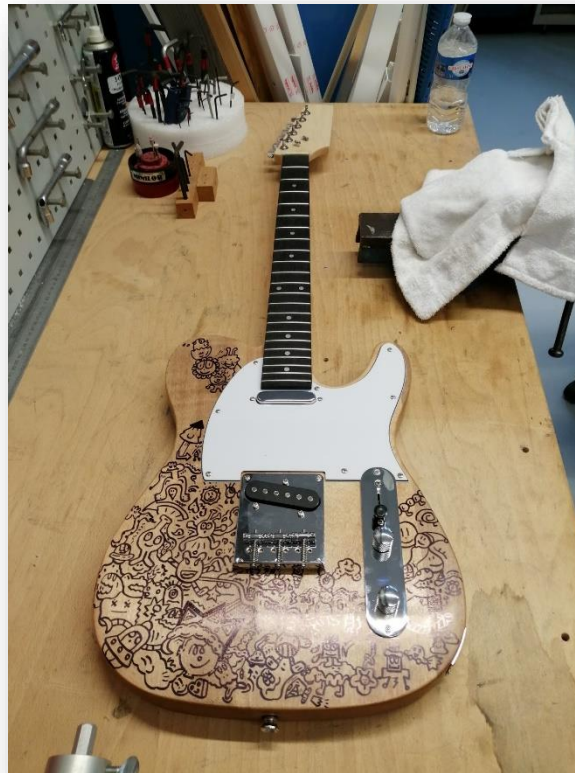


## Guitare électrique : fabrication et étude



**Etudiants :**

**Othman AMMAR**

**Maël BOUSSANGE**

**Julia COURTENS**

**Haoqing HU**

**Agathe MACQUET-CASTILLON**

**Nicolas SUNDERMANN**

**Enseignant-responsable du projet :**

**Monsieur Richard GRISEL**

*Cette page est laissée intentionnellement vierge.*

Date de remise du rapport : **15/06/2020**

Référence du projet : **STPI/P6/2020 – 16**

Intitulé du projet : ***Guitare électrique : fabrication et étude.***

Type de projet : ***expérimental***

Objectifs du projet :

Notre projet initial était de fabriquer une guitare. Nous avons alors commandé une guitare électrique en kit que nous avons assemblée. Notre but a ensuite été de tester via LatisPro, les différences de sons entre les différentes cordes et de lister les facteurs qui pouvaient être à l'origine de celles-ci (distance avec le manche, ou autres). Nous n'avons néanmoins pas pu tester la guitare avant la crise du Covid-19 (faute de temps et de matériel). Nous nous sommes alors concentrés sur l'historique de la guitare, des micros et des amplificateurs. Nous avons également étudié les différents mécanismes de leur fonctionnement. Notre nouvel objectif a été de développer le sujet de la guitare en l'étendant aux nombreux outils qui l'accompagnent en général, d'un point de vue historique et d'un point de vue scientifique.

Mots-clefs du projet : ***Guitare électrique, corde vibrante, électronique, électromagnétisme.***

## TABLE DES MATIERES

1.	Introduction .....	7
2.	Méthodologie / Organisation du travail .....	7
3.	Travail réalisé et resultats .....	8
3.1.	Point historique sur la guitare .....	8
3.1.1.	L'apparition progressive de la guitare .....	8
3.1.2.	Fonctionnement global de la guitare.....	9
3.1.3.	Fonctionnement des frettes .....	9
3.2.	Les micros.....	10
3.2.1.	Historique des micros.....	10
3.2.2.	La telecaster.....	11
3.2.3.	La stratocaster .....	11
3.2.4.	La Les Paul .....	12
3.3.	Caractéristiques des micros et leur influence sur le signal de sortie .....	13
3.3.1.	Description générale des micros .....	13
3.3.2.	Influence du bobinage .....	14
3.3.3.	Influence de l'aimant .....	14
3.3.4.	Influence des différentes positions du micro : .....	15
3.3.5.	Influence des cordes sur les réceptions micros : .....	16
3.3.6.	Les principaux types de micros : .....	16
3.4.	Le câblage sur une guitare électrique :.....	18
3.4.1.	Les composants d'une guitare électrique: .....	18
3.4.2.	Le potentiomètre .....	18
3.4.3.	Exemple du câblage d'une guitare électrique: .....	19
3.5.	Etude sonore d'une <i>Fender Telecaster</i> 52, 58 et 64. ....	20
3.6.	Etude des cordes de guitares .....	22
3.6.1.	Théorie de la corde vibrante.....	22
3.6.2.	Description d'une corde vibrante .....	23
3.7.	Expérimentation de la théorie des cordes, application sur guitare basse. ....	25
3.7.1.	Influence de la longueur de la corde.....	26
3.7.2.	Influence de la tension .....	26

3.7.3. Influence de l'inertie de la corde .....	27
4. Conclusions et perspectives.....	28
5. Bibliographie .....	29
5.1. Présentation de la guitare:.....	29
5.2. Présentation des micros: .....	29
5.3. La corde vibrante:.....	29
6. Annexes (non obligatoire – exemples ci-dessous).....	30
6.1. Etapes de fabrications de la guitare :.....	30
6.2. Documents relatifs à l'étude des Fender telecaster 52, 58 et 64.....	34
6.3. Propositions de sujets de projets.....	36

## NOTATIONS, ACRONYMES

## 1. INTRODUCTION

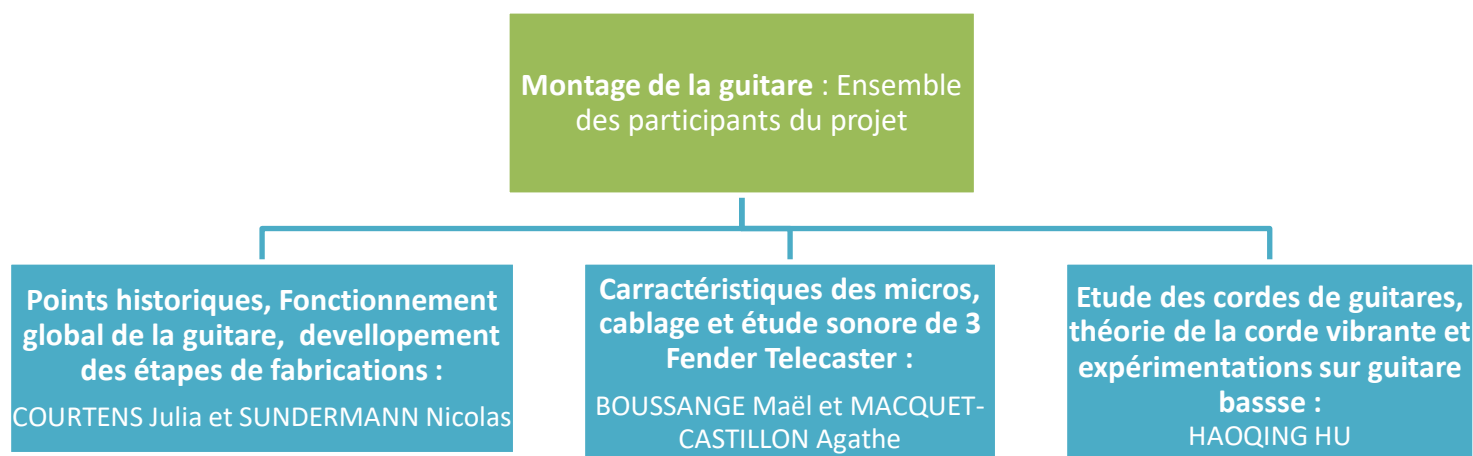
Ce projet avait pour objectif de fabriquer une guitare électrique en kit que nous avons préalablement commandé sur internet. Nous avons commencé à fabriquer la guitare avant le début du confinement. Nous avons ensuite dû réadapter le projet de manière à le transformer en un travail de recherches, afin de pouvoir travailler seul chez soi ou à plusieurs, tout en se répartissant les tâches.

Nous avons tout d'abord fait des recherches sur la guitare et son fonctionnement, puis détaillé et illustré la fabrication de cette dernière avec le groupe. La partie suivante concerne les micros, les différentes sortes existantes, leur histoire ainsi que leur composition et mode de fonctionnement. Nous avons également abordé le sujet du câblage de la guitare. Enfin, notre attention s'est portée sur les cordes, et plus particulièrement sur le phénomène de la corde vibrante qui sera décrit et expliqué.

## 2. METHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

Pour l'organisation du travail, nous avons décomposé notre groupe en trois sous-groupes afin de cibler plus facilement nos recherches. Nous avons donc décomposé les recherches de la façon suivante : Une partie regroupant le fonctionnement global des guitares, ainsi que des recherches historiques. Une seconde partie tournée vers la partie électronique et électromagnétique des guitares à travers l'étude des micros et du câblage. Enfin une troisième partie comportant l'étude de la corde vibrante et de son application expérimentale sur la guitare basse.

### Organigramme des tâches réalisées et des étudiants concernés :



### 3. TRAVAIL REALISE ET RESULTATS

#### 3.1. Point historique sur la guitare

##### 3.1.1. L'apparition progressive de la guitare

Les tous premiers instruments ressemblant à une guitare date du XXVIII<sup>e</sup> siècle av JC. Cet instrument nommé "kithara" ne comportait que trois cordes, contrairement aux guitares classiques qui en comportent six. Le **khitara** était en fait un type de lyre ou de harpe.

Ce n'est qu'ensuite à partir du VI<sup>e</sup> siècle qu'on trouve un autre ancêtre de la guitare, le **crwth** (aucune idée de la manière dont ça se prononce). Cet instrument fut découvert au pays de Galles. Il s'agit d'une sorte de croisé entre la lyre et la guitare.



Figure 1 : crwth



Figure 2 : Luth

La guitare classique que l'on connaît aujourd'hui descend directement du luth, un instrument à caisse bombée, à manche court et comportant 5 doubles cordes. C'est durant le Moyen âge et La renaissance que le luth a fait son apparition et était utilisé par les troubadours qui allaient de ville en ville pour chanter et raconter des histoires.

Grand ami des troubadours, il connut de nombreuses modifications au cours de son histoire, si bien que sous le règne du duc Guillaume IX (1071-1127), plusieurs centaines de modèles différents, mélanges de luth, harpe et guitare existaient.

A partir du XIII<sup>e</sup> siècle, les musiciens commencèrent à s'éparpiller aux 4 coins de l'Europe. Les instruments ainsi soumis à différentes cultures, connurent une évolution différente et étaient également nommés différemment. Nous avons par exemple l'apparition de "gittern" en Angleterre (instrument à 4 cordes) ou "guitarra latina" en France (instrument proche du luth).



Figure 3 : Représentation de la "guitarra latina"



Figure 4 : Gittern

C'est au XV<sup>e</sup> que le vihuela voit le jour en Espagne. Cet instrument est considéré comme la mère de la guitare par sa ressemblance

Un siècle plus tard un nouvel instrument regroupant le corps et le manche du vihuela et les dimensions du luth apparut mais ce n'était que le début de la guitare que nous connaissons aujourd'hui. C'est néanmoins dans le milieu du 18<sup>e</sup> siècle, la guitare a atteint sa forme moderne, lorsqu'elle fut passée à des cordes simples et une sixième corde grave a été ajoutée. Au 19<sup>e</sup> siècle, les luthiers élargissent le corps, augmentent de la courbe de la taille. Les anciennes chevilles en bois sont remplacées par des mécaniques modernes.



Néanmoins la guitare est considéré comme un instrument domestique en raison de son faible volume sonore c'est pour cette raison que de nombreux luthiers cherchent alors des techniques pour intensifier le son.

C'est à cette période que les luthiers José Pagés et Josef Benedid ont ajouté des barres en bois en forme d'éventail dans le corps de la guitare afin d'amplifier le son.

Mais c'est Antonio de Torres Jurado qui trouva la solution en augmentant la taille du corps ainsi que la distance entre le pont (endroit en bas du corps de la guitare où sont accrochées les cordes) et le sillet de tête (barre verticale qui délimite le manche et la tête de la guitare). On lui doit aussi l'amélioration de la forme de l'éventail à l'intérieur de la caisse.

C'est grâce à ces techniques que la guitare a pris plus d'importance et n'est plus dominé par les autres instruments.

Le XXème a connu de nombreux changements pour la guitare. Tout d'abord les cordes de la guitare n'ont plus été fabriqué à partir d'intestins de chats mais avec du nylon ou du métal et c'est ainsi que la guitare acoustique a vu le jour.

Enfin c'est lorsque les vibrations des cordes ont pu être transformé en son et que l'amplificateur a vu le jour qu'une nouvelle génération de guitare apparaît: la guitare électrique

### 3.1.2. *Fonctionnement global de la guitare*

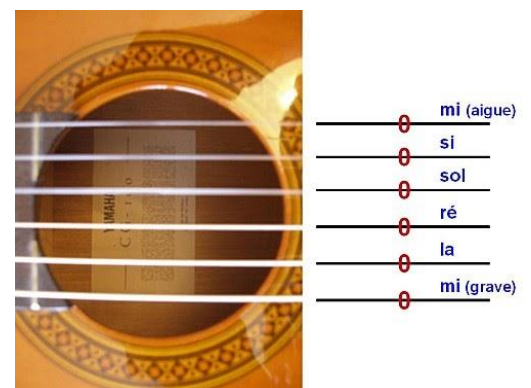
**-Guitare acoustique:** elles possèdent deux parties. Tout d'abord un manche constitué de 6 à 10 cordes. Celui-ci est divisé en plusieurs barreaux qui marquent l'emplacement des différentes notes et qui permettent lorsqu'on appuie avec les doigts de produire un son (on parle de longueur de vibrations). Et enfin une caisse de résonance qui permettent d'accroître le son des vibrations. Pour la guitare acoustique, le son est amplifié mécaniquement.

**-Guitare électrique:** Tout comme la guitare acoustique elle est constituée d'un manche divisé en barrettes permettant de jouer les différentes notes. Néanmoins le son est produit différemment. En effet le son est produit grâce à un système électronique. Les vibrations sont captées par les micros qui ensuite les transforment en signaux électriques, qui sont eux-mêmes retransformés en son par un amplificateur. Celui-ci est transmis par des hauts – parleur.

### 3.1.3. *Fonctionnement des frettes*

Une guitare possède six cordes qui permettent d'obtenir ces sons, du plus aigu au plus grave : un Mi 329,6Hz ; un Si 246,9Hz ; un Sol 196Hz ; un Ré 146,8Hz ; un La 110Hz et un Mi 82,4Hz. Ces fréquences peuvent être augmentées en raccourcissant la corde à l'aide de nos doigts placés dans une certaine case du manche.

Chaque case est délimité par les frettes qui sont généralement faites d'un alliage nickel/argent ou nickel/acier ou (moins souvent) alliage cuivre/laiton ou acier inoxydable. La largeur et la hauteur des frettes affectent considérablement la jouabilité. Le fil des frettes mesurent de 7.8cm à 11cm à la couronne ou au sommet et mesurent de 3.5 cm à 5.5 cm de hauteur. Des frettes plus grosses, à 0,45 et plus, ont tendance à faciliter la flexion de la corde et produire des notes claires, sans trop de pression.



## 3.2. Les micros

### 3.2.1. Historique des micros

La guitare électrique a été pour la première fois imaginée dans les années 1920 aux Etats-Unis par Lloyd Loard, un ingénieur qui travaillait pour Gibson, la célèbre entreprise de création d'instruments de musique.

Lorsque des guitaristes de Jazz étaient accompagnés de saxophones, trompettes, ceux-ci n'arrivaient pas à se faire entendre. C'est ainsi que certains ingénieurs commencèrent à chercher des solutions pour amplifier le son de la guitare.

A la fin des années 20, W.C. Wentz et A. C. Thuras développent le microphone à bobine mobile (aussi appelé microphone dynamique) aux laboratoires de Bell. Ce microphone utilise une bobine de fil derrière le diaphragme qui se déplace avec une vitesse relative à la fréquence du son. Il était utilisé pour l'enregistrement musical. Lloyd Loard a eu l'idée d'ajouter ce microphone dans une guitare hawaïenne. C'est ainsi que la première guitare électrique est née.

En 1931, un ingénieur nommé Adolph Rickenbacker a commercialisé aux États-Unis la première guitare électrique. Il a appelé cette guitare: « Frying Pan », voulant dire poêle à frire. Cet instrument n'a pas de caisse de résonance et possède le fameux microphone sur son corps. Adolph Rickenbacker était un ingénieur électricien suisse qui a cofondé la compagnie Rickenbacker avec George Beauchamp et Paul Barth.



Figure 5 : Frying Pan

En 1928, Stromberg et Voisinet proposent un modèle de guitare électrique appelé "Stromberg Electro" mais sans grand succès.

Suite à la commercialisation de la Frying Pan, d'autres fabricants de guitare ont suivi.

En 1935, la marque Gibson propose une guitare (la Gibson ES-150) qui eut un plus grand succès avec un micro nommé "micro Charlie Christian" placé sur la caisse (la caisse de cette guitare est creuse). Ce micro était composé d'un aimant entouré d'un simple bobinage (aussi appelé single coil) et était sensiblement le même que celui utilisé pour la Frying Pan. De plus, l'aimant possédait une pièce polaire en fer doux sur toute la largeur des cordes.



En 1944, Léo Fender invente un autre micro pour la K&F company. Ce micro est toujours à simple bobinage mais est composé de plusieurs petits aimants séparés.

En 1950, la marque Fender crée la guitare électrique "Telecaster". La telecaster a les mêmes caractéristiques que la Gibson ES 150 mais possède une caisse pleine appelée "solid body".

Ce modèle a eu un très grand succès commercial et continue à se vendre aujourd'hui. Suite à ce modèle, d'autres modèles ont été commercialisés comme la *Fender Stratocaster*, la *Les Paul* de Gibson. Ce sont aujourd'hui les modèles les plus vendus au monde.

La guitare électrique arrive en France en 1958 grâce aux luthiers français comme: Vigier, Lag, Jacobacci ou encore Leduc.

Par exemple, le luthier Patrice Vigier utilise à partir de 1980 des micros à double bobinages Benedetti custom sur sa série Arpege. En 2000, il présente l'Expert, un modèle de guitare avec 3 micros simple bobinage (modèle jamais abouti). Les guitares du fabricant Jacobacci sont équipées de micros RV Tonemaster pour les modèles Royal, Solist et Super De Luxe. A partir de 1968, ils équipent leurs guitares de micros "Golden Sound" et "Benedetti".

### **3.2.2. La telecaster**

La Fender Telecaster est considérée comme l'un des modèles de guitares plus célèbres aujourd'hui. A partir de 1951, cette guitare électrique est produite en série et commercialisée par Fender.

Les premiers modèles de Telecaster étaient équipés de 2 micros single coils, qui donnaient à l'instrument un son claquant, parfois nommé "twing". Cette appellation est liée au matériau utilisé pour la fabrication de la guitare (bois, assemblage du corps et du manche par vissage), et aux caractéristiques des micros. Les micros utilisés ont un bobinage étroit, ce qui favorise un son net et précis, son adopté par Leo Fender.

Le micro chevalet est considéré comme le micro principal et est responsable du son brillant, métallique, nerveux et très pourvu en fréquences aigües.

Le micro manche est du style "lipstick" (forme de bâton de rouge à lèvres). Celui-ci est très apprécié pour son attaque précise et son aptitude à produire des rythmiques légères.

L'un des micros les plus fréquemment installés sur la Telecaster est le Wide Range, un micro à double bobinage conçu par Seth Lover (inventeur du Humbucker). Ce micro spécialement conçu pour Fender, qui voulait satisfaire la demande croissante de ce type de micro, tout en souhaitant conserver les sonorités caractéristiques de la marque. Ce nouveau micro permettait de conserver un son clair avec un découpage précis des fréquences, tandis que le Humbucker utilisé par Gibson produit un son plus compact et chaud.

Comme pour les single coils utilisés par Fender, le Wide Range conserve un plot (aimant par corde). On retrouve un alliage spécial de cuivre/nickel/fer et ce micro est plus large que le micro Gibson.

### **3.2.3. La stratocaster**

La guitare Fender Stratocaster est un modèle de guitare électrique qui succède à la telecaster, sans pour autant la remplacer. Ce modèle est produit à partir de 1954. L'idée de cette guitare est née suite à la sortie de la Telecaster et aux commentaires de nombreux guitaristes qui souhaitaient une guitare plus élaborée, adaptée au blues ou à la musique folk. Elle est également caractérisée par son son cristallin.

Cette guitare électrique est la première à proposer 3 micros intégrés, qui sont le manche, le milieu, ainsi que le chevalet et qui sont, à l'origine, de simples bobinages. Le chevalet mentionné précédemment, ou chevalet cordier articulé, lui permet de produire des effets de vibrato sans désaccorder pour autant l'instrument. Le fait que cette guitare se compose de 3 micros différents offre un large choix de combinaisons de sonorité.

La caractéristique principale de ces derniers est le bobinage manuel. Celui-ci, à cause de ses imperfections, entraîne une plus grande richesse de sonorités. Celle-ci découle également des matériaux ainsi que des alliages qui composent les aimants.

Un des artistes qui a marqué l'histoire de cette guitare est Jimi Hendrix, qui a donné une dimension musicale totalement différente à celle-ci, en se servant de ses effets vibratos pour symboliser le bruit des bombes. Il évoque ainsi la guerre du Vietnam, en y dénonçant les violences perpétrées. Cet effet se nomme le "dive bomb".

### 3.2.4. La Les Paul

La guitare LesPaul, en concurrence direct avec les guitares du groupe Fender, verra le jour en 1952. Elle sera intitulée “Gold Top” et sera suivi par la “Custom”. Elle sera alors commercialisée par le groupe Fender. L’homme qui en est à l’origine n’est autre que le guitariste LesPaul, de son vrai nom Lester William Polsfuss.

La Custom à tout d’abord eu de légers problèmes de micro, lié au chevalet. Il produisait un effet légèrement saturé en sortie. La solution à celui-ci sera de mettre en place un nouveau dispositif “Tune-O-Matic”, séparant ainsi le chevalet du cordier.

Les micros composant la LesPaul sont des doubles bobinages, appelés aussi Humbuckers, contrairement à la Stratocaster. Au niveau du son, la différence fondamentale entre un double et un simple bobinage est la puissance et la “chaleur” du son. En effet, un double bobinage comporte un fil de cuivre plus long et un nombre de tours autour de la bobine plus importants. C’est donc celui-ci qui va produire des sons plus puissants et “chauds”. On fait notamment référence au double bobinage lorsque l’on parle de sons rocks, gras ou lourds.

**Fender Stratocaster**



**Gibson Les Paul**



**Fender Telecaster**

### 3.3. Caractéristiques des micros et leur influence sur le signal de sortie

Les micros sont sans aucun doute les éléments les plus importants d'une guitare électrique. Il en existe plusieurs centaines de modèles, de toutes formes, de tous types et se sont souvent eux qui forgent le son et l'âme d'une guitare que l'on associe à certains modèles emblématiques de grands luthiers, tel les *Telecaster* et *Stratocaster* de Fender ou encore la *Les Paul* de Gibson.

En effet, de la position des micros au type de bobinage, en passant par la composition chimique de l'aimant, il existe en réalité de nombreux paramètres techniques qui vont influencer directement sur la hauteur, l'attaque, la puissance, la sustain, la chaleur ou encore la brillance du son de sortie.

**Mais alors comment, et quels paramètres influent-ils sur la caractéristique du signal ?**

#### 3.3.1. Description générale des micros

Tout d'abord, qu'est-ce que réellement un micro de guitare électrique et comment fonctionne-t-il ?

Un micro se présente en réalité sous la forme d'un ou plusieurs aimants, entourés par une bobine de fil conducteur. Lorsque la corde de la guitare entre en vibration, celle-ci fait varier le champ magnétique induisant donc une force électromotrice proportionnelle à la vitesse de déplacement de la corde. Un signal électrique est donc créé suite à son agitation, permettant ainsi de l'amplifier ou de le modifier selon l'envie du guitariste, ce qui donne toute la particularité de cet instrument qui fut une véritable révolution dans le monde de la musique. Ce principe de création de signal électrique par la main même du musicien peut s'écrire mathématiquement selon la loi de Michael Faraday, démontrée dès 1831 :

**Eq 1.**

$$E = -dFdt$$

*E représente la force électromagnétique*  
*F représente le flux*

Ainsi selon cette équation, plus la variation du flux par unité de temps est importante et plus la force électromagnétique résultante le sera également, le "moins" traduisant simplement l'opposition de direction de ces deux phénomènes.

Une autre équation découlant de la première a également toute son importance dans la représentation mathématique de ces phénomènes, il s'agit de la tension  $V$  observable aux bornes du micro:

**Eq 2.**

$$V = S \cdot E$$

*V représente la tension aux bornes de la bobine*  
*S représente le nombre de spires de la bobine*  
*E représente la force électromagnétique*

On peut donc remarquer que le nombre de spires de bobinage influe directement sur la puissance du signal délivré (ici de l'ordre du mv).

De plus, comme le mouvement de la corde décrit un mouvement d'aller/retour, on en conclut que le courant électrique résultant changera alternativement de sens au rythme de la fréquence de vibration de la corde, d'où la possibilité pour ce signal de transmettre des notes de musiques.

### **3.3.2. Influence du bobinage**

Parmi les différents paramètres d'influence du signal, celui du bobinage en est un des plus important. En effet, celui-ci a un impact direct sur le champ électromagnétique engendré par l'aimant. Ainsi, d'après la loi de Faraday, plus le nombre de tours de bobinage sera important, et plus le champ magnétique résultant sera puissant.

Un tel champ, aura pour principale conséquence de retenir davantage les cordes près du micro et va ainsi délivrer un niveau de sortie (db) plus important.

Mais ce n'est pas tout, si la corde est plus retenue par l'aimant, cela va bien entendu affecter sa durée d'oscillation et donc le maintien de la note jouée : c'est ce qu'on appelle la "sustain". Il existe donc déjà un compromis entre niveau et qualité sonore.

Autre point important, il faut savoir qu'un enroulage long favorisera une atténuation du fameux "bourdonnement" dû aux interférences, ainsi qu'une plus grande résistance du signal. En revanche, le son va également perdre de sa dynamique et possèdera une légère dégradation des hautes fréquences.

Inversement, un bobinage court a pour conséquence de donner un son plus brillant et dynamique, à défaut d'être moins puissant et plus sensible aux interférences

Sans rentrer dans les détails, il existe également de nombreux autres paramètres liés au bobinage tel que sa composition chimique, son diamètre ou encore la nature du cache, souvent en plastique ou métal qui isolera plus ou moins bien la bobine des interférences et donc du "bourdonnement".

La méthode d'enroulage et également un paramètre à prendre en compte puisque les bobines des micros vintage enroulées à la main offrent une sonorité différente de ceux enroulés mécaniquement de nos jours.

### **3.3.3. Influence de l'aimant**

Contrairement à ce qu'on pourrait croire, même la composition chimique de l'aimant a son rôle à jouer dans les caractéristiques sonores d'une guitare. Il existe ainsi plusieurs types d'aimants:

#### **Les aimants alnico :**

Les premiers, souvent présents sur des guitares haut de gamme, sont les aimants en alliage "alnico" pour « ALuminium, Nickel et Cobalt ». Ces derniers ont la capacité de générer un champ magnétique faible et sont classables par concentration de cobalt (Alnico II, III, IV, V ou VIII).

La concentration de cobalt influe donc directement sur la puissance du micro: D'un côté, une concentration faible en cobalt favorisera un faible niveau de sortie ainsi qu'une sonorité plutôt vintage avec très bon sustain. De l'autre, une concentration élevée en cobalt donnera lieu à des aimants plus puissants, mettant leurs qualités musicales de côté pour offrir plus d'agressivité au son.

Il est intéressant de remarquer ici l'analogie avec le bobinage car ces deux paramètres agissent de la même façon sur la puissance globale de l'aimant. On retrouve donc un léger bruit de fond pour les aimants à faible concentration de cobalt, de même que pour un bobinage court.

#### **Les aimants céramiques :**

Les seconds types d'aimants sont les aimants en céramique ou ferrite. Ces derniers sont composés majoritairement de fer magnétique, de baryum et strontium.

Les aimants en céramique génèrent un champ magnétique plus élevé que les aimants en alnico, ils délivrent donc un niveau de sortie important avec une bonne répartition des graves et aigus.

En plus de leurs caractéristiques chimiques, la forme des différents aimants a bien entendu un rôle important sur le son d'une guitare. Un gros aimant de forme rectangulaire que l'on retrouve par exemple sur les "*Les Paul*" de Gibson aura un son plus important et puissant que les six petits aimants des style "*stratocaster*".

Il est donc intéressant de comparer l'impact "musical" de l'utilisation de ces différents aimants. En effet les micros en céramique sont souvent recherchés par les guitaristes de métal et hard rock pour leurs capacités à délivrer un son froid, précis, puissant et dynamique. Les micros alnico quant à eux se retrouvent essentiellement dans le style blues, jazz et rock pour leur capacité à posséder un son plus chaud et clair que l'on nomme souvent par micros "vintage".

### **3.3.4. Influence des différentes positions du micro :**

Après avoir vu les caractéristiques techniques des micros, le choix de sa localisation sur la guitare par le luthier va avoir une influence drastique sur l'instrument :

- **Translation du micro sur l'axe chevalet-manche :**

Cette prise en compte est extrêmement importante sur l'impact de la "hauteur du son" de notre guitare. En effet, plus le micro sera proche du chevalet et plus le son sera aigu et "percussif". Inversement, plus l'on rapproche le micro du manche et plus le son deviendra grave et "rond", parfois quelques millimètres suffisent pour obtenir une nette différence !

Il est ainsi très courant de retrouver sur les guitares électriques, plusieurs rangées de micros sur différentes positions de l'axe chevalet/manche afin de capter une gamme de fréquence plus large.

Comme sur notre guitare, il y a même la possibilité d'ajouter un sélecteur de micros afin de capter en priorité que les fréquences aigu, que les fréquences graves, ou même les deux micros à la fois.

- **Inclinaison du micro perpendiculairement à l'axe chevalet manche :**

En plus de pouvoir déplacer le micro plus ou moins loin du chevalet, beaucoup de guitares offrent la possibilité de l'orienter vers certaines cordes par inclinaison, c'est ce qu'on appelle le "tilt". Ainsi, si le micro est orienté vers les grosses cordes de *Mi*, *La*, et *Re*, il restituera un son plus grave.

S'il n'a pas d'inclinaison particulière, les médiums seront mis en valeur. Et enfin une inclinaison vers les petites cordes de *Sol*, *Si*, *Mi*, privilégie logiquement un son plus aigu.

- **Hauteur du micro :**

Enfin, la hauteur du micro reste l'un des principaux réglages essentiels de la caractéristique d'une guitare, permettant de compenser ou de renforcer les particularités techniques du microphone.

Lorsque celui-ci est placé haut par rapport au corps, cela va bien entendu donner une distance micro/cordes plus petite. De cette manière, la corde sera plus retenue par le champ électromagnétique de la bobine et on observera une augmentation de la sensibilité, du niveau de sortie et de l'attaque. En revanche la corde sera moins libre dans son oscillation et cette augmentation de sensibilité sera compensée par une baisse de sustain et une guitare plus dure à jouer.

Au niveau du signal de sortie, celui-ci aura plus de "*médiums*" dans son apparence auditive dû à une bande passante utile plus fine.

Maintenant lorsque le micro est bas, la distance micro/corde plus grande donnera une plus grande liberté aux cordes dans leurs oscillations. Inversement à l'autre position, la guitare possède cette fois ci plus de sustain et moins d'attaque, le son devient alors plus "doux" en apparence.

En revanche en étant plus loin des plots, on aura une baisse conséquente du niveau auditif (dB), pouvant être compensé par un préampli, une pédale de distorsion ou une pédale booster. Au niveau du signal de sortie, on aura cette fois-ci une bande passante plus large, qui à défaut d'être moins puissante délivrera plus d'aigues et de graves à la fois !

Certaines guitares comme les *LesPaul* permettent même un réglage indépendant des plots, pour permettre d'ajuster séparément le niveau de chaque corde.

### **3.3.5. Influence des cordes sur les réceptions micros :**

De par leur présence dans l'équation de Faraday en étant à l'origine de la force électromotrice de la bobine, les cordes ont également un rôle important sur la caractéristique du signal de sortie.

En effet, en fonction de leur tirant, ces dernières auront une influence différente sur leur capacité à être retenues par le champ électromagnétique du micro et restitueront donc un son plus ou moins puissant :

Par exemple, si les cordes possèdent un tirant élevé, soit entre 0.012 pour la note la plus aiguë et 0.054 pour la plus grave, cela se fera ressentir par une attaque et un niveau de sortie plus fort. En revanche cela rendra la guitare plus difficile à jouer, notamment pour les « *bend* ».

Si les cordes possèdent un tirant plus faible, soit de 0.008 à 0.042, on aura une attaque beaucoup plus douce ainsi qu'un niveau de sortie atténué.

Le jeu de guitare est alors rendu plus simple avec un aspect plus coulé et léger.

### **3.3.6. Les principaux types de micros :**

En plus de ces nombreux paramètres liés à la composition ou la position des micros sur la guitare, plusieurs sortes de dispositifs existent et influent eux aussi sur la sonorité de la guitare. Voici donc les principaux types de micros :

#### **Le micro simple bobinage :**

Le micro simple bobinage ou « *single coil* » sont les premiers micros utilisés sur les guitares électriques. Ces micros à impédance simple ont la particularité de produire un son très clair et précis. En revanche le simple bobinage confère aux micros une certaine sensibilité à l'environnement électromagnétique et un certain « bourdonnement » se fait entendre. Également appelé le « *hum* », il se manifeste principalement à cause d'un courant alternatif important en basses fréquences. On retrouve particulièrement ces types de micros sur les guitares de la marque Fender comme sur la *stratocaster* ou la *telecaster*, le modèle de notre guitare d'étude. Les micros « *single coil* » sont majoritairement utilisés pour un rendu « *clean* », c'est à dire sans l'ajout d'une saturation ou d'*overdrive*, et se retrouvent en particulier dans les styles pop, blues et funk par exemple.

#### **Le micro double bobinage ou humbucker (« bouclier anti-bruit de fond ») :**

Les micros humbucker suivent le principe d'un montage en série de 2 bobinages simples en opposition de phase. L'une avec le pôle nord des aimants tournés vers le haut, l'autre avec le pôle sud vers le bas. Cette caractéristique leur permet d'éviter les bourdonnements engendrés par les micros simples car le bruit de chaque bobine est ainsi annulé par l'autre. En plus de cette capacité à éviter les bourdonnements, les humbucker possèdent un niveau de sortie plus élevé par l'addition logique des deux bobines, ainsi qu'un son plus profond et chaleureux.

En revanche le double bobinage a tendance à affecter les fréquences aiguës par la présence d'un fil plus long (cf. influence du bobinage). Utilisés notamment sur les modèles Gibson SG,



les micros humbucker se retrouvent essentiellement en rock et metal avec l'ajout d'une distorsion.

### **Le micro P-90 :**

Inventé par Gibson en 1946, les micros P-90 sont un juste milieu entre le single coil et le humbucker. Ils possèdent un bobinage simple, large et plat avec deux aimants en position horizontale et perpendiculaires aux cordes. Leur son est plus puissant et chaleureux que les micros simple bobinage, mais cependant moins que les humbucker et gardent également un léger bourdonnement. On les retrouve principalement sur les modèles Les Paul.

### **Les micros passifs :**

Présent sur toutes les guitares classiques telles que les Fender Stratocaster et Telecaster ou les modèles Gibson SG et Les Paul, les micros passifs désignent en réalité des micros nécessitant une amplification externe à la guitare, ce qui est le cas le plus fréquent. Les micros passifs qui génèrent un faible courant électrique mais possèdent généralement plus de caractères, faisant mieux ressortir le naturel de l'instrument. En revanche leur signal de faible intensité est vulnérable aux interférences et dégradation des hautes fréquences, notamment lorsqu'il doit traverser des longs câbles jacks. L'enjeu est donc de trouver un moyen d'augmenter la puissance des micros passifs sans pour autant dégrader la sustain par l'utilisation d'un plus gros aimant ou d'altérer la brillance du signal en ajoutant des spires au bobinage. Pour cela a été mis au point les micros actifs :

### **Les micros actifs :**

Inventé dans les années 60 par la compagnie Alembic, les micros actifs utilisent des aimants très faibles puissances et des bobines avec peu de spires pour garantir un maximum de sustain et de clarté au son. Ce manque de puissance est compensé artificiellement par un système de pré-amplification alimenté par une pile de 9V.

Sur les micros actifs, les bobines sont ni en série, ni en parallèles mais additionnées, donnant un son plus clair et sans crête dans les médiums.

Cela permet également de conserver une bonne qualité sonore pour l'utilisation de distorsion, ce qui fait de ce micro un outil adapté à des styles rock ou métal.

### 3.4. Le câblage sur une guitare électrique :

#### 3.4.1. Les composants d'une guitare électrique:

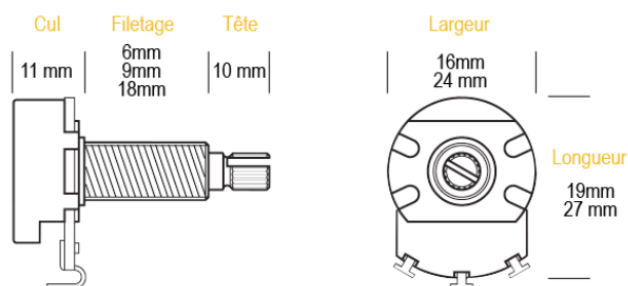
- les micros: expliqués en détails précédemment, ils émettent un signal de l'ordre de 100 à 200mV
- des potentiomètres qui permettent de régler le volume et la tonalité. Ce sont des résistances variables. On utilise des 250 kOhm pour les micros simple bobinage et des 500 kOhm pour les micros double bobinage. Généralement on utilise des potentiomètres logarithmiques pour le réglage du volume et des potentiomètres linéaires pour le réglage de la tonalité.
- le condensateur. Celui-ci est couplé à un potentiomètre pour former un "filtre passif" qui va absorber plus ou moins une bande de fréquence (la tonalité coupe des aigus). La valeur du condensateur nous indique à partir de quelle fréquence la bande sera coupée. Par exemple, la fréquence de coupure sera plus grave pour 0,047 $\mu$ F que pour 0,022 $\mu$ F.
- Le sélecteur qui permet de combiner les micros ou les bobines des micros.

Nous allons nous intéresser aux caractéristiques des différentes composantes des guitares électriques.

#### 3.4.2. Le potentiomètre

Les différentes caractéristiques des potentiomètres:

- son encombrement
- son format
- le type de tête
- sa courbe



Le potentiomètre à encombrement standard est aussi appelé potentiomètre à gros culots. Ceux-ci ont un diamètre de 24mm. Dans le cas où on n'a pas la place de positionner un potentiomètre d'un tel diamètre, on pourra utiliser un potentiomètre dit mini. Celui-ci a un diamètre de 16mm. Les potentiomètres mini sont utilisés sur les guitares basses.

La longueur du filetage est également un paramètre qui peut varier. La longueur standard est de 9 mm et est utilisée pour la plus grande majorité des montages sous table. Cette longueur vaut 6 mm pour les montages sur pickguard et plaque de contrôle (*stratocaster*, *telecaster*) et elle vaut 16 mm pour les Gibson *LesPaul*.

Le format du potentiomètre est choisi entre 2 standards: le standard US et le standard Asie/Europe. La partie filetage de tête dépend du format, mais pas l'encombrement ni la taille des potentiomètres.

Dans le cas du standard US, le diamètre de l'axe fileté est de 9.5 ou 10 mm. Si la tête est crantée, elle comportera 24 crans et si la tête est lisse alors elle aura un diamètre de 6.35mm. Dans le cas du standard Asie/Europe, le diamètre de l'axe fileté est de 8 mm et la tête aura 18 crans ou un diamètre de 6 mm.

Dans la majorité des cas, le potentiomètre aura une tête crantée. Cependant, on peut aussi trouver des potentiomètres à tête pleine sur les Telecaster par exemple (permet de fixer des boutons à vis). Comme dit précédemment, le potentiomètre peut avoir une valeur de 250 kOhm ou 500 kOhm avec une tolérance de 10% ou 20%. Selon l'usage souhaité, d'autres valeurs pourront être choisies:

25 kOhm et 50 kOhm	Micros actifs
100 kOhm	Basses
250 kOhm	Micros simple bobinage
500 kOhm	Micros double bobinage

Utiliser un potentiomètre de 500 kOhm au lieu d'un potentiomètre 250 kOhm permettra d'avoir un son plus brillant et plus de fréquences hautes iront vers l'amplificateur.

Placer des potentiomètres de 500K à la place des 250K offrira un son plus brillant, plus de fréquences hautes sortiront vers l'amplificateur.

La courbe d'un potentiomètre définit la manière dont ce potentiomètre va se comporter dans la course. Ici on considère uniquement la courbe linéaire et la courbe logarithmique.

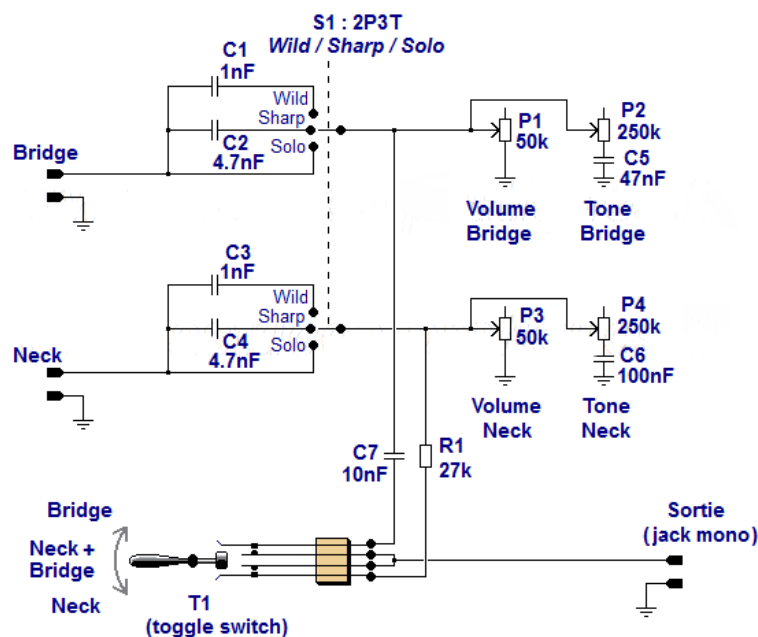
Intéressons-nous maintenant aux condensateurs. Les condensateurs agissent comme des filtres: ils laissent passer les plus hautes fréquences et les traitent afin de les envoyer à l'amplificateur.

### 3.4.3. Exemple du câblage d'une guitare électrique:

Afin de comprendre le principe du câblage de la guitare électrique, nous avons choisi de nous intéresser au schéma du câblage de la guitare Welson à vibrato. Cette guitare est un modèle très rare et très difficile à trouver aujourd'hui.

Parlons des caractéristiques de cette guitare. Cet instrument possède un sélecteur à 3 positions ("solo", "sharp" et "wild") et est équipé de 2 micros. Le micro "bridge" est positionné proche du chevalet et le micro "neck" est celui proche du manche. Le sélecteur, repéré S1, permet au signal issu des micros de passer soit en mode "solo", "sharp" ou "wild". En mode "solo", le sélecteur S1 laisse passer toutes les fréquences. En mode "wild", S1 envoie le signal à travers les condensateurs C1 et C3 et le son obtenu sera atténué en basses et les harmoniques aiguës seront accentuées. Ainsi, le guitariste n'empiètera pas sur la bande de fréquence d'un autre instrument. Dans le cas du mode "sharp", le son passera à travers les condensateurs C2 et C4 et aura ainsi un rendu intermédiaire entre "solo" et "wild".

Plus les condensateurs ont une petite valeur, plus ils seront capables de bloquer les basses fréquences. Ils forment avec le reste du montage un filtre passe haut.



Nous allons maintenant nous intéresser à d'autres paramètres du son qui peuvent être modifiés par les composantes de la guitare, comme le volume et la tonalité, ainsi que le mixage des signaux de la guitare et le fonctionnement du sélecteur de micros.

Les tonalités et volumes des micros "bridge" et "neck" peuvent être réglés individuellement. Le réglage du volume du micro se fait par une potentiomètre (P1 et P3) en parallèle avec le signal. Par exemple, lorsque le volume est au minimum, le potentiomètre vaut 0 ohm et court-circuite le signal à la masse. Lorsque le potentiomètre atteint sa valeur maximum, le volume est à son maximum. Pour des valeurs intermédiaires, le potentiomètre agit comme un diviseur de tension avec l'impédance de sortie du micro.

Les réglages de tonalité sont faits grâce à P2 et P4 et les condensateurs C5 et C6 évitent l'atténuation du signal aux basses fréquences car ils ont une haute impédance en basse fréquence.

Lorsque les potentiomètres de tonalité valent 0 ohm, les basses sont inchangées et l'atténuation des aigus est maximale.

Les potentiomètres n'ont aucun effet lorsqu'ils atteignent leur valeur maximale (250 kohm). Si on conserve ces réglages, il est impossible d'augmenter les aigus (on ne peut que les atténuer).

Intéressons-nous maintenant au mixage des signaux. Les signaux issus des micros de la guitare sont mixés à travers C7 et R1.

C7 forme un filtre passe haut avec R1 et accentue ainsi les hautes fréquences captées par le micro "bridge". En revanche, R1 forme un filtre passe bas avec C7 et accentue ainsi les basses fréquences issues du micro "neck".

C'est l'interrupteur T1 (toggle switch) qui permet de sélectionner les micros à utiliser. T1 permet de relier ces signaux pour mixer le son des deux micros ou d'ouvrir le contact sur l'un ou sur l'autre des signaux. On peut au choix utiliser l'un ou l'autre des micros, ou les deux en choisissant la position du milieu.

### **3.5. Etude sonore d'une *Fender Telecaster* 52, 58 et 64.**

Le but de cette étude est de mettre en évidence des différences sonores présentes sur trois modèles de Fender American vintage des années 1952, 1958 et 1964. En effet avec l'évolution des techniques de fabrications des micros, les ingénieurs de chez Fender ont tenté d'améliorer petit à petit les performances sonores des telecaster tout en préservant leur mythique sonorité. Ainsi, d'oreille, il est possible d'entendre des petites différences dans le timbre de ces trois guitares mais difficilement explicables ; et ce même pour des spécialistes. Notre objectif est donc d'observer ces différences à travers des outils scientifiques pour ensuite expliquer plus précisément pourquoi et comment une distinction sonore se fait ressentir.

Pour réaliser cette étude, nous nous sommes procuré un extrait mp3 dans lequel un guitariste joue sensiblement le même extrait musicale et à la même intensité sur les trois guitares différentes.

Il s'agit ici d'un accord de La majeur joué en position neck pickup du sélecteur de micros, c'est à dire que seul le micro proche du manche enregistre le signal, favorisant théoriquement un son plus grave et "rond". (cf influence des micros sur le signal de sortie). Nous avons donc exporté notre extrait sur le logiciel d'acquisition "*Latis Pro*" afin de réaliser une Analyse de Fourier, permettant ainsi d'observer les différentes harmoniques du signal.

Pour chaque acquisition, 4 signaux aux fréquences 293 Hz, 369 Hz, 440 Hz et 587 Hz

correspondant respectivement aux notes *Re 4*, *Fa# 4*, *La 4* et *Re 5* sont parfaitement observables. Il s'agit ici des notes correspondantes à l'accord de La majeur, ce qui est cohérent avec la mélodie joué par le guitariste.

A travers ces acquisitions, l'utilisation du sélecteur de micros en position manche est parfaitement observable puisque l'intensité des signaux graves est largement favorisée au profit des fréquences aiguës, d'autant plus que le guitariste joue ici un accord en bout de manche (frettes 10 à 12), devant normalement favoriser des fréquences aiguës. L'impact du sélecteur de micros s'observe en particulier par comparaison de l'intensité du *Re 4* et de son octave le *Re5*, le premier étant supérieur au second pour les 3 acquisitions. Concernant les différences entre les signaux des trois telecasters, on observe bel et bien une variation de l'intensité des harmoniques.

Sur le modèle de 1952, on peut observer la note fondamentale la plus intense des trois guitares.

Les harmoniques graves (*Re4*) et aiguës (*La 4*) sont de même intensité et plutôt faibles comparés à celles des autres signaux, en particulier pour le signal aiguë. Cette distinction est parfaitement cohérente puisque les premiers modèles de telecaster (1950 - 1952 ) avaient pour caractéristique une coupure des aiguës pour donner aux guitares une rythmique plus "effacée" et plus "ronde".

Ainsi, sur le modèle de 1958, on observe clairement une augmentation des aiguës en comparaison au premier modèle plus vintage. Une diminution de la note fondamentale au profit de ses harmonique et également discernable.

Enfin sur le modèle de 1964, l'équilibre entre toutes les harmoniques est d'autant plus flagrant. Les graves et aiguës se retrouves à même intensité pour s'approcher des modèles plus vintages, mais cette fois ci la fréquence fondamentale est bien plus diminuée pour laisser plus de places aux harmoniques de *Re4* et *La4*.

On distingue donc une réelle différence entre le modèle le plus ancien et le plus récent dans l'évolution du signal. Sur les modèles plus récents on constate un élargissement progressif de la bande passante avec une nette diminution de puissance au niveau de la fréquence fondamentale et des harmoniques plus présente. Sur le modèle le plus ancien, la bande passante apparaît clairement plus fine avec une fréquence fondamentale très puissante et des harmoniques légèrement effacés.

Cette évolution est la mise en évidence d'un perfectionnement des techniques de fabrications des micros. En effet, l'hypothèse la plus probable serait une modification des techniques de bobinage des micros. Plus un bobinage est épais, et plus la puissance de sortie du signal sera importante donc plus la bande passante sera fine, comme sur le modèle de 1952 dont les micros étaient pour la plupart confectionnées à la main de façon artisanale. En revanche un bobinage plus fin et soigné donne aux micros une puissance plus faible mais lui confère une bande passante plus large, comme sur les modèles de 1964 ou l'enroulage du fil de cuivre se faisait par machines.

### 3.6. Etude des cordes de guitares

Une corde de guitare est l'élément vibrant (c'est-à-dire celui qui génère le son) de la guitare. Dans une très grande majorité des cas, le nombre de cordes est de six, mais il peut être différent en fonction des spécificités de l'instrument. De 4 à 6 cordes pour la guitare basse, de 6 à 10 cordes pour les guitares classique, acoustique ou électrique ou encore 12 cordes pour la guitare à douze cordes (dans ce cas les 2 cordes aiguës (Mi et Si) sont doublées à l'unisson et les quatre suivantes (Sol Ré La Mi) sont doublées à l'octave).

L'accord de référence, pour les six cordes à vide, est *Mi, Si, Sol, Ré, La, Mi* (*E B G D A E* en notation anglo-saxonne) de l'aigu au grave, c'est de la plus fine à la plus épaisse. Cependant l'instrument peut être accordé différemment : on parle dans ce cas d'accord ouvert.



	Mi	Si	Sol	Ré	La	Mi
Extra Super Light	.008	.010	.015	.021	.030	.038
Super Light	.009	.011	.016	.024	.032	.042
Custom Light	.009	.011	.016	.026	.036	.046
Light	.010	.013	.017	.026	.036	.046
Light Plus	.010	.013	.017	.028	.038	.048
Medium	.011	.014	.018	.028	.038	.049
Heavy	.012	.016	.020	.032	.042	.054

#### 3.6.1. Théorie de la corde vibrante

La corde vibrante est un type de capteur utilisé pour mesurer les variations absolues d'allongement. Son principe est la variation de la fréquence de vibration fondamentale (souvent dans le spectre audible) d'une corde tendue, qui dépend de la tension selon une loi déterminée. Un allongement ou un raccourcissement se traduit par une altération de la tension de la corde, et donc de la fréquence fondamentale. Ce type de capteur comporte un électro-aimant qui permet à la fois d'exciter l'oscillateur, et de faire microphone pour la détermination de la fréquence.

La corde vibrante est le modèle physique permettant de représenter les mouvements d'oscillation d'un fil tendu. On supposera ici qu'il est tenu par ses deux extrémités, ce qui n'est

pas toujours le cas (dans les pendules ou les fils à plomb, par exemple, l'extrémité du bas est libre).

Étant tenue par ses deux extrémités, les vibrations se réfléchissent à chaque extrémité, il y a donc un phénomène d'onde stationnaire.

Ce modèle simple est également une bonne introduction à des phénomènes similaires mais plus complexes, comme les tuyaux sonores, les phénomènes de vibration des plaques...

(Vibration des cordes Simulation de vibration des cordes Tout comme les cordes sur les guitares, les cordes en théorie des cordes prennent en charge un certain mode d'oscillation, ou fréquence de résonance, dont les longueurs d'onde correspondent exactement à la longueur entre les deux extrémités. Différentes fréquences de résonance des cordes de guitare conduisent à différentes échelles et différentes vibrations des cordes entraînent des charges de masse et de force différentes, qui sont interprétées comme des particules élémentaires. En gros, plus la longueur d'onde de la vibration des cordes est courte, plus la masse des particules est grande.)

En résumé :

La vibration d'une corde de guitare résulte de la somme d'une infinité de vibrations dont les fréquences sont toutes multiples d'une fréquence référence appelée fondamentale. Ces vibrations individuelles sont les modes de vibrations ou harmoniques. Leur fréquence dépend de la longueur de la corde. Plus la corde est courte, plus la fréquence est élevée et plus le son sera aigu. Le premier harmonique (le fondamental) est celui qui contient la plus grande partie de l'énergie. C'est donc lui que nous entendons le plus. Cette simulation permet d'isoler les premiers harmoniques, un par un, sachant que dans la réalité, cette séparation est impossible.

### **3.6.2. Description d'une corde vibrante**

#### **Variation de la fréquence avec la longueur**

Considérons une corde maintenue par ses deux extrémités. Dans le mode de vibration le plus simple, dit « fondamental », elle forme à chaque instant un arc, et la flèche de cet arc varie de manière périodique (la courbure augmente, puis diminue, puis s'inverse, puis augmente dans l'autre sens...).

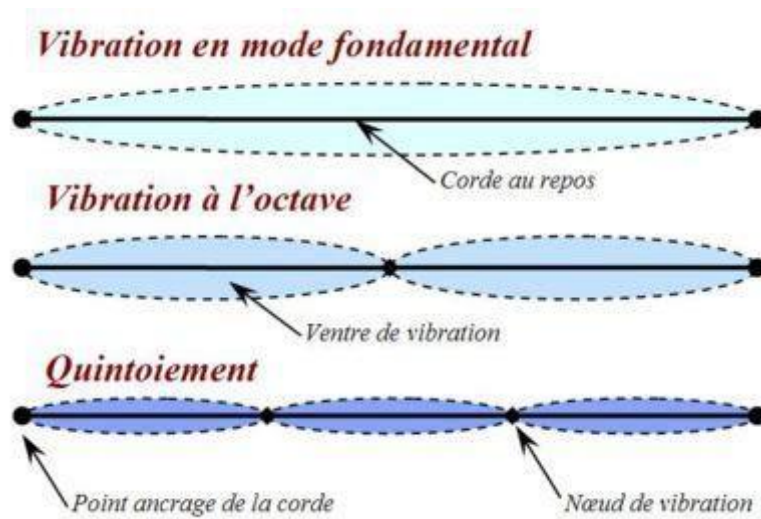
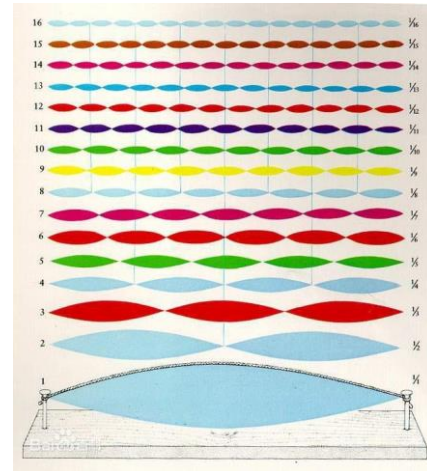
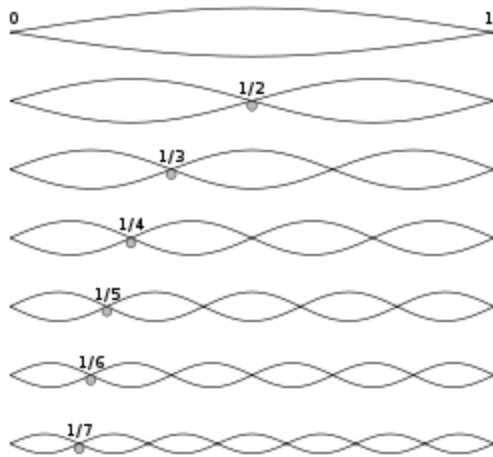
On peut donc définir une fréquence  $f$  de vibration, et l'on remarque que cette fréquence dépend de la masse linéique de la corde (notée  $\mu$ ) ; de la force avec laquelle on tend cette corde (tension notée  $T$ ) ; et de la longueur de la corde (notée  $L$ ).

Si l'on cherche l'influence de chaque paramètre, qualitativement :

\*plus la corde est légère ( $\mu$  est faible), plus la fréquence est élevée (c'est la raison pour laquelle les cordes aiguës d'un instrument sont plus fines) ;

\*plus la corde est tendue, plus la fréquence de vibration est élevée (d'un point de vue acoustique, la note s'élève lorsqu'on tend la corde) ;

\*plus la corde est longue, plus la fréquence est basse (et donc pour un instrument plus le son est grave).

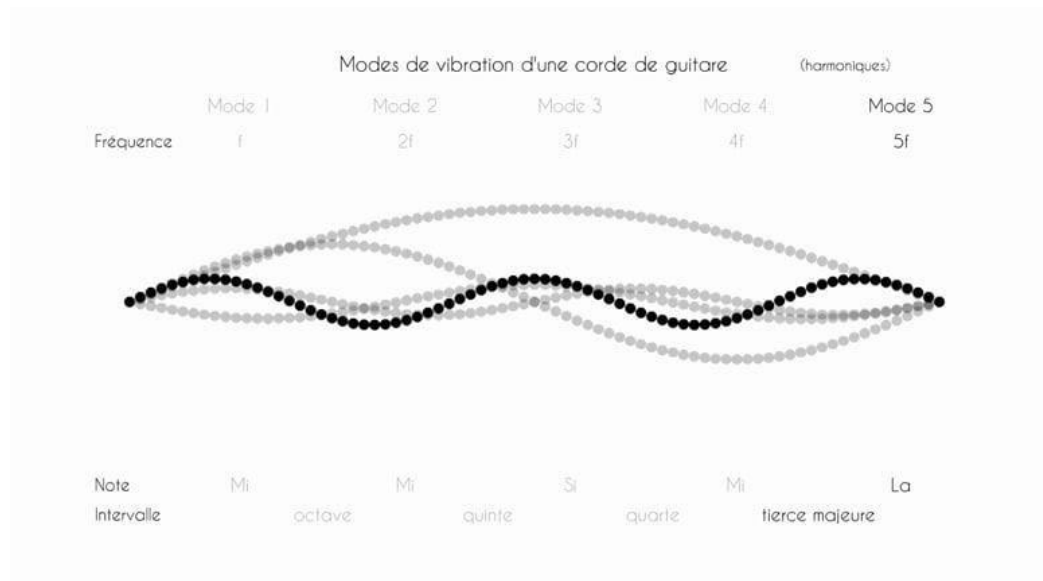




### 3.7. Expérimentation de la théorie des cordes, application sur guitare basse.

En **musique**, le son produit par une corde de guitare ou tout autre instrument est principalement décrit par :

- sa *hauteur*, c'est-à-dire le caractère aigu ou grave du son produit ;
- son *timbre*, c'est-à-dire les caractéristiques du son qui permettent de distinguer un instrument d'un autre lorsqu'ils jouent à la même hauteur
- son *volume*, c'est-à-dire le caractère bruyant ou non du son.



En **physique**, le même son sera décrit par des notions analogues :

- sa *fréquence fondamentale*, qui traduit la hauteur perçue de la note : une fréquence élevée correspond à une note aiguë et une fréquence basse à une note grave
- son *spectre*, qui caractérise à la fois l'intensité globale du son (le volume) et la répartition de l'intensité entre les différentes fréquences composant le son (le timbre).

À la guitare, on peut jouer différentes notes (et donc différentes fréquences fondamentales) de plusieurs manières :

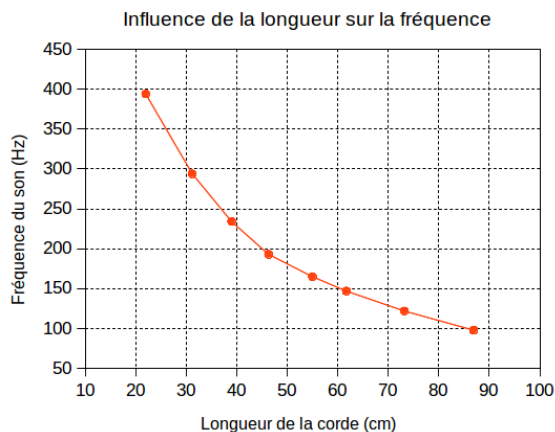
- en bloquant la corde contre les frettes du manche, ce qui a pour effet de raccourcir la partie en vibration de la corde ;
- en serrant ou desserrant les mécaniques pour changer la tension de la corde

en changeant la corde que l'on joue, ce qui revient à utiliser une corde plus grosse et donc plus lourde à longueur égale.

### 3.7.1. Influence de la longueur de la corde

Voyons l'influence de la longueur de la corde sur la fréquence fondamentale (ou hauteur) du son produit, en gardant la tension et l'inertie de la corde identiques.

À cette fin, Voici une petite expérience avec le guitare basse. Il enregistre le son produit par une corde (la corde de sol, la plus fine) pour différentes longueurs, et ai mesuré sa fréquence. Les résultats sont dans la figure ci-dessous.

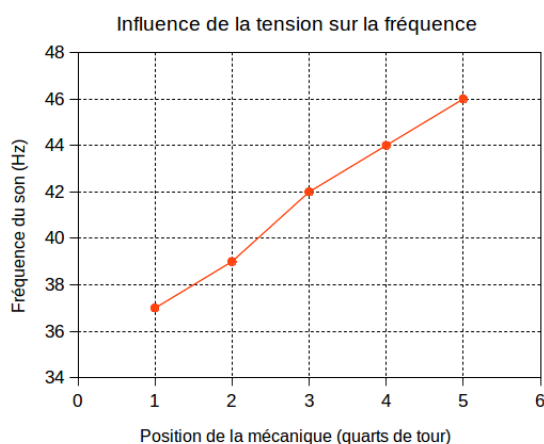


Ainsi, la fréquence semble être inversement proportionnelle à la longueur de la corde, toutes choses égales par ailleurs. Autrement dit, des cordes ayant les mêmes caractéristiques produisent des sons d'autant plus graves qu'elles sont longues.

### 3.7.2. Influence de la tension

Voyons l'influence de la tension de la corde sur la fréquence fondamentale (ou hauteur) du son produit, en gardant la longueur et l'inertie de la corde identiques.

N'ayant pas de moyen de mesurer en valeur absolue la tension de la corde, la mesure est exprimée en quart de tour dans le sens permettant de tendre la corde par rapport à une position de référence. Pour chaque position, on mesure la fréquence du son produit. Les résultats sont dans la figure ci-dessous.

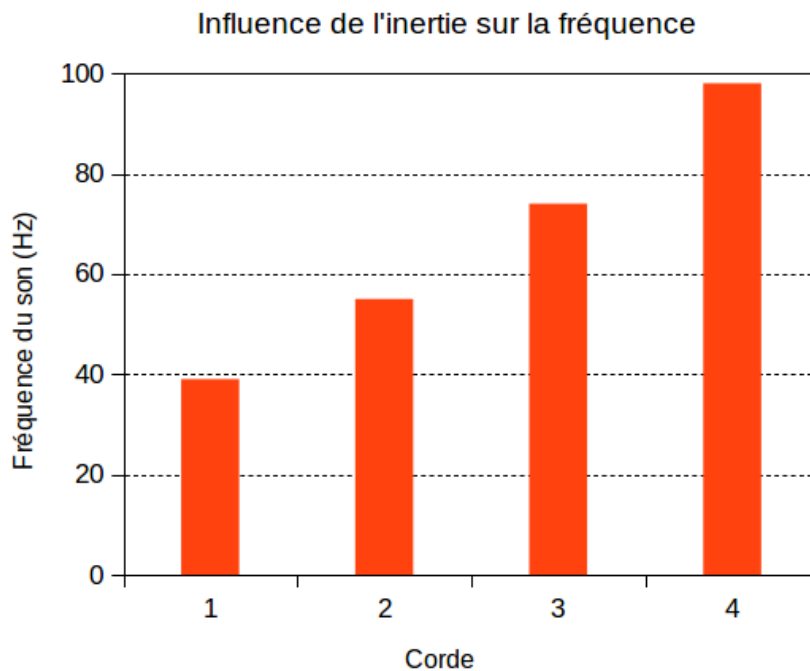


Ainsi, la fréquence augmente avec la tension de la corde, toutes choses égales par ailleurs. Autrement dit, plus une corde est tendue, plus le son qu'elle produit est aigu.

### 3.7.3. Influence de l'inertie de la corde

Voyons l'influence de l'inertie de la corde sur la fréquence fondamentale (ou hauteur) du son produit, en gardant la longueur et la tension de la corde identiques.

Il n'y a malheureusement pas de moyen facile de s'assurer que la tension est constante entre les différentes cordes. Cependant, il est raisonnable de supposer que les différentes cordes ont des tensions comparables. On mesure donc ici les différentes cordes de la basse de la plus grosse à la plus fine sans autre précaution. Les résultats sont dans la figure ci-dessous.



La fréquence diminue à mesure que l'inertie de la corde augmente.

Ainsi, la fréquence diminue à mesure que l'inertie de la corde augmente, aux réserves déjà formulées ci-dessus près. Autrement dit, il semble que plus la corde est grosse, plus le son qu'elle produit est grave.

## **4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES**

### **Conclusions sur le travail réalisé**

Ce projet nous a permis d'acquérir quelques bases en électronique et d'approfondir nos connaissances musicales. Suite à l'arrêt des cours en présentiel, nous avons dû repenser totalement notre organisation. En effet, nous avons été contraints d'arrêter le montage de notre guitare et nous n'avons pas pu réaliser les tests que nous avons prévus de faire.

Ainsi, notre travail s'est principalement basé sur des recherches bibliographiques.

### **Conclusions sur l'apport personnel de cet E.C. projet**

Grâce à ce projet, nous nous sommes tous enrichis du point de vue travail de groupe et organisation. La majorité des membres du groupe étant intéressés par le département mécanique, ce projet a été pour nous une bonne approche concrète et pratique pour la suite de nos études.

### **Perspectives pour la poursuite de ce projet**

Nous n'avons pas pu réaliser le projet initialement prévu (fabrication d'une guitare) donc nous souhaiterions évidemment la poursuivre afin d'achever le projet. De plus, si nous avions eu les capacités matérielles, nous aurions souhaité réaliser différents tests de pédales et d'amplificateurs avec notre guitare.

## 5. BIBLIOGRAPHIE

### 5.1. Présentation de la guitare:

- [1] <http://www.guitare101.com/histoire.html> : les premières traces
- [2] [www.musicarius.com/blog/le-guide-dachat/les-guitares-acoustiques/lhistoire-de-la-guitare](http://www.musicarius.com/blog/le-guide-dachat/les-guitares-acoustiques/lhistoire-de-la-guitare) : les débuts d'une fulgurante ascension

### 5.2. Présentation des micros:

- [3] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Micro\\_\(guitare\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Micro_(guitare))
- [4] <https://www.astuces-pratiques.fr/electronique/schema-et-cablage-guitare-electrique>
- [5] <https://blog.forum-guitare.fr/construire-un-schema-de-cablage-de-guitare-electrique/>
- [6] <http://www.musiqueguitare.fr/lhistoire-de-la-guitare-electrique/>
- [7] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Fender\\_Telecaster](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fender_Telecaster)
- [8] <https://micro-guitare.pagesperso-orange.fr/pratique.htm>
- [9] <https://www.instinctguitare.com/comment-regler-ses-micros-de-guitare/>
- [10] <https://www.cadenceinfo.com/histoire-guitare-electrique-stratocaster.htm>
- [11] <https://www.cadenceinfo.com/les-paul-portrait-et-histoire-de-la-guitare-gibson-solid-body.htm>
- [12] <https://www.emma-music.com/les-micros-de-la-guitare-electrique,fr,4,1-EMM-MICROS.cfm>

### 5.3. La corde vibrante:

- [13] <https://zestedesavoir.com/tutoriels/1836/physique-de-la-corde-de-guitare/>
- [14] <https://www.apprendre-a-jouer-de-la-basse-electrique.info/trucs-et-astuces/frequence-des-notes/>
- [15] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Onde\\_sur\\_une\\_corde\\_vibrante](https://fr.wikipedia.org/wiki/Onde_sur_une_corde_vibrante)
- [16] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Corde\\_vibrante](https://fr.wikipedia.org/wiki/Corde_vibrante)

## 6. ANNEXES (NON OBLIGATOIRE – EXEMPLES CI-DESSOUS)

### 6.1. Etapes de fabrications de la guitare :



#### Les différents éléments de la guitare nécessaire au montage :

- Corps en bois massif
- Manche en érable (vissable): repère "points" +22 frettes
- 2 micros simple bobinage
- Barre de réglage : 1 réglage de volume +1 réglage de tonalité

#### Montage des mécanismes d'accordage :

Tout d'abord on a commencé par monter les mécanismes d'accordage se trouvant en haut di manche. Pour cela il faut que les chevilles soit bien verticales avant de les fixer puis afin de les fixer utilisez une rondelle.

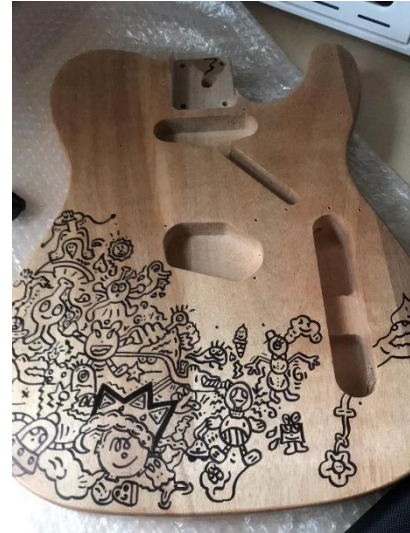
#### Montages des guides cordes :

Afin que les cordes ne se baladent pas n'importe comment sur le manche on n'ajoute des guides cordes sur le bout du manche.

### Design de la guitare :

Le design de la guitare s'est fait progressivement. Le devant du corps de la guitare s'est fait en premier pour pouvoir ensuite ajouter les différents composants tels que les micros, les cordes, etc.

Les côtés et l'arrière du corps se sont faits ensuite car rien ne devait être inséré sur ces parties. Le manche également s'est fait plus tard car seul le dos du manche pouvait être dessiné.



### Montage du manche :

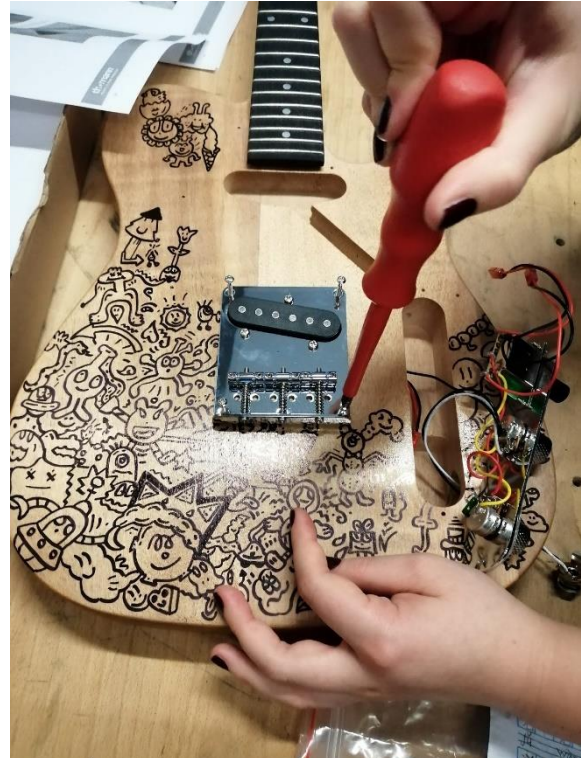
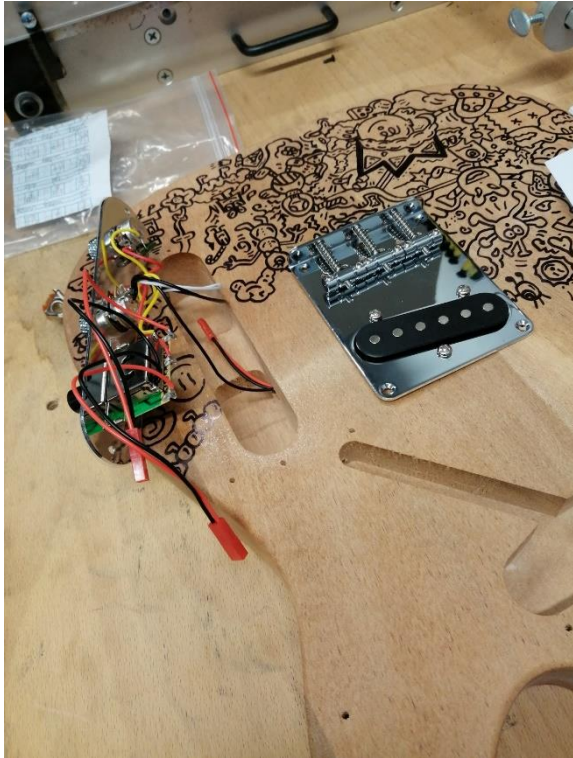


Pour la fixation du manche il suffisait d'insérer le manche dans la fraise du manche puis de fixer le manche grâce à une plaque de fixation à insérer au dos du corps.

### Câblage des potentiomètres, micros et commutateur :

C'est grâce à des connecteurs que le câblage va s'effectuer. Les différents fils vont relier le potentiomètre et le micro et pour se faire seront insérés dans des trous servant à cet effet.

Une fois que chaque fil se trouve à sa position permettant de relier les différents composants fixez le chevalet avec le micro.



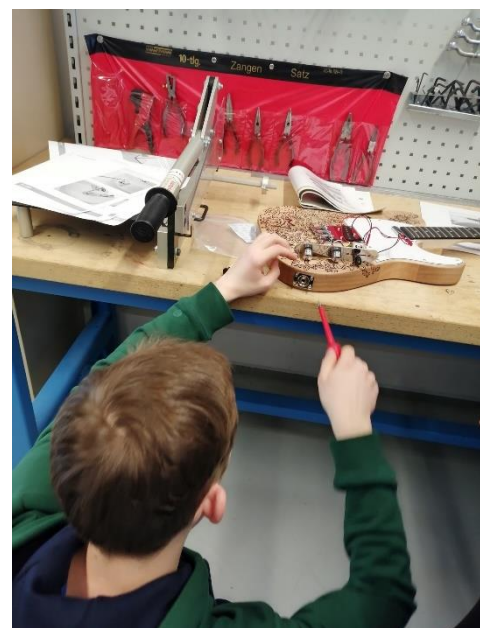
**Montage du pickguard, de la prise de sortie et du potentiomètre :**



Avant de fixer le pickguard il faut introduire le câble du micro dans l'ouverture du potentiomètre et c'est ensuite que le pickguard peut être fixé.

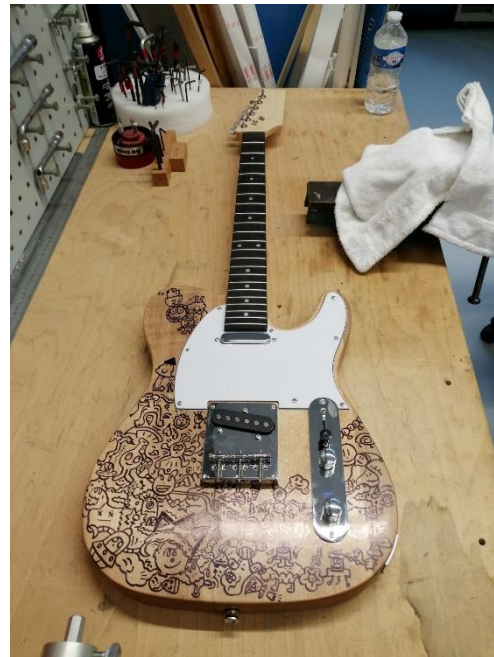
C'est après la fixation du pickguard que l'on peut connecter le micro et le potentiomètre grâce aux connecteurs.

On a ensuite vissé le support de la prise de sortie qui permettra de connecter la guitare à des amplificateurs.





Il ne reste plus qu'à fixer le potentiomètre :



La suite du montage n'a pas pu être effectuée en raison de l'épidémie Covid-19, mais le design de la guitare a pu être terminé pendant l'épidémie.

### **Montage des cordes:**

Les cordes doivent être fixées à deux endroits: au niveau du chevalet elles doivent être enroulées au niveau du mécanisme et au bout du manche dans le sillet de tête. Pour accorder la guitare il suffit de mettre chaque corde à la hauteur correspondante.

## 6.2. Documents relatifs à l'étude des Fender telecaster 52, 58 et 64

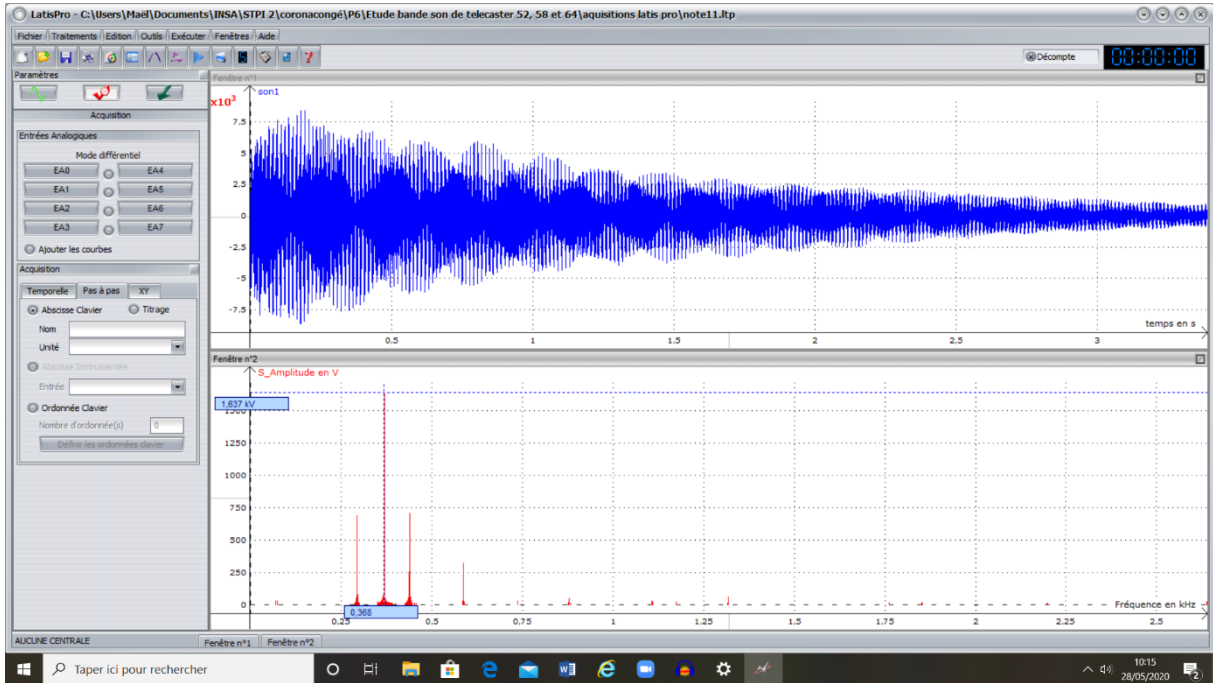


Figure 2 Acquisition Fender telecaster 52

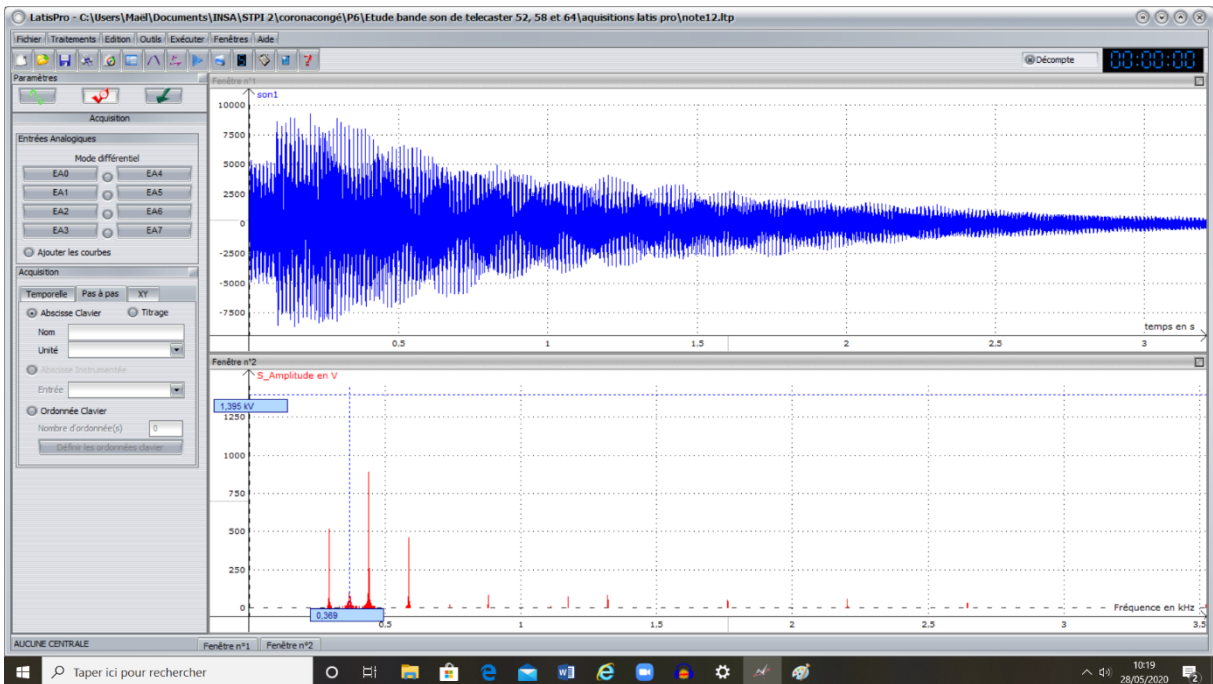


Figure 3 : Acquisition Fender telecaster 58

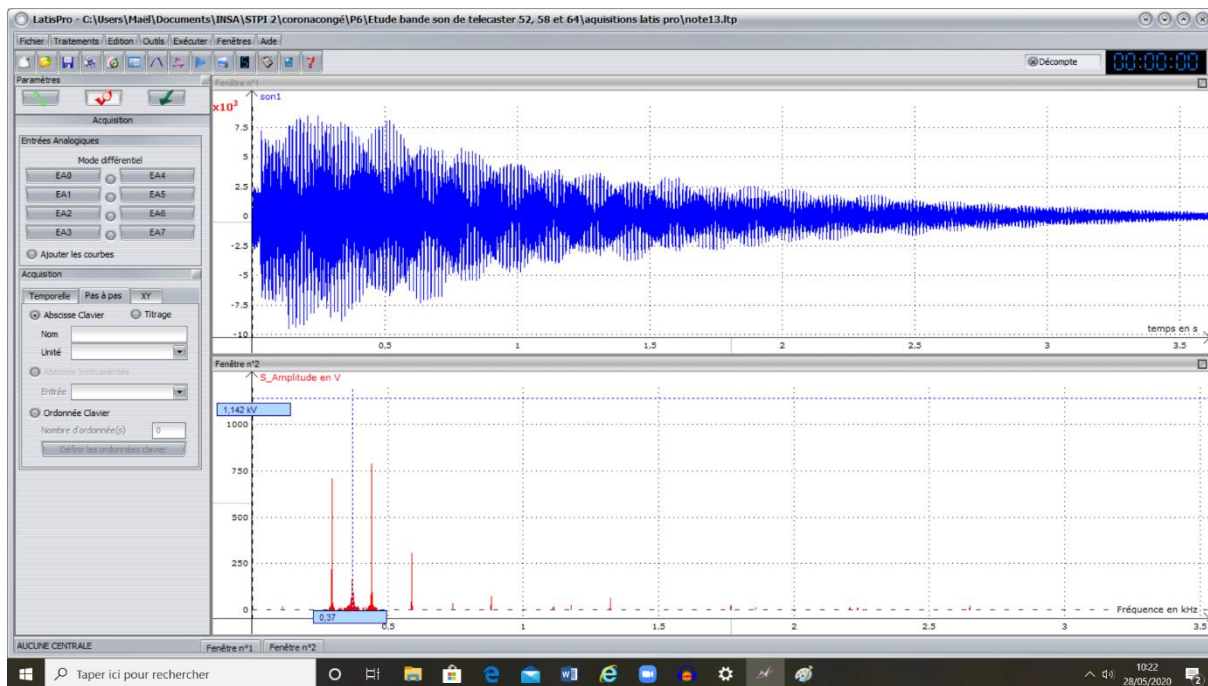


Figure 4 : Acquisition Fender Telecaster 64

	Modèle 52	Modèle 58	Modèle 64
<b>Re 4 (293,66 Hz)</b>	695	523	711
<b>Fa #4 (369,99 Hz)</b>	1637	1405	1140
<b>La4 (440 Hz)</b>	707	903	783
<b>Ré5 (587,33 Hz)</b>	327	465	313

Tableau représentant l'amplitude (en V) des différents pics de l'analyse de Fourier

### **6.3. Propositions de sujets de projets.**

Comme notre projet n'a pas pu être terminé nous suggérons une poursuite du montage de la guitare ainsi que de son étude sonore à travers différentes expériences comme il avait été prévu.

Le même type de projet pourrait également être envisagé sur le montage et l'étude d'une guitare basse.