent d’être mentionnés.

- `alsahw,2,0` est la sortie dirigée vers un convertisseur numérique-analogique *HRT Music Streamer II* qui alimente un préampli *Musical Fidelity “the preamp II”*, un amplificateur de puissance *Linn LK85*, et enfin les Quad ESL-63.
- `alsahw,1,0` est la sortie dirigée vers un convertisseur numérique-analogique *Music Hall 25.3* qui alimente un préampli *Musical Fidelity P172*, un amplificateur de puissance *Musical Fidelity P170* et enfin les Gradient SW-63.

3 Écoute

Je joue la musique avec un serveur MPD. Une sortie de type “pipe” permet d’acheminer le signal vers `ecasound`, le filtre et les deux sorties `alsahw`. Voici la spécification `audio_output` du fichier `mpd.conf`.

```
audio_output {
type      "pipe"
name      "DSP xover"
format    "44100:32:2"
mixer_type "software"
command   "export LADSPA_PATH=/usr/local/lib/ladspa:/usr/lib/ladspa;
          ecasound -q -z:nodb -z:mixmode,sum
          -a:pre -f:s32_le,2,44100 -i:stdin -pf:pre.ecp -o:loop,1
          -a:woofer,tweeter -i:loop,1
          -a:woofer -pf:woofer.ecp -o:alsahw,1,0
          -a:tweeter -pf:tweeter.ecp -o:alsahw,2,0 "
```



FIGURE 2 – La courbe en noir est la réponse des Quads seuls. La rouge celle des Gradiends filtrés, la jaune celle des Quads filtrés et la verte, celle de l’ensemble.

}

Quelques séances d’écoute préliminaires lors de la mise au point du filtre me suggèrent que la combinaison SW-63 et ESL-63 possède les mêmes qualités que les Quad ESL-63 seuls. Sur la plupart des programmes musicaux, les deux configurations proposent une sonorité identique. Le gain sur du matériel avec des fréquences très basses (orgue) est manifeste, les Quads seuls démontrant soit une lacune, soit des vibrations parasites importantes sur les notes les plus basses de l’orgue.

Mon installation est dans une pièce d’écoute assez petite (9’6” × 12’4”) , je n’ai pas vraiment testé la capacité de l’ensemble à jouer significativement plus fort que les Quads seuls.

4 Discussion

La configuration effectue la totalité du traitement de filtrage dans le domaine numérique. Les outils utilisés permettent d’expérimenter très facilement différentes options. Un point faible de cette mise en œuvre est de devoir ajuster et calibrer le volume des deux amplificateurs. Il demeure l’option d’ajuster le volume maître dans le domaine numérique, mais avec une éventuelle perte. Les signaux sont calculés en précision de 32 bits¹ puis réduits à 24 bits pour être acceptés par mes CNA (*DAC*). Une réduction de volume numérique n’est donc pas catastrophique.

1. C’est plus compliqué que ça, disons que le signal traité par les filtres en est un de 32 bits, le calcul proprement dit est plus précis que ça puis le signal de 32 bits est converti en 24 bits pour accommoder mes CNA.

La reproduction de signaux analogiques doit impérativement passer par leur numérisation avec cette mise en œuvre. De même, le traitement de signaux en format DSD doit se faire par leur conversion en format PCM avant d'être filtrés et acheminés aux haut-parleurs.

Les filtres utilisés à l'aide de `ecasound`, les `rt-plugins`, sont des filtres RII (à réponse impulsionnelle infinie). Les RIF peuvent également être envisagés. Il faut que j'apprenne tout ça, d'autant plus que la conception de RIF utilise des techniques d'optimisation assez avancées !

Références

- [1] Audacity collaborators. Audacity. <https://www.audacityteam.org/>.
- [2] LADSPA contributors. Linux Audio Developer's Simple Plugin API (LADSPA). <http://www.ladspa.org/>.
- [3] Gizza (Gary). In praise of the minidsp. <https://hifiwigwam.com/forum/topic/125259-in-praise-of-the-minidsp/>, may 2017.
- [4] Geert Meddens. The Contrapunt, a dipole sub woofer for the Quad ESL-63. <http://www.meddens.eu/audio/dipolesub.htm>, sept 1999.
- [5] REW Room Equalization Wizard contributors. Room Acoustics Software (REW Room Equalization Wizard). <https://www.roomeqwizard.com/>.
- [6] Richard Taylor. Digital Crossover/EQ with Open-Source Software : HOWTO. <https://rtaylor.sites.tru.ca/2013/06/25/digital-crossovereq-with-open-source-software-howto/>, june 2013.
- [7] Richard Taylor. LADSPA Plugins for Active Loudspeakers. <https://rtaylor.sites.tru.ca/2013/05/13/ladspa-plugins-for-active-loudspeakers/>, may 2013.
- [8] Kai Vehmanen. Ecasound. <http://eca.cx/ecasound>.