



GNG1503

Manuel d'Utilisateur du Projet de Conception

Pression de Piano

Soumis par:

HMNS, FB-3

Houda Nkaili, 300139244

Monique Diemert, 300117853

Samuel Karorero, 30045982

Nicholas Galipeau, 300053439

30 Mars 2020

Université d'Ottawa

Résumé

Ce manuel d'utilisateur est un résumé de plusieurs recherches et idées issue pendant le processus de réalisations d'un système qui reflètent les besoins de notre client M. Gilles Comeau, qui est un professeur à l'École de musique de l'Université d'Ottawa. L'empathie est une des plus importante étapes dans le génie de conception et sur laquelle on s'est basé pour détecter les besoins de notre client, qui ont était toucher au fil de nos rencontre avec lui ainsi que sa rétroaction envers chaque prototype qui a aidé l'équipe de bien apercevoir ses besoins réel. Notre client à besoin d'un système de détection de pression effectué sur les clés de piano, en d'autres mots il cherche a avoir l'information sur la force effectuée sur les clés. Parce que, malheureusement les pianistes souffrent souvent de blessure dans différentes parties de leurs corps à cause des mauvaises techniques adoptés pour jouer sur un piano à queue.

Ce manuel contient une description parfaite et détaillée de chaque composante qui contribuent dans la réalisation de notre système. Ce dernier est en deux partie, la première partie contient les capteurs et le code d'Arduino pour détecter la force appliquée et collecter les données, en d'autres mots; transformer l'information mécanique en numérique. Puis la deuxième partie est sur la visualisation des données numérique collectées sous forme d'un graphique dynamique en utilisant Matlab comme outil.

Il est important de mentionner que dû à l'épidémie du COVID 19, notre système n'a jamais été testé sur le piano pour observer son fonctionnement. Ainsi, un plan d'action en considérant des conditions normales a été réalisé et une partie qui explique l'aspect non complété a été ajoutée pour décrire les tâches qui n'ont pas pu être complétée.

Table des matières

Résumé	ii
Table des matières	iii
Liste de figures	iv
Liste de tables	v
1 Introduction	1
1.1 Problématique et les besoins du client	
1.1.1 Fonction principale du produit	
2 Comment le prototype est construit	8
2.1 Catégorie : Électrique	8
2.1.1 LDM (Liste des Matériaux)	8
2.1.2 Liste d'équipements	8
2.1.3 Instructions	9
2.2 Catégorie : Logiciel	10
2.2.1 LDM (Liste des Matériaux)	11
2.2.2 Liste d'équipements	11
2.2.3 Instructions	11
3 Comment utiliser le prototype	14
3.1 Fonctionnement	14
3.2 Mesures de sécurité	15
3.3 Installation	15
4 Comment maintenir le prototype	17
5 Nomenclature et conseils à venir sur le côté économique	17
6 Conclusions et recommandations pour les travaux futurs	20
7 Bibliographie	21
APPENDICES : Fichiers de conception	22

Liste de figures

Figure 1. *Le diagramme de Gantt pour la réalisation du manuel d'utilisateur ainsi que le système final*

Figure 2. *Liste de tâches pour terminer Manuel Utilisateur*

Figure 3. *Le circuit de notre système avec les 4 capteurs*

Figure 4. *Les fils devront être soudés aux capteurs comme ceci*

Figure 5. *Circuit complet*

Figure 6. *Connexion au Arduino*

Figure 7. *Code Arduino*

Figure 8. *Partie 1 - Code de MATLAB*

Figure 9. *Partie 2 - Code de MATLAB*

Figure 10. *Graphique temps réel*

Figure 11. *Devant d'un piano traditionnel*

Figure 12. *Installations des capteurs*

Figure 13. *Prix des capteurs dans le site Digikey*

Liste de tables

Tableau 1. *Liste de matériaux avec le coût estimatif dans le cas d'achats sans les conditions normatifs*

Tableau 2. *Liste de matériaux avec le coût pendant la pandémie*

Introduction

Le piano est un instrument de music polyphonique, qui a vécu plusieurs changements depuis sa création en 18ème siècle, jusqu'à ce qu'on appelle le piano moderne, mais il a toujours gardé son aspect discret. Les pianos se diffèrent entre eux, en commençant par leur aspect extérieur jusqu'à leurs mécanismes de fonctionnement. Par contre le piano à queue reste toujours le meilleur choix pour les grands pianistes, car il a des cordes horizontales ce qui donne une meilleure note et une excellente qualité de son. Les pianistes sans exceptions, trouve de la courtoisie et une allure exceptionnelle en utilisant ce genre de piano. Malheureusement, ce n'est pas toujours meilleur quand ça arrive à la vue médicale, car les pianistes souffrent souvent de blessure dans différentes parties de leurs corps à cause des mauvaises techniques adoptés pour jouer sur un piano à queue. En d'autres mots, à cause des longues heures de pratiques avec un mouvement répétitif, les douleurs sont intenses et insupportable. Notamment, à force de serrer les muscles pour une longues durés et d'une façon répétitive mènent à des douleurs et même des blessures au niveau des muscles qui sont en relations avec les mouvements effectués. Si on veut jouer une note plus longue, on doit initialement mettre de la force pour lever le marteau (un composant du piano), cependant on n'a pas besoin de continuer d'appliquer une force puisqu'elle n'a aucun impact sur la note. Ce qui est le sujet de notre projet, car notre client veut que nous fassions la conception d'un système qui détecte la force appliquée par le pianiste puis la visualiser d'une manière accessible et simple à comprendre, pour que les pianistes comprennent le mécanisme des clés et comment la force fonctionne. Alors, techniquement il faut faire un détecteur ou un système d'infrarouge (minuscule) qui va calculer la force et la durée de cette dernière afin de faire une analyse visuelle des données collectées qui va aider les pianistes à mieux comprendre leurs besoins (La force voulu dépend de la note jouée).

Notamment, pour répondre à ses besoins d'une manière efficace, il fallait passer par 3 prototypes qui font en sorte une bonne communication avec notre client ainsi que les membres de l'équipe, pour bien visualiser les enjeux et les points à rectifier.

Le prototype III était le plus proche du résultat final, car il présentait presque toutes les informations essentielles pour la réalisation du système ainsi qu'il résulte les rencontres et des

rétroactions faites avec le client qui ont permis d'améliorer les prototypes précédents et ainsi d'aboutir à ce dernier. En termes de réalisation de ce système, il fallait faire un plan de travail pour bien s'organiser et respecter les dates limites. L'outil Trello nous a aidé énormément pour bien s'organiser à ceci car à travers ce dernier on peut mettre les tâches et les dates limites pour chacune et ainsi de réaliser un diagramme de Gantt qui visualise notre avancement par rapport au projet, et les tâches à accomplir dans l'avenir et n'oublie pas que le diagramme de Gantt montre aussi le chemin critique de chaque tâche de sorte qu'il montre si une tâche dépend de la réalisation d'une autre. Et figure 1 et 2 montre un exemple de ce diagramme ainsi que les tâches à accomplir afin de réaliser ce manuel d'utilisation. Sachant au fil de la réalisation de notre projet dans chaque semaine on avait des tâches différentes qui sont en correspondance au prototype à remettre, pour bénéficier de la rétroaction de notre client qui est très importante pour nous localiser et bien répondre aux besoins de notre client.

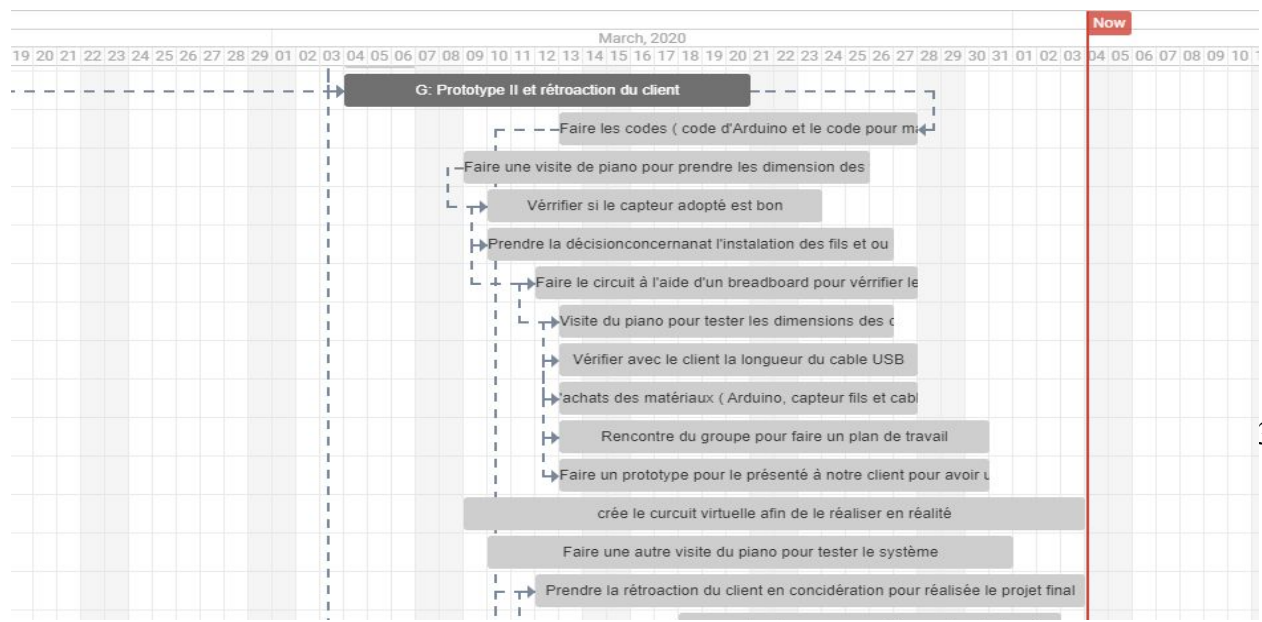
Ce manuel d'utilisateur est pour but de bien décrire notre système ainsi que toutes les composantes qui contribuent dans sa réalisation. Et pour cela, dans ce manuel on va aborder tous les points qui vont faciliter les tâches à qui ce soit pour réaliser notre système; Donc, dans la première partie on va répondre aux questions de conception de notre projet qui sont: Qui, Quoi, Comment et le Pourquoi; Puis dans la deuxième partie, on va parler sur la réalisation des différents prototypes qui ont abouti au résultat final qui est notre système final; Dans la troisième partie, on va aborder l'utilisation du système en détails pour qu'il soit accessible pour tout le monde; Et finalement, l'entretien du système et les points importants à faire et aussi celles à éviter pour le bon fonctionnement du système. En général, ce manuel contient toutes les informations importantes pour la re-réalisation du projet de A à Z, d'une manière efficace car ce dernier contient toutes les erreurs à éviter pour maximiser le temps de réalisation et éviter les pertes.

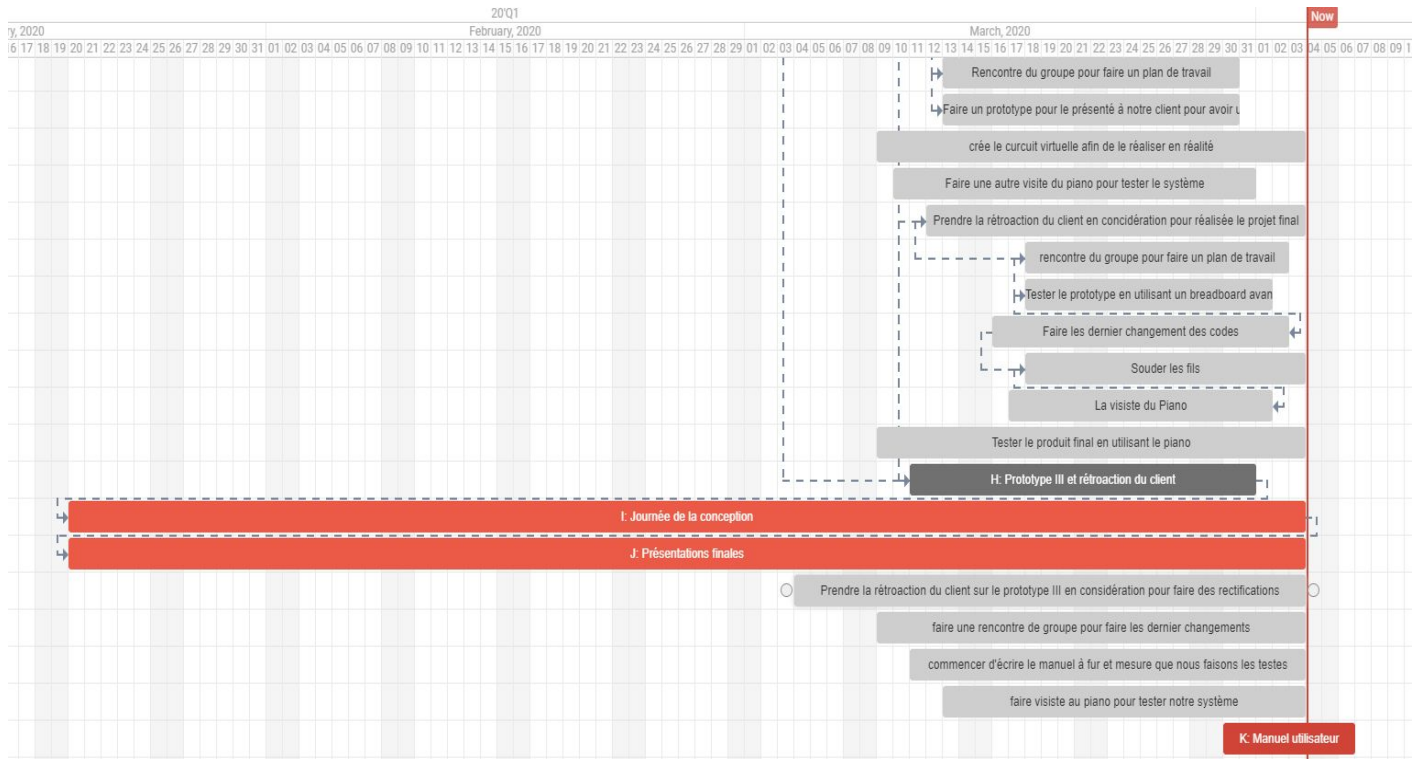
En guise de conclusion, ce manuel est très important car il donne pas juste une image de notre projet mais aussi les détails pour le réaliser dans un délai rapide efficace et sans perte de temps, sachant que les codes, les circuits et même les matériaux utilisés sont mentionnés en détails et même d'où l'avoir.

Le sujet ou bien la problématique de notre projet est très importante car elle répond d'une manière

directe au problème causé par les fausses pratiques du piano ainsi que le manque de la bonne information concernant le mécanisme de ce dernier. En bref, la réalisation d'un système de détection de la force ainsi de visualisation de cette dernière va résoudre des problèmes pas juste techniques mais aussi pour faire une parade des effets causés par les mauvaises techniques d'utilisations. Nous retiendrons que ce système répond efficacement au besoin de notre client qui est bien détaillées dans la partie précédente, car il n'est pas juste efficace mais aussi facile à utiliser et à déplacées. Ce qui est important aussi dans les critères de conception est le prix et la beauté. Alors, notre système réponde aussi à ses deux critères, car au niveau économique, il est très accessible car les matériaux utilisés ne sont pas chers et facile à installer- pas juste ça- notre système attaque 4 clés à la fois, sachant qu'en garde toujours l'aspect discret du piano, d'une manière à ne pas changer aucune contrainte dans le piano lui-même, donc en d'autre mots en respecte la beauté du piano. Ce qui est encore meilleure dans notre système est la partie de visualisation ou on a utilisé Matlab, car la visualisation ne sera pas juste un simple graphe, pourtant elle sera sous forme d'un graphe dynamique (Vidéo avec motion), en revanche au besoin du client, il veut avoir une meilleure façon d'expliquer aux pianiste les erreurs à éviter concernant la force appliquée. Donc, notre système vise à être le plus proche possible pour bien expliquer cette partie d'une manière qu'une personne qui n'est pas du domaine va comprenne. Au terme de notre réflexion ainsi que la réflexion de notre client envers le système, ainsi de prendre en considérations tous les critères, notre système répond très bien à tous les besoins du client et même plus loin aux besoins explicite.

Figure 1. Le diagramme de Gantt pour la réalisation du manuel d'utilisateur ainsi que le système final





K: Manuel utilisateur

Dans la liste [Préparation du projet](#)

DATE LIMITE

dimanche à 23:59

×

DESCRIPTION

Ajouter une description plus détaillée...

LES TÂCHES À FAIRE Supprimer

0%

- Prendre la rétroaction du client sur le prototype III en considération pour faire des rectifications
- faire une rencontre de groupe pour faire les dernier changements
- faire visiste au piano pour tester notre système
- tester les codes et tous
- commencer d'écrire le manuel à fur et mesure que nous faisons les testes

[Ajouter un élément](#)

ACTIVITÉ Masquer les détails

HN

HN **Houda Nkaili** a remplacé la date d'échéance de cette carte par celle-ci : dimanche à 23:59 à l'instant

HN **Houda Nkaili** a remplacé la date d'échéance de cette carte par celle-ci : Hier à 20:00 il y a quelques secondes

SUGGÉRÉES ⚙️

[Rejoindre](#)

[Commentaires](#)

AJOUTER À LA CARTE

[Membres](#)

[Étiquettes](#)

[Checklist](#)

[Date limite](#)

[Pièce jointe](#)

[Image de couvert...](#)

POWER-UPS

[BigPicture](#)

[Obtenir davantage d...](#)

Passez à Business Class pour obtenir un nombre illimité de Power-ups par tableau.

[Mettre à niveau l'équipe](#)

ACTIONS

[Déplacer](#)

[Copier](#)

[Créer un modèle](#)

[Suivre](#)

[Archiver](#)

Figure 2. Liste de tâches pour terminer Manuel Utilisateur

1.1 Problématique et les besoins du client

1.1.1 Fonction principale du produit

Pour mieux comprendre le problème, il nous a été demandé de créer un dispositif qui serait en mesure de mesurer la pression, l'amplitude et pendant combien de temps cette pression est appliquée par un pianiste sur une touche de piano. Ce dispositif est important, car il permet la collecte de données qui serviront à sensibiliser les pianistes sur les mauvaises pratiques adoptées lorsqu'ils jouent au piano. Sur le long terme, ces mauvaises pratiques lorsqu'on joue au piano provoquent des blessures aux bras, aux mains et au dos avec le temps ce qui explique l'utilité de la conception de ce prototype.

Le dispositif créé remplit clairement les critères principaux et même les besoins explicites qui nous ont été demandés par le client. En effet, le prototype créé est un prototype discret qui utilise des capteurs de pression très fine qui ne peuvent pas même être détectés au toucher tout en collectant les données, en d'autres mots il garde l'aspect discret du piano. En prenant compte de la complexité du mécanisme du piano, nous avons trouvé la solution pour rendre le dispositif entièrement discret en faisant passer les fils le long du piano pour ensuite les faire ressortir à l'arrière de ceci avec une discrétion totale.

De plus, le modèle de graphique sélectionné pour la diffusion des données dans MATLAB est un modèle facilement compréhensible et simple à interpréter par la grande majorité du public. Il est sous forme d'un graphe dynamique qui présente la force en fonction du temps en 'seconde', dans le même moment, ce qui rend notre partie de visualisation meilleure aussi, car elle est plus sophistiquée et simple à comprendre en voyant le mouvement de la force au fil du temps. Ainsi, les objectifs atteints mentionnés ci-haut nous permettent de croire sans douter que le prototype conçu se démarque clairement des autres, car il respecte tous les critères et répond à tous les besoins du

client. Sachant que pendant notre première rencontre avec le client, ce dernier a mentionné qu'il serait préférable de concevoir un système simple à déplacer et à installer, nous avons réussi à trouver la solution pour que le système puisse être déplacé facilement entre les clés.

Ce manuel contient la partie de l'installation en détail, ce qui répond aussi aux besoins explicites de notre client.

Nous touchons à la fin que notre produit est un résultat de plusieurs idées et essais basé sur plusieurs recherches, qui faisaient en sorte qu'il est un produit efficace et meilleur. La *figure 3* montre la partie 1 de notre système qui est la détection des forces appliquées par 4 clés.

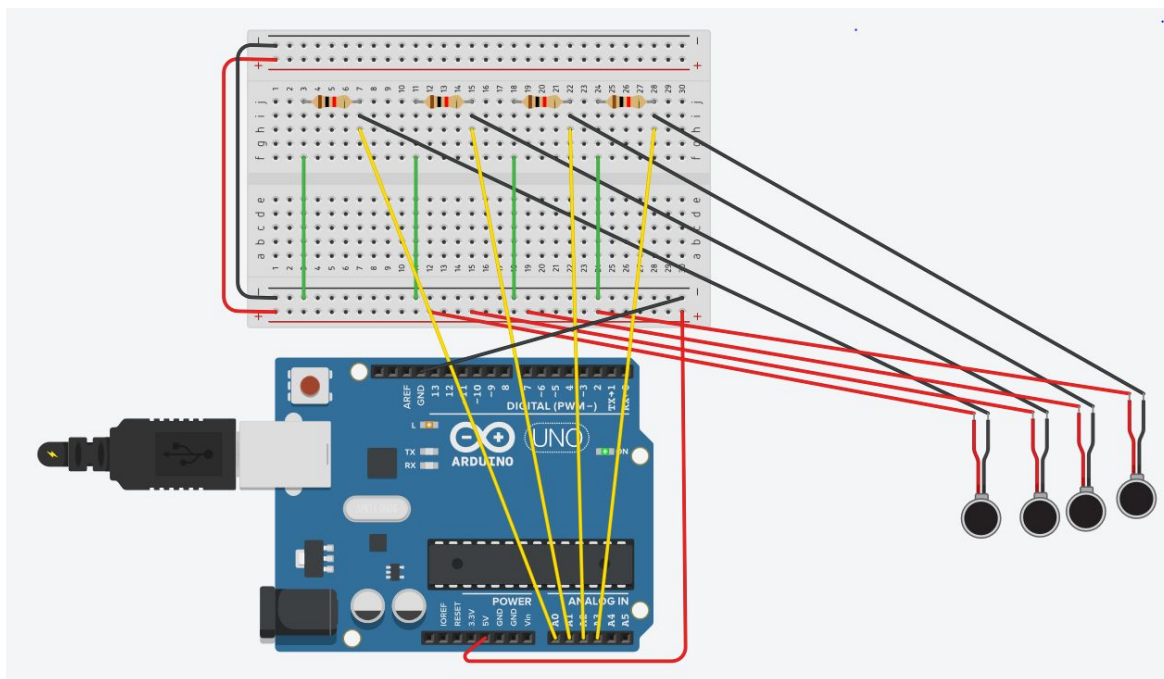


Figure 3. Le circuit de notre système avec les 4 capteurs.

2 Comment le prototype est construit

2.1 Catégories : électrique

2.1.1 Liste des Matériaux

-Rouleau d'étain en fil pour souder (x1)

-Capteur de pression (x4)

<https://www.digikey.ca/products/en?keywords=34-00065>

-Fils AWG (American Wire Gauge) de 22, environ 100 pieds

-Cable USB type A/B (x1)

-Arduino Uno (x1)

-Tubes thermo rétractables (x2)

- Résistance 1K (x4)

2.1.2 Liste d'équipements

-Fer à souder

-Dénudeur de fils

-décapeur thermique ou autre source de chaleur

2.1.3 Instructions

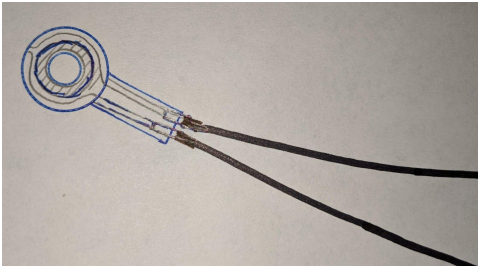


Figure 4. Les fils devront être soudés aux capteurs comme ceci.

1- Il va falloir commencer avec les fils et déterminer leurs longueurs. En utilisant le piano, déterminer la longueur que le fil aura besoin, donc pour que le fil puisse être connecté au capteur sous les touches et être allongée au-devant jusqu'au-dessous du piano, ou où se situera l'Arduino. Couper 8 fils d'une longueur adéquate qui pourrait au plus pire des cas s'allonger de la clé le plus loin de l'Arduino si la réutilisabilité du système est désirée.

2- Dénuder les bouts des fils

3- Souder les fils aux bornes des capteurs avec le fer à souder et l'étain (Figure 4)

4- Souder les bouts des fils qui sont soudés sur la borne de gauche du capteur ensemble avec un autre fil qui se connectera au pin de 5V sur l'Arduino uno. Sceller le groupe de fils à la partie soudée avec un tube thermal rétractable, en utilisant une source de chaleur. Faire référence à la *figure 5*.

5- Les fils de gauche vont devoir être soudés avec les résistances et les fils qui seront connectés au pin analogue. Cette connexion devrait se faire sceller avec un tube thermal rétractable. Les résistances vont devoir se connecter ensemble souder à un fil qui ira au pin ground. Faire référence aux *figures 5 et 6*.

6- Un câble USB de type A/B sera connecter à l'Arduino à un ordinateur portable afin de l'alimenter avec du courant et pour la collection de données.

Figure 5. Circuit complet

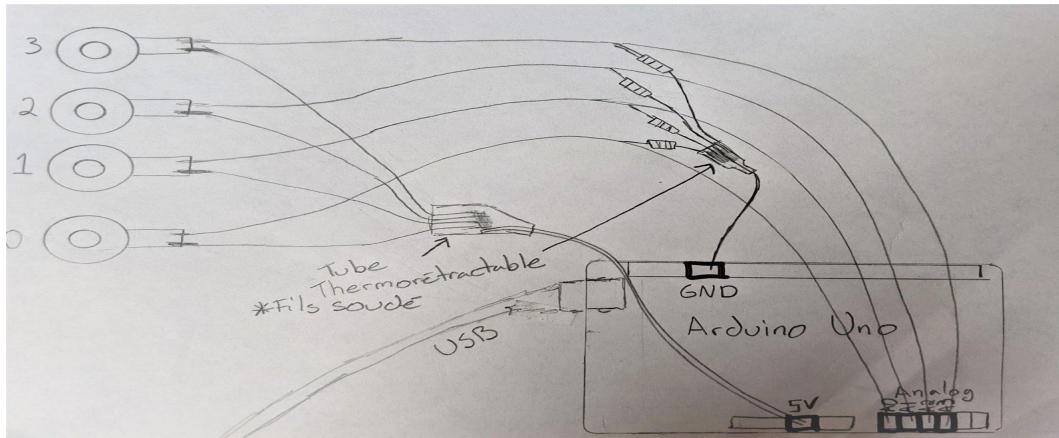
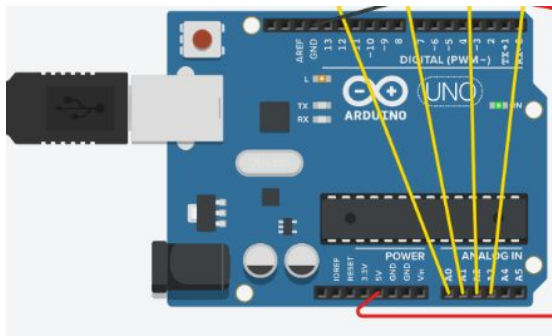


Figure 6. Connexion au Arduino



2.2 Catégorie : Logiciel

Le logiciel représente une partie essentielle et importante du prototype. Le logiciel a pour but de détecter une pression sur le capteur, et transformer cette information en graphique pour une lecture beaucoup plus simple. Tout d'abord, le logiciel consiste de deux séries de codes; un code pour l'arduino qui nous permet de lire la pression appliquée, et un code sur MatLab qui va nous permettre de créer un graphique en temps

réel. Ce graphique sera beaucoup plus facile à lire que simplement les données du arduino.

2.2.1 Liste des Matériaux

- Ordinateur portable

2.2.2 Liste d'équipements

-programme MATLAB

-Arduino IDE

2.2.3 Instructions

PARTIE 1

1. Télécharger *ARDUINO IDE*.
2. Créer un fichier et sauvegarder celui-ci.
3. Écrire le code suivant :

Figure 7. Code Arduino


```

int fsr1AnalogPin = 0; // Déclaration de la variable du capteur de force qui est connecté à la pin analogique 0
int fsr2AnalogPin = 1;
int fsr3AnalogPin = 2;
int fsr4AnalogPin = 3;

int fsr1Reading; // Déclaration de la variable pour la lecture de la tension à la sortie du diviseur de tension
int fsr2Reading;
int fsr3Reading;
int fsr4Reading;

void setup(void) {

  Serial.begin(9600); // Réglage du baud rate à 9600 bits par seconde pour l'affichage du moniteur serie

}

void loop(void) {

  fsr1Reading = analogRead(fsr1AnalogPin); // Lecture de la valeur du capteur à l'aide de fonction analogRead
  fsr2Reading = analogRead(fsr2AnalogPin);
  fsr3Reading = analogRead(fsr3AnalogPin);
  fsr4Reading = analogRead(fsr4AnalogPin);

  Serial.print("Analog reading = "); // Affichage de la valeur du capteur. La conversion par défaut
  Serial.println(fsr1Reading); // La conversion par défaut est sur 10-Bits. La valeurs affichée varie donc entre (0 et 1023)

  Serial.print("Analog reading = ");
  Serial.println(fsr2Reading);

  Serial.print("Analog reading = ");
  Serial.println(fsr3Reading);

  Serial.print("Analog reading = ");
  Serial.println(fsr4Reading);

  delay(200); // Délai de 0.2 seconde apres la prise des valeurs
}

```

4. Ajustez ce code pour ces propres besoins. Les paramètres changeables sont :

- Les pins analogues : S'assurer que les pins du Arduino concordent avec le code. (Ex. 0,1,2,3)
- Le taux de bits/seconde : Vitesse du moniteur en série. (Ex. 9600s)
- Pause entre les lectures : Ajustez au goût. (Ex. 0.2s)

PARTIE 2

1. Télécharger MatLab V.2019 ou meilleur.
2. Créer un fichier et sauvegarder celui-ci.
3. Écrire le code suivant :

Figure 8 . Partie 1 - Code de MATLAB

```

Editor - C:\Users\ngali044\Desktop\Visualisation.m
Visualisation.m x +
1 - a=arduino ();
2 - line1= line(nan,nan,"color","red");
3 - line2= line(nan,nan,"color","blue"); % Set les lignes du graphique
4 - line3= line(nan,nan,"color","green");
5 - line4= line(nan,nan,"color","yellow");
6 - i=0;

```

Figure 9 . Partie 2 - Code de MATLAB

```
22
23 -     x1=[x1 i];
24 -     y1=[y1 cap1];
25 -     x2=[x2 i];
26 -     y2=[y2 cap2];
27 -     x2=[x2 i];
28 -     y3=[y3 cap3];
29 -     x4=[x4 i];
30 -     y4=[y4 cap4];
31
32 -     set(line1, "xData", x1, "yData", y1);
33 -     set(line2, "xData", x2, "yData", y2);
34 -     set(line3, "xData", x3, "yData", y3);
35 -     set(line4, "xData", x4, "yData", y4);
36
37 -     i=i+1;
38 -     pause(0.5);
39 - end
40
```

4. Il est possible d'ajuster les couleurs des lignes et également la pause entre les récoltes de données.

3 Comment utiliser le prototype

3.1 Fonctionnement

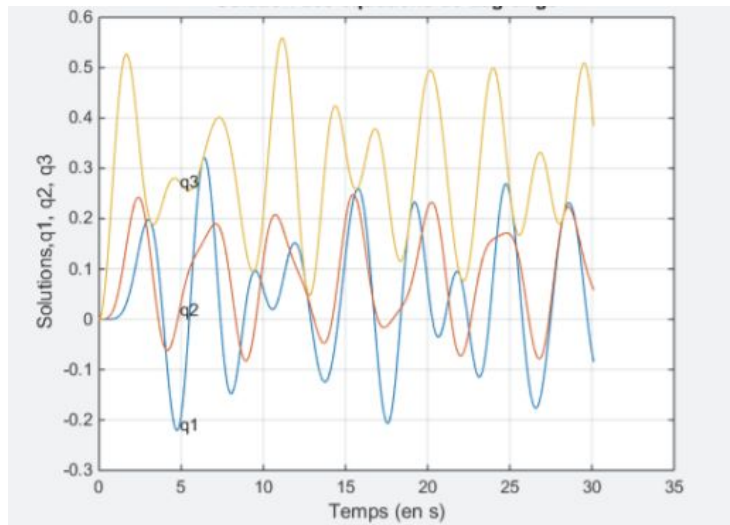


Figure 10. Graphique temps réel

Ce graphique est une représentation du graphique qui va être généré par notre système. Un graphique Pression - Temps apparaîtra avec les quatre touches choisies. Après l'installation (**section 3.3**), brancher un ordinateur au Arduino. En ouvrant les deux codes (Arduino et Matlab), une fenêtre appelée "**Figure 1**" ouvre. Cette fenêtre contient un graphique identique comme celui ci-dessus. Analyser ce graphique puisqu'il contient la solution aux problèmes de blessure.

La *figure 10* montre juste un exemple de l'ensemble de 3 forces en fonction du temps en seconde. Par contre, notre graphique réelle va être sous forme d'un vidéo de Matlab comme déjà mentionnée et il s'appelle graphe d'animation. Ce lien <https://www.youtube.com/watch?v=Kus5nHW7Twc> va vous prendre à un vidéo d'animation qui montre comment la force va se changer au fils du temps, c'est juste un exemple proche de ce que nous voulons faire pour visualiser la force d'une manière accessible à tout le monde, sachant que ce dernier est toujours beaucoup mieux à

comprendre qu'une simple image. Car il montre le mouvement de la force en cohérence avec le temps de l'application de cette dernière.

3.2 Mesures de sécurité

Voici quelques points à garder en tête pour assurer la sécurité du pianiste et du système. Ces conseils vont protéger les joueurs et aussi préserver le prototype le plus longtemps que possible.

- Faire attention au fils longe le devant. Ces fils sont à l'intérieur d'un tube thermo rétractable. Ne touchez pas ces fils, sachant que les fils doivent toujours rester cachées de la même manière on les a installés (regarder partie d'installation).
- Ne pas toucher les capteurs, car ils ont des éléments hyper sensibles, n'importe qu'elle changement du positionnement de ses derniers sans suivre les directives mentionnées dans la partie d'installations, peut affecter le fonctionnement de ses derniers.
- Garder toujours le câble de l'Arduino connecter pour collecter l'information requise et la transmettre à l'ordinateur.
- Éviter de verser des liquides sur les clés du piano, pour ne pas affecter les capteurs.
- Pour bouger le piano, il faut faire attention au fils et à l'Arduino installé au-dessous du piano.
- N'essayez pas de jouer avec les codes ou faire des changements, car ça peut affecter les résultats.

3.3 Installation

L'installation se fait sur un piano standard, cependant avec quelques ajustements, il est possible de l'installer sur n'importe qu'elle piano voulu.

1 - Ouvrir le devant du piano pour avoir accès au-dessous des touches. Pour la plupart des pianos, une planche de bois décorative doit être enlevée.

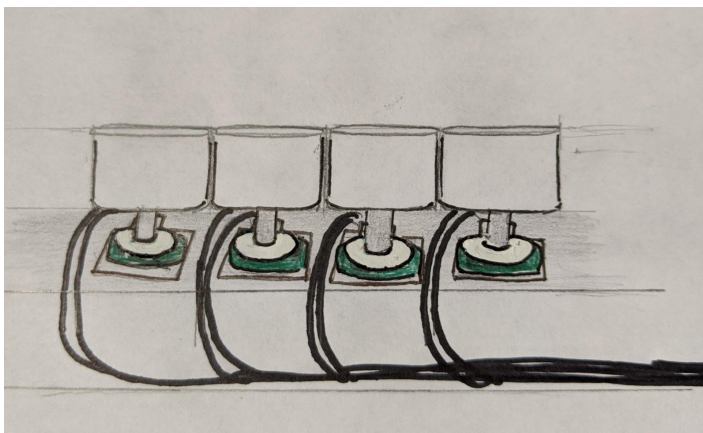
Figure 11. Devant d'un piano traditionnel



2 - Monter les quatre touches choisies (les touches qui auront un capteur). Sous le feutre, installez les capteurs à des pins.

3 - Les fils électriques sont soudés aux capteurs comme mentionnés dans la section **2.1**.

Figure 12. Installations des capteurs



4 - Longer le devant du piano avec les fils électriques. Arrivée au côté, en envoyant les fils sous le piano. Les fils sous le piano vont jusqu'en arrière du piano.

5 - Installer l'Arduino à l'arrière et en dessous du piano pour conserver l'esthétique. L'Arduino peut être fixée à l'aide d'un aimant, d'un velcro ou bien de la colle. Si jamais le système doit être déplacé, l'aimant est le plus simple à bouger après l'installation.

6 - Un câble USB type A/B doit brancher dans le Arduino. Ce fils doit être assez long pour rejoindre l'ordinateur sur le dessus du piano.

4 Comment maintenir le prototype

Le prototype développé ne requiert pas une importante maintenance néanmoins, il est important de mentionner qu'il faut faire une vérification régulière du système de câblage pour s'assurer que les fils sont en bon état et qu'ils sont toujours bien connectés à l'Arduino et au capteur. Pour s'assurer qu'avec le temps les résultats fournis par le capteur de pression seront correct, il est serait recommandé de faire des essais réguliers en appuyant sur les capteurs et en vérifiant que le résultat obtenu sont cohérent, ainsi on est sure que le capteur fournit toujours de bons résultats et qu'il est toujours bien fonctionnel.

Les pièces qui sont les plus exposées au risque de l'usure dans notre produit sont les capteurs de pression, car ils sont appuyés dessus beaucoup de fois d'où la nécessité d'effectuer les tests mentionnés ci-haut.

5 Nomenclature et conseils à venir sur le côté économique

En revanche aux matériaux utilisés déjà mentionnée dans les parties qui précèdent, le tableau 1 et 2 montre le coût de ses matériaux, par contre la raison par laquelle on a mis deux différents tableaux est l'achat de ces derniers de deux différentes sources. Les capteurs ne coûtent quasiment rien si on achète ces derniers de la chine. Malheureusement, la pandémie nous a forcé a acheté les capteurs du Site <https://www.digikey.ca>. Il coûte plus cher, mais le prix se réduit en augmentant la quantité d'achats. Voir *figure 13*.

Tableau 1 présente les matériaux qu'on pourrait procurer en cas dès condition normative, remarquant que montant total de tous les matériaux pour réaliser un système entier est juste 69.78\$ qui est au-dessous de notre budget qui est de 100\$.

Dans l'autre cas du *tableau 2*, qui présente la liste d'achat qu'on fait en réalité à cause de la rupture causée par la pandémie de COVID-19, donc on ne pouvait pas acheter les 4 capteurs. Par Contre, on a réalisé un système qui exige 4 capteurs, pour des raisons économiques favorables.

Ce qui rend notre système encore plus fort est son aspect économique, qui est une des parties les plus importantes aussi, et heureusement notre système répond à ce critère, sachant que le système coûte beaucoup moins que le budget.

Tableau 1. Liste de matériaux avec le coût estimatif dans le cas d'achats sans les conditions normatifs

Nomenclature des Matériaux				
N°	Composantes	Quantités	Prix unitaire	Prix calculé
1	Capteur de pression	4	9.32 \$	37.28 \$
2	Arduino uno	1	22.99 \$	22.99 \$
3	Ordinateur	1	Gratuit	0 \$
4	Fil électrique	20'	Gratuit	0 \$
5	Câble d'Arduino de 1.8m	1	9.51\$	9.51\$
Total				69.78 \$

Tableau 2. Liste de matériaux avec le coût pendant la pandémie

Nomenclature des Matériaux				
N°	Composantes	Quantités	Prix unitaire	Prix calculé
1	Capteur de pression	3	21.31 \$	63.93 \$
2	Arduino uno	1	22.99 \$	22.99 \$
3	Ordinateur	1	Gratuit	0 \$
4	Fil électrique	20'	Gratuit	0 \$
5	Câble d'Arduino de 1.8m	1	9.51\$	9.51\$
Total				96.43 \$

Figure 13: Prix des capteurs dans le site digikey

All prices are in CAD.

PRICE BREAK	UNIT PRICE	EXTENDED PRICE
1	21.31000	\$21.31
5	20.86600	\$104.33
10	17.38800	\$173.88
25	16.08440	\$402.11
50	15.64920	\$782.46
100	13.47580	\$1,347.58
500	12.60636	\$6,303.18
1,000	11.95431	\$11,954.31
5,000	11.08490	\$55,424.52

6 Conclusions et recommandations pour les travaux futurs

Pour conclure, nous avons conçu un prototype pour notre client qui voulait un système capable de détecter la pression effectuée sur les touches du piano et un moyen de le visualiser. Malheureusement ce prototype n'a pas pu se faire compléter et ni se faire essayer du aux circonstances avec Covid-19. Notre système est composé de deux sections: la section électrique qui comprend le capteur à pression, le câblage et l'Arduino uno, et la section logiciel qui comprend le code Arduino et le code Matlab. Ce dispositif à la capacité d'être déplacé et réutilisé si l'utilisateur le souhaite. De plus, il est discret et devrait normalement être indétectable par le pianiste.

Au long de ce projet, nous avons appris l'importance de la communication et de la planification, car c'est ces aspects qui nous ont permis d'avancer avec la conception de ce projet. Nous avons aussi découvert ce que les programmes de Arduino et de MATLAB sont capables de faire. Simultanément avec le cours de GNG 1503, on c'est fait guider au travers le processus professionnel de la conception d'un projet en génie afin d'accomplir ce projet, qui était une expérience d'apprentissage. Afin d'améliorer le processus on recommande d'acheter les capteurs et le matériel le plus rapide que possible et de les procurer depuis des sites de la chine, car ils sont beaucoup moins chers comparé sur le site Digi-Key, où nous avons procuré nos capteurs. Si le travail en équipe est le cas, on recommande de se rencontrer souvent en groupe et de diviser les tâches stratégiquement afin d'accomplir un projet d'une manière productive. On veut souligner l'importance d'avoir un leader de groupe afin d'avoir un déroulement plus efficace.

On trouve important à mentionner que ce serait facile à dire que les circonstances causées par le Covid-19 étaient défavorables à notre apprentissage, mais ces événements nous à montrer à travailler ensemble à distance, ce qui pourrait être utile dans le futur pour des emplois où la communication se fera que via internet et nous préparera à l'évènement mondial critique qui sont plus probable d'arriver avec le changement climatique.

7 Bibliographie

1. [Le manuel du cours de GNG 1503, Dr Bouendeu, Emmanuel, session d'hiver 2020.](#)
2. <https://www.digikey.ca/product-detail>
3. https://www.openscience.fr/IMG/pdf/iste_incertainia18v2n2_3.pdf

APPENDICES

APPENDICE I: Fichiers de conception

Vous allez trouver notre produit final, le manuel d'utilisateur ainsi que tous les codes utilisés dans la réalisation de ce produit dans ce lien de MakerRepo: