

PROJETS ARDUINO – PEIP2

Année scolaire 2020-2021

“ Guitaccordeur “

Rapport Bibliographique

Étudiants : Lorick VINCENT

Etienne BARBIERI

Encadrant : Pascal MASSON

Sommaire

I - Choix du projet.....	p3
II - Accordeurs existants.....	p4
III - Fonctionnement.....	p5
IV - Accordages disponibles.....	p6
1) Réglages standards	
2) Autres réglages	
V - Matériel	
1) Carte Arduino.....	p9
2) Microphone.....	p9
3) Moteur.....	p13
4) Module Bluetooth.....	p15
VI - Interface téléphone.....	p16
VII - Forme finale	
1) Matériaux.....	p19
2) Forme.....	p20
Conclusion.....	p21

I - Choix du sujet

Nous avons tout d'abord hésité entre trois sujets différents : une roulette de casino électrique, une machine avec la pince que l'on voit souvent dans les foires et un accordeur électrique de guitare. Notre choix s'est finalement porté sur ce dernier car après avoir pesé le pour et le contre, il nous est apparu qu'il était un bon compromis entre la difficulté de réalisation et le temps que nous avons à notre disposition pour le réaliser. Le fait que nous soyons tous les deux intéressés par la musique et en particulier la guitare a également été un facteur qui nous a permis de prendre notre décision.



Roulette de casino

(ici connectée avec une tablette)



Machine à pince



Accordeur électrique de guitare commercialisé

II - Accordeurs Existants

Il existe de nombreux accordeurs possédant tous des avantages et des inconvénients, en voici une liste des plus utilisés :

L'accordeur à pince, peu coûteux et pratique, est le plus répandu.

Le seul inconvénient de ce genre d'accordeur est qu'il ne peut faire qu'un seul accordage : le standard.



L'accordeur Capo, il combine deux fonctions, accorder et servir de Capo, ce qui est très pratique et idéal pour les débutants. Son seul inconvénient est son manque de précision.



L'accordeur à entrée Jack, il permet d'accorder sa guitare peu importe le bruit ambiant, il est également très précis, mais cela ne peut fonctionner qu'avec les guitares électriques et électro-acoustiques.



L'accordeur chromatique, il permet une plus grande précision, et des accordages autres que le standard. Son inconvénient est qu'il est plus cher qu'un accordeur classique.



Il existe également des accordeurs électriques, semblables à notre projet, mais ces accordeurs coûtent très cher et ne sont donc pas à la portée de tout le monde.



III - Fonctionnement

Voici le fonctionnement de l'accordeur automatique, étape par étape :

- Choix de l'accordage :

A l'aide de son téléphone, l'utilisateur pourra choisir parmi plusieurs accordages disponibles celui qu'il souhaite pour sa guitare.

- Choix de la corde :

Un fois l'accordage choisi, l'utilisateur choisit la corde qu'il souhaite accorder.

- Détection de la note :

A l'aide d'un micro, l'accordeur déterminera dans quel sens il faut tourner la mécanique pour avoir la bonne note.

- Accordage de la corde :

En fonction de la note captée par le micro, un moteur tourne la mécanique jusqu'à obtention de la bonne note accordée.

- Confirmation :

Une fois la corde accordée, le moteur s'arrête et le téléphone prévient l'utilisateur qu'il peut passer à la corde suivante.

Ces étapes sont ainsi à renouveler pour chaque corde jusqu'à ce que l'accordage soit fini.

IV - Accordages disponibles

1) Réglages standards de la guitare

D'après Wikipedia :

https://en.wikipedia.org/wiki/Guitar_tunings#Standard

L'accordage standard correspond aux notes :

E2-A2-D3-G3-B3-E4 (en anglais)

Mi2-La2-Ré3-Sol3-Si3-Mi4 (En français)

(Pour faciliter les recherches, la notation anglaise sera utilisée)

Fréquences correspondantes :

E4 : 329,63 Hz

B3 : 246,94 Hz

G3 : 196,00 Hz

D3 : 146,83 Hz

A2 : 110,00 Hz

E2 : 82,41 Hz

2) Autres réglages de la guitare

Grace à plusieurs sites et à notre expérience personnelle, nous avons sélectionné les accordages les plus utilisés :

<https://dwaynesguitarlessons.com/learn-the-5-most-common-guitar-tunings/>

<http://www.guitarpitchshifter.com/pitchshifting.html>

Pour ces accordages, il a fallu transformer toutes les notes en fréquences, cela a été fait principalement à l'aide du tableau suivant :

Note	Hz	Note	Hz	Note	Hz	Note	Hz	Note	Hz	Note	Hz	Note	Hz
C1	32.7	C2	65.4	C3	130.8	C4	261.6	C5	523.3	C6	1046.5	C7	2093.0
C#1	34.6	C#2	69.3	C#3	138.6	C#4	277.2	C#5	554.4	C#6	1108.7	C#7	2217.5
D1	36.7	D2	73.4	D3	146.8	D4	293.7	D5	587.3	D6	1174.7	D7	2349.3
D#1	38.9	D#2	77.8	D#3	155.6	D#4	311.1	D#5	622.3	D#6	1244.5	D#7	2489.0
E1	41.2	E2	82.4	E3	164.8	E4	329.6	E5	659.3	E6	1318.5	E7	2637.0
F1	43.7	F2	87.3	F3	174.6	F4	349.2	F5	698.5	F6	1396.9	F7	2793.8
F#1	46.2	F#2	92.5	F#3	185.0	F#4	370.0	F#5	740.0	F#6	1480.0	F#7	2960.0
G1	49.0	G2	98.0	G3	196.0	G4	392.0	G5	784.0	G6	1568.0	G7	3136.0
G#1	51.9	G#2	103.8	G#3	207.7	G#4	415.3	G#5	830.6	G#6	1661.2	G#7	3322.4
A1	55.0	A2	110.0	A3	220.0	A4	440.0	A5	880.0	A6	1760.0	A7	3520.0
A#1	58.3	A#2	116.5	A#3	233.1	A#4	466.2	A#5	932.3	A#6	1864.7	A#7	3729.3
B1	61.7	B2	123.5	B3	246.9	B4	493.9	B5	987.8	B6	1975.5	B7	3951.1

Ce tableau représente les fréquences correspondantes à chaque note. Chaque colonne correspond à un changement d'octave (une octave correspond à un intervalle consonant entre deux notes séparées par 8 degrés dans l'échelle diatonique ; soit pour faire plus simple, lorsqu'on augmente d'une octave, la note ne change pas mais le son est plus aiguë).

Chaque corde a une échelle de notes qu'elle peut jouer, ainsi, elle ne pourra pas jouer sur toutes les octaves. En se référant à l'accordage classique d'une guitare, on en déduit les octaves correspondantes suivantes :

Corde n°1 et 2 : Octave 2 (Car E2 et A2 correspondent aux notes E et A d'octave 2)

Corde n°3, 4 et 5 : Octave 3

Corde n°4 : Octave 4

On peut donc déterminer les fréquences des accordages suivants :

Souvent utilisé en Rock :
Le Standard-1/2 / E plat
(D# G# C# F# A# D#)

77,8 Hz
103,8 Hz
138,6 Hz
185,0 Hz
233,1 Hz
311,1 Hz

Pour des rythmiques grasses (Ex
Metallica) :

D Tuning
(D G C F A D)
73,4 Hz
98,0 Hz
130,8 Hz
174,6 Hz
220,0 Hz
293,7 Hz

Pour jouer des "Power Chords" :

Drop D
(E A D G B D)
82,4 Hz
110,0 Hz
146,8 Hz
196,0 Hz
246,9 Hz
293,7 Hz

Open G
D G D G B D
73,4 Hz
98,0 Hz
146,8 Hz
196,0 Hz
246,9 Hz
293,7 Hz

Fingerstyle :

D A D G A D
73,4 Hz
110,0 Hz
146,8 Hz
196,0 Hz
220,0 Hz
293,7 Hz

V - Matériel

1) Carte Arduino

La carte Arduino est au centre de notre projet. Pour son utilisation, deux choix s'offrent à nous :

- utiliser la carte Arduino Nano mise à notre disposition par l'école dès le début de l'année
- utiliser notre propre carte Arduino Uno

Nous avons choisi d'utiliser notre carte Arduino Uno car nous la pensons légèrement plus performante que la carte Arduino Nano même si pour notre projet, ce choix ne fait aucune différence.

2) Microphone

a) Microphone du téléphone

La première idée qui nous est venue pour avoir un micro de bonne qualité et détecter correctement le son a été d'utiliser le micro de notre téléphone, car il existe de nombreuses applications permettant d'accorder une guitare à l'aide du micro du téléphone.

Une des applications les plus connues pour accorder sa guitare est : Guitar Tuna



Application mobile Guitar Tuna

Malheureusement, nous n'avons trouvé aucun tutoriel ou documentation nous permettant d'utiliser correctement et facilement le micro du téléphone. Il nous faut donc trouver un autre micro pour détecter la fréquence émise par les cordes.

b) Microphones à électret

- Module micro amplifié MAX9814 : ([Module micro amplifié MAX9814 ADA1713 Adafruit - Bruit | GO TRONIC](#))

Alimentation: 3,3 à 5 Vcc

Gain: 40, 50 ou 60 dB (60 dB par défaut)

Dimensions: 26 x 14 x 12 mm

Ce module équipé d'un microphone à électret est amplifié par un MAX9814 et se raccorde sur une entrée analogique d'une carte Arduino. Le MAX9814 est un microphone de haute qualité à faible coût avec contrôle automatique de gain.



Module MAX9814

L'important ici est que le micro a un bon gain (40 dB-50 dB-60 dB), qu'il peut être connecté à notre carte Arduino(3,3V-5V) et qu'il peut enregistrer une large plage de fréquences dont on a besoin pour toutes les notes à jouer (20Hz-20000 Hz). Cependant, l'inconvénient est que le gain n'est pas réglable manuellement. Enfin, nous n'avons pas trouvé d'informations précises sur la distance à laquelle peut enregistrer ce micro si ce n'est "aux alentours".

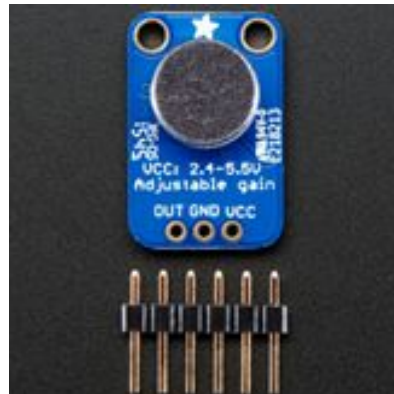
- Module micro Amplifié MAX4466 : ([Module micro amplifié ADA1063 Adafruit - Bruit | GO TRONIC](#))

Alimentation: 2,4 à 5 Vcc

Gain: réglable de 25 à 125

Dimensions: 22 x 14 x 8 mm

Ce module équipé d'un microphone à électret est amplifié par un MAX4466 et se raccorde sur une entrée analogique d'une carte Arduino.



Module MAX4466

L'important ici est que le micro peut être connecté à notre carte Arduino(2,4V-5V) et qu'il peut enregistrer une large plage de fréquences dont on a besoin pour toutes les notes à jouer (20Hz-20000 Hz). Toutefois, il a une caractéristique de plus que le MAX9814 qui est que son gain est réglable, donc plus simple à utiliser. Sa tension crête-crête est de 0.2 Vpp donc il peut détecter la présence d'un son aux alentours des 15 centimètres.

Fiche technique microphone à électret :

PART NUMBER: CMA-4S44PF-W

DESCRIPTION: electret condenser microphone

SPECIFICATIONS

directivity	omnidirectional	
sensitivity (S)	-44 ±2 dB	f = 1KHz, 1Pa 0dB = 1V/Pa
sensitivity reduction (ΔS-Vs)	-3 dB	f = 1KHz, 1Pa Vs = 3.0 ~ 2.0 V dc
operating voltage	3 V dc (standard), 10 V dc (max.)	
output impedance (Zout)	2.2 KΩ	f = 1KHz, 1Pa
operating frequency (f)	20 ~ 20,000 Hz	
current consumption (Icc)	0.5 mA max.	Vs = 3.0 V dc RL = 2.2KΩ
signal to noise ratio (S/N)	60 dBA	f = 1KHz, 1Pa A-weighted
operating temperature	-20 ~ +70° C	
storage temperature	-20 ~ +70° C	
dimensions	ø9.7 x 4.5 mm	
weight	0.80 g max.	
material	Al	
terminal	pin type (hand soldering only)	
RoHS	yes	

note:

We use the "Pascal (Pa)" indication of sensitivity as per the recommendation of I.E.C. (International Electrotechnical Commission). The sensitivity of "Pa" will increase 20dB compared to the "ubar" indication. Example: -60dB (0dB = 1V/ubar) = -40dB (1V/Pa)

c) Autres types de microphones

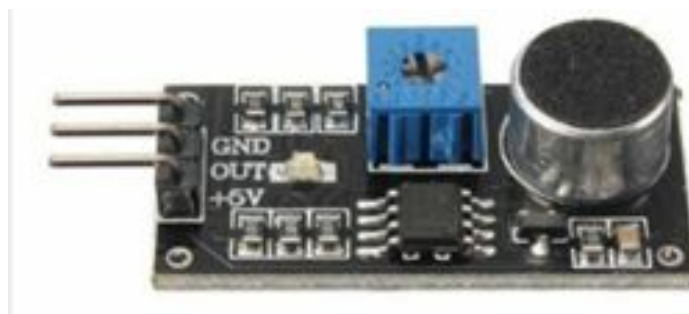
Il existe d'autres types de microphones qui ne sont pas à électret :

- Par exemple les microphones KY-038 ou KY-037 qui sont plutôt utilisés dans les capteurs de proximité, de température ou dans les alarmes.



Microphone KY-038

- Enfin, d'autres types de micros sont aussi utilisés comme le LM393 mais celui-ci est plus utilisé pour des lumières à commande vocale, avec des capteurs de lumière pour faire une alarme sonore et lumineuse.



Microphone LM393

Choix :

Notre choix va donc se porter sur le module micro amplifié MAX 4466 car tout d'abord c'est un micro à électret qui convient parfaitement pour des projets tels que les changeurs de voix, les enregistrements audio / échantillonnage et les projets audio-réactifs, ce qui correspond exactement à notre projet pour les enregistrements audios. Et enfin en comparaison avec le MAX 9814, il est plus simple d'utilisation et nous

avons toutes les données nécessaires à notre projet, notamment sur la distance maximale pour enregistrer un son.

3) Moteur

Pour tourner les mécaniques de la guitare, il nous faut un moteur qui tourne peu vite, mais avec un couple suffisant. C'est pourquoi nous utiliserons un moteur pas à pas.

A l'aide d'un projet similaire, on suppose que le couple nécessaire pour faire tourner les mécaniques est $0,5 \text{ N.m}$. Cependant, le couple nécessaire varie beaucoup en fonction des guitares. En effet, un autre projet d'accordeur utilise un moteur avec un couple de $0,0084 \text{ Nm}$ et un réducteur avec un rapport de réduction de 25. Ils obtiennent donc un couple de $0,21 \text{ Nm}$.

On considère donc que le couple que l'on souhaite obtenir se situe aux alentours de $0,35 \text{ Nm}$.

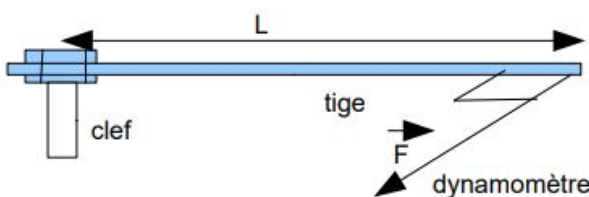
Etude du projet « L'accord parfait » :

b) Le couple du moteur pas à pas

Nous avons mesuré le couple que l'on doit appliquer sur les clefs pour qu'elles tournent.

Pour cela nous avons réalisé le montage suivant :

Une tige de longueur $L = 1 \text{ m}$ est fixée en l'une de ses extrémités à la clef et son autre extrémité est fixée à un dynamomètre à ressort.



Lien des projets :

https://odpf.org/images/archives_docs/21eme/memoires/groupeO/memoire.pdf

https://www.jeanperrin.org/portail/IMG/pdf/MWB_tuner.pdf

Nous avons donc deux solutions possibles :

a) Un moteur adapté

Nous avons donc cherché un moteur possédant un couple suffisant sur le site <https://www.gotronic.fr/> :

Le moins cher correspondant à nos critères est le Moteur 17HS15-0404S car il annonce un couple de 40 N.cm soit 0,4 N.m, ce qui correspond parfaitement à la valeur recherchée.



(<https://www.gotronic.fr/art-moteur-17hs15-0404s-18354.htm>)

b) Utiliser un motoréducteur

La deuxième solution est d'utiliser un moteur avec peu de couple et d'utiliser un motoréducteur. On peut par exemple se servir d'un moteur assez répandu et bon marché que nous possédons : le moteur 24BYJ48.



(<https://www.gotronic.fr/art-moteur-24byj48-19028.htm>)

Il possède un couple de 0,039 Nm.

Souhaitant obtenir un couple de 0,35 Nm, il nous faut donc multiplier le couple par $0,35/0,039 = 9$

On peut ainsi, à l'aide d'un motoréducteur avec un rapport de réduction de 9, obtenir le couple souhaité.

Choix :

Notre choix se porterait plutôt sur le moteur adapté, car plus simple d'utilisation mais étant plus coûteux que l'utilisation d'un motoréducteur, nous adapterons notre montage selon le budget qui nous est alloué.

4) Module Bluetooth

Pour notre projet d'accordeur de guitare nous avons besoin de relier notre montage et les informations qu'il enverra à un téléphone. Pour cela, nous devons utiliser un module Bluetooth qui connecte directement sans fil notre carte arduino au téléphone.

Il existe plusieurs types de module Bluetooth pour l'Arduino dont les principaux sont :

- Module Bluetooth HC-05 : Ce module peut recevoir des demandes d'appairage mais peut également proposer à un autre élément bluetooth de s'appairer avec lui
- Module Bluetooth HC-06 : Ce module peut uniquement recevoir des demandes d'appairage.



Module Bluetooth HC-05

Choix :

Notre choix se porte sur le module Bluetooth HC-05 car il est plus performant que le HC-06 pour un prix très légèrement supérieur. [Module Bluetooth HC05 - Bluetooth | GO TRONIC](#)

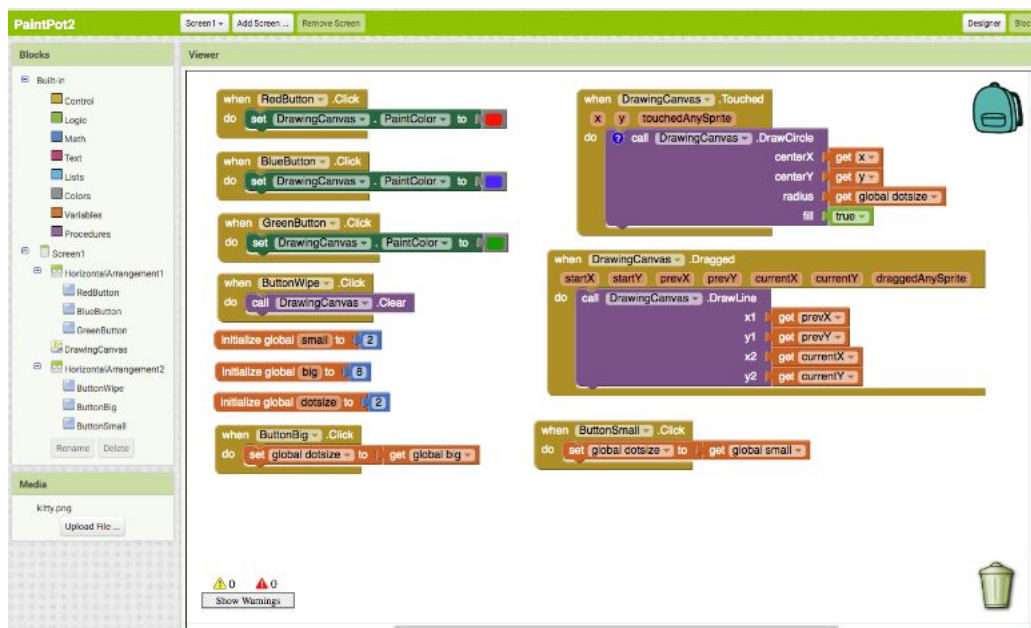
VI - Interface téléphone

L'interface sur téléphone est le seul lien que l'utilisateur aura avec l'accordeur, il est donc important que l'application soit intuitive et agréable.

Nous utiliserons un des outils les plus célèbres pour ce genre d'application Bluetooth : AppInventor

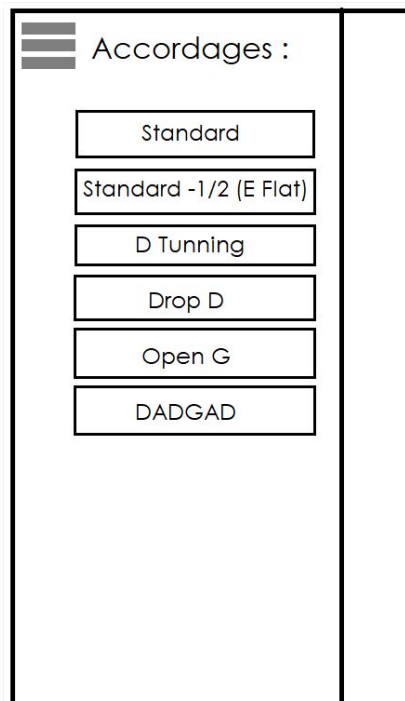
Le choix de cet outil n'est pas anodin, il permet de créer des applications pour smartphones et tablettes, il est libre d'accès et assez simple d'utilisation. Il convient donc parfaitement pour notre projet.

Interface de AppInventor :

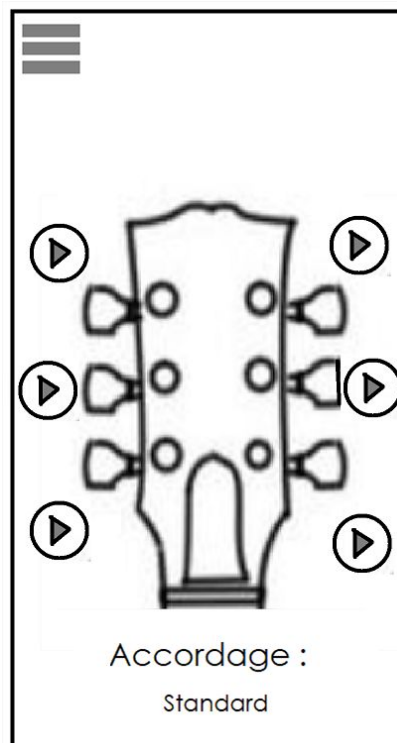


L'application comportera plusieurs éléments :

- Un menu permettant de choisir parmi une liste d'accordages différents :



- Une représentation graphique du haut de la guitare avec les différentes mécaniques à accorder :



- Une image signalant à l'utilisateur que l'accordage est en cours :



- Une image signalant à l'utilisateur que l'accordage est terminé :



L'application possédera également un onglet Paramètres pour connecter l'application en Bluetooth à l'accordeur et éventuellement un onglet pour un accordage personnalisé.

VII - Forme finale

1) Matériaux

Pour maintenir tous les composants ensemble et rendre le projet utilisable, il faut construire un boîtier contenant tous les éléments.

Plusieurs choix s'offrent à nous concernant la matière à utiliser pour ce boîtier :

- Boîtier en métal :

C'est le choix qui permet la plus grande résistance, cependant, en plus d'être lourd, un boîtier en métal peut empêcher le module bluetooth de fonctionner correctement. De plus, la réalisation d'un boîtier en métal peut s'avérer complexe.

- Il nous reste donc deux possibilités : le bois ou le plastique

Notre choix s'est rapidement tourné vers un boîtier en bois, et cela pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, la réalisation d'un boîtier en bois est assez simple et ne demande pas beaucoup d'outils (scie, lime , colle à bois et éventuellement des vis) alors qu'il peut être plus complexe de faire les formes nécessaires au projet à l'aide de plastique.

De plus, le bois est plus respectueux pour l'environnement, ce qui rend notre projet plus éco-responsable

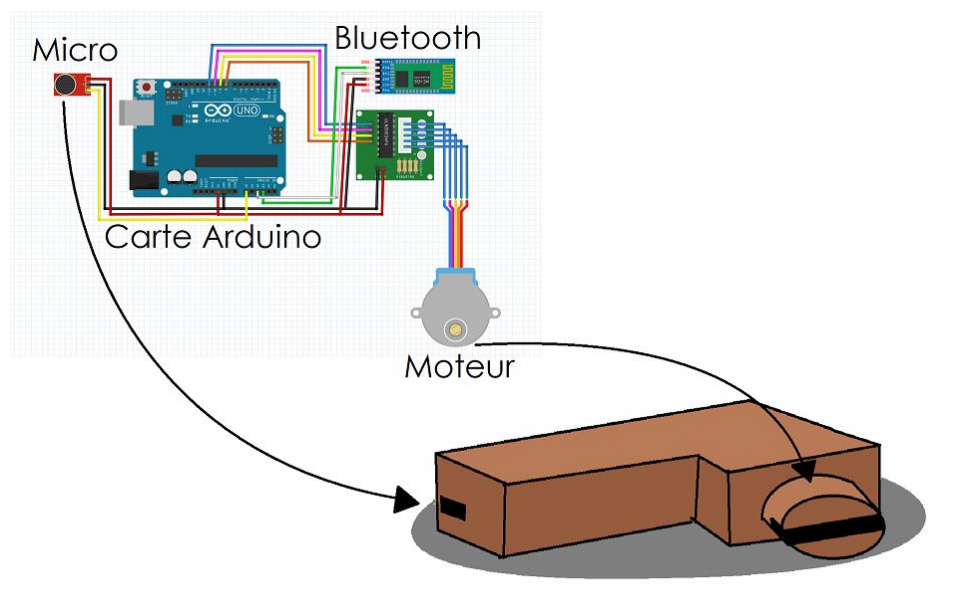
Enfin, le bois est plus esthétique et rappelle l'élément principal de la guitare, il semble donc que ce soit le matériau le plus adapté à notre projet.

2)Forme

Pour que l'accordeur soit agréable à l'utilisation, nous avons opté pour une forme pratique avec une prise en main simple (Voir dessin).



Une fois tout les branchements réalisés, voici à quoi l'accordeur devrait ressembler :



Il faudra veiller à laisser un trou à l'arrière de l'accordeur pour que le micro puisse détecter le son de la guitare correctement.

Conclusion

Pour conclure, nous pouvons dire qu'une partie du choix du matériel pour notre projet d'accordeur électrique de guitare dépendra du budget mis à notre disposition. En effet, concernant le moteur par exemple, pour obtenir le couple nécessaire, nous pouvons acheter un moteur adapté ou alors utiliser un motoréducteur sachant que la première possibilité sera plus cher. C'est également le cas pour le module Bluetooth par exemple pour lequel nous nous adapterons par rapport à notre budget.

Nous pensons que le matériel présenté dans ce rapport bibliographique sera suffisant pour réaliser notre projet car nous avons vu tous les aspects nécessaires pour concevoir cet accordeur électrique de guitare.