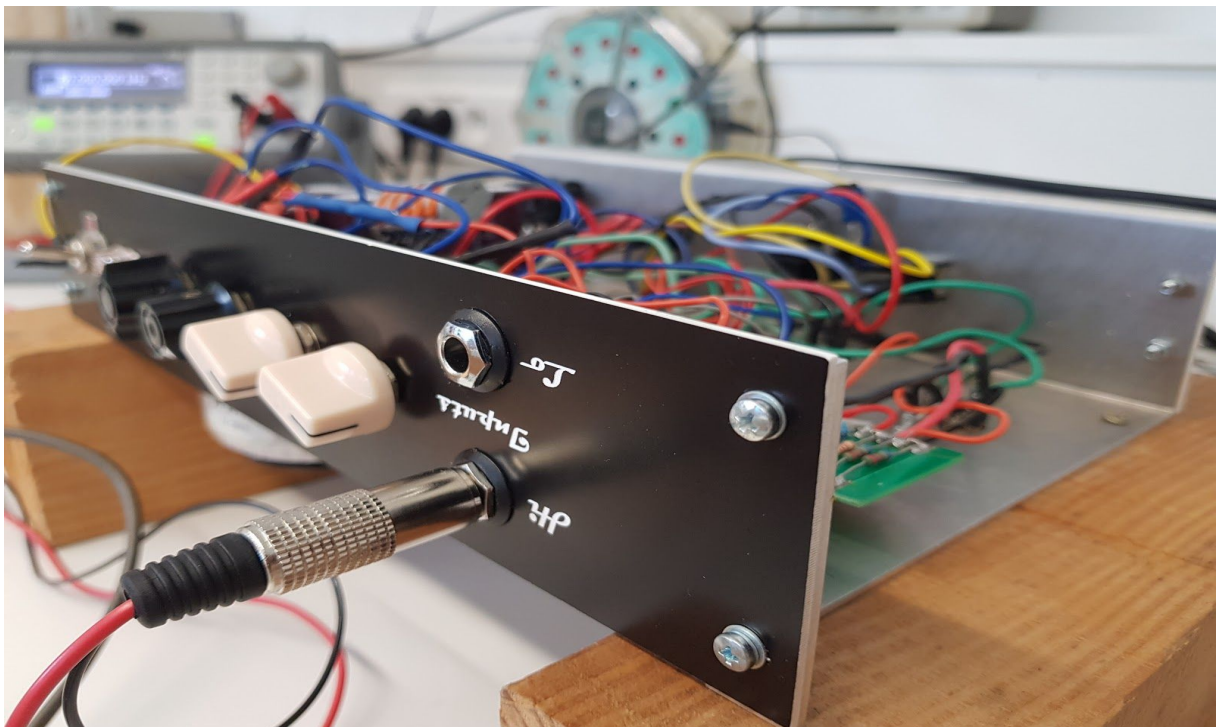


Amplification à lampes pour Guitare - Le VOX AC 30 version low-power



Etudiants :

Tihomir KENAROV François DUPUIS
Haowen YANG Xavier ONNAÏNTY
Junjin AN

Enseignant-responsable du projet :

Richard GRISEL

Date de remise du rapport : **18/06/2018**

Référence du projet : **STPI/P6/2018 – 44**

Intitulé du projet : **Amplification à lampes pour Guitare - Le VOX AC 30 version low-power**

Type de projet : **Electronique Exp/Mes/Modèles/Conception**

Objectifs du projet :

Le but du projet était tout d'abord d'assimiler le mode de fonctionnement des amplificateurs à lampes, puis, plus particulièrement, celui du Vox AC-30 afin de lui ajouter un circuit de tonalité (Bass - Middle - Treble).

La finalité du projet était donc d'améliorer notre modèle en lui donnant plus de gain par l'ajout de ce circuit de tonalité, puis de comprendre le comportement de chacun de ses paramètres.

Mots-clefs du projet : **amplificateur, VOX AC 30, électricité, simulation**

TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction	5
2. Méthodologie / Organisation du travail	6
3. Travail réalisé et résultats	7
3.1 Montage	9
3.2 Circuit de tonalité	10
3.3 Mesures pratiques	13
3.4 Comparaison de nos résultats expérimentaux et théoriques	14
3.5 Comparaison avec le Vox AC-30 de l'année dernière	16
4. Conclusions et perspectives	17
5. Bibliographie	18
6. Annexes	19

NOTATIONS, ACRONYMES

1. INTRODUCTION

Tout au long de ce projet, nous avons analysé puis amélioré un amplificateur Vox AC-30. Commençons par l'historique des amplificateurs à lampes ainsi que celle de Vox AC-30 pour contextualiser ce sur quoi le projet porte.

Fondé au début des années 1930, l'amplificateur à lampes (ou à tubes) a été spécifiquement conçu pour la guitare électrique et la guitare basse. Les amplificateurs à lampes se distinguent des amplificateurs audios d'usage général. En effet, avec ce dernier, on cherche à diminuer au maximum la distorsion ; alors que le but du premier est de produire un son caractéristique, qui aura tendance à contraster avec la sonorité d'une guitare acoustique.

Dans les années 1950 et 1960, la popularité de la guitare électrique est telle qu'elle a pour conséquence l'éclosion d'une nouvelle demande pour des amplificateurs plus puissants. Ainsi, suite à l'émergence alors récente des transistors de puissance à la fois fiables et aux prix compétitifs, la majorité des amplificateurs se servent des transistors.

Cependant, la qualité sonore des amplificateurs à tubes est si bien réputée dans le monde professionnel que les grandes marques comme Vox, Fender ou Marshall continuent fidèlement la production de ces modèles. Vox créait d'ailleurs, en 1957, le Vox AC-30 en réponse à la demande croissante d'amplificateurs toujours plus puissants. Cet amplificateur a été très utilisé par des grands noms de la musique, comme par exemple : Brian May, John Lennon, George Harrison ou encore The Edge. Nous avons justement eu l'opportunité, grâce au projet P6, d'oeuvrer sur ce modèle.



Image 1 : Amplificateur Vox AC30

2. MÉTHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

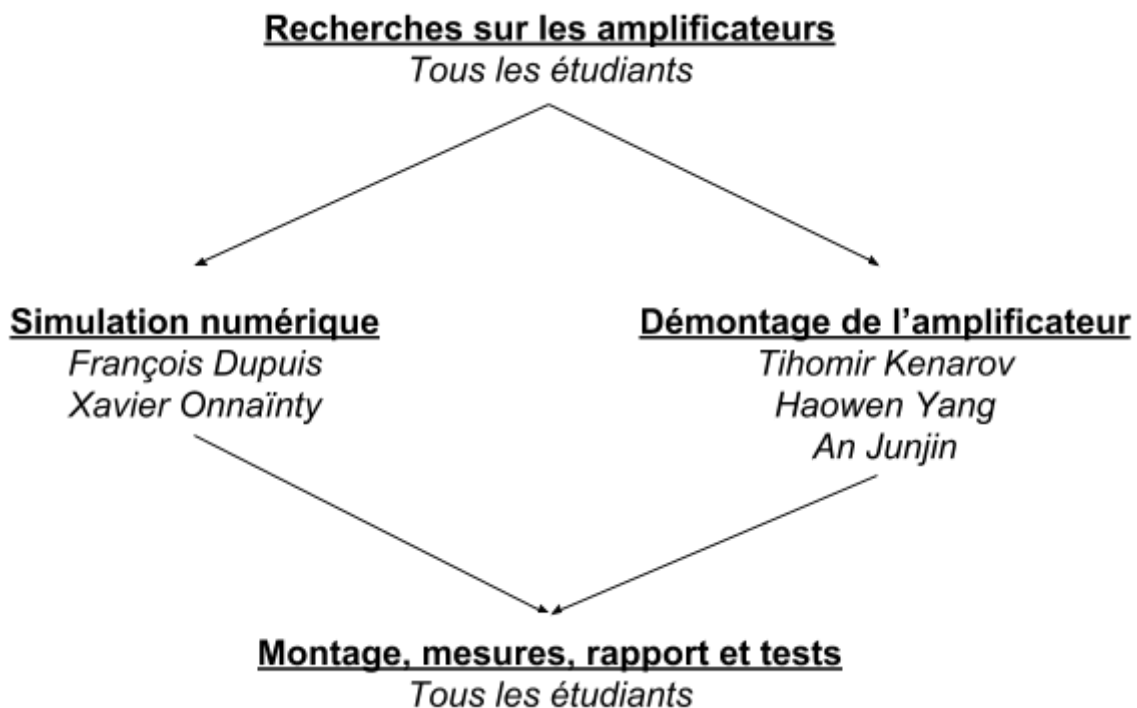
Tout au début du projet, notre enseignant de projet Richard Grisel a dédié deux cours à la théorie, au fonctionnement et aux spécifications des différents amplificateurs à lampes. En essayant de mieux comprendre la structure du mécanisme, nous avons décidé de travailler séparément et d'accumuler le plus d'information possible concernant le Vox AC-30.

Ensuite, une fois qu'on était prêt à travailler sur l'amplificateur, nous nous sommes rendus compte que des changements du Vox AC-30 ont déjà été effectués par des étudiants de l'année précédente. Dans le but de découvrir les modifications mise en place, nous avons repris le rapport de l'année dernière (2017) et nous avons établi un plan de travail pour les semaines à venir avec notre responsable de projet.

Après cela, nous avons une structure claire de ce qu'il fallait faire et comment améliorer le Vox AC-30 de l'année précédente.

Notre projet consiste donc à installer un circuit de tonalité qui non-seulement augmentera la puissance du mécanisme mais améliorera également la qualité du son.

Afin de rendre la réalisation de notre idée possible, nous avons dû apprendre à utiliser la simulation numérique (LTSpice, Tone Stack Calculator) et différents outils à l'atelier du bâtiment Dumont comme par exemple la soudeuse.



3. TRAVAIL RÉALISÉ ET RÉSULTATS

Fonctionnement des amplificateurs à lampes :

Les lampes :

Les lampes, aussi appelées tubes, doivent directement leur nom aux lampes que l'on utilise pour produire de la lumière. En effet, ces deux dispositifs sont en réalité similaires par bien des aspects d'où leur nom en commun.

Certains s'accordent même à dire qu'ils ont la même fonction, l'un sert à « amplifier » la lumière dans une pièce, l'autre le son.

Regardons maintenant ce que contiennent ces lampes (d'amplificateurs).

Dans la lampe d'amplificateur on y trouve un filament chauffant, une cathode, une anode et une ou des grilles. Ces différents composants permettent alors de créer l'amplification et ce son si particulier des amplificateurs à lampes. Associée à d'autres lampes, ces petits objets permettent alors de créer un amplificateur.



Image 2 : Lampe

Intéressons nous maintenant au fonctionnement des lampes.

Notons tout d'abord que les amplificateurs à lampes sont composés de plusieurs étages pour permettre une bonne amplification ainsi qu'une signature particulière. Nous entendons par là que c'est bien le guitariste qui peut agir sur le son de sortie suivant ce qu'il souhaite (de la saturation, de l'égalisation, etc...).

De ce fait, un premier étage sert de pré-amplification. Cet étage permet alors de construire le signal reçu de la guitare afin qu'il puisse être amplifié par la suite. Le signal prend également la « couleur » voulue par le guitariste lors de cette étape. La pré-amplification est donc l'étape la plus importante.

Ensuite, il y a les étages d'amplifications. Ces étages portent bien leur nom et servent donc à amplifier le signal.

Enfin, un étage de sortie débouche sur un transformateur pour permettre au signal électrique d'être envoyé aux haut-parleurs.

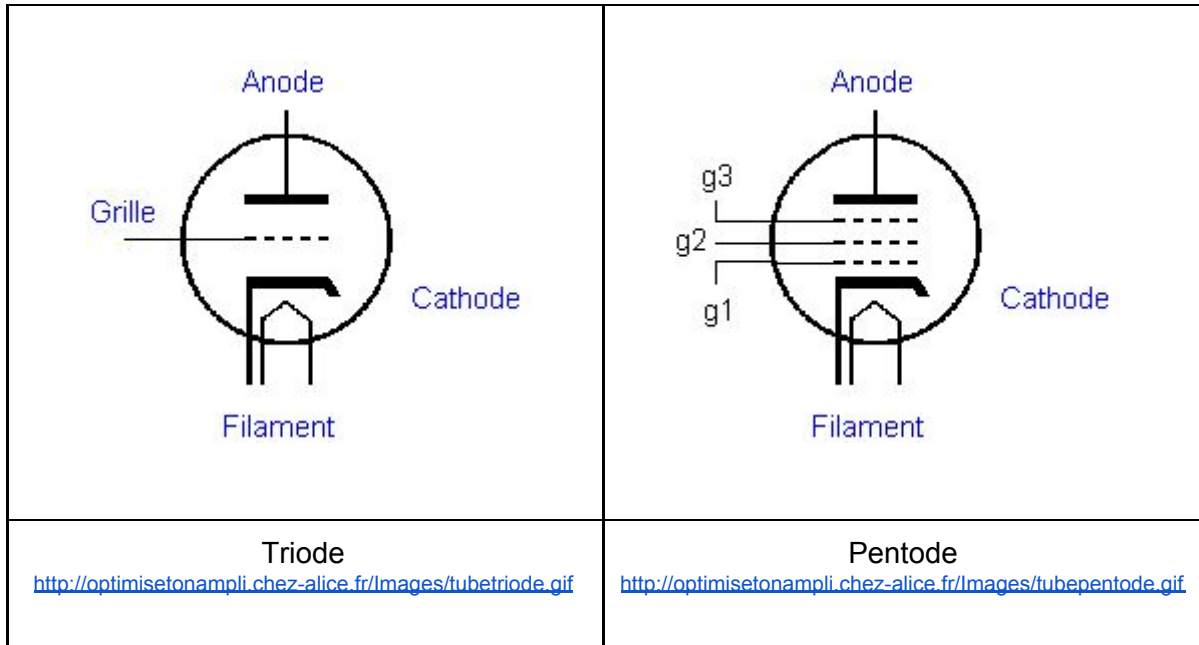
Le son de sortie sera alors typique et très apprécié des guitaristes.

Outre ce son si particulier obtenu, ajoutons que les lampes permettent de supporter une puissance plus grande ce qui en fait un avantage par rapport aux transistors (le deuxième type d'amplificateurs).

Notons quand même un désavantage des lampes, celles-ci sont fragiles et demandent d'être manipulées avec précaution.

Pour finir, il est important de souligner le fait qu'il existe différents types de lampes.

En effet, il existe les triodes, les tétrodes et les pentodes. La différence entre les trois modèles réside dans le nombre d'électrodes utilisées. Au lieu de 3 électrodes (triode), la pentode en possède 5 (4 pour la tétrode).



Dans le cadre de notre étude, les lampes sont des pentodes. Elles permettent d'obtenir un meilleur gain et de limiter les discontinuités dans les caractéristiques tension/courant que provoquent l'utilisation des tétrodes. C'est à dire qu'elle consomme moins d'énergie qu'une tétrode ou même qu'une triode.

3.1 MONTAGE

D'un point de vue électronique, notre amplificateur comprend deux grandes pièces, un circuit électrique pour l'alimentation et une plaque de jonction des composants regroupant essentiellement résistances et condensateurs. Par conséquent, nous devons parfaitement souder les différents composants afin d'éviter tout type de court-circuit pouvant altérer les mesures. Grâce au schéma proposé par le fournisseur, nous avons pu mieux comprendre le principe de fonctionnement de Vox AC-30.

Sur cette base, nous avons ajouté un circuit de tonalité pour enlever les défauts du précédent amplificateur réalisé par le groupe de l'année précédente. Les différents composants présents sur cette plaque sont en réalité des rapports servant à amplifier ou diminuer le signal émis.

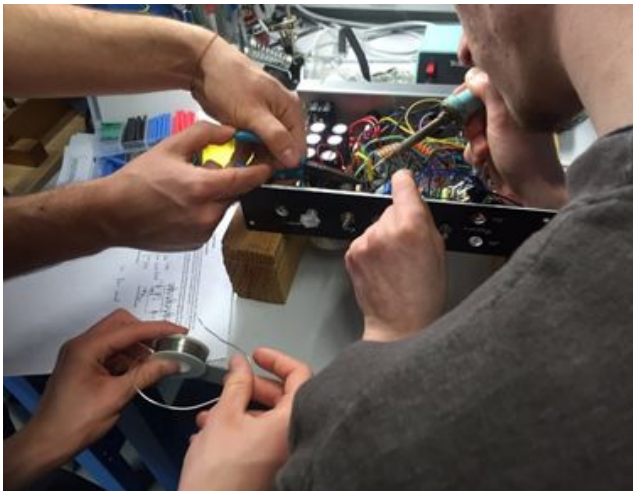


Image 3 : Soudure du circuit de tonalité

Du point de vue du montage, le kit fournissait déjà un bâti ainsi que toutes les vis et boulons nécessaires à la construction du circuit de tonalité. D'abord, nous avons percé un trou dans le panneau de contrôle afin de pouvoir accueillir les boutons. Ensuite, nous avons mesuré la longueur du bouton nécessaire avec l'aide de l'enseignant.

Ces boutons se trouvaient être trop grand, ainsi il était nécessaire de les raccourcir pour qu'ils puissent rentrer dans notre système. Il fallait ensuite trouver un capuchon de bonne taille pour les différents boutons. Une fois cela effectué avec l'aide du professeur, le dispositif était prêt à être monté. Nous avons donc commencé à souder le montage.

Tout d'abord nous avons tous appris à souder deux fils ensemble, ensuite nous avons pu souder tour à tour en nous aidant mutuellement. Il fallait alors être précis pour ne pas griller les autres composants déjà présents. En effet, la soudure en elle-même n'est pas très compliquée, le tout est d'être précis. A l'aide du plan, nous avons alors soudé les différents composants entre eux comme les condensateurs et les résistances pour au final réaliser notre nouveau système.

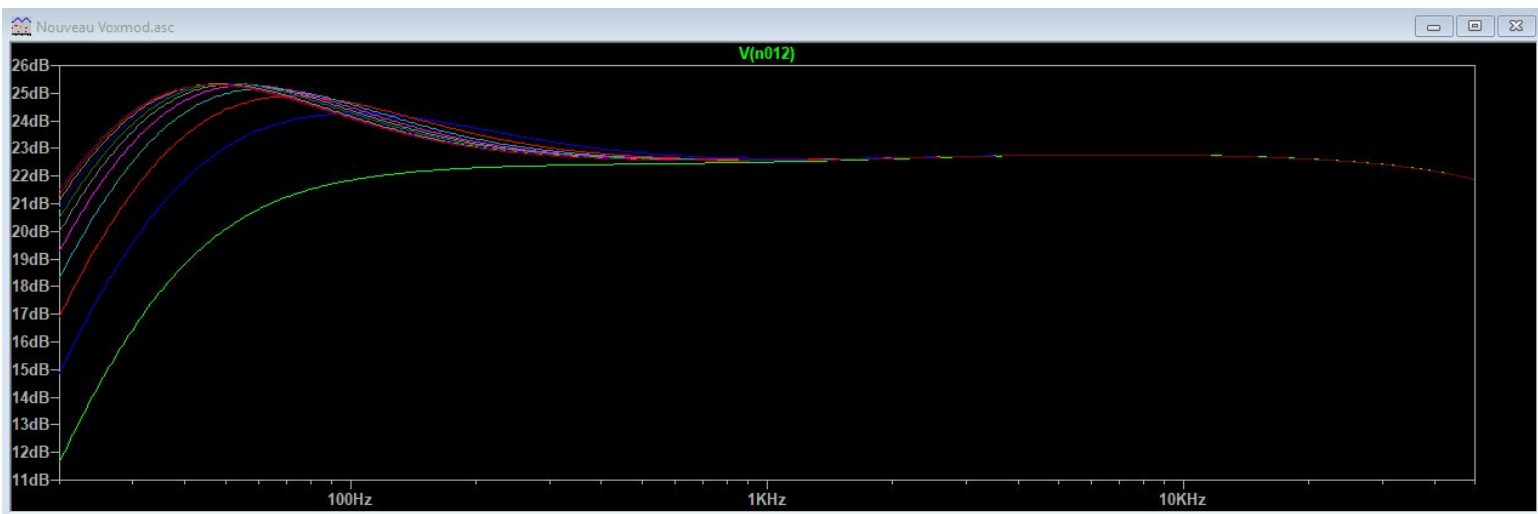
Afin de protéger le circuit il est intéressant de noter que nous avons utilisé de la gaine thermo-rétractable pour éviter tout court-circuit.

3.2 CIRCUIT DE TONALITÉ

L'objectif du montage était donc de fixer ce circuit de tonalité sur l'amplificateur de l'année dernière. A la différence de l'année précédente, nous avons fait le choix de le fixer directement sur l'amplificateur. Ainsi, il n'est plus aussi aisé de s'en débarrasser. Cependant on peut toujours mettre la position Bass/Mid/Treble à 0 pour enlever tout le caractère spécifique de ce circuit de tonalité.

Il est important de noter que ce circuit de tonalité se base sur le circuit de tonalité d'un Marshall, référence prise à partir du logiciel Tone Stack Calculator.

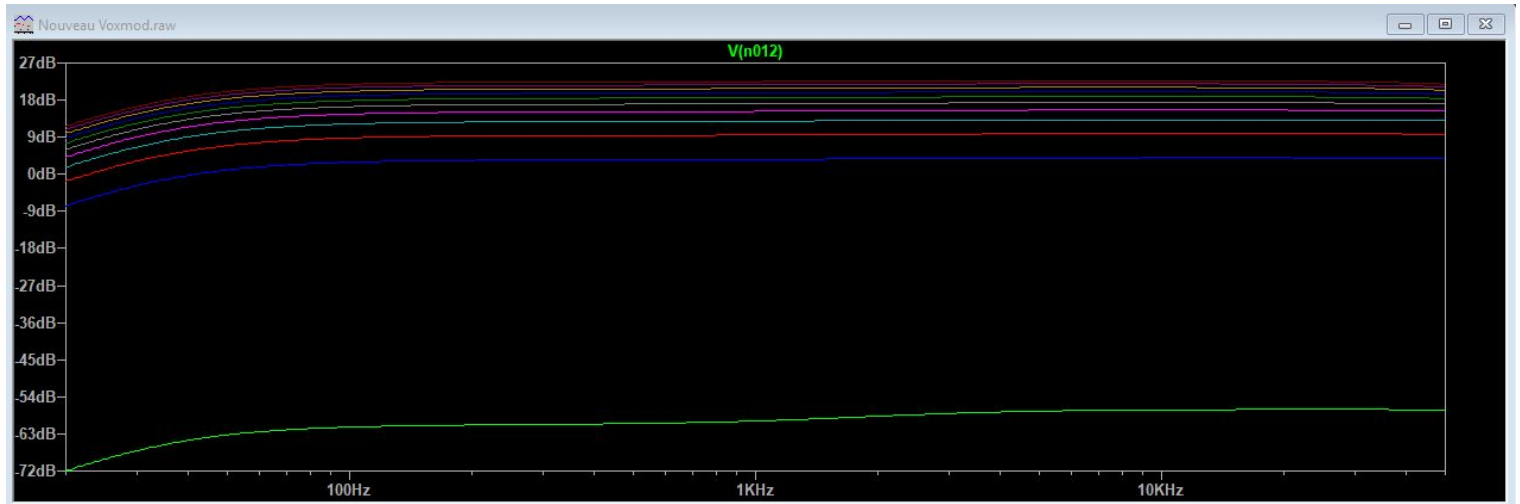
Cependant en l'état il n'était pas possible de mettre les mêmes valeurs de résistances et de condensateurs. Ainsi avant le montage, il a donc fallu s'adapter à notre situation avec le Vox AC-30. C'est donc avec l'aide de notre enseignant de projet que nous avons pu déterminer les différentes valeurs à utiliser pour avoir le meilleur gain. On se rappelle que l'un des objectifs premier et d'augmenter le gain qui avait été perdu suite aux différentes manipulations de l'année dernière. De ce fait, par l'intermédiaire de LTSpice nous avons observé la courbe de gain du circuit de tonalité et donc d'observer les différences entre certaines positions des boutons Bass/Mid/Treble.



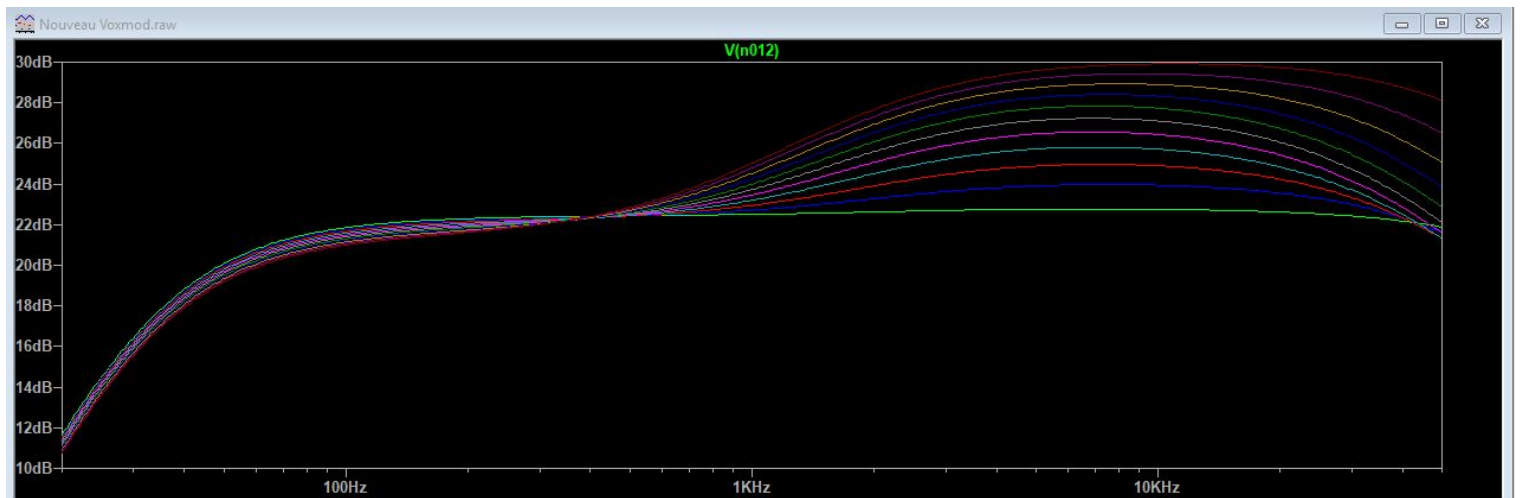
Ce graphique représente le gain du circuit de tonalité en fonction de la fréquence.

On observe ici le résultat de l'augmentation des basses de la position 0 à la position 1 avec pour position initiale 1 en Mid et 0 Basse et 0 Treble. Pour ce faire on utilise la commande "step" sur le logiciel. Il est important de noter que le pas est de 0.1.

On voit alors clairement sur la courbe l'influence de l'augmentation des basses, les basses fréquences gagnent au fur et à mesure du gain (la courbe verte correspond à la position initiale). Ce qui est parfaitement cohérent avec ce que l'on voulait réaliser.



Sur ce graphique on observe l'évolution de la position du Mid et donc son influence sur le gain (par le même procédé que précédemment). Cette fois ci, les potentiomètres Bass et Treble sont en position 0 et c'est donc le potentiomètre Mid que l'on fait varier de 0 à 1. La courbe "Flat" est donc bien respectée dans notre modèle comme on peut le voir.



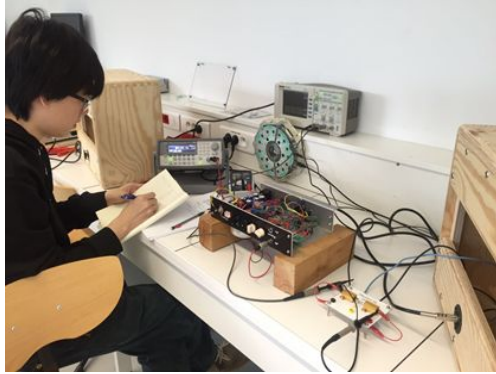
Nous avons également fait la simulation de l'évolution du potentiomètre Treble comme les précédent (avec la position du Mid à 1 et celle du Bass à 0). Cette fois ci encore cela correspond à nos attentes, c'est à dire que les fréquences élevées présentes un meilleur gain quand on augmente la position du potentiomètre Treble.

Enfin après avoir terminé le montage il nous fallait encore tester ce nouveau dispositif et son influence sur le gain total de l'amplificateur. Il faut donc maintenant comparer nos résultats expérimentaux avec la théorie ainsi qu'avec le groupe de l'année précédente. C'est donc l'objet de la suite de notre étude.

Nous tenons sur cette partie à remercier l'enseignant Monsieur Grisel qui a permis à ces simulations de fonctionner. En effet, une mauvaise compréhension de schéma de notre part faisait que le potentiomètre ne se révélait pas aussi intéressant que prévu et les résultats théoriques étaient mauvais. Il nous a donc aidé à trouver la solution du problème.

3.3 MESURES PRATIQUES

Image 4 : Mesures sur le Vox



Il fallait donc maintenant étudier l'impact du circuit de tonalité sur notre amplificateur.

Pour la partie mesures pratiques, nous avons connecté l'amplificateur à une alimentation électrique et un oscilloscope pour évaluer le déphasage, son amplitude crête à crête. Pour ce faire, nous avons fixé une valeur de tension d'entrée V_e et ensuite nous avons fait varier la fréquence qui avait pour but de refaire les fréquences possibles d'une guitare.

La tension V_e a été fixé à 0.02V. Grâce à l'oscilloscope, il nous a été alors facile de retrouver la tension de sortie V_s . Avec ces valeurs il a alors été possible de créer des courbes de gain illustrant alors le bon fonctionnement ou non de notre amplificateur.

L'étude de l'amplificateur passe alors par l'efficacité du circuit de tonalité. La comparaison a été faite sur le gain obtenu à différentes fréquences en utilisant trois positions des potentiomètres : une fermée, deux entièrement ouverte (1/1/0 et 0/1/1) et une ouverte, deux entièrement fermée (0/1/0). En utilisant une tension de cette alimentation de 0.02V, nous avons mesuré les amplitudes de sortie (V_s) pour chaque fréquence (comme indiqué précédemment). On a alors pu calculer le gain à l'aide de la formule $20 \cdot \log(V_s/V_e)$. Nous avons ensuite réalisé un graphique représentant ces trois courbes de gain en fonction de la fréquence.

(Voir les graphiques en Annexes)

Il nous faut maintenant commenter nos résultats en les comparant avec les résultats théoriques.

3.4 COMPARAISON DE NOS RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX ET THÉORIQUES

En annexe, les résultats expérimentaux sont présentés.

Tout d'abord regardons les résultats théoriques :

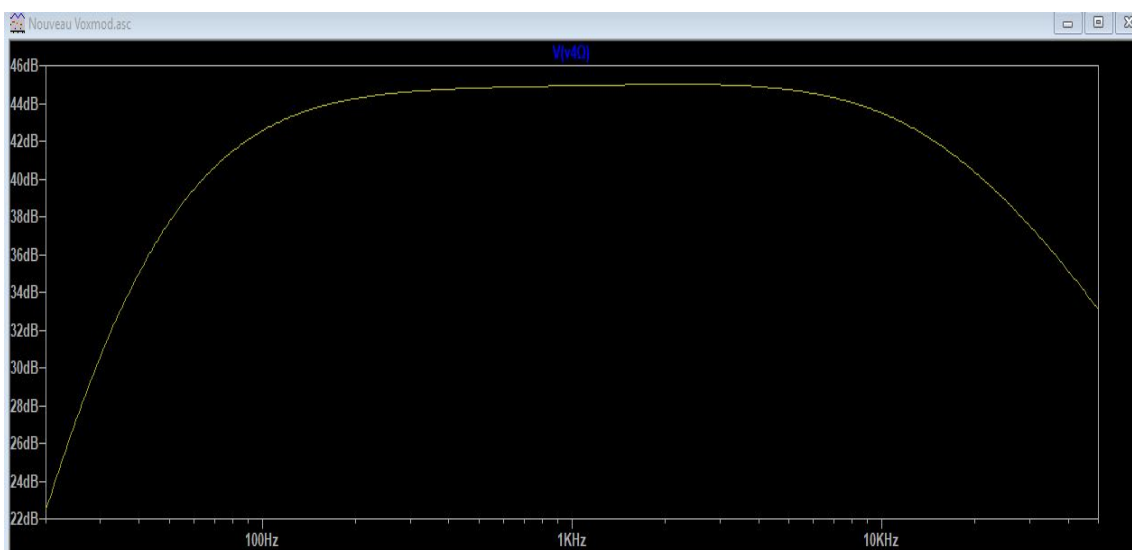


Image 5 : courbe du gain en sortie par rapport à la fréquence (Bass 0 / Mid 1 / Treble 0)

Ici, ce graphique représente le gain de sortie en fonction de la fréquence. Précisons aussi les positions des différents potentiomètres : Bass 0 / Mid 1 / Treble 0.

Avec ces prérequis on peut alors comparer ces deux courbes (graphique 1 en annexe) qui sont censées représenter la même chose. On est alors très fier de nos résultats puisque les deux tracés sont parfaitement cohérent. On peut cependant remarquer un plus grand gain sur les résultats expérimentaux. En effet, le pic sur nos résultats expérimentaux a une valeur de 47 dB alors que le tracé théorique révèle un pic de gain à 45 dB. On peut expliquer cela par le matériel utilisé qui présente des incertitudes de mesures ainsi qu'au fait que notre modèle théorique est purement théorique ce qui l'éloigne de force de la réalité. Cette différence est tout même très faible, on peut donc conclure que nos résultats sont conformes.

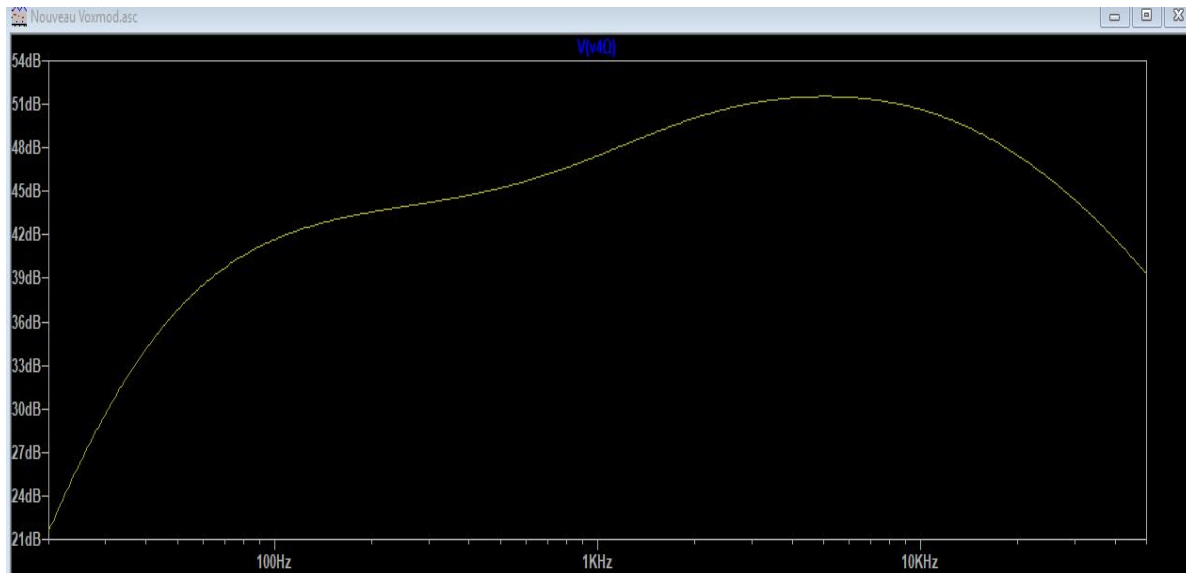


Image 6 : courbe du gain en sortie par rapport à la fréquence (Bass 0 / Mid 1 / Treble 1)

Sur ce second tracé qui représente toujours le gain en fonction de la fréquence, les potentiomètres sont dans cette position : Bass 0 / Mid 1 / Treble 1.

Le graphique expérimental correspondant est le graphique 3.

Cette fois ci on remarque tout de même une différence au niveaux de la pente de la courbe. En effet, la courbe expérimentale est nettement plus abrupte que la courbe théorique. Cependant cette différence de "forme" s'accompagne d'un gain similaire au niveaux des 2 points "hauts" de la courbe, à 100 Hz et 5000 Hz . On peut alors une nouvelle fois valider nos résultats expérimentaux qui sont conformes avec les résultats attendues.

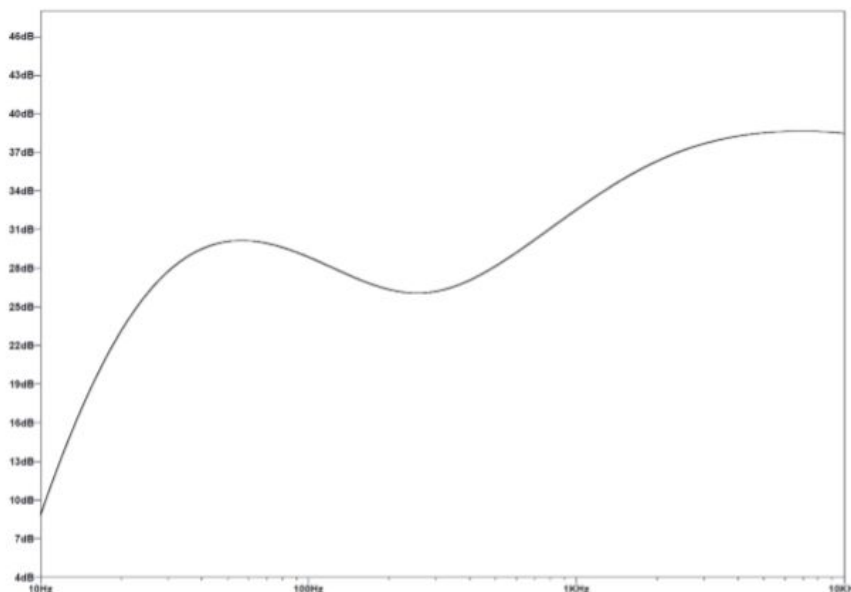
Pour le graphique numéro 2, les mesures sont elles aussi conformes puisqu'on observe bien l'augmentation du gain dans les fréquences basses dû au potentiomètre basse en position 1.

Il reste donc maintenant à comparer ces résultats avec le groupe de l'année dernière pour vérifier si notre objectif a été atteint.

3.5 COMPARAISON AVEC LE VOX AC-30 DE L'ANNÉE DERNIÈRE

Il s'agit donc maintenant de comparer nos résultats. Le but de notre projet, cette année, était d'avoir un gain plus élevé que l'année précédente.

Comparons donc nos courbes de gain pour se rendre compte de la différence. Tout d'abord il faut savoir que la modification de l'année passée ne ressemblait pas à la nôtre. De ce fait, nous n'avons pas pu faire de nombreux tests. Cependant nous avons pu comparer notre gain final grâce à notre graphique 3 (voir en annexe). Comparons donc ce graphique avec leur résultat dans le cas de leur filtre inactif (2ème version) :



On observe bien évidemment la même forme de la courbe cependant on remarque bien que le gain n'est pas le même. En effet, leur dispositif présente un gain dans les fréquence autour de 5000 Hz de 40 dB. Or dans le cas de notre dispositif, on observe un pic à 53 dB pour les mêmes fréquences.

On peut donc conclure que l'ajout de ce circuit de tonalité à bien augmenter le gain de sortie et donc répond à notre demande initiale.

4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

On peut maintenant conclure sur le travail que nous avons réalisé tout au long de ce semestre.

Tout d'abord nous sommes fiers que l'objectif premier qui était d'augmenter le gain de sortie de l'amplificateur soit réalisé. En plus de répondre à cet objectif, notre modèle réel se rapproche beaucoup du modèle théorique, ce qui accentue ce sentiment d'avoir bien fait. Ainsi au fil des années l'amplificateur a reçu des améliorations et nous sommes fiers d'avoir pu y participer.

Pour autant notre travail n'est pas fini et on peut déjà envisager plusieurs améliorations. Tout d'abord l'amplificateur dans son état actuel ne permet pas d'être transporté. Il serait alors intéressant de le monter dans une boîte prévue à cet effet. Le groupe de cette année chargé du Fender (autre amplificateur à lampes) a d'ailleurs réalisé ce montage sur son amplificateur.

Enfin nous sommes heureux d'avoir mené ce projet au cours de ce semestre, nous avons acquis des compétences diverses et variées dans le domaine de l'électronique. Ceci nous amène donc une autre culture scientifique que pour beaucoup d'entre nous n'avions pas. En effet, nous avons appris à souder, à utiliser divers logiciels de simulations pour mener à bien ce projet.

Mais la réalisation de ce projet était une tâche difficile. Le fait de ne pas faire d'électroniques ou très peu n'a pas rendu la tâche aisée. Nous avons rencontré de nombreuses difficultés pendant notre travail. La compréhension de la théorie était sûrement un défi car des notions de la P3 étaient impliquées et certaines révisions de la théorie et des formules ont été requises. En effet, pour réaliser un tel projet il a fallu plusieurs séances pour comprendre le mécanisme d'un amplificateur. Cette compréhension a naturellement été possible grâce à Monsieur Grisel.

D'un autre côté, aucune personne de notre groupe ne savait utiliser une soudeuse. Il était alors très intéressant d'apprendre à s'en servir. La mise en place du potentiomètre nous a donc offert cette possibilité. Chaque personne du groupe a donc pu apprendre à maîtriser cet outil et acquérir la rigueur nécessaire pour une telle opération.

Finalement, lors de la phase de test, où le but est de voir la courbe de gain de notre amplificateur à l'issue du projet, nous avons malheureusement eu de mauvais résultats pendant la prise de mesures. En effet, lors du branchage sur l'oscilloscope, un des fils devait être mal branché ou défectueux. Cette incident nous a donc gaché du temps.

Malgré ces difficultés, l'aide en continu d'assistants ainsi que du professeur a permis de les surmonter. C'est pourquoi nous tenons à remercier Pascal Williams, Hélène Rade et Michaël Jolly pour leur assistance technique durant les étapes de démontage et de soudage. Ils nous ont permis d'avancer dans le projet tout en nous donnant de précieux conseils pour le soudage. Et bien évidemment nous remercions Richard Grisel pour son aide, tout au long du semestre, à la fois dans le montage ainsi que dans les études théoriques.

5. BIBLIOGRAPHIE

<https://www.hguitare.com/communaute/blog/materiel/ampli-a-lampe> (20/05/2018)

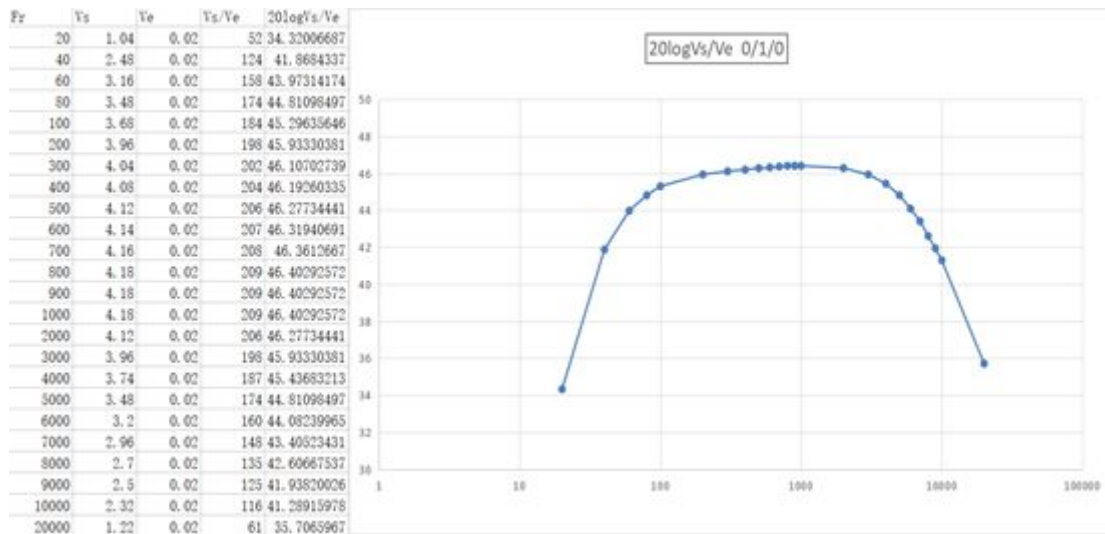
https://fr.wikipedia.org/wiki/Amplificateur_pour_guitare_%C3%A9lectrique#Caract%C3%A9ristiques_sp%C3%A9cifiques (08/06/2018)

https://fr.wikipedia.org/wiki/Amplificateur_%C3%A9lectronique#Historique (08/06/2018)

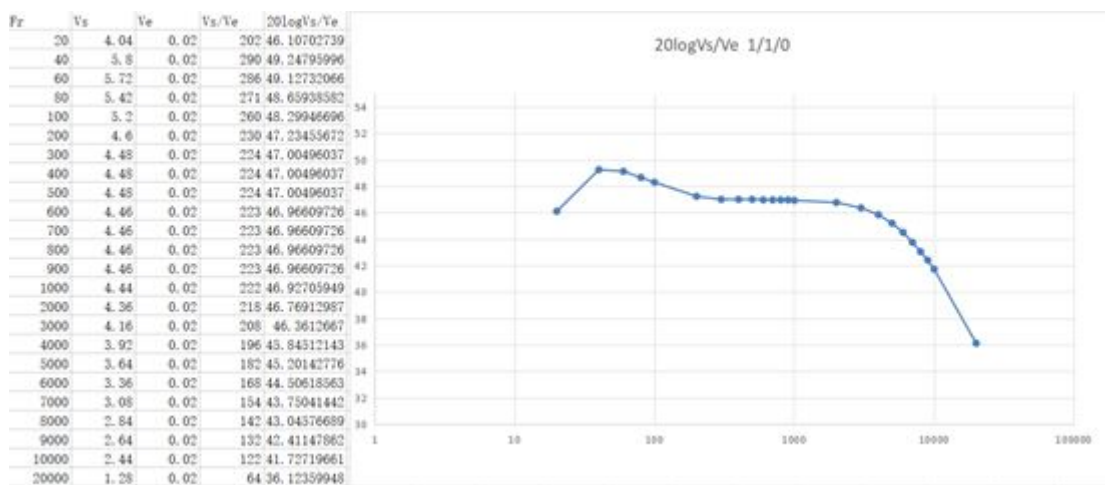
https://fr.wikipedia.org/wiki/Vox_AC30#Historique (08/06/2018)

6. ANNEXES

graphique 1 (0/1/0)



graphique 2 (1/1/0)



graphique 3 (0/1/1)

