

Rapport technique projet IETI

Pédale Wah Wah

LORAND Erwann, MAYONOVE Louis,
PALIARD Benjamin, RIGOULEAU Maëlys

25 Mai 2023

Table des matières

1	Introduction	2
1.1	Objectifs et principe	2
2	Description du projet	4
2.1	Acquisition du signal de la guitare	4
2.2	Déplacer la bande passante du signal	5
2.2.1	Filtre choisi	5
2.2.2	Semelle et boîtier : conception DAO de la pédale par impression 3D	5
2.3	Isoler et amplifier le signal	5
2.4	Envoyer le signal dans l'amplificateur de guitare pour l'entendre en sortie	8
3	Bilan	9

1 Introduction

Dans l'ensemble des effets à la disposition des guitaristes, l'effet Wah possède une histoire riche tant dans sa conception et son évolution que dans l'utilisation iconique qui en a été faite. De Jimi Hendrix à Rage Against The Machine en passant par Miles Davis, l'effet est passé entre les mains de légendes de la musique. Nous nous sommes proposés de réaliser une pédale d'effet Wah Wah au cours du semestre 6, en voici le rapport technique.

1.1 Objectifs et principe

Dans le cadre du projet IETI, nous avons pour objectif de recréer cet effet Wah Wah sous la forme d'une pédale utilisable par le M@SO (association de musique de l'IOGS). Nous avons alors décidé de diviser le projet en 3 grandes parties :

1. Input-Output :

- i ordres de grandeur
- ii nature des signaux
- iii domaine fréquentiel

2. Modélisation du filtre :

- i choix du filtre
- ii simulation
- iii dimensionnement

3. Conception objet :

- i compacité du circuit
- ii solution technique
- iii DAO & réalisation

Le signal en sortie de la guitare passe directement dans le filtre Wah-Wah, mais nous nous apercevons qu'une amplification est nécessaire avant de faire rentrer le signal dans l'amplificateur et donc dans le système de son. Nous aboutissons donc à la chaîne d'énergie suivante :

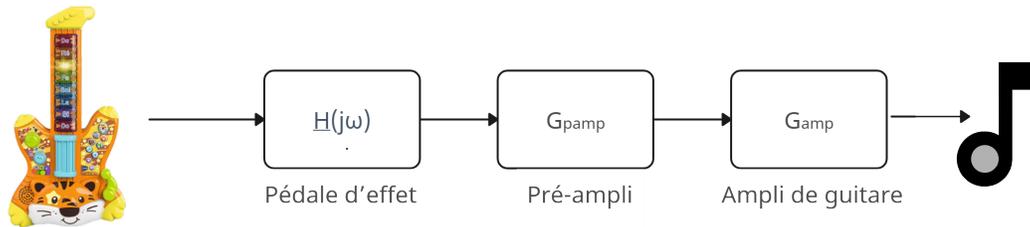


FIGURE 1 – Chaîne de l'énergie

Cette division a donné lieu à l'établissement du cahier des charges indiqué ci-dessous :

Exigence	Sous exigences	Critère(s)
(1.) Actionner l'effet et le piloter par une pédale actionnant un potentiomètre	<ul style="list-style-type: none"> - (1.1) Concevoir un système d'entraînement du potentiomètre - (1.2) Bouton poussoir on/off actionnable par la pédale - (1.3) Pédale permettant un contrôle fin du potentiomètre 	
(2.) Avoir un socle solide et ergonomique	<ul style="list-style-type: none"> - (2.1) Soutient l'action du poids du / de la guitariste - (2.2) Assure une stabilité en jeu 	<ul style="list-style-type: none"> - (2.1.1) Socle solide - (2.2.1) Base plus large que la largeur de pédale
(3.) Filtrer un signal d'entrée « clean » de la guitare par un passe-bande résonant de fréquence variable	<ul style="list-style-type: none"> - (3.1) Concevoir une architecture - (3.2) Faire varier la fréquence de coupure - (3.3) Assurer une tension de sortie du filtre suffisante - (3.4) Alimenter la totalité des composants électronique 	<ul style="list-style-type: none"> - (3.2.1) Sweep range compris entre 20 et 10000Hz - (3.3.1) Régler le gain/pré-amplifier afin d'avoir un volume suffisant - (3.4.1) +9V DC (pile) - (3.4.2) Respecter les normes de sécurité
(4.) Assurer une connexion standard entre la pédale et le reste de son environnement (guitare, pedalboard, ampli...) afin d'être simple d'utilisation		<ul style="list-style-type: none"> - (4.1.1) connectique jack 6.35mm

FIGURE 2 – Cahier des charges

2 Description du projet

2.1 Acquisition du signal de la guitare

Objectifs Pour commencer, il a fallu étudier le signal sortant de la guitare pour connaître la nature du signal produit : forme du signal, tensions minimales/maximales et fréquences afin de prévoir la nécessité (ou non) d'un pré-amplificateur avant le filtre.

Réalisation En branchant la guitare et en observant directement le signal sur l'oscilloscope, on observe un signal périodique (somme de plusieurs sinusoïdes) avec des valeurs de tensions maximales et minimales de l'ordre du mV à la dizaine de mV (voir tableau des valeurs ci-contre).

volume	valeur basse (mV)	valeur haute (mV)
2	4	37
3	12	82
4	16	216
5	13	320
6	30	350
7	46	360
8	50	360
9	80	400
10	88	450

FIGURE 3 – Étude de la sortie de la guitare (multiplier les valeurs par 2 pour avoir la valeur crête à crête)

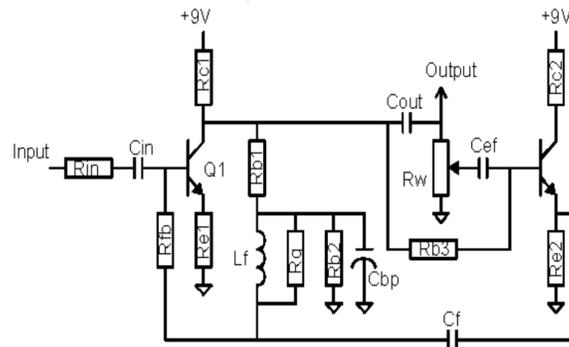
Résultats Remarquons qu'on a en sortie des fréquences allant de 20Hz-10kHz (audible : youpi!).

2.2 Déplacer la bande passante du signal

2.2.1 Filtre choisi

Initialement nous voulions faire une structure passe-bas, passe-haut avec un suiveur entre les deux et faire varier les fréquences de coupure des filtres respectif afin de maitriser le facteur de qualité et la fréquence centrale avec des composants simple à faire varier (potentiomètre). Seulement, un tel filtre réduit grandement l'amplitude du signal, et la réalisation technique permettant de faire varier la fréquence était inutilement complexe. Nous nous sommes donc limité à utiliser un circuit passe-bande résonant (qui dans les faits est en fait un passe-bas résonant) en reproduisant et étudiant le filtre de la Wah de la marque Vox.

Le circuit est donné ci-dessous, la résistance fait varier l'intensité dans la capacité Cf et modifie donc sa valeur, on a donc une capacité variable dans le filtre RLC ($L_f R_q C_f$) de la boucle de rétroaction i.e une fréquence de coupure/résonance variable.



Copyright 1999 R.G. Keen

FIGURE 4 – Circuit de la pédale wah Vox

2.2.2 Semelle et boîtier : conception DAO de la pédale par impression 3D

Au début du projet, nous avons prévu de construire un prototype fonctionnel entier de la pédale. Pour cela, nous avons à disposition une vraie pédale (cry baby) pour s'inspirer de la forme et des dimensions. Nous avons réalisé le schéma 3D de la pédale sur SolidWorks (voir images ci-contre) que nous avons ensuite imprimé au LenSE avec l'imprimante 3D.

2.3 Isoler et amplifier le signal

Objectifs On remarque qu'en sortie du filtre présenté précédemment, lorsqu'on branche un haut-parleur (ou amplificateur) et qu'on cherche à brancher l'oscillateur pour observer le signal, on ne

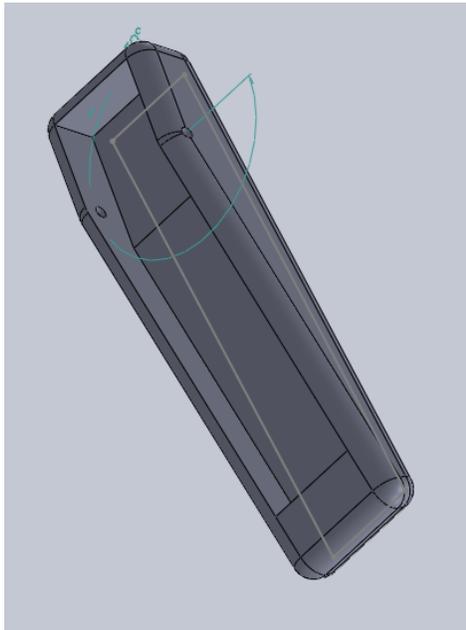


FIGURE 5 – Semelle de la pédale

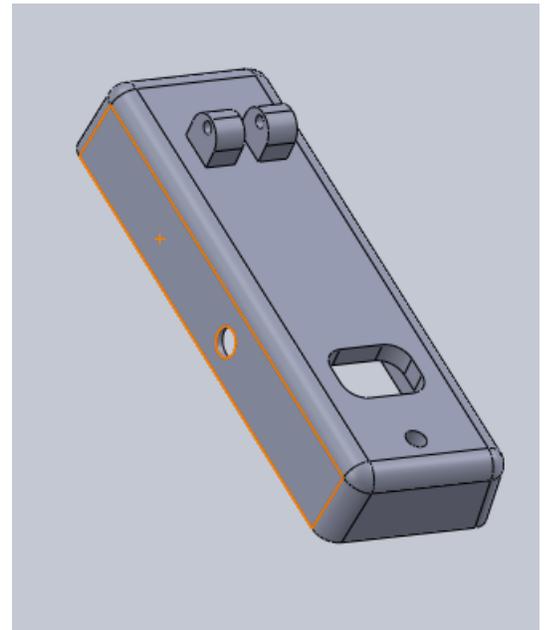


FIGURE 6 – Socle de la pédale

parvient pas à avoir un signal suffisant. En effet, le haut-parleur est équivalent à une inductance d'une impédance de quelques ohms, alors que l'oscillateur possède une impédance bien plus importante. On a donc cherché un moyen d'"isoler" le premier filtre de la partie haut-parleur, l'idée était de placer un amplificateur opérationnel (AO) en mode suiveur comme lorsqu'on veut multiplier les fonctions de transfert de 2 circuits de part et d'autre de l'AO suiveur.

Réalisation On a finalement utilisé une sorte d'amplificateur qui remplit la fonction d'"isolateur" et permet également d'amplifier le signal qui était fortement atténué par rapport au signal d'entrée (d'un facteur 5 voire 10), dans un montage de type Phono Amplifier (voir schéma ci-contre).

On a modifié le circuit de base : on a rajouté 2 capacités au niveau de l'alimentation (car elle n'était pas suffisante), ainsi qu'un potentiomètre entre V+ et V- pour contrôler la différence de potentiel et qui permet donc de régler le volume sonore en sortie. On peut observer le montage réel ci-contre sur la partie droite de l'image.

Validation et résultats Avec ce deuxième circuit rajouté à la suite, on peut brancher l'ampli de guitare ou le haut-parleur, ainsi qu'un oscilloscope et entendre et observer sur l'oscilloscope le signal en sortie (voir image oscilloscope avec la bande passante et la résonance). On a pu également

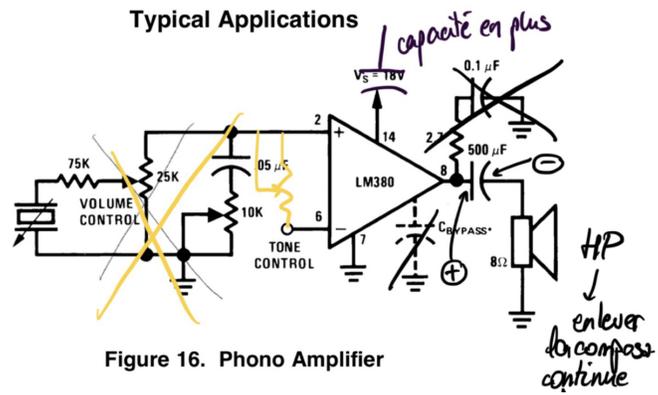


FIGURE 7 – Montage secondaire utilisé

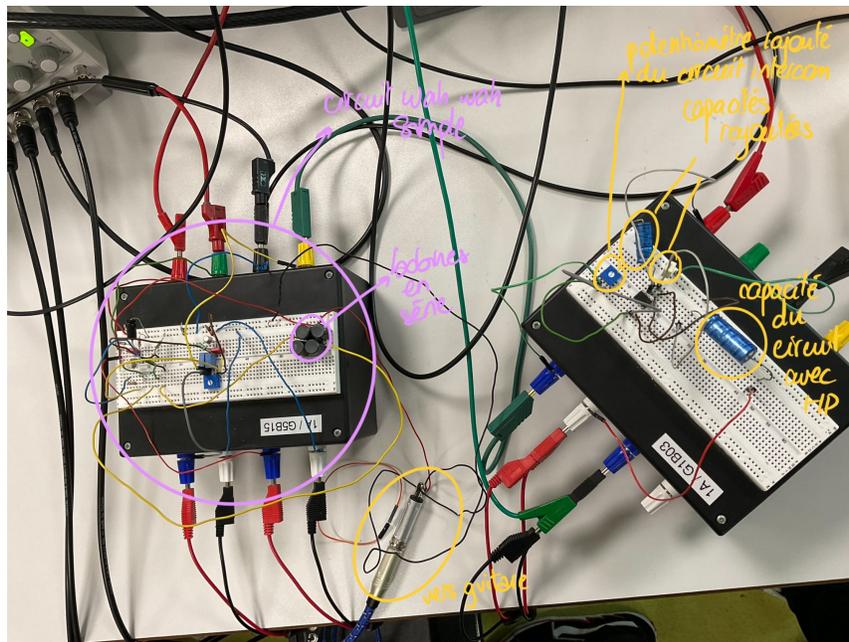


FIGURE 8 – Montage final composé du filtre "simple" (à gauche) et du montage secondaire "phono amplifieur" (à droite)

entendre l'effet "Wah Wah" lorsqu'on fait varier le premier potentiomètre et valider donc le bon fonctionnement de l'ensemble.

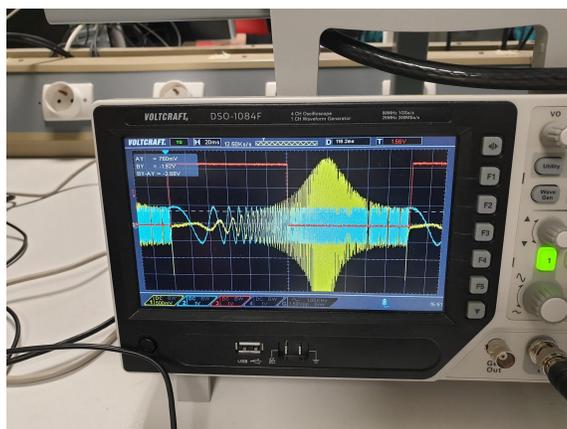


FIGURE 9 – Sur l'écran de l'oscilloscope, en jaune : le signal filtré, en bleu : le signal en entrée

2.4 Envoyer le signal dans l'amplificateur de guitare pour l'entendre en sortie

Précisons la connectique utilisée pour chaque fonction et les relier entre elles. Un câble Jack permet de relier la guitare à la pédale en théorie. Ici, nous avons directement "enroulé" les fils de la breadbord permettant d'envoyer le signal en entrée du premier filtre autour du bout des bornes plus et moins du câble Jack. Pourquoi cette complication technique (qui en plus rajoute du bruit et/ou faux contact dans le circuit déjà compliqué) ? Nous disposons d'un adaptateur Jack-fils de connexion simple, mais qui n'était pas fonctionnel. Nous avons relié de la même manière la sortie du deuxième filtre à l'amplificateur de la guitare. Un peu d'amélioration du projet serait déjà de revoir la connectique entre le matériel "musical" et le montage électrique afin de minimiser le bruit, très gênant tout au long des manipulations, car recouvrant presque le son de la guitare elle-même.

3 Bilan

Pour résumer, la conception de cette pédale a donc commencé par une phase de conception 3D où nous avons appris à manier le logiciel SolidWorks, puis a suivi une seconde phase de tests et de recherche du filtre adéquat dont la durée était assez conséquente du fait de la complexité de l'effet voulu. Une fois ces 2 étapes passées, nous nous sommes attelés à la tâche pour réellement faire fonctionner ce montage. Après plusieurs essais et modifications comme expliqué dans la partie Filtre, nous avons obtenu le wah wah.

L'assemblage des différentes parties mécaniques était donc la dernière étape pour finaliser la pédale, mais le test de celle-ci a pu être effectué grâce à une guitare électrique du M@SO avec son ampli, où le montage a été placé entre les deux et nous avons bien observé cette oscillation caractéristique dû à la pédale.

Retour d'expérience Tout au long du projet, chaque membre de l'équipe a pu acquérir de nouvelles compétences, et en voici les principales en fonction du temps consacré à cette tâche et de son degré de nouveauté en terme d'enseignement :

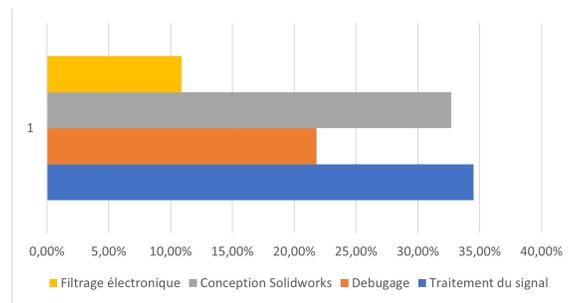


FIGURE 10 – Compétences acquises

Répartition des taches et rétroplanning Voici la répartition des tâches lors des différents cours et le rétroplanning en conséquence :

	A	B	C	D	E
1				Binome 1 : Maelys et Erwann	Binome 2 : Louis et Benjamin
2					
3					
4	Conception Solidworks				
5	Conception du Filtre				
6	Choix du filtre				
7	Test du filtre				
8	Montage				

FIGURE 11 – Répartition des taches

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	tâche	durée prévue	cours 1	cours 2	cours 3	cours 4	cours 5	cours 6	cours 7	cours 8
2	Observation d'une pédale commerciale	1 cours	■							
3	recherche documentaire	2 cours	■	■						
4	tutoriel solidworks	2 cours		■	■					
5	conception solidworks	3 cours		■	■	■				
6	impression 3D	2 cours			■	■				
7	Simulation Matlab	3 cours		■	■	■				
8	Montage électrique	4 cours			■	■	■	■		
9	Test du filtre	2 cours						■	■	
10	Test du montage avec une guitare	1 cours								■

FIGURE 12 – Rétroplanning

En somme, ce projet nous a énormément plu pour car nous pouvions choisir le système à concevoir.