

## **Amplificateur à lampe pour Guitare basse électrique : étude et ajout pédales de son**



**Etudiants :**

**Alexandre GILLERY**

**Amine ASSANOUSI**

**Bertrand DESQUENNE**

**Chloé HIVERT**

**Mickaël THEOT**

**Théo LE SAINT**

**Enseignant-responsable du projet :**

**Richard GRISEL**



Date de remise du rapport : 17/06/2019

Référence du projet : STPI/P6/2019 – 43

Intitulé du projet :

*Amplificateur à lampe pour Guitare basse électrique : étude et ajout pédales de son*

Type de projet :

*Expérimentations, simulations, mesures, modèles*

Objectifs du projet (10 lignes maxi) :

*Ce projet a pour but de nous faire découvrir le fonctionnement de plusieurs amplificateurs à lampes et de pédales à effets. Pour cela on doit comprendre leur fonctionnement par l'utilisation de logiciels de simulation électrique et en pratique avec de vrais instruments. Cette année après avoir appris cela, nous devons monter des pédales en kit (apprentissage de la soudure, du perçage). Ceci avec l'objectif de travailler un projet en autonomie.*

Mots-clefs du projet (4 maxi) :

*Amplificateurs, pédales à effets, signaux*

## TABLE DES MATIERES

1.	Introduction .....	5
2.	Méthodologie / Organisation du travail.....	6
3.	Travail réalisé et résultats.....	7
3.1.	Mise en situation.....	7
3.1.1.	Amplificateur : A quoi ça sert ?.....	7
3.1.2.	Historique .....	7
3.1.3.	Principe de fonctionnement .....	8
3.1.4.	A quoi sert une pédale de guitare ?.....	8
3.2.	Simulation des pédales .....	10
3.2.1.	Simulation de la Muffle .....	10
3.2.2.	Simulation de la Screamer V2.0 .....	12
3.3.	Fabrication des pédales.....	14
3.4.	Tests et mesures.....	15
3.5.	Comparaisons .....	16
4.	Difficultés rencontrées .....	17
5.	Conclusions sur l’apport personnel de cet E.C. projet .....	17
6.	Conclusions sur le travail réalisé.....	18
7.	Perspectives pour la poursuite de ce projet .....	18
8.	Remerciements :.....	18
9.	Bibliographie.....	19
10.	Annexes .....	20

## 1. INTRODUCTION

Bien que peu connues du grand public, les pédales de guitare électriques font bel et bien parti de la liste des indispensables des musiciens. Elles permettent de modifier le timbre du son, de le moduler ou encore de l'amplifier. Apparues dans les années 60, quelques années après l'invention du transistor, les pédales d'effets arrivent peu à peu sous les pieds des musiciens. Dans les années 80, l'arrivée du numérique révolutionne le monde de la musique et remplace les pédales analogiques, qui permettent moins de réglages.

L'objectif du projet était de mettre en relation les simulations théoriques et les relevés pratiques effectués sur les pédales que nous avons nous-mêmes assemblées. En conséquence, nous nous sommes concentrés sur des pédales analogiques à transistor afin de pouvoir étudier l'évolution de la transformation du signal à travers le circuit électronique de la pédale. Le but étant de vérifier à l'aide du modèle théorique, que nos montages avaient été bien réalisés. Pour ce faire, nous avons utilisé le logiciel LTSpice pour schématiser notre circuit et faire des simulations avec différents paramètres d'entrée.

Enfin, nous avons pu comparer les différences entre un son « pur » et un son « modulé » par les différentes pédales. Nous avons également utilisé les amplificateurs réalisés durant les années précédentes pour effectuer nos tests.

## 2. METHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

Pour notre projet de P6, nous avons à étudier le fonctionnement et à monter 3 pédales différentes : 2 Muffle et 1 Overdrive. Etant 6 dans le groupe, nous avons choisi de se diviser en groupes de 2 personnes dans le but que tout le monde puisse participer au maximum au montage.

Nous avons dans un premier temps fait des recherches de notre côté pour comprendre le fonctionnement d'une pédale et d'un amplificateur à lampe.

Nous avons ensuite fait la simulation du fonctionnement des pédales à l'aide du logiciel LTSpice. Etant 2 groupes à travailler sur la Muffle, nous avons pu nous répartir le travail afin que chacun fasse 1 étage de la simulation.

Nous avons ensuite procédé au montage des pédales. Chaque groupe de 2 personnes a fait le montage de sa pédale et les mesures associées.

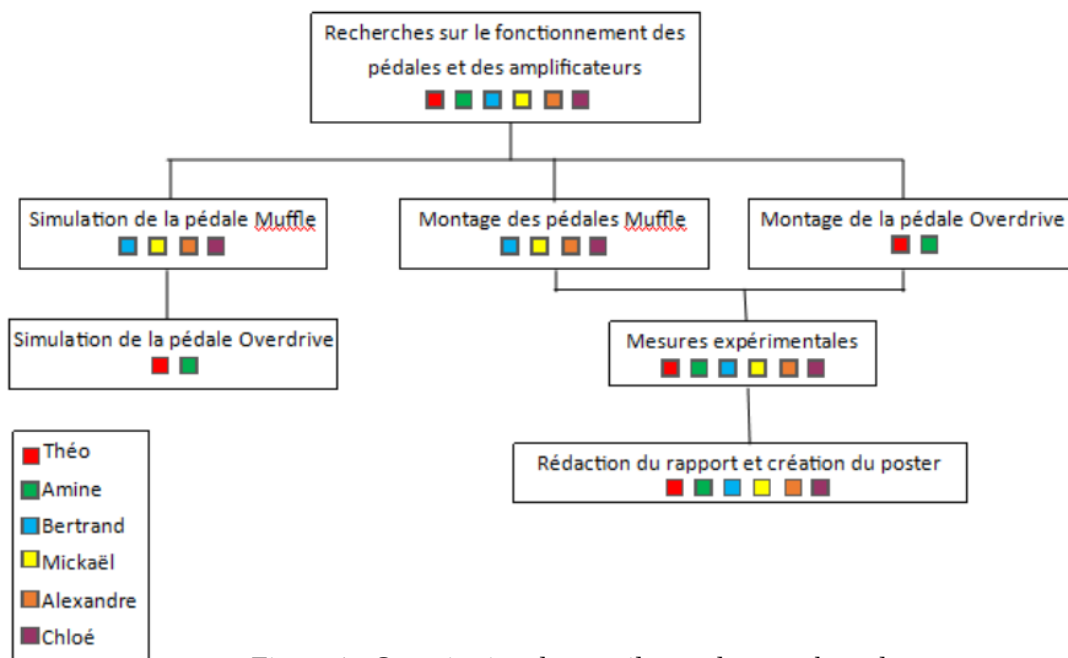


Figure 1 : Organisation du travail entre les membres du groupe

### 3. TRAVAIL REALISE ET RESULTATS

#### 3.1. Mise en situation

##### 3.1.1. *Amplificateur : A quoi ça sert ?*

Il existe plusieurs types d'amplificateurs. L'amplificateur audio est un intermédiaire entre la source de son (guitare, musique venant d'un téléphone etc..) et une enceinte. En effet la source de son n'est pas assez puissante pour « réveiller » les haut-parleurs de l'enceinte. Comme son nom l'indique, un amplificateur permet d'amplifier le signal sonore de la source du son en le déformant le moins possible. Les amplificateurs sont utilisés dans beaucoup d'appareils, comme les ordinateurs portables, les chaînes hi-fi, les portables ou encore les guitares électriques.

##### 3.1.2. *Historique*

C'est à Ambroise Fleming que nous devons la création de la première diode à tube en 1904. Les travaux de Lee De Forest deux ans plus tard permettront d'ajouter un élément manquant au prototype de Fleming : une grille de contrôle. Cela permettra par conséquent, la création du premier amplificateur à tube dans les années 1940, puis en 1930 George Beauchamp crée une nouvelle démarche d'amplification avec la guitare à résonateur.

Dans les années 1940, la création d'amplificateurs se voit comme une obligation de la part des guitaristes. En effet, le son des guitares est très peu entendu, comparé au son des batteries. C'est à cette période que George Beauchamp s'associe à Rickenbacker pour créer le tout premier micro guitare accompagné du tout premier amplificateur.

En 1957, le Vox AC15 est créé en association par Dick Denney et Tom Jennings. L'amplificateur devient rapidement un succès mais manque de puissance pour certains musiciens. L'AC30 voit donc le jour en 1959. La qualité sonore étant augmentée grâce à son fonctionnement en classe A, ses lampes de puissance et sa lampe rectifieuse GZ34 notamment. L'amplificateur devient célèbre notamment grâce aux Beatles. Son design, imaginé par Tom Jennings, noir avec la toile à losanges et ses poignées en cuir devient emblématique et fait entrer l'AC30 dans la légende.



Figure SEQ Figure \\* ARABIC 1: 1er amplificateur

Les amplificateurs connaissent un autre tournant de leur histoire dans les années 60 grâce à Randall Smith. Il était batteur dans un groupe. Un des amplificateurs tombe en panne, et il le répare sans grande difficulté. Suite à cela, David Kessner (le pianiste du groupe) lui suggère d'ouvrir sa boutique de musique pour réparer les amplis. Petit à petit, une clientèle se crée et les roadies de Country Joe and the Fish demandent à Randall Smith de leur customiser un Fender Princeton en demandant une plus grande puissance sonore. La notoriété du magasin grandissante, Carlos Santana souhaite tester l'amplificateur modifié. Ce fut un succès, et le premier « Boogie » est né (Fender Princeton modifié). Souhaitant perfectionner son amplificateur, Randall Smith crée la préamplification en cascade avec plusieurs volumes, un master et une lampe de préamplification supplémentaire qui donnera le Boogie Mark I (MkII). Ces modifications ont révolutionné l'histoire des amplificateurs ainsi que le domaine de la musique. Pareillement au Vox AC30 (créé par Dick Denney et Tom Jennings en 1959), Randall Smith imagina un design spécial avec du bois exotique ou de la peau de serpent ainsi qu'un cannage en osier (contre la mythique toile à losanges de l'AC30) qui rendra le MkII emblématique.

Dans les années 80, il y a eu une grande avancée technique grâce à Mike Soldano. Mike Soldano réparait aussi des amplificateurs. Il crée son premier amplificateur en 1980, mais ce dernier n'est pas assez satisfaisant selon lui. Entre 1982 et 1985, il cherche à perfectionner son prototype. Ce n'est qu'en 1985 que le Super Lead Overdrive 100 (« SLO ») voit le jour. Plusieurs musiciens investissent dans le projet pour pouvoir fabriquer plusieurs amplificateurs. Plusieurs artistes tels que Vivian Campbell, Lou Reed, Mike Landau ou encore un an plus tard Mark Knopfler et Eric Clapton commandent le fameux « SLO ». Sa renommée est due à sa finition et à la qualité de ses composants. La puissance sonore est notamment due aux quatre 5881, qui en font un amplificateur exceptionnel. A ce jour, le SLO reste un amplificateur prisé.

### 3.1.3. Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement d'un amplificateur est simple. En entrée, l'amplificateur reçoit un signal électrique (de l'ordre du millivolt) produit par la vibration des cordes de la guitare. Il faut amplifier ce signal alternatif pour pouvoir le transformer en signal sonore à l'aide d'un haut-parleur. C'est là qu'entre en jeu l'amplificateur, et surtout son principal composant : le transistor. Un transistor est un composant actif souvent comparé à un « interrupteur » à commande électrique. En effet, si on prend le cas d'un transistor classique type NPN, celui-ci possède trois broches. Le collecteur, qui est « l'entrée », l'émetteur qui est la « sortie » et la base qui est la « gâchette ». Lorsqu'on applique une différence de potentiel entre le collecteur et l'émetteur ( $U_{ce}$ ) et que la base est au même potentiel que l'émetteur ( $U_{be} = 0$ ), le transistor est dit bloquant (il ne laisse pas passer de courant).

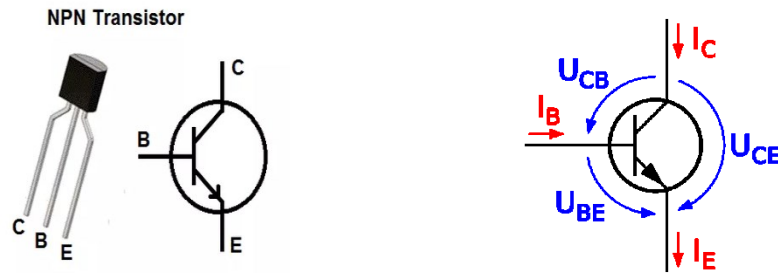


Figure 2 : Schéma d'un transistor

En revanche, lorsqu'on applique une petite différence de potentiel entre la base et l'émetteur ( $U_{be} \neq 0$  et de l'ordre d'une centaine de millivolt) le transistor est dit « passant » et laisse passer le courant entre le collecteur et l'émetteur.

Ainsi à chaque impulsion sur la base du transistor, celui-ci réagit et laisse passer un plus fort courant au niveau de son émetteur. La mise en cascade d'étages à transistors permet de créer un amplificateur (=avoir un signal de sortie de plusieurs volts) dont la bande passante doit être comprise entre 20Hz et 20kHz. Pour les amplificateurs à lampes, le principe est similaire, seule la technologie utilisée diffère. Les amplificateurs sont souvent composés d'un étage de pré amplification suivi de 2 ou 3 étages d'amplification permettant de donner un « grain » à la musique qui va le parcourir.

### 3.1.4. A quoi sert une pédale de guitare ?

Les pédales de guitare permettent de modifier le son originel d'une guitare par un traitement du signal. Il en existe énormément de différents et faire une liste exhaustive est quasiment impossible. Cependant les effets peuvent être subdivisés en plusieurs catégories :

Pour des raisons de clarté des propos et pour ne pas se perdre dans la foule des effets, on ne parlera ici que des pédales les plus génériques dans leur genre respectif, c'est à dire seront passés sous silence : les variantes d'effet "standard" et les pédales regroupant plusieurs effets.

- *Les effets de saturations*

Il y a trois principaux effets de saturations différents, dans l'ordre du moins au plus prononcé l'overdrive, la distorsion et le fuzz. Ces effets reposent globalement sur l'écroulement du signal analogique de la guitare.

- *Les effets temporels*

Les effets temporels n'agissent pas sur le timbre de la guitare directement mais sur le temps, en provoquant un écho ou une réverbération du son (effet que l'on peut ressentir par exemple dans une église). Naturellement on trouve donc les pédales de "reverb" (pour la réverbération) et celle de "delay" qui provoque un écho.



- *Les effets filtres*

Les effets filtres permettent d'accentuer, d'atténuer ou carrément de supprimer certaines fréquences du signal. Il existe deux effets majeurs dans cette catégorie qui sont, l'EQ et le Wahwah.

- *L'effet d'EQ ou Equalization*

Il permet de régler les fréquences de la guitare le plus précisément possible (Du moins mieux qu'avec les réglages Bass/middle/treeble). Il permet de régler le volume des fréquences sur des plages plus fines.

- *L'effet de Wahwah*

C'est un effet très connu car mythique, il permet d'amplifier une plage précise du signal de la guitare et grâce à un système de crémaillère le guitariste peut faire varier la localisation (dans le spectre de fréquence) de cette plage. Il en ressort une tonalité très particulière et très appréciée dans le rock et le blues par exemple.

- *Les effets de modulation*

Les effets de modulation sont vraiment divers et modifient le timbre de la guitare jusqu'à pouvoir pour certain le rendre méconnaissable. On peut par exemple citer le Chorus et le Flanger. Le chorus donne une impression que le guitariste joue en chœur alors qu'il joue seul, et ce par superposition du même signal. Le flanger ajoute au signal d'origine le même signal mais avec un retard et une oscillation réglable, ce qui donne une sensation de va et vient.

- *Les effets dynamiques*

Les effets dynamiques sont considérés comme les plus complexes, ils agissent, sur l'enveloppe du son, c'est à dire sur l'attaque, la baisse, la tenue ou "sustain" et le relâchement, représenté sur le schéma ci-dessous. On y trouve par exemple l'effet de compression, de noise gate etc... De par la complexité de ces effets et leur faible apport par rapport au sujet, il n'est pas nécessaire de plus détailler ces familles d'effet.

De toutes ces familles d'effet nous retiendrons surtout les effets de saturations car deux des trois types de pédales réalisés en classe sont une pédale d'overdrive et une de distorsion. On s'intéressera donc à la façon dont le signal analogique est traité pour pouvoir obtenir ce genre d'effet, en somme au fonctionnement de ces pédales.

### 3.2. Simulation des pédales

#### 3.2.1. Simulation de la Muffle

##### Compréhension des schémas électriques

Pour étudier plus simplement le schéma électrique de la pédale Der Muff V2, nous avons décidé de découper ce dernier en plusieurs étages. Cela est représenté sur la figure ci-contre :

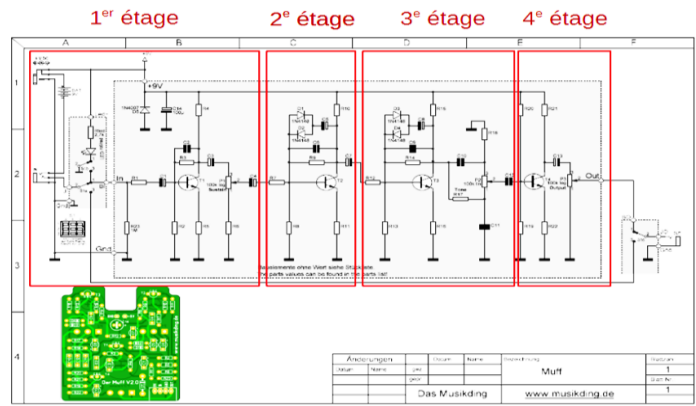


Figure 3 : Schéma de la Muffle

##### Simulation

Pour réaliser la simulation, nous avons utilisé le logiciel LT Spice. Nous avons choisi de simuler chaque étage séparément pour faciliter la modélisation.

##### 1<sup>er</sup> étage

Pour modéliser le 1<sup>er</sup> étage, nous avons reproduit le schéma électrique comprenant des résistances, deux générateurs (un pour simuler le 9V et un pour simuler le son), des condensateurs, un transistor et deux diodes.

Résultats : (cf : annexe n°1)

Nous avons une Muffle qui est une pédale de distorsion, elle sature le son donc l'amplitude est limitée. C'est ce qu'on remarque ici avec la sinusoïdale où les pics sont comme aplatis (amplitude maximum non atteinte).

$$z = \frac{U_e}{I_e}$$

Avec  $z = \text{Impédance}$ ,  $U_e = \text{Tension efficace}$  et  $I_e = \text{Intensité efficace}$

##### Résultats :

Dans le cas de l'étage n°1, nous obtenons une sinusoïdale, on peut donc dire que  $U_e = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$  et que  $I_e = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$ . On a  $I_{max} = 0,8 \mu A$  et  $U_{max} = 25 mV$ .

$$U_e = \frac{25 \times 10^{-3}}{\sqrt{2}} = 17,8 \times 10^{-3} V$$

$$I_e = \frac{0,8 \times 10^{-6}}{\sqrt{2}} = 5,66 \times 10^{-7} A$$

On peut conclure en disant que l'impédance de l'étage n°1 est égale à  $z = \frac{17,8 \times 10^{-3}}{5,66 \times 10^{-7}} = 31466 \Omega$ .

##### 2<sup>ème</sup> étage

Pour modéliser le 2<sup>ème</sup> étage, nous avons reproduit le schéma électrique comprenant des résistances, des condensateurs et deux diodes.

Résultats : (Cf : annexe n°1)

Dans le cas de l'étage n°2, nous obtenons une sinusoïdale, on peut donc dire que  $U_e = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$  et que  $I_e = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$ . On a  $I_{max} = 16,5 \mu A$  et  $U_{max} = 25 mV$ .

$$U_e = \frac{25 \times 10^{-3}}{\sqrt{2}} = 17,8 \times 10^{-3} V$$

$$I_e = \frac{16,5 \times 10^{-6}}{\sqrt{2}} = 1,17 \times 10^{-5} A$$

On peut conclure en disant que l'impédance de l'étage n°2 est égale à  $z = \frac{17,8 \times 10^{-3}}{1,17 \times 10^{-5}} = 1525 \Omega$ .

3<sup>ème</sup> étage

Pour modéliser le 3<sup>ème</sup> étage, nous avons reproduit le schéma électrique comprenant des résistances, des condensateurs et deux diodes.

Résultats : (Cf : annexe n°1)

Dans le cas de l'étage n°3, nous obtenons un signal qu'on peut considérer comme « carré », on peut donc dire que  $U_e = U_{max}$  et que  $I_e = I_{max}$ . On a  $I_{max} = I_e = 1,7 \mu A$  et  $U_{max} = U_e = 2,43 V$ . On peut conclure en disant que l'impédance de l'étage n°3 est égale à  $z = \frac{2,43}{1,7 \times 10^{-6}} = 1429 k\Omega$ .

4<sup>e</sup> étage

Pour modéliser le 4<sup>ème</sup> étage, nous avons reproduit le schéma électrique comprenant des résistances ainsi que des condensateurs.

Résultats : (Cf : annexe n°1)

Dans le cas de l'étage n°4, nous obtenons un signal qu'on peut considérer comme « carré », on peut donc dire que  $U_e = U_{max}$  et que  $I_e = I_{max}$ . On a  $I_{max} = I_e = 6 \mu A$  et  $U_{max} = U_e = 450 mV$ .

On peut conclure en disant que l'impédance de l'étage n°4 est égale à  $z = \frac{450 \times 10^{-3}}{6 \times 10^{-6}} = 75 k\Omega$ .

Analyse du filtre

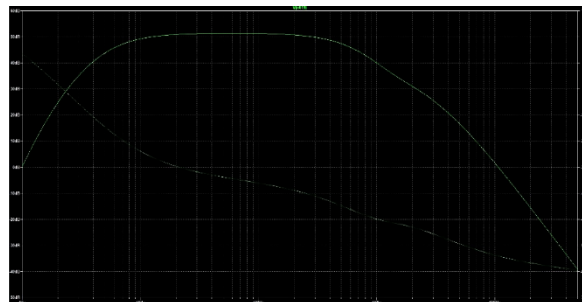


Figure 4 : Diagramme de Bode - Muffle

La courbe met en évidence la nature d'un filtre passe haut, où le son est amplifié jusqu'à 50dB entre 1Hz et 14kHz. Le gain diminue ensuite jusqu'à -40dB à 14kHz et passe par 0dB à 10kHz.

**Conclusion**

On peut conclure la partie simulation de la Muffle en disant que la pédale se comporte comme un filtre passe-haut. De plus, le fait que les impédances augmentent entre l'entrée et la sortie du système nous montre bien que la tension d'entrée est modifiée et amplifiée, ce qui est le rôle premier d'une pédale d'amplificateur.

**3.2.2. Simulation de la Screamer V2.0**

**Compréhension des schémas électriques**

De la même façon, pour étudier le schéma électrique de la pédale Screamer V2.0 dans son modèle TS-808, nous avons découpé le schéma par étage, comme représenté ci-dessous :

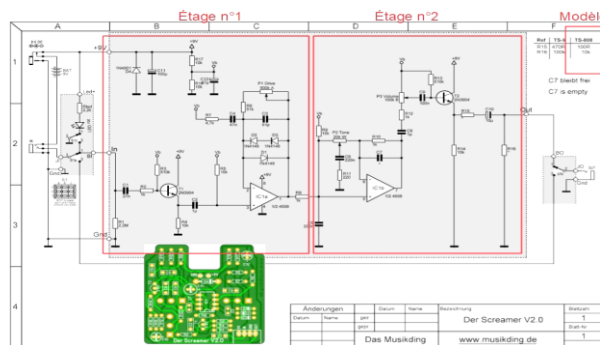


Figure 5 : Schéma de la Screamer

**Simulation**

Pour simuler la pédale avec Ltspice, nous avons reproduit totalement la pédale, mais simulé que les points avant et après les étages, pour pouvoir obtenir des résultats par étage.

**1er étage**

Pour le premier étage, nous avons placé tous les composants, et importé ceux qui n'étaient pas sur LT Spice, c'est à dire le potentiomètre et le transistor. Nous avons ensuite, paramétré les valeurs ou les modèles de ceux déjà présents.

De plus, nous avons placé deux générateurs, (pour simuler la pile/alimentation et le signal de la guitare). [Signal + 9V]

**Résultats : ( Cf : Annexe n°2)**

On remarque que le signal de sortie du premier étage est un signal périodique de même période que le signal d'entrée, c'est à dire 1ms, cependant son amplitude et son  $U_{moy}$  sont plus élevés. En revanche la forme générale de la tension n'est pas beaucoup modifiée, cela peut avoir plusieurs explications :

L'overdrive est l'effet de saturation le plus faible, le signal ne sera jamais changé de façon très significative.

Le potentiomètre de Drive, comme le montre les tests ci-dessous, est réglé sur 0Ω puis 500KΩ. Encore une fois l'effet d'overdrive est un effet léger, le signal est bel et bien modifié mais légèrement.

Le signal d'intensité est déphasé par rapport à celui de la tension et a une forme globale assez loin d'une sinusoïde.

Calcul de l'impédance:

$$z = \frac{U_e}{I_e}$$

De la même façon que pour la Muffle on relève les  $U_{max}$ ,  $I_{max}$  pour obtenir  $U_e$  et  $I_e$ , à la différence près qu'ici il faut aussi relever  $U_{min}$  et  $I_{min}$  car ces signaux n'ont pas 0 comme valeur moyenne :

$$I_{min} = -270 \mu A U_{min} = 4,37V$$

$$I_{max} = 250 \mu A I_e = \frac{I_{max} - \frac{(I_{max} + I_{min})}{2}}{\sqrt{2}} U_{max} = 4,71V$$

$$AN: 1,83 \times 10^{-4} AAN: 1,20 \times 10^{-1} V U_e = \frac{U_{max} - \frac{(U_{max} + U_{min})}{2}}{\sqrt{2}}$$

L'impédance du premier étage est donc de :

$$z = \frac{1,20 \times 10^{-1}}{1,83 \times 10^{-4}} = 655,73 \Omega$$

2<sup>ème</sup> étage

Pour modéliser le 2<sup>ème</sup> étage, nous avons opéré de la même façon que le premier étage.

Résultats : (Cf : Annexe n°2)

Le signal de sortie du 2<sup>ème</sup> étage de la pédale est de même fréquence que le signal d'entrée du 2<sup>ème</sup> étage et donc la pédale. C'était prévisible car cette pédale n'est pas sensée modifier la fréquence du signal. Le signal de la tension a la même forme que le signal d'entrée du 2<sup>ème</sup> étage cependant il a une amplitude plus faible et il est plus ou moins centré sur 0V. De plus le signal d'intensité est maintenant en phase et identique en forme au signal de tension. Il est maintenant d'amplitude plus faible.

$$U_{min} = -80mV U_{max} = 90mV I_{min} = -8 \mu A$$

$$I_{max} = 9 \mu A U_e = \frac{U_{max} - \frac{(U_{max} + U_{min})}{2}}{\sqrt{2}}$$

$$I_e = \frac{I_{max} - \frac{(I_{max} + I_{min})}{2}}{\sqrt{2}}$$

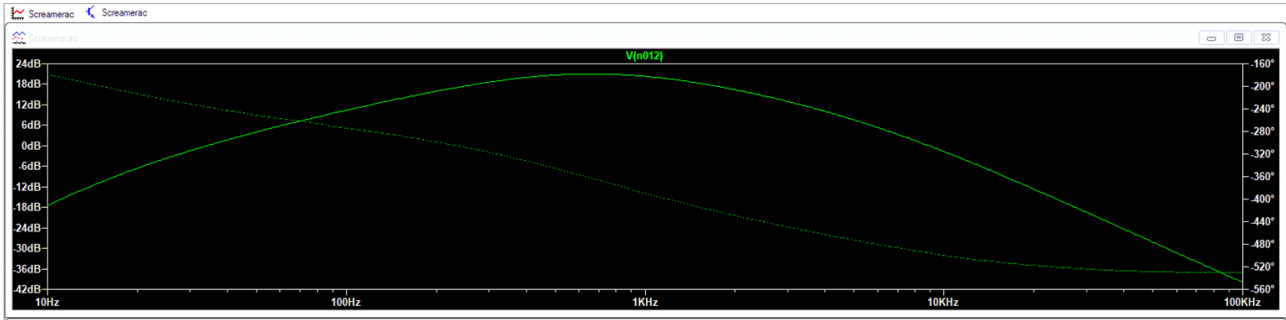
$$AN: 6,01 \times 10^{-2} V$$

$$AN: 6,01 \times 10^{-6} A$$

L'impédance du deuxième étage est donc de :

$$z = \frac{6,01 \times 10^{-2}}{6,01 \times 10^{-6}} = 10000 \Omega$$

## Analyse du filtre



Le courbe d'analyse du filtre met en évidence un filtre passe haut, où le son est amplifié jusqu'à 21dB à 660Hz, il diminue jusqu'à -40dB à 100KHz et passe par 0 à 35Hz et 9,6KHz. Ce filtre est de la même nature que celui de la Muffle, ce qui est assez évident car les pédales sont toutes deux des pédales de saturation.

## Conclusion

En conclusion, la simulation de la pédale Screamer V2.0 modèle TS-808 a mis en évidence la nature de filtre passe haut de la pédale, qui amplifie les fréquences dans la gamme de l'audible, de plus, elle modifie le signal de façon légère pour écrêter les sinusoïdes afin de donner l'effet de saturation.

### **3.3. Fabrication des pédales**

La fabrication des pédales s'est déroulée en 2 étapes. Premièrement, il a fallu percer les boîtiers en aluminium pour pouvoir y fixer les potentiomètres, la prise d'alimentation, les prises Jack d'entrée et de sortie, la LED d'état et l'interrupteur de la pédale. Il a d'abord fallu tracer le centre de tous les trous pour y faire un pré-trou afin d'être bien centré. Avant ce pré-perçage, on donne un petit coup de pointeau pour que la mèche ne glisse pas au moment du perçage. Ensuite, une fois que les pré-trous sont faits, on change de mèche et on l'adapte au diamètre du composant qui va venir s'y loger.

Bien évidemment, cette étape est dangereuse car la pièce qui est en train d'être percée peut se mettre à tourner avec la perceuse et peut nous couper les doigts. Pour éviter les accidents, on fixe la pièce dans un étau, on porte des gants et des lunettes ainsi qu'un casque anti-bruit.

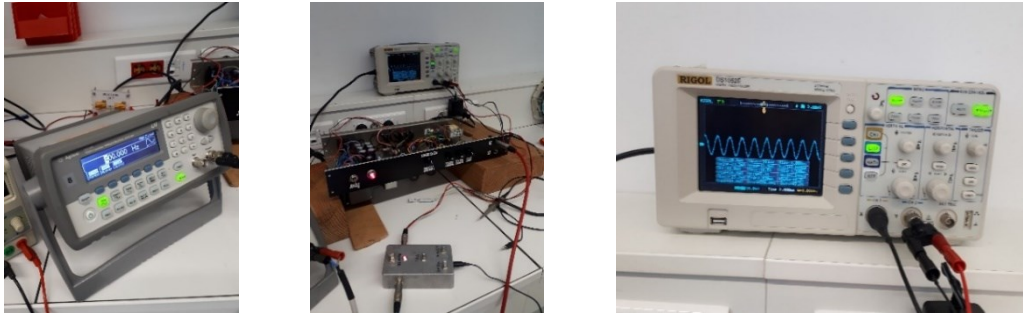
Ensuite il a fallu souder les composants sur le circuit-imprimé double-face. On a tout d'abord réalisé l'inventaire des composants pour s'assurer qu'il n'en manquait pas. Ensuite par équipe de deux personnes, nous avons soudé les composants en faisant attention à ce que la soudure traverse bien le circuit et qu'il n'y ait pas de courts-circuits. Il faut également faire attention au sens des condensateurs polarisés et bien sûr faire attention à ne pas se brûler ! Les fumées étant toxiques, on travaille avec une hotte aspirante avec filtre à charbon.

Photos : ( Cf : Annexe n°3)

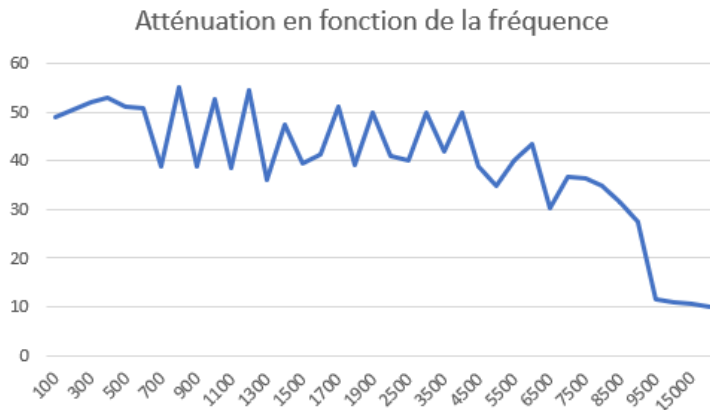
### 3.4. Tests et mesures

La procédure de test des pédales consiste à prendre des mesures en des points particuliers du montage et de les comparer aux données fournies par la simulation. On peut comparer la forme des signaux, leur amplitude, leur fréquence... Ainsi il nous est possible de mettre en relation les différents oscillogrammes et d'en déduire les courbes d'atténuation du son (tension en sortie de la pédale) en fonction de la fréquence du signal d'entrée.

Nous avons décidé d'étudier les amplitudes des signaux et les tensions en des points précis du circuit (simple à mettre en œuvre et interprétation fiable). Afin de valider le modèle théorique, nous considérons que les valeurs expérimentales doivent être comprises dans un intervalle de 10% à 15% autour des valeurs théoriques.



On constate qu'il n'y a pas de valeur aberrante et que les variations entre les relevés expérimentaux et les valeurs théoriques n'excèdent jamais 15%. Ainsi l'assemblage de la pédale est validé car conforme à la théorie, on peut désormais tester cette pédale en conditions réelles d'utilisation. La méthode reste évidemment la même pour la seconde pédale :

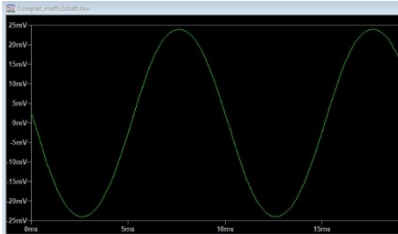


On remarque que les mesures semblent assez instables. Cela peut être dû à des parasites lors de la mesure ou tout simplement aux transistors qui n'ont pas la même référence dans la réalité que dans la simulation et le schéma théorique.

### 3.5. Comparaisons

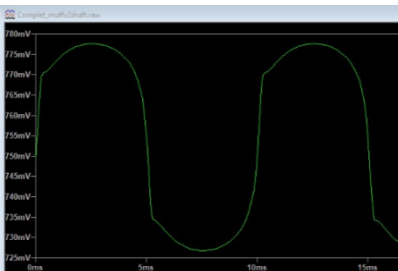
Nous allons uniquement comparer les signaux de tension entre la simulation et la pédale car nous ne pouvons pas utiliser une sonde de courant à effet hall sur un circuit imprimé. Bien sûr nous nous sommes placés dans les conditions de la simulation pour faire nos mesures.

#### Etage 1 :



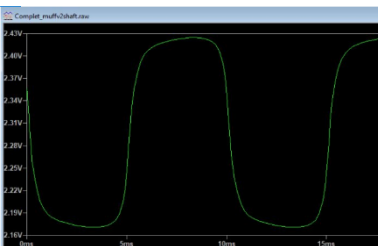
- Simulation : Signal sinusoïdale d'amplitude crête-crête 48mV.
- $U_{moy}=0V$
- Mesure : Signal sinusoïdale d'amplitude crête-crête 53mV
- $U_{max}=0V$

#### Etage 2 :



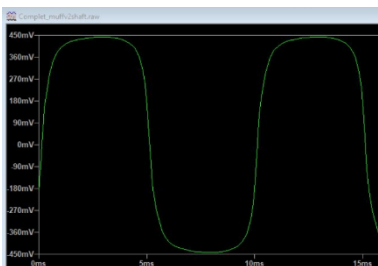
- Simulation : Signal alternatif d'amplitude crête-crête 50mV.
- $U_{moy}=750mV$
- Mesure : d'amplitude crête-crête 843mV
- $U_{max}=724mV$

#### Etage 3 :



- Simulation : Signal alternatif « carré déformé » d'amplitude crête-crête 240mV.  $U_{moy}=2.3V$
- Mesure : d'amplitude crête-crête 534mV
- $U_{max}=233mV$

#### Etage 4 :



- Simulation : Signal alternatif « carré arrondi » d'amplitude crête-crête 900mV.  $U_{moy}=0V$
- Mesure : d'amplitude crête-crête 984mV
- $U_{max}=0V$

Finalement, on remarque que l'amplitude de sortie est bien plus élevée que l'amplitude d'entrée, donc la pédale joue bien son rôle. Le signal en sortie a été déformé dans le but de donner les caractéristiques voulues au son. Ces modifications se font à l'aide des potentiomètres « tone » et « sustain »

Le paramètre « tone » a un effet sur les aigus du signal (hautes fréquences) tandis que le paramètre « sustain » modifie les basses fréquences.

Les réactions de chaque étage en termes de tension entre la simulation et les mesures restent relativement similaires. Les différences notables peuvent être dues à la résistance des pistes du circuit, de l'instabilité de l'alimentation du générateur basses fréquences ou encore de l'appareil de mesure (oscilloscope et sonde).



#### 4. DIFFICULTES RENCONTREES

Dans un premier temps, la difficulté a été de comprendre le fonctionnement de l'amplificateur et des pédales.

Ensuite, la difficulté majeure lors de la simulation a été de s'adapter au logiciel LT SPICE, logiciel que nous n'avons jamais utilisé auparavant. Il a donc fallu qu'on apprenne à s'en servir pour pouvoir l'utiliser. De plus, il a fallu programmer un transistor pour que la simulation fonctionne. Notre enseignant a été d'une grande aide lors de cette étape.

Enfin, la dernière difficulté à laquelle nous avons dû faire face, était pendant la fabrication des pédales. Il fallait beaucoup de rigueur et de précision pour percer, assembler, et souder les composants entre eux.

#### 5. CONCLUSIONS SUR L'APPORT PERSONNEL DE CET E.C. PROJET

##### Chloé :

Ce projet a été très intéressant à plus d'un titre. Tout d'abord, il m'a permis de rendre les notions apprises en P3 vraiment concrètes. De plus, cela m'a donné quelques connaissances dans le domaine de l'électronique. Enfin, l'autonomie que nous a laissée notre professeur nous a demandé beaucoup d'organisation et de communication entre nous.

##### Bertrand:

Ce projet a été très formateur, autant dans le domaine physique que dans la prise d'autonomie dans le travail de groupe. En travaillant et cherchant à résoudre les difficultés ensemble, nous avons beaucoup plus appris qu'en travaillant chacun séparément. De plus, les notions vues en cours de P3 l'année passée ont pu être mises en application directe.

##### Mickael :

Ce projet m'a appris à travailler en groupe sur une échéance moyenne, où j'ai apprécié mêler pratique et théorie. Cela m'a rappelé les projets interdisciplinaires en terminale SI et j'ai pu faire de nombreux parallèles au niveau des méthodes de travail.

##### Amine :

Ce que j'ai pu apprendre de ce projet c'est l'importance de la communication dans un travail en équipe et aussi la bonne répartition des tâches entre les membres du groupe. De plus j'ai pu apprendre les bases de la soudure et de l'électronique en général. D'autre part, j'ai réussi à enrichir mon savoir sur les pédales de sons et leur fonctionnement suite à nos recherches sur le sujet.

##### Theo :

En conclusion ce projet m'a appris à travailler au sein d'un groupe avec beaucoup d'effectif, ce qui exige beaucoup de coordination. Heureusement nous pouvions facilement communiquer à tout moment grâce notamment aux échanges par les réseaux sociaux. De plus, ce projet m'a permis de m'améliorer en soudure électronique et en compréhension de l'électronique en général.

##### Alexandre :

En tant que musicien, ce projet m'a permis de renforcer mes connaissances sur les amplis et les pédales à effets. Notamment, construire une pédale était une idée que je souhaitais réaliser depuis longtemps, qui est maintenant chose faite. De plus, après avoir étudié les amplis à lampes, j'ai maintenant envie d'en monter un pour remplacer mon ampli à transistor.

## **6. CONCLUSIONS SUR LE TRAVAIL REALISE**

Lors de ce projet, nous avons appris diverses notions, aussi bien historiquement que techniquement sur les amplis à lampes et les pédales à effets. Sur ces dernières, une fois étudiées théoriquement, on les a montées, puis testées. Lors du montage on a appris à utiliser des outils de fabrication (percer avec une perceuse à colonne, souder sur un circuit imprimé). Suite à cela, les tests nous ont permis de comparer notre montage avec la simulation obtenue sur ordinateur. Et ensuite nous avons écouté avec le son d'une guitare sur un ampli monté par d'autres groupes les années passées. Ainsi nous sommes bien proches de la théorie avec un rôle de saturation du son qui donne le charme de la musique « Rock » cherché. Grâce à ce projet, nous avons amélioré nos capacités à travailler en groupe et à communiquer ce qui sera très important pour nos futures années en tant qu'étudiant ou même ingénieur.

## **7. PERSPECTIVES POUR LA POURSUITE DE CE PROJET**

Pour effectuer ce projet, nous avons suivi le montage du circuit joint avec la pédale sur le site. Ainsi en perspectives, comme beaucoup de pédales actuelles, nous pourrions ajouter une pile 9V dans la pédale ou une batterie de façon à jouer sans alimentation secteur et ainsi avoir une pédale mobile. Pour les années à venir, il pourrait être intéressant d'ajouter le système dans un ampli, ou cumuler plusieurs pédales à la suite dans une seule pédale. Ce dernier existe déjà pour les grands groupes actuels avec des « mallettes » de pédales. Comparer avec d'autres pédales du même type peut aussi être intéressant et laisse donc des pistes pour les années futures de ce thème traité. Peut-être que tout ce matériel fabriqué pourrait ensuite servir pour les musiciens de l'AMIR, voire pour les concerts de l'INSA.

## **8. REMERCIEMENTS :**

Nous voudrions tout particulièrement remercier monsieur Richard Grisel, notre professeur référent de projet pour nous avoir expliqué le fonctionnement d'un amplificateur à lampes, nous avoir aidé à faire nos simulations sur LT Spice et nous avoir conseillé tout au long de ce projet. Nous remercions aussi les techniciens de l'INSA madame Hélène Rade et monsieur Pascal Williams pour leurs précieux conseils lors de l'assemblage de nos pédales et à leur fine analyse lorsque nos pédales ne fonctionnaient pas. Le temps qu'ils nous ont consacré a assuré le bon déroulement de notre projet. Enfin, nous voudrions remercier l'INSA qui nous a permis de commander des pédales à assembler pour pouvoir faire une comparaison avec notre analyse théorique.

## 9. BIBLIOGRAPHIE

Effets de saturation:

<https://www.hguitare.com/communaute/blog/materiel/pedale-effet-guitare-saturation> (validé le 14/06/19)

Effets de filtre:

<https://www.hguitare.com/communaute/blog/materiel/effet-filtre-guitare> (validé le 10/06/19)

Effet temporel:

<https://www.hguitare.com/communaute/blog/materiel/effet-temporel-guitare> (validé le 10/06/19)

Effet de modulation:

<https://www.hguitare.com/communaute/blog/materiel/effets-modulation-guitare> (validé le 10/06/19)

Les amplis à lampes :

<https://www.solfege.org/amplificateurs-a-lampe/> (validé le 13/06/19)

<https://www.guitariste.com/guides/amplis,4368,1.html> (validé le 13/06/19)

Fonctionnement pédales :

<https://www.quora.com/How-do-guitar-pedals-work> (validé le 14/06/19)

<https://www.howtogeek.com/64096/htg-explains-how-do-guitar-distortion-and-overdrive-work/> (validé le 14/06/19)

Amplificateurs Electronique :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Amplificateur\\_%C3%A9lectronique#Historique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Amplificateur_%C3%A9lectronique#Historique) (validé le 25/05/2019)

Amplificateur pour guitare :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Amplificateur\\_pour\\_guitare\\_%C3%A9lectrique#1940](https://fr.wikipedia.org/wiki/Amplificateur_pour_guitare_%C3%A9lectrique#1940) (validé le 25/05/2019)

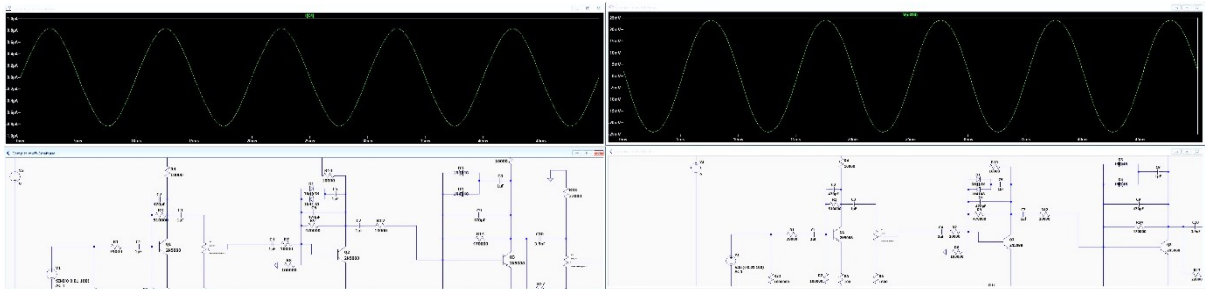
Evolution des amplificateurs à lampe :

<http://www.judge-fredd.fr/spip.php?rubrique22> (validé le 25/05/2019)

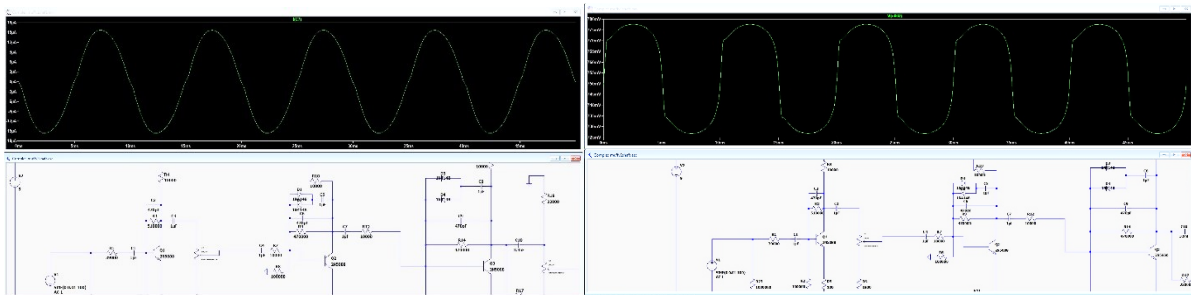
## 10. ANNEXES

### Annexe n°1 : Simulation de la Muffle

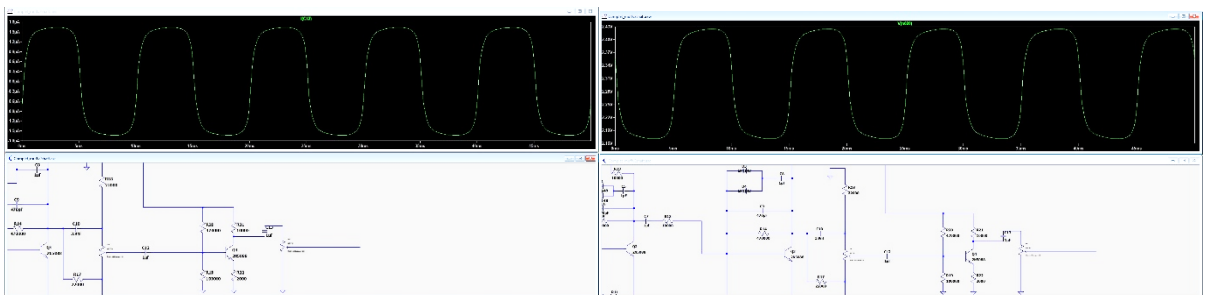
#### Etage n°1 :



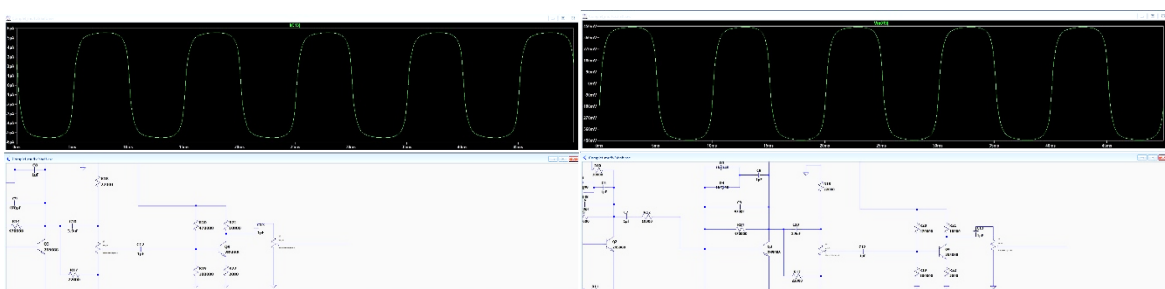
#### Etage n°2 :



#### Etage n°3 :

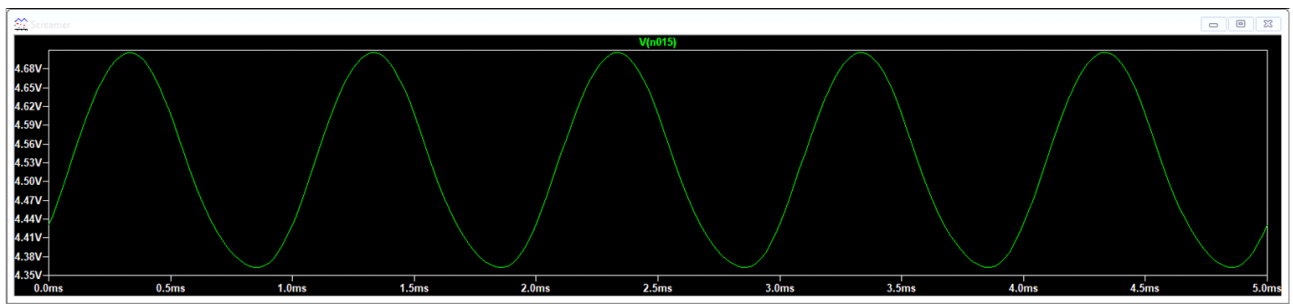
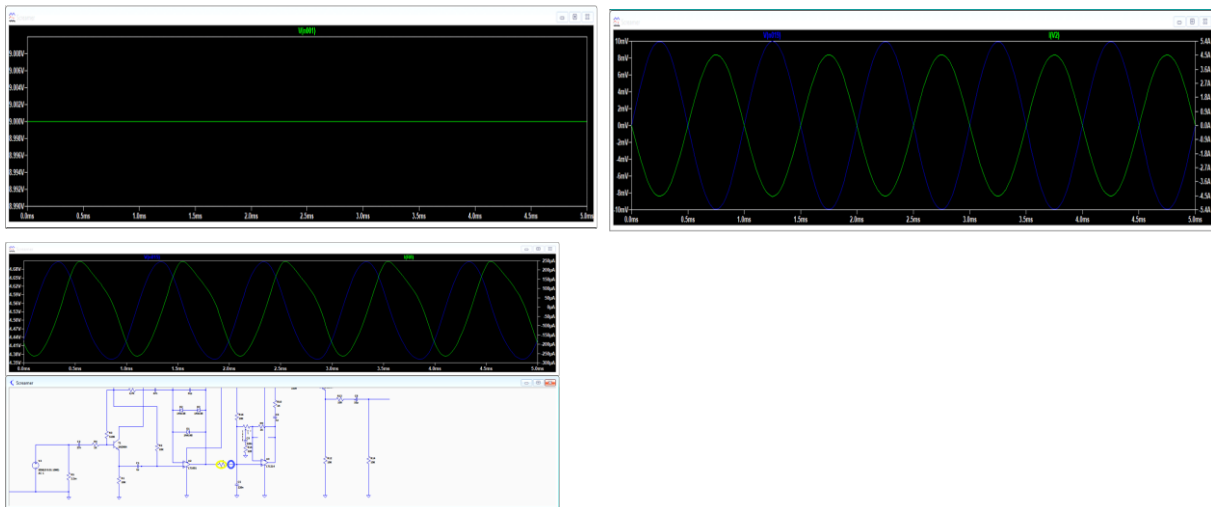


#### Etage n°4 :



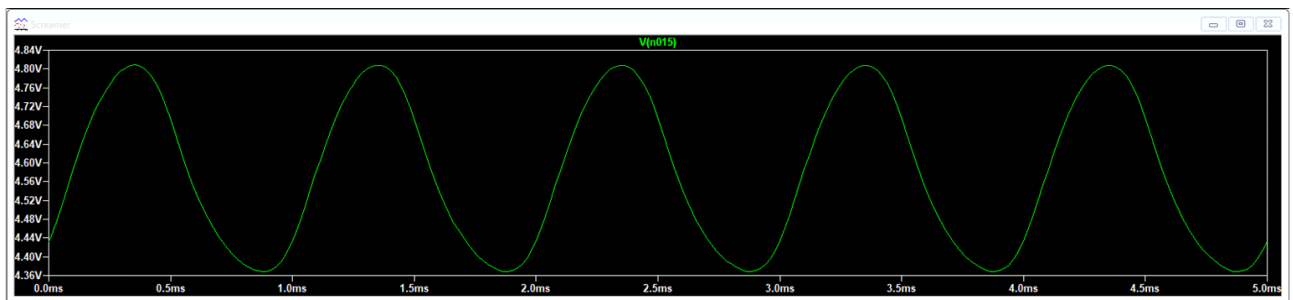
**Annexe n°2 : Simulation de la Screamer**

**Etage n°1 :**



x = 3.687ms y = 4.5776V

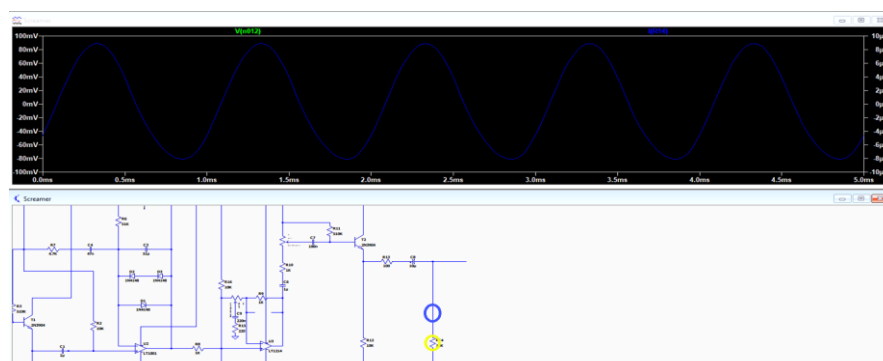
[drive 0 (étage 1)]



x = 1.102ms y = 4.8674V

[drive 100(étage 1)]

**Etage n°2 :**



Annexe n°3 : Photos du montage



Le fer à souder



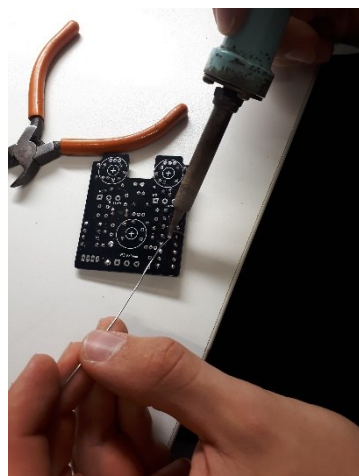
L'étain



La pince coupante



La perceuse à colonne



Soudure du circuit



Coupure des pates des composants



Les EPI