

Réalisation d'une pédale d'effets pour guitare électrique : Overdrive-Distorsion *

Marc Ternisien¹, David Buso¹, Thierry Perisse¹, Helene Leymarie¹, Joel Dedieu¹,
Guillaume Maffre¹

¹ Université de Toulouse. 118 Route de Narbonne. 31062 Toulouse Cedex 9

*Auteur de correspondance : marc.ternisien@laplace.univ-tlse.fr

Résumé : *L'objectif de ce projet réalisé au sein de la Licence Réorientation vers les Études Longues (REL) de l'Université de Toulouse est de réaliser, sous forme analogique, une pédale d'effet pour guitare électrique de type Overdrive/Distorsion. En s'appuyant sur les connaissances acquises en Cours/TDs et TP d'électronique, les étudiants réalisent dans un premier temps la simulation de l'effet en se basant sur des recherches bibliographiques. Dans un second temps, ils affinent leur schéma électronique en la comparant à la pédale originale en effectuant du Reverse Engineering. Dans un 3^e et dernier temps, ils effectuent le montage électronique sur LABDEC puis ils réalisent la carte électronique associée et le prototype final.*

Mots clés : Électronique analogique, Traitement du signal, Réalisation de cartes électroniques.

Abstract: Production of an effects pedal for electric guitars: Overdrive-Distortion

The objective of this project, carried out as part of the University of Toulouse's Bachelor's Degree in Long-Term Studies (REL), is to create an analogue overdrive/distortion effect pedal for electric guitars. Drawing on the knowledge acquired in electronics lectures, tutorials and practicals, the students first simulate the effect based on bibliographic research. They then refine their electronic diagram by comparing it to the original pedal using reverse engineering. In a third and final step, they assemble the

* Note de bas de page liée au titre de l'article.

electronics on LABDEC, then produce the associated circuit board and final prototype.

Keywords: Analogue electronics, Signal processing, Circuit board production.

Introduction

Dans le parcours Licence EEA REL (Réorientation vers les Études Longues), un module de 48H de bureau d'études est proposé au second semestre. Dans le cadre de ce projet, un sujet autour de la réalisation d'une pédale d'effet de guitare électrique a été proposé. C'est donc la réalisation d'une pédale de type overdrive/distorsion qui est présentée ici. La Tube Screamer TS808 d'Ibanez est la plus célèbre des pédales d'overdrive pour guitare. Elle convient au blues et à toute la gamme de musique rock, ajoutant un grain classique caractérisé par une distorsion similaire aux amplis à lampes et un bon « sustain ». La réponse en fréquence est conçue pour mettre l'accent sur les fréquences moyennes, créant un pic en fréquences qui aide à maintenir le son de la guitare prédominant dans un mix de groupe de rock. En termes de conception électronique, le principe de fonctionnement de la pédale est basé sur la filtration du signal via des étages d'amplification analogique. Le circuit a été conçu en 1979-1980 par S. Tamura, un ingénieur japonais travaillant pour Nisshin Onpa/Maxon, un fabricant d'équipement original pour Ibanez.

Ambition pédagogique

Réaliser un projet de ce type est ambitieux pour les étudiants et notamment pour ceux issus de la Licence REL. En effet ces derniers, depuis la réforme du BUT, sont essentiellement des étudiants qui proviennent de BTS Électrotechnique, Électronique. Ce n'est pas un « projet classique » pour eux dans le sens ils doivent s'intéresser à des aspects un peu subjectifs. En effet, la notion de distorsion d'un son issu d'une guitare électrique n'est pas triviale. Il faut que les étudiants se rendent compte que le son va se « salir » ce qui est paradoxal puisqu'en électronique, l'idéal est d'avoir le son le plus « propre » possible pour l'analyser. Afin de réaliser ce projet, la démarche est donc la suivante :

- Recherche Bibliographique de circuits pour ce type d'effets et simulation de ce dernier.
- Reverse Engineering et comparaison avec les pédales commerciales. Réalisation de mesures et ajustement du modèle
- Réalisation du schéma électronique avec tests acoustiques en temps réels et fabrication de la carte

Toutes ces démarches se déroulent sur une durée de 48H à raison de 4H par semaine. Ils sont amenés à gérer leur temps eux-mêmes en se répartissant la charge de travail. En fonction des équipes, ils travaillent soit en binôme, soit en trinôme. Depuis leur mise place en 2021, cela concerne environ 2 à 3 groupes selon les années sur une promotion d'une quarantaine d'étudiants. Ils sont généralement encadrés par un enseignant sur toute la durée de l'UE. A la fin, les projets sont évalués par la remise d'un rapport et une soutenance orale de 20 minutes (15 minutes de présentation et 5 minutes de questions)

Réalisation de la simulation du circuit analogique

Un des schémas classiques qui peut se trouver rapidement est celui-ci (Figure 1) :

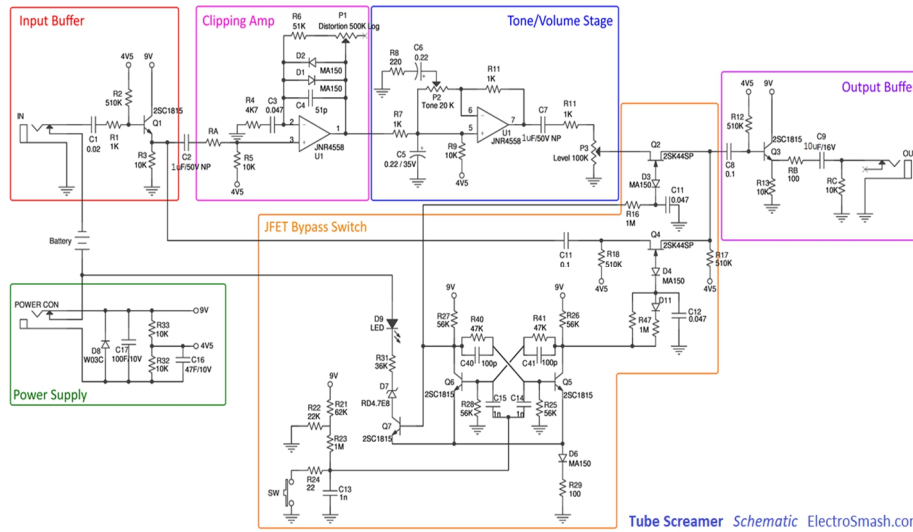


Figure 1. Schéma électronique d'une Tubescreamer 808 [1]

Cependant, en prenant cette option, les étudiants se rendent compte assez rapidement, que les étages (Adaptation Impédance, alimentation, amplification et sortie), les composants sont nombreux et que la partie réalisation de la carte va être fastidieuse. Ils affinent donc leurs recherches et trouvent d'autres solutions beaucoup plus « pragmatiques » avec notamment la possibilité de jouer sur plusieurs niveaux de distorsions de signaux tout en diminuant nettement la quantité de composants associés. Un exemple de cette solution est donné en Figure 2

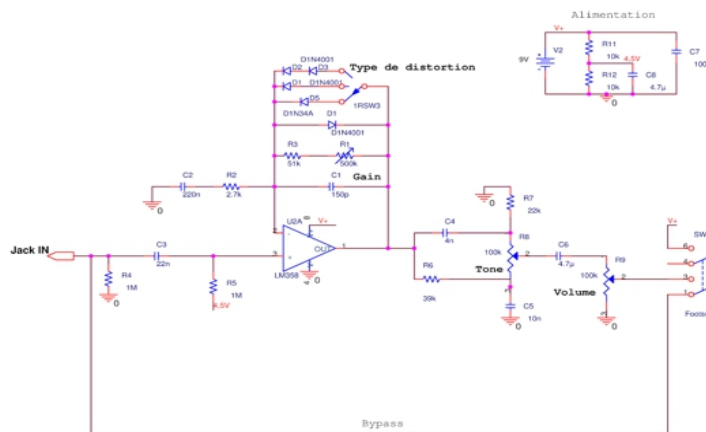


Figure 2. Schéma électronique « simplifié » de type Tubescreamer 808 [2]

Le schéma ainsi choisi se décompose en plusieurs étapes :

- Choix du filtre d'entrée pour adapter l'impédance et isoler la guitare du circuit.
- Un premier amplificateur d'écèlement, qui permet de distordre le signal d'entrée via l'utilisation d'une diode avec différentes valeurs de tension seuils
- Une partie avec un second amplificateur qui permet de gérer l'amplitude (volume) et le lissage (tonalité) du signal.
- Un filtre de sortie qui permet d'avoir une impédance de sortie faible.

- Une partie alimentation qui permet de répartir la puissance dans tout le circuit, sortant deux tensions dont l'une est de 9V et l'autre de 4,5V.
- La dernière grande partie consiste en un interrupteur permettant de rediriger le signal d'entrée de la guitare directement vers la sortie sans passer par les étages d'effets. Cela permet donc de passer d'un son de guitare distordu à un son de guitare claire en un seul appui.

Afin de donner le maximum de possibilités aux étudiants et aussi de leur donner le maximum de compétences, nous les laissons choisir de faire leurs simulations sous SPICE (version gratuite étudiante) ou LTSpice voire les 2 s'ils le souhaitent. Ces 2 logiciels sont utilisés au sein de la Licence. Ils ne partent donc pas de 0 en termes de simulations. On peut voir dans la figure 3 que le signal en sortie d'amplificateur d'écèlement distord effectivement le signal pour une valeur de diode spécifique

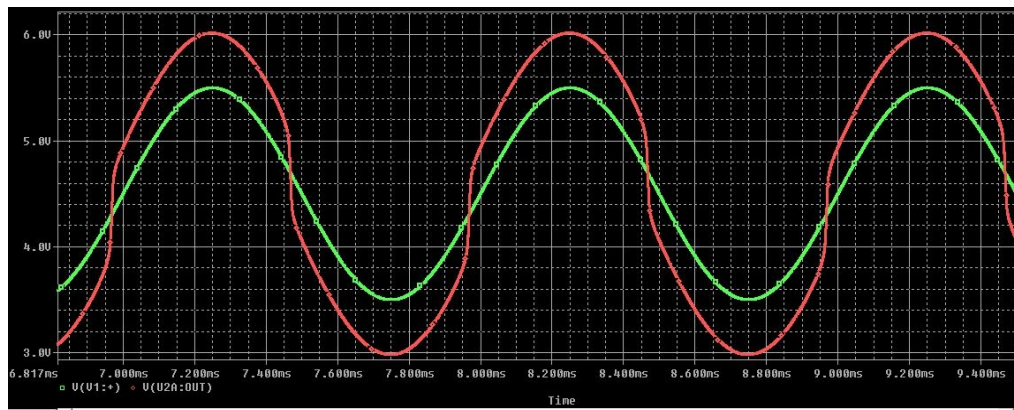


Figure 3. Signal de distorsion en sortie de pédale

Chaque étage du montage choisi est donc simulé pour voir son effet dans la chaîne du son. Cela permet également aux étudiants de trouver une première valeur de composants à placer par la suite pour procéder au test sur LABDEC.

Reverse ENGINEERING, Réalisation du schéma sous LABDEC et Mesures

Afin que les étudiants puissent se rendre compte du cahier des charges attendu d'un point de vue sonore, des pédales commerciales ont été achetées. D'une part, cela permet de comparer le montage réalisé avec une carte fabriquée à grande échelle. Ils peuvent se rendre compte en analysant cette dernière des différences de schémas vis à vis de l'effet sonore recherché. Ils analysent le type de technologies utilisées pour fabriquer la carte. Ils peuvent aussi repérer les types de valeur de composants utilisés. En corrélation avec cette étape, un schéma sur plaquette LABDEC est réalisé avec tous les éléments. Afin de valider chaque étape du processus, des mesures avec un GBF et un oscilloscope sont réalisées à différentes fréquences pour balayer tout le spectre audio Basses, Mediums et Aigus. Une comparaison en termes d'analyses de

signaux (fréquences, amplitudes, mise en forme du signal) est réalisée. Un exemple de mesures et de schéma sur LABDEC est donné dans les figures 4, 5 et 6 suivantes

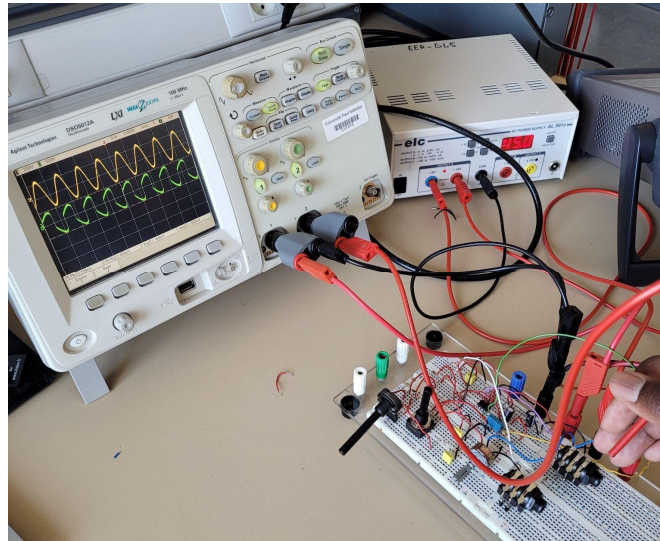


Figure 4. Montage sur plaquette LABDEC du schéma de la pédale

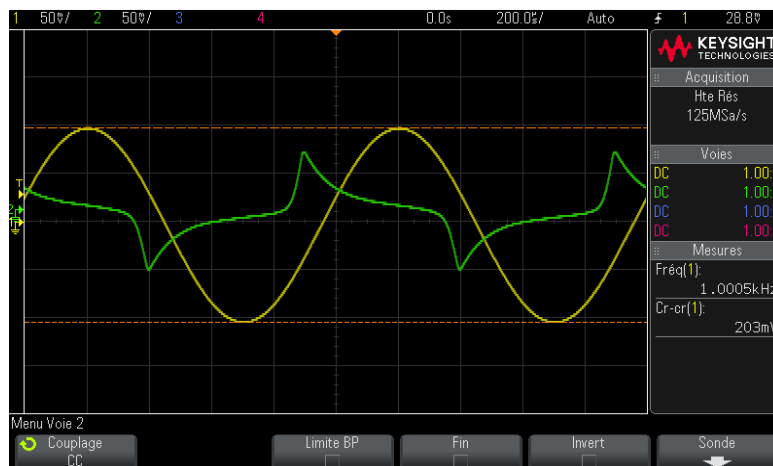


Figure 5. Signal de distorsion en sortie de pédale à 1KHz

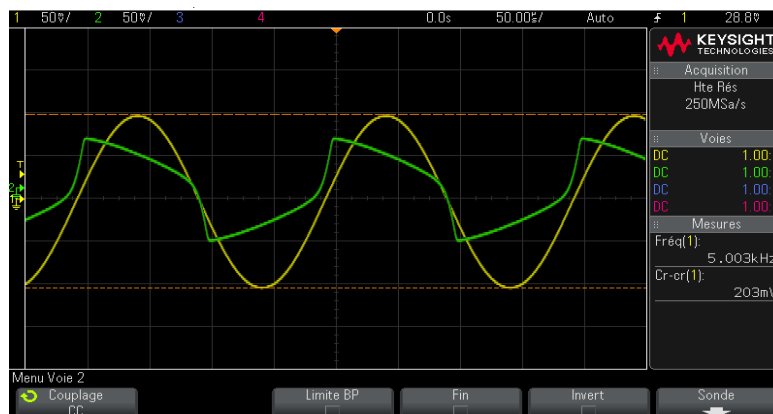


Figure 6. Signal de distorsion en sortie de pédale à 5KHz

Fabrication de cartes électroniques

Une fois que le schéma a été réalisé et validé en termes de mesures, les étudiants sont amenés à fabriquer une carte électronique correspondant à leur schéma électronique choisi. Cette étape est une nouveauté pour eux puisqu'ils doivent se former à un logiciel de routage DIPTrace, déterminer l'empâtement et l'emplacement des composants, le type de technologie à réaliser (simple ou multicouches) (Figure 7 et 8). Cette étape est cruciale et réalisée avec l'aide du service électronique de l'Université. Une fois cette étape finie, les composants sont soudés sur la carte afin d'obtenir un prototype final

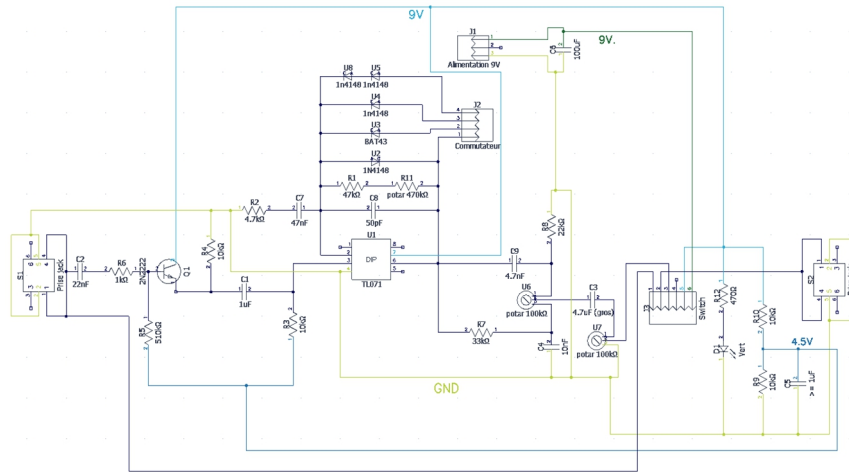


Figure 7. Schéma électronique réalisé sous DIPTRACE

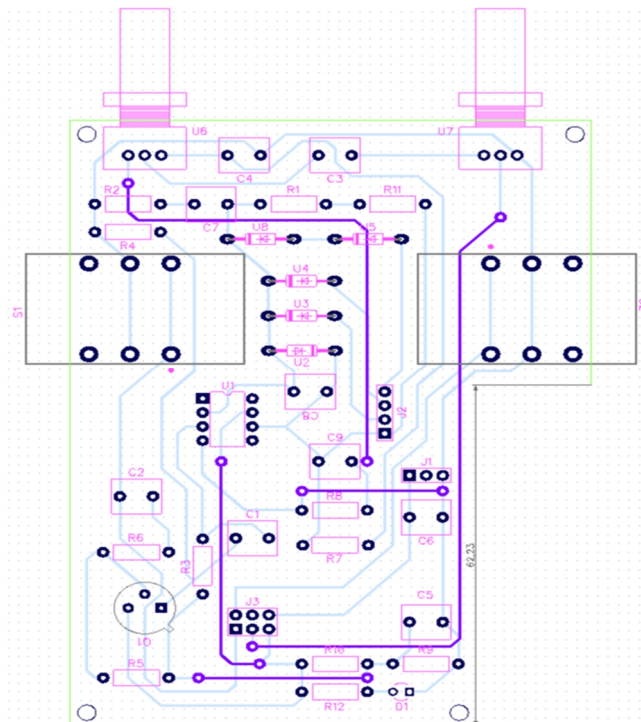


Figure 8. Finalisation du routage de la carte électronique

Test Final

Sur la figure 9, on peut ainsi voir le prototype final de la carte

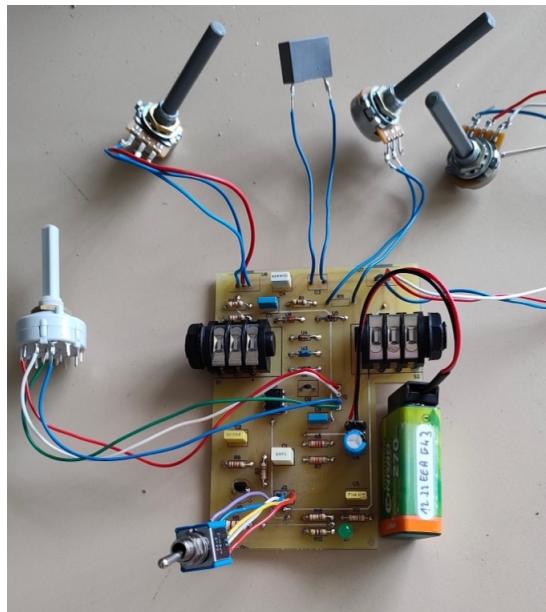


Figure 9. Prototype final de la carte électronique de la pédale Ibanez Tubescreamer

En plus des mesures réalisées avec des « moyens classiques » comme un oscilloscope et un GBF, des tests en « live » sont effectués. A chaque séance, les éléments câblés sont testés en termes de sonorités avec une guitare et un ampli et comparés avec la pédale commerciale. D'une part, les étudiants peuvent se rendre compte de leur travail en temps réel, d'autre part, cela met « une ambiance musicale » agréable en séance. Cela permet aux étudiants de voir directement l'influence de leur montage sur le son qui peut sortir d'une guitare. A ce titre, et pour illustrer ce travail, une vidéo pédagogique a été réalisée : <https://www.youtube.com/watch?v=u5QsB31yA1Q>.

Retours Étudiants

Comme on peut le voir sur la vidéo précédente, le retour étudiant est très positif. Ces derniers ont accepté de participer à ce film pédagogique sur le projet 2024. Le faible effectif concerné par ses projets rend difficile la réalisation d'une évaluation statistique probante, néanmoins, ces projets sont proposés depuis 2021 et les étudiants précédents ont été tout autant enthousiastes à l'idée de faire ces BEs. D'une part, ils apprécient d'avoir à réaliser des projets « exotiques » par rapport à ce qui leur est proposé habituellement, ils voient en temps réel avec les tests en « live » si leur montage fonctionne, et surtout, ils montent fortement en compétences avec des outils qu'ils n'ont pas forcément l'habitude de manipuler. 2 autres projets de pédale d'effets sont proposés en parallèle : une pédale de « Boost » qui sert à augmenter le volume sonore et une pédale de type Wah qui est un circuit RLC à inductance variable. Ces 2 autres projets ont la même démarche pédagogique que celle présentée ici. Et l'intérêt des étudiants pour ce type de projets est le même.

Remerciements

Les auteurs remercient la Faculté des Sciences et Ingénierie de l'Université de Toulouse et le département EEA pour le financement de tout le matériel nécessaire au développement de ce projet. Les auteurs remercient également chaleureusement Guillaume Maffre Technicien au sein du service d'électronique de l'Université qui a accepté d'aider les étudiants à la prise en main du logiciel DIPTrace et pour son aide précieuse durant cette dernière étape

Références

- [1] <https://www.electrosmash.com/tube-screamer-analysis>
- [2] <http://diyguitareffects.blogspot.com/2013/04/realisation-dune-pedale-de-distortion.html>

Biographie des auteurs

Marc Ternisien : Né le 11 février 1980 à Boulogne Sur Mer (France). Il est titulaire d'un Master Recherche en Lasers, Métrologie et Télécommunications de l'Université de Paris XIII et du Conservatoire National des Arts et métiers. Il a obtenu son doctorat de 3^e cycle en Micro et Nanotechnologies à l'Université de Lille I en 2008. En septembre 2009, après un Poste d'Attaché Temporaire à l'Enseignement et à la Recherche à l'Université de Lille I, il a rejoint l'Université Paul Sabatier de Toulouse comme Maître de Conférences et effectue ses recherches dans le Laboratoire de Plasmas et Conversion de l'Energie (LaPLaCE) au sein de l'équipe Lumière et Matière dirigée par le Professeur Georges Zissis. Après sa thèse de doctorat portant sur l'étude de l'influence des monocouches auto-assemblées sur le diélectrique de grille dans les transistors organiques, il s'intéresse aux problèmes d'interface au sein des composants organiques et l'influence des traitements de surface sur les performances de ces composants.