

GNG 1503 : GÉNIE DE LA CONCEPTION



uOttawa

L'Université canadienne
Canada's university

Livrable H

PROTOTYPE III ET RÉTROACTION DU CLIENT

Présenté par :

Siriman Dabo (300144980)

Yaya Erdimi Mahamat (300148514)

Matthieu Mocudé (300089209)

Thwisha Radhoa (300091182)

Assetou Togo (300147086)

Section de laboratoire B02 (Jeudi), Équipe 10

Table des matières

Introduction	3
Plan d'essai	4
Pourquoi on fait ce test?	4
Description des objectifs de l'essai	4
Quels sont les objectifs spécifiques de l'essai?	4
Qu'est-ce qu'on peut apprendre ou communiquer exactement avec ce prototype?	5
Quels sont les types de résultats possibles?	5
Comment est-ce que ces résultats vont aider à prendre des décisions ou choisir des concepts?	6
Quels sont les critères de succès ou d'échec de l'essai?	6
Qu'est-ce qu'on va faire et comment?	7
Décrivez le type de prototype (p. ex. ciblé ou compréhensif) et la raison de votre choix de ce type de prototype.	7
Décrivez le processus d'essai avec assez de détails pour permettre à quelqu'un d'autre que vous de construire et d'essayer le prototype	8
Qu'est-ce qui sera mesuré?	9
Qu'est-ce qui sera observé et comment est-ce que ce sera documenté?	9
Quels matériaux sont requis et quelle est l'approximation de leurs coûts approximatifs?	9
Tableau 1: Nomenclature des matériaux et les coûts	10
Quel travail (p. ex. logiciel d'essai ou travail de construction ou de modélisation ou de recherche) doit être fait?	11
Comment est-ce que cela va se passer?	11
Combien de temps est-ce que l'essai va prendre et quelles sont les dépendances (c.-à-d. qu'est-ce qui doit arriver avant de pouvoir faire l'essai)?	11
Un diagramme de Gantt séparé peut être préparé pour s'assurer que l'essai suit bien le calendrier ou plan global du projet ou peut être défini comme faisant partie intégrale de ce calendrier ou plan (p. ex. comme une sous-tâche).	12
Figure 1 : Diagramme de Gantt durant le projet	13
Quand est-ce que les résultats sont requis? Et qu'est-ce qui dépend des résultats de cet essai dans le plan du projet?	14
Le mécanisme final : OnePiece	14
Figure 2 : Le capteur de force	14
Figure 3 : Le boîtier de contrôle contenant l'arduino	15
Figure 4 : Le système de représentation - ordinateur portable	15

Comment on a procédé ?	15
Figure 5 : Les quatre touches de piano	16
Figure 6 : Conception du pivot pour les touches du piano	17
Figure 7 : Conception du feutre pour les touches du piano	17
Figure 8 : Conception du feutre pour les touches du piano	18
Figure 9 : Le modèle de notre piano	19
Figure 10 : Le boîtier et le couvercle réalisés par l'imprimante 3D	20
Figure 11 : Système de représentation	21
Figure 12 : Les fils de connexion	22
La partie technique de projet	23
Figure 13 : La connexion avec un seul capteur de force	23
Figure 14 : La connexion avec trois capteurs de force	23
Le code pour les recevoir les données de force	24
Figure 15 : Le code de programmation	25
Figure 16 : La représentation des données de force sur l'écran	27
La graphique des données	28
Figure 17 : Le graphique de force en temps réel	29
Le prototype final: OnePiece	30
Figure 18 : La connexion de notre prototype final	30
Figure 19 : Prototype final : OnePiece	31
Figure 20 : Les essais pour le prototype final	32
Figure 21: Les fils de connexions qui sortent du piano	34
Prototype 1 v/s Prototype 3	34
Figure 22 : Le prototype 1 et le prototype final	35
Conclusion	36

Introduction

Pour notre projet, il s'agit de concevoir un mécanisme de détection de pression discret, économique et efficace sur les clés d'un piano. Le but est de savoir où la pression est appliquée, pendant combien de temps et quelle est l'amplitude de la force. Nous devons aussi avoir un système de représentation des données pour que les instructeurs de piano ou des chercheurs puissent facilement lire les valeurs et donner des recommandations aux musiciens pour éviter des blessures et pour améliorer la pédagogie dans l'apprentissage du piano. Notre troisième prototype a pour but de satisfaire pleinement nos objectifs établis préalablement lors des livrables précédents. Nous avons pu perfectionner notre prototype grâce aux deux prototypes précédents et aussi aux rétroactions des clients. Le troisième prototype est plutôt focaliser sur la programmation de l'arduino de tel sorte qu'il recueille les données du senseur et le transfère à l'écran de notre ordinateur tout en représentant les données sous forme de graphique. Cela a été possible grâce au fait d'avoir déjà finaliser l'aspect physique de notre prototype lors des deux derniers prototypes. L'objectif du premier prototype était de créer un prototype physique de notre mécanisme de détection de pression (en base de carton et de scotch) tout en tenant compte de son design pour pouvoir obtenir les rétroactions de notre client. Lors de la conception du deuxième prototype qui est progression de notre prototype 1, nous avons modélisé les touches de piano ainsi que leurs composantes (feutres, barres métalliques, pivots) pour pouvoir mieux analyser là où nous placerons nos capteurs. Notre but pour le premier prototype était d'avoir le plus d'informations possible sur les différentes pièces du piano tel que la barre métallique située en dessous de la touche de piano. Cela avait pour but de savoir si celle-ci pouvait traverser sans problème le trou intérieur du senseur que nous avions commandé.

Plan d'essai

Pourquoi on fait ce test?

La raison de réaliser ce test est de s'assurer que c'est bien ce que le client veut. Nous vérifierons pour s'assurer qu'il est facile et pratique pour eux d'utiliser notre mécanisme et nous nous assurerons d'avoir ajouté toutes les fonctions requises. Comme décrit ci-dessus, nous avons déjà prouvé toutes les fonctions d'usabilité de notre capteur, mais maintenant nous devons nous assurer que l'utilisateur peut facilement comprendre le système et si notre capteur peut mesurer la force exercée par la touche sur lui. Les données recueillies à travers le capteur doivent également être transférées correctement du senseur à l'écran de l'ordinateur par le biais de l'arduino. L'objectif général est de savoir représenter les données de pression exercées sur les capteurs sous forme graphique sur l'écran de notre PC.

Description des objectifs de l'essai

Quels sont les objectifs spécifiques de l'essai?

L'objectif de ce test est de s'assurer que le client ou l'utilisateur pourra utiliser le système sans aucune confusion. Il s'agit d'un test de type haute fidélité. Le système de recueil des données du capteur a déjà été testé fonctionnellement et il nous reste à savoir comment transférer ces données à l'écran et le tout sous forme graphique.

Qu'est-ce qu'on peut apprendre ou communiquer exactement avec ce prototype?

Avec ce prototype, nous pouvons apprendre si notre capteur peut vraiment évaluer la force appliquée sur une touche et si les données recueillies par l'arduino à travers les capteurs (3 capteurs) vont réellement être représentées à l'écran sous forme de graphique de façon à être bien lisible et compréhensible. A la fin de ce prototype, nous serions capable de répondre aux besoins de notre client et nous aurions suffisamment de temps pour améliorer notre mécanisme et le rendre plus attrayant et simple.

Quels sont les types de résultats possibles?

Grâce à notre prototype 3, nous aurons le code pour programmer l'arduino bien comme il faut pour pouvoir interpréter les données recueillies par les capteurs sous forme graphique. Non seulement ça, mais nous aurons tous les critères de fonctionnalités de notre mécanisme. Un autre résultat possible du test est de trouver une façon simple ou faire passer nos fils de connexion à l'intérieure du piano de sorte que les fils sont le moins visible et encombrant possible. Nous avons mis de l'emphase sur ces critères puisque notre but était de satisfaire le client qui voulait utiliser notre mécanisme a l'interieure d'un vrai piano lors de la journée de conception. Nous avons fait deux visites au laboratoire de piano du Professeur Gilles Comeau afin de trouver la meilleure façon de faire passer les fils de connexions. Nous avoir trouver une place ou faire passer le fils mais cela aura nécessiter l'ouverture du piano qui n'était pas faisable avec les pianos du laboratoire mais qui serait possible avec le piano de la journée de conception.

Comment est-ce que ces résultats vont aider à prendre des décisions ou choisir des concepts?

Les informations que nous recueillons à partir de ce prototype seront utilisées pour continuer à améliorer l'expérience des utilisateurs. Vu qu'il s'agit de notre troisième prototype, le concept général a été amélioré et complété. Les résultats, les commentaires que nous obtenons seront utilisés pour apporter des modifications à notre mécanisme. Grâce aux essais du prototype 2, nous avons pu approximé la longueur des fils de connexion qui serait de 2 mètre. Cela nous permettra de placer les senseurs à n'importe quelle touche de piano. Les fils sont assez longs pour connecter les senseurs aux boîtier contenant l'arduino qui serait situé à l'extérieur du piano.

Quels sont les critères de succès ou d'échec de l'essai?

Les critères d'échec seront sur la représentation graphique; c'est à dire si les 3 graphiques représentant nos 3 senseurs ne sont pas très clairs à propos des variations de pression. Puisque nous allons mettre le capteur sous le feutre, un autre critère d'échec serait que la pression exercée par le feutre dû à son poids lui même provoque déjà une variation au niveau du graphique. Un autre échec possible est que les fils bouge et que les données ne sont pas envoyées à l'arduino. En ce qui s'agit des critères de succès, ce sera à peu près le contraire des critères d'échec; c'est à dire si le feutre ne dérange en aucun cas la mesure de la pression exercée par une touche et sa représentation est compréhensible mais aussi si la moindre différence de pression entraîne une variation du graphique bien visible. Mais vu qu'on a déjà testé la fonctionnalité de nos capteurs et aussi, vu la situation actuelle à laquelle nous sommes confronté (fermeture des écoles,

confinement, indisponibilité de piano, aucune nécessité de représentation graphique), le seul critère de succès serait qu'on sache comment faire pour représenter les données sous forme graphique et le critère d'échec serait qu'on ne sache pas comment le faire.

Qu'est-ce qu'on va faire et comment?

Décrivez le type de prototype (p. ex. ciblé ou compréhensif) et la raison de votre choix de ce type de prototype.

Ce prototype avait pour but d'être beaucoup plus compréhensible et physique car on se focalise sur la conception complète et les connexions nécessaires pour le fonctionnement de notre produit. Pour ce prototype, nous avons l'intention de tenir compte des dimensions du piano et l'espace disponible à l'intérieur de celui-ci pour pouvoir bien placer nos fils de connexion comme il faut mais à cause des conditions mentionnées ci-dessus nous ne pouvons plus faire nos essais.. Par conséquent, ce prototype sera physique et à moitié analytique, pour la représentation graphique nous avons prévu de faire afficher les données transmis par arduino sur l'écran grâce à labview mais cela nécessite plusieurs heures de travail au laboratoire ainsi que l'aide des gestionnaires mais compte tenu de la situation nous avons utilisé le serial plotter de l'arduino comme alternative pour afficher les données sous forme graphique à l'écran.

Décrivez le processus d'essai avec assez de détails pour permettre à quelqu'un d'autre que vous de construire et d'essayer le prototype

La conception de ce prototype est assez simple. Il est subdivisé en 3 parties; la partie du capteur de force, celle de l'arduino et celle de la représentation graphique. Avec nos recherches nous avons obtenue les dimensions nécessaires pour les longueurs de fils de connexion. Nous avons aussi utilisé l'impression 3D afin de concevoir une boîte où l'arduino sera placé. L'étape suivante consiste de connecter toutes ces parties ensemble. La connexion de l'arduino à l'écran s'est fait avec une câble USB et la connexion des senseurs de force à l'arduino devait se faire avec des fils de connexions soudés mais dû aux circonstances actuelles nous n'avons pas pu souder nos fils. Alors afin de toujours rendre notre prototype fonctionnel nous avons utiliser un breadboard afin de connecter nos senseurs avec notre arduino. L'étape finale consiste d'écrire le code de l'arduino afin de recueillir les données des senseurs de forces et aussi de représenter ces données sur un graphique. Nous avons pu concevoir un code grâce aux informations de site telle que ' [Adafruit.com](https://adafruit.com) ' qui peut être utilisé pour faire fonctionner un mécanisme avec 3 senseurs de forces. Notre code nous permet aussi de représenter les données de nos trois senseurs sur un graphique, les données représentées sont assez visibles et compréhensives. Avec cela, notre prototype satisfait tous les critères de conception établies lors des livrables précédent et rend notre prototype totalement fonctionnelle.

Qu'est-ce qui sera mesuré?

Les informations qui allaient être mesurées étaient la quantité et la longueur des fils de connexion et nous cherchions aussi un autre moyen si possible de rendre les fils encore plus discret que nous l'avons déjà fait mais ceci n'est plus nécessaire. L'autre information mesurée non plus nécessaire était par rapport au temps; par exemple le temps pris pour que la pression soit prise au niveau du senseur puis être recueillie par l'arduino pour ensuite être transféré à l'ordinateur pour finalement être représenté sous forme graphique. En clair, la seule information mesurée sera le test de la fonctionnalité du capteur et le recueil des données de pression.

Qu'est-ce qui sera observé et comment est-ce que ce sera documenté?

En raison de la situation actuelle inhabituelle du pays, la seule chose qui sera et pourra être observée est celle de l'usabilité et la fonctionnalité de nos capteurs grâce notamment aux breadboards. Pour ceci il n'est pas vraiment nécessaire que ça soit documenté puisque seul le visuel suffit.

Quels matériaux sont requis et quelle est l'approximation de leurs coûts approximatifs?

Il n'y a pas vraiment eu besoin d'une approximation de coûts de matériaux à faire pour ce prototype puisque que nous l'avons déjà lors du prototype 2. Les matériaux de ce prototype puisqu'on n'a pas de piano à disposition sont les suivants: touches de piano, boîtier de contrôle, feutres et barres métalliques qui ont été fait en plastique (PLA) grâce à l'imprimante 3D, l'écran

c'est à dire un ordinateur, les fils de connexions et les 3 senseurs de force circulaires et fils de connexion.

Tableau 1: Nomenclature des matériaux et les coûts

Nomenclature des Matériaux				
No.	Description du composant	Quantité	Prix unitaire	Prix calculé
1	Capteur de force mince circulaire - FSR 404 (0.2 - 20N)	3	20 \$	60 \$
2	Fils de connexion (paquet de 40) - 20cm	1	Gratuit	0 \$
3	Microcontrolleur - arduino UNO R3 (ou autre)	1	Gratuit	0 \$
4	L'écran d'affichage (ordinateur)	1	Gratuit	0 \$
5	Boitier de l'arduino	1	Gratuit	0 \$
6	Touche de piano	4	Gratuit	0 \$
7	Feutre	4	Gratuit	0 \$
8	Pivot	4	Gratuit	0 \$
9	Barre métallique	4	Gratuit	0 \$
Total				60 \$

On a bien gérer notre budget de 100 \$ car on a dépensé qu'environ 60\$. Puisqu'on avait déjà les fils de connexion et l'arduino UNO, on a dépensé de l'argent que pour les trois capteurs de force. Mais pour quelqu'un qui n'aurait pas les fils de connexions ou l'arduino, il pourrait

concevoir ce mécanisme avec un budget de moins de 100\$ puisque l'arduino et les fils de connexion ne sont pas chère.

Quel travail (p. ex. logiciel d'essai ou travail de construction ou de modélisation ou de recherche) doit être fait?

Pour ce livrable, vu qu'on n'a pas à disposition un vrai piano pour tester nos prototypes, nous allons nous même mettre en place notre mécanisme et allons mesurer la force exercée par les touches sur nos senseurs grâce aux touches de piano que nous avons créé durant l'élaboration du prototype 2. Nous avons recherché et trouvé un gabarit pour le code de senseur de force sur 'Adafruit.com'. Tout de même, nous avons eu à modifier le code afin de le rendre fonctionnel pour 3 senseurs différents et pour qu'il puisse nous donner 3 différents graphiques. Nous avons aussi utilisé l'application 'Solidworks' afin de concevoir nos touches de piano, nos barres métalliques, nos feutres et nos pivots. Ensuite, nous avons imprimé des pièces grâce à l'impression 3D de l'université.

Comment est-ce que cela va se passer?

Combien de temps est-ce que l'essai va prendre et quelles sont les dépendances (c.-à-d. qu'est-ce qui doit arriver avant de pouvoir faire l'essai)?

Puisque ceci est notre prototype finale, les concepts du prototypes sont finales est ne nécessite pas vraiment de long essais. Le but est de rendre notre prototype fonctionnel a tout niveau et une fois satisfait, aucun autre essai sera nécessaire. Puisque nous avons pu rendre toutes les parties de notre prototype fonctionnel, nous avons plus d'essai a faire. Pour ce qui est

des dépendances, on ne peut pas tester la fonctionnalité de notre senseur sans avoir programmer l'arduino qui est aussi lié à la représentation des données de pression à l'écran. Le mécanisme dépend en lui même du code de l'arduino, sans le code le mécanisme ne fonctionnera pas.

Un diagramme de Gantt séparé peut être préparé pour s'assurer que l'essai suit bien le calendrier ou plan global du projet ou peut être défini comme faisant partie intégrale de ce calendrier ou plan (p. ex. comme une sous-tâche).



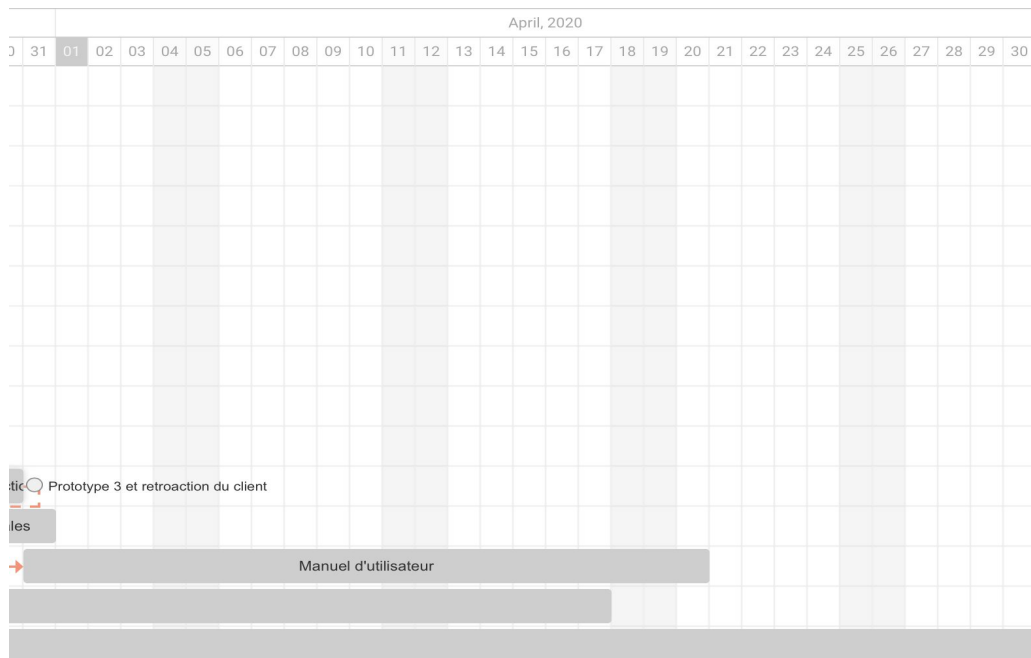


Figure 1 : Diagramme de Gantt durant le projet

Trello et le diagramme de Gantt nous ont beaucoup aidé afin de réaliser notre projet et à gérer notre temps. On a utiliser le diagramme de Gantt pour :

1. faire la répartition des tâches (les responsables de chaque tâche),
2. estimer la durée des tâches et,
3. identifier les dépendances entre les tâches.

Notre équipe avait décidé de se rencontrer chaque samedi de 11.30 à 15.00 pour s'assurer que notre projet suit bien le calendrier / plan global du projet et aussi afin de finaliser tous les livrables ou devoirs à rendre durant la semaine.

Quand est-ce que les résultats sont requis? Et qu'est-ce qui dépend des résultats de cet essai dans le plan du projet?

Les résultats qui sont les plus importants sont si notre prototype fonctionne ou pas. Alors notre essai était de faire fonctionner notre mécanisme et de représenter les données en forme de graphique. Puisque nous avons pu satisfaire tout cela, notre mécanisme est totalement fonctionnel et satisfait tous les critères de conception.

Le mécanisme final : OnePiece

Notre prototype final est composé de trois parties principales :

- Le capteur de force
- Le boîtier de contrôle
- Le système de représentation : l'écran



Figure 2 : Le capteur de force

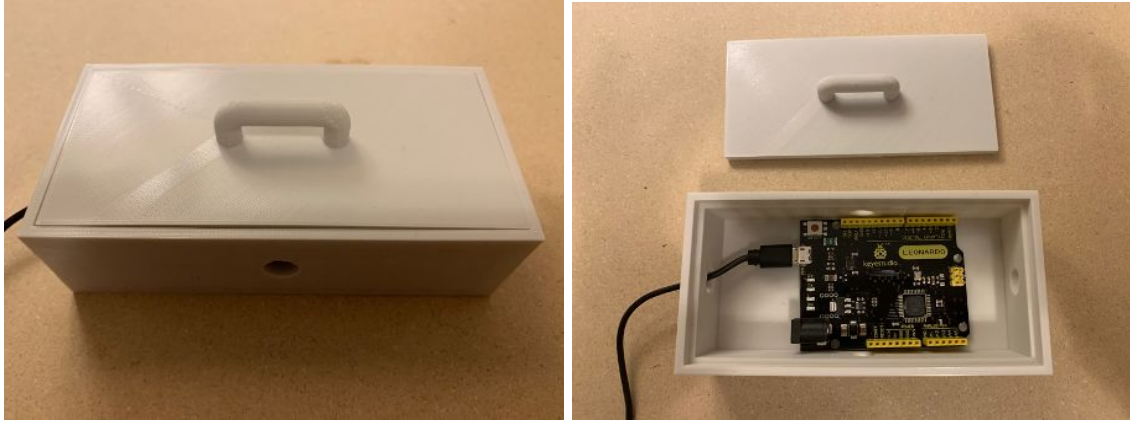


Figure 3 : Le boîtier de contrôle contenant l'arduino

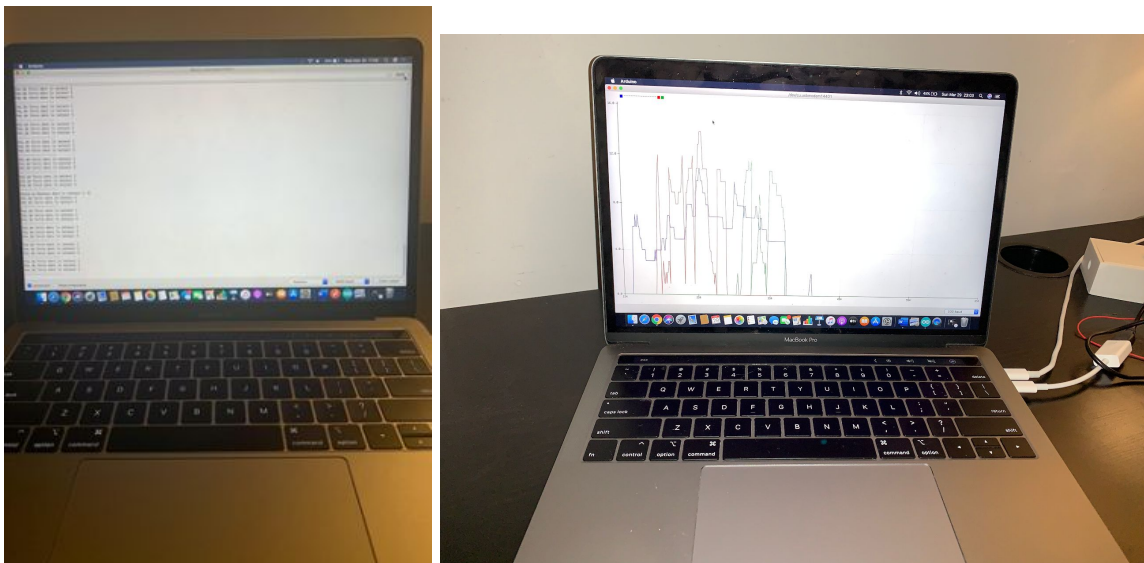


Figure 4 : Le système de représentation - ordinateur portable

Comment on a procédé ?

On a utilisé l'application de SolidWorks et l'impression 3D pour réaliser nos pièces pour la présentation de notre prototype final qui s'appelle OnePiece. Puisque qu'on n'était pas sûr d'avoir un vrai piano pour la journée de conception, on à eu l'idée de créer nos propres touches de piano.

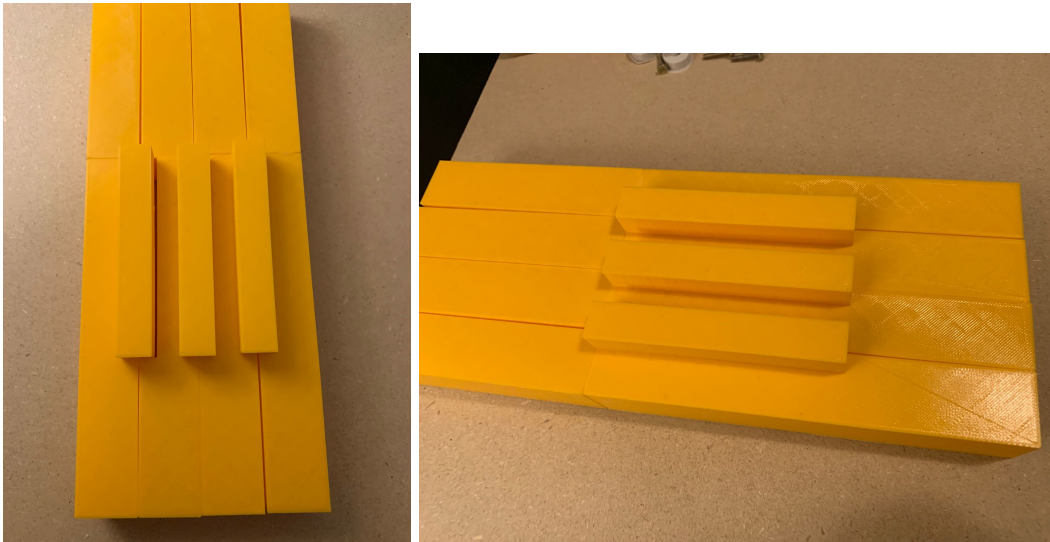
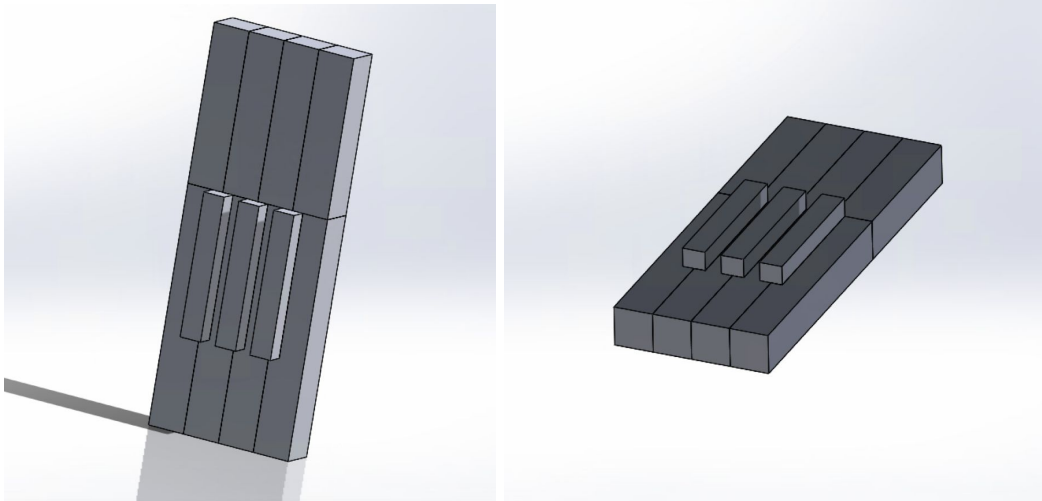


Figure 5 : Les quatre touches de piano

On a imprimé les autres petites pièces pour que notre modèle ressemble plus au moins au modèle de piano de Schwander.

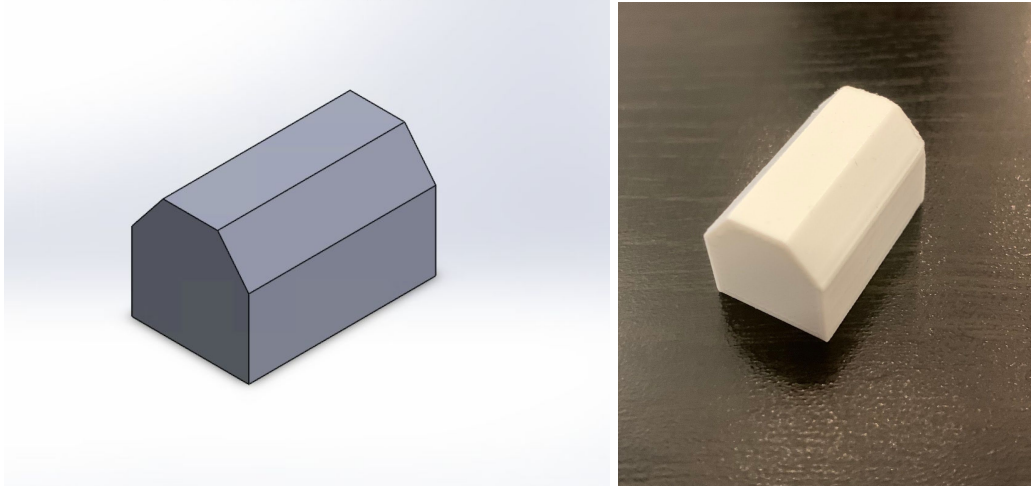


Figure 6 : Conception du pivot pour les touches du piano

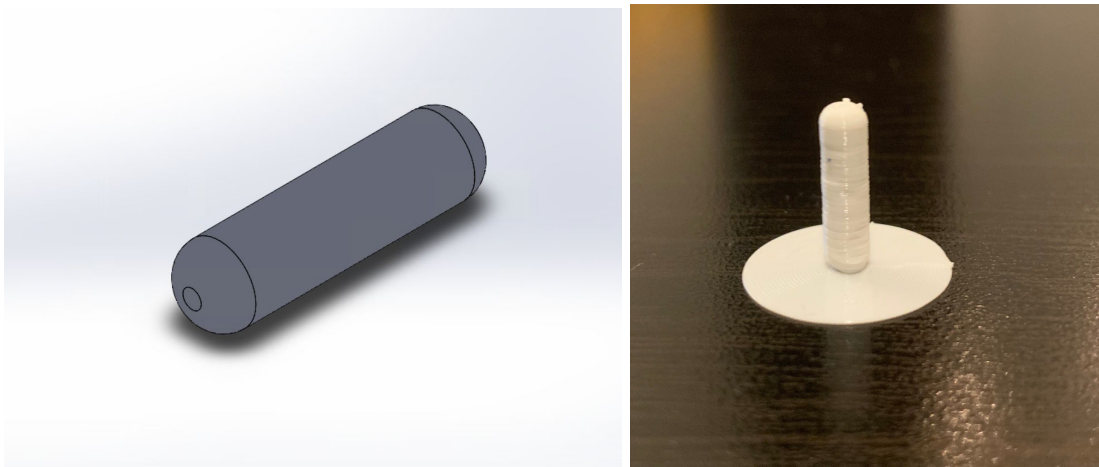


Figure 7 : Conception du feutre pour les touches du piano

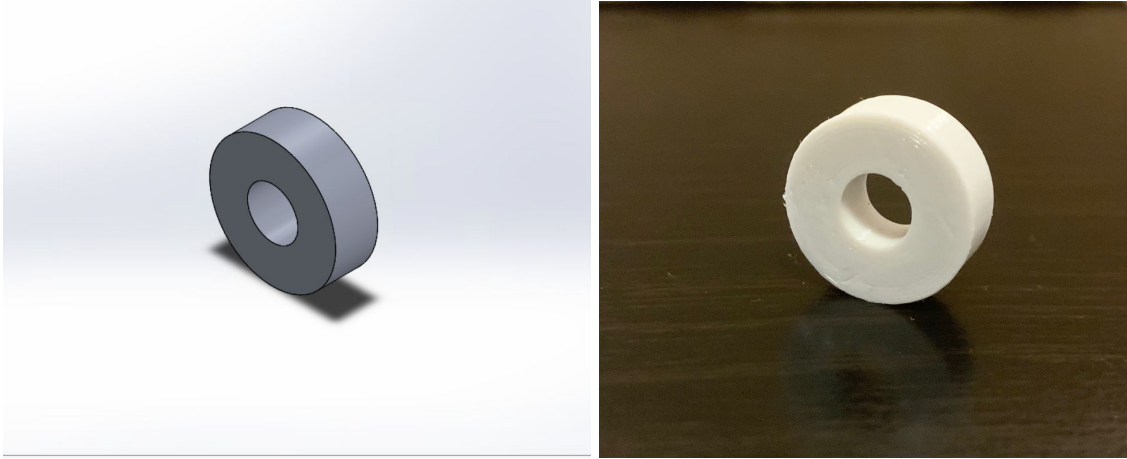
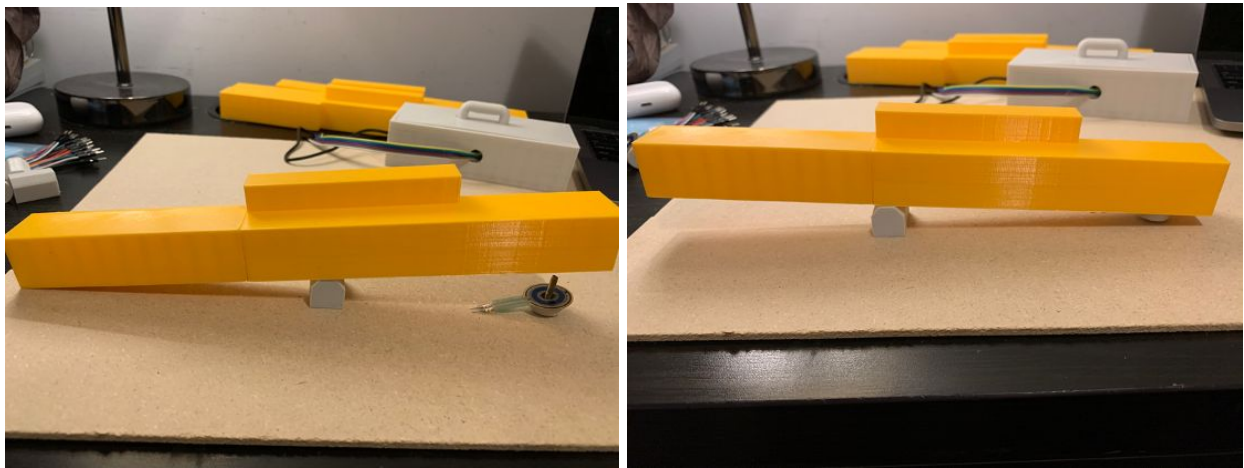


Figure 8 : Conception du feutre pour les touches du piano



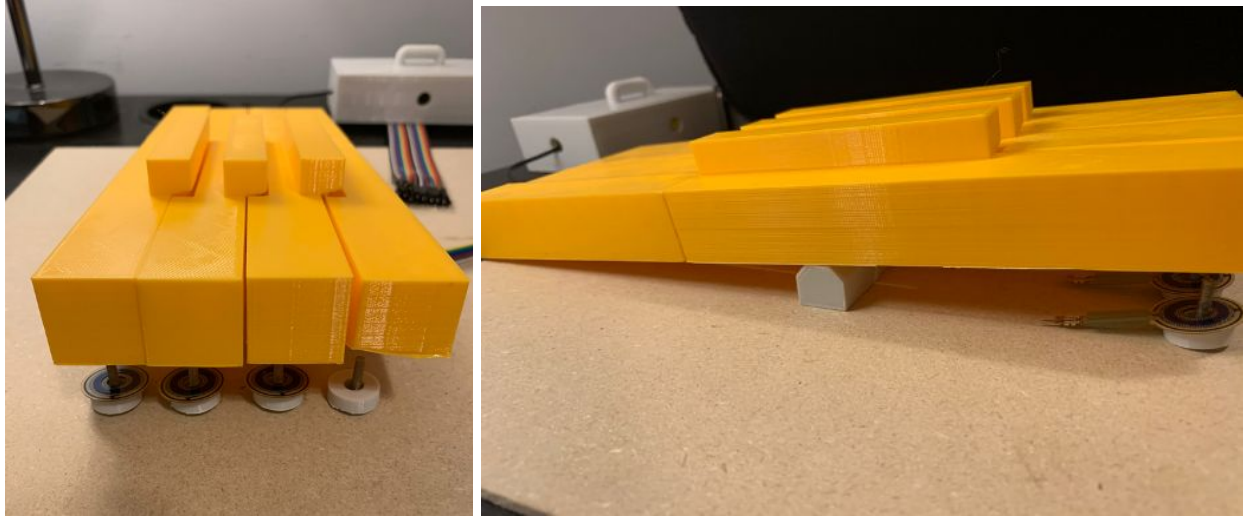
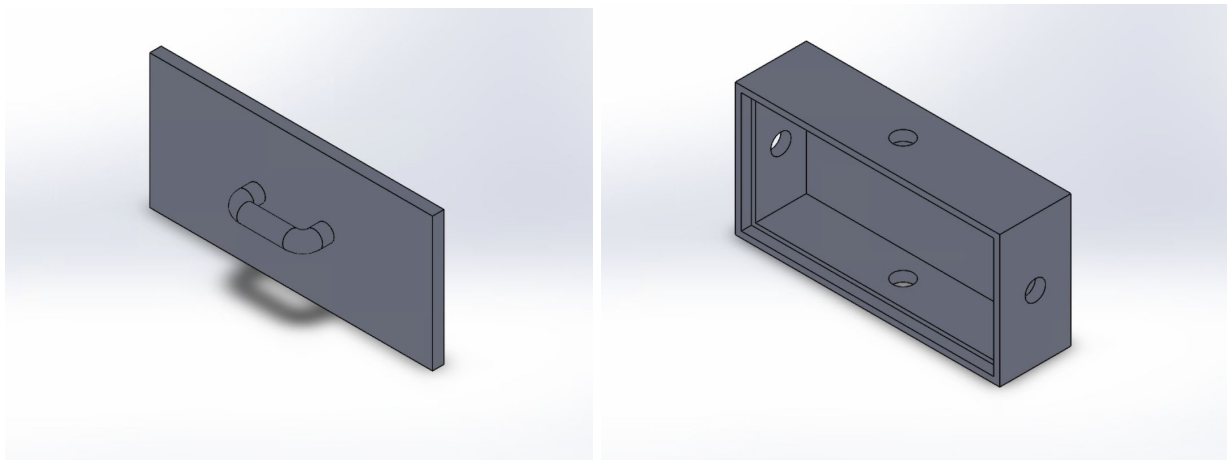


Figure 9 : Le modèle de notre piano

Ceci est le modèle de nos quatre touches de piano qu'on a réalisé avec nos pièces fabriquées par l'imprimante 3D. Le pivot se situe presque au milieu de la touche de piano et au extrémité du piano se trouve la barre métallique entourée par le feutre. On a décidé qu'on va placer notre senseur de force au dessous de notre feutre pour avoir des meilleurs résultats. On a utilisé cet assemblage pour vérifier le bon fonctionnement de notre prototype.



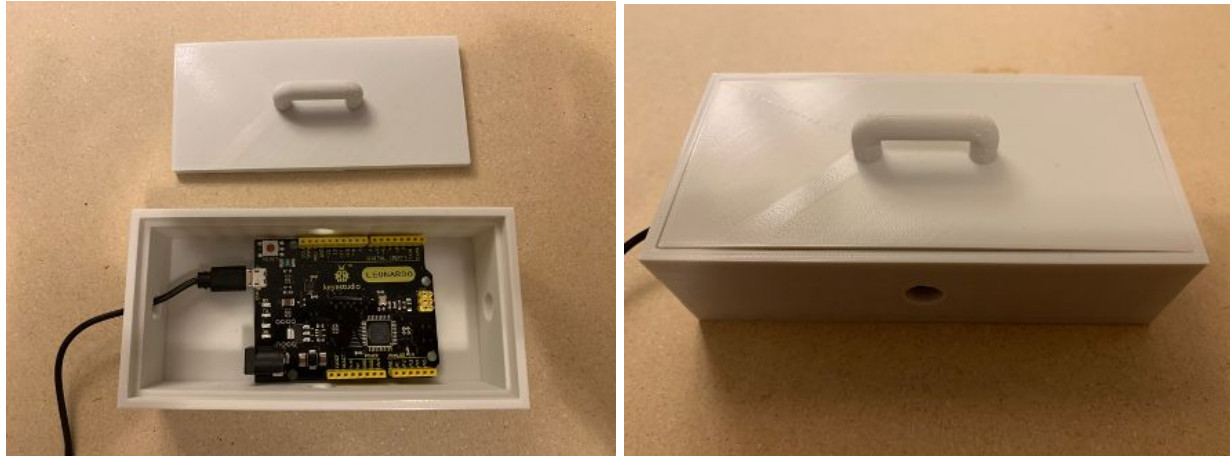


Figure 10 : Le boîtier et le couvercle réalisés par l'imprimante 3D

On a fait le boîtier de contrôle en utilisant l'impression 3D. On voulait construire une boîte plus grande pour le prototype final mais malheureusement, on a pas eu assez de temps vu les circonstances actuelles. Le but du boîtier de contrôle est de contenir l'arduino avec les fils de connexion et il relie les senseurs de force au système de représentation.

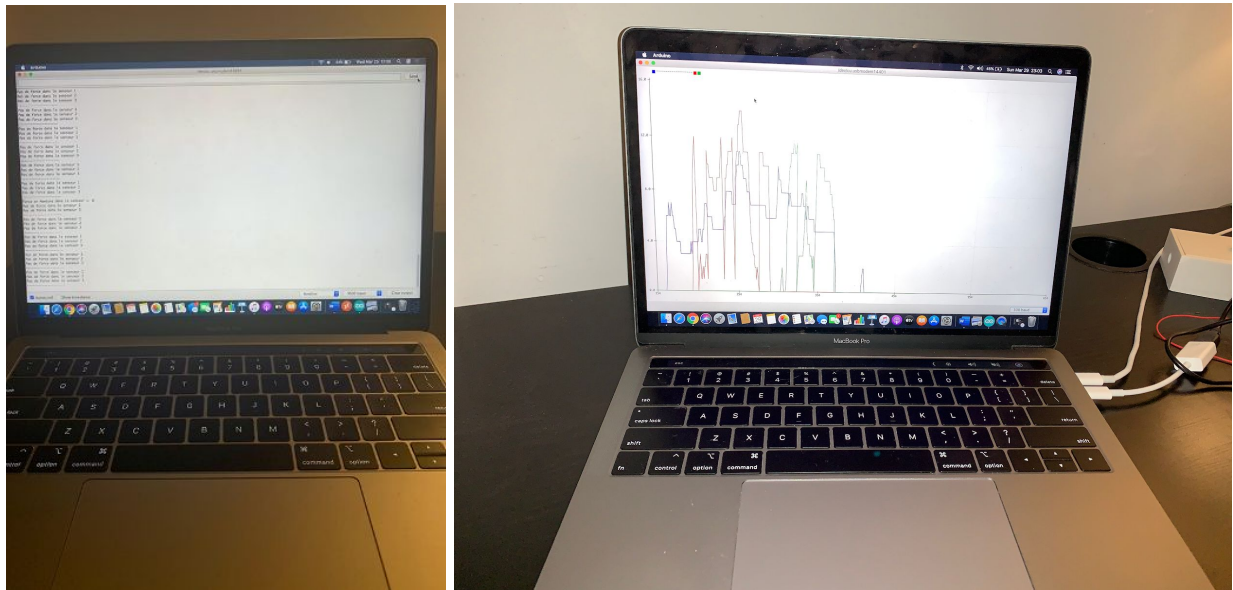


Figure 11 : Système de représentation

Comme système de représentation, on a décidé d'utiliser l'ordinateur portable comme écran puisque c'est plus facile à manipuler et vu notre budget limité, ceci nous a rien coûté. Sur l'écran, on peut facilement voir et lire les données de la force appuyée sur les senseurs et aussi le graphique montrant comment la force varie avec le temps pendant que notre touche de piano est enfoncé.



Figure 12 : Les fils de connexion

Ce sont ces fils qu'on a utilisé pour toute la connexion. La raison pour laquelle on a choisit ces fils est parce qu'ils sont très minces donc ils peuvent facilement être placés sous les touches de piano sans causer de problèmes. Nous allons souder les fils de connexion afin de les rendre plus long mais dû aux circonstances actuelles nous n'avons pas pu finir cette tâche.

La partie technique de projet

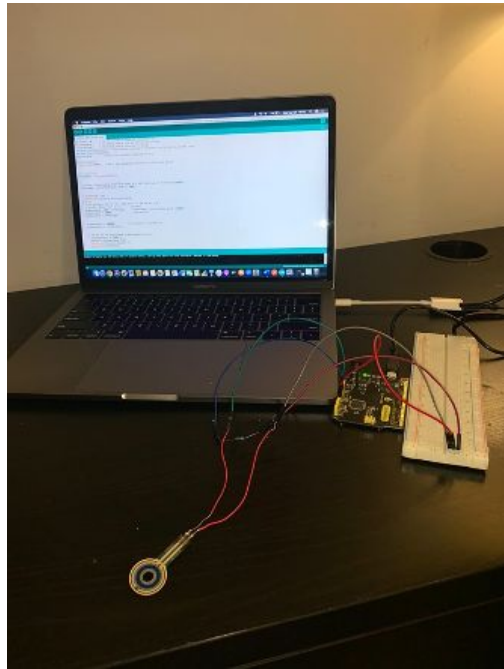


Figure 13 : La connexion avec un seul capteur de force

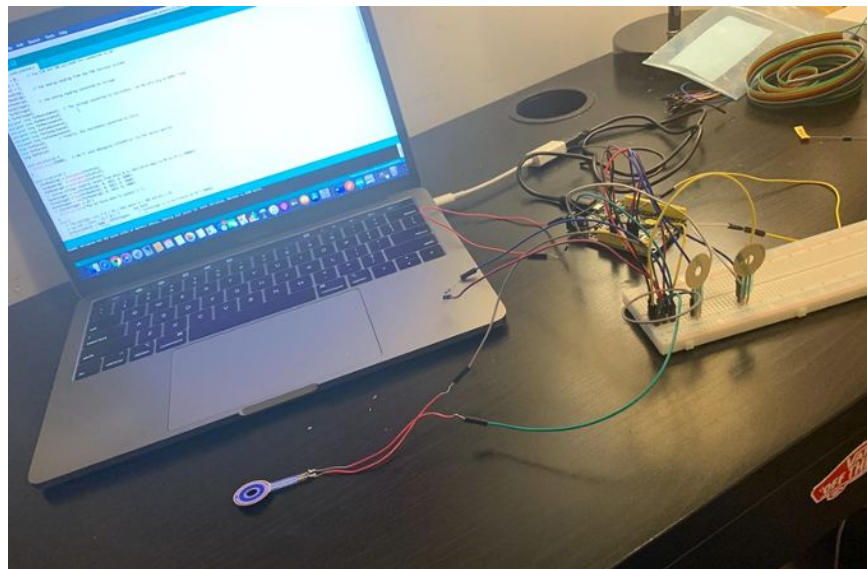


Figure 14 : La connexion avec trois capteurs de force

Il nous restait la partie soudage de notre projet pour relier les fils aux senseurs et au boîtier de contrôle pour le prototype final qu'on a pas pu compléter à cause des circonstances

actuels. Alors, on a utilisé le breadboard pour travailler et compléter la connexion de l'arduino avec les senseurs de force.

Le code pour les recevoir les données de force

```
code_3_gng_1503

int fsrPin1 = 0;    // the FSR and 10K pulldown are connected to a0
int fsrPin2 = 1;
int fsrPin3 = 2;
int fsrReading1;   // the analog reading from the FSR resistor divider
int fsrReading2;
int fsrReading3;
int fsrVoltage1;   // the analog reading converted to voltage
int fsrVoltage2;
int fsrVoltage3;
unsigned long fsrResistance1; // The voltage converted to resistance, can be very big so make "long"
unsigned long fsrResistance2;
unsigned long fsrResistance3;
unsigned long fsrConductance1;
unsigned long fsrConductance2;
unsigned long fsrConductance3;
long fsrForce1;    // Finally, the resistance converted to force
long fsrForce2;
long fsrForce3;

void setup(void) {
  Serial.begin(9600); // We'll send debugging information via the Serial monitor
}

void loop(void) {
  fsrReading1 = analogRead(fsrPin1);
  fsrReading2 = analogRead(fsrPin2);
  fsrReading3 = analogRead(fsrPin3);
  // analog voltage reading ranges from about 0 to 1023 which maps to 0V to 5V (= 5000mV)
  fsrVoltage1 = map(fsrReading1, 0, 1023, 0, 5000);
  fsrVoltage2 = map(fsrReading2, 0, 1023, 0, 5000);
  fsrVoltage3 = map(fsrReading3, 0, 1023, 0, 5000);
  if (fsrVoltage1 == 0) {
    fsrForce1 = 0;
    Serial.print(fsrForce1);
  }
}
```

```

else {
  // The voltage = Vcc * R / (R + FSR) where R = 10K and Vcc = 5V
  // so FSR = ((Vcc - V) * R) / V      yay math!
  fsrResistance1 = 5000 - fsrVoltage1; // fsrVoltage is in millivolts so 5V = 5000mV
  fsrResistance1 *= 10000;           // 10K resistor
  fsrResistance1 /= fsrVoltage1;

  fsrConductance1 = 1000000;        // we measure in micromhos so
  fsrConductance1 /= fsrResistance1;
  // Use the two FSR guide graphs to approximate the force

  if (fsrConductance1 <= 1000) {
    fsrForce1 = fsrConductance1 / 80;

    Serial.print(fsrForce1);
  }
  else {
    fsrForce1 = fsrConductance1 - 1000;
    fsrForce1 /= 30;

    Serial.print(fsrForce1);
  }
}
Serial.print(" ");
if (fsrVoltage2 == 0) {
  fsrForce2 = 0;
  Serial.print(fsrForce2);
} else {
  // The voltage = Vcc * R / (R + FSR) where R = 10K and Vcc = 5V
  // so FSR = ((Vcc - V) * R) / V      yay math!
  fsrResistance2 = 5000 - fsrVoltage2; // fsrVoltage is in millivolts so 5V = 5000mV
  fsrResistance2 *= 10000;           // 10K resistor
  fsrResistance2 /= fsrVoltage2;

  fsrConductance2 = 1000000;        // we measure in micromhos so
  fsrConductance2 /= fsrResistance2;
  // Use the two FSR guide graphs to approximate the force

  if (fsrConductance2 <= 1000) {
    fsrForce2 = fsrConductance2 / 80;

    Serial.print(fsrForce2);
  }
  else {
    fsrForce2 = fsrConductance2 - 1000;
    fsrForce2 /= 30;

    Serial.print(fsrForce2);
  }
}
Serial.print(" ");
if (fsrVoltage3 == 0) {
  fsrForce3 = 0 ;
  Serial.println(fsrForce3);
} else {
  // The voltage = Vcc * R / (R + FSR) where R = 10K and Vcc = 5V
  // so FSR = ((Vcc - V) * R) / V      yay math!
  fsrResistance3 = 5000 - fsrVoltage3; // fsrVoltage is in millivolts so 5V = 5000mV
  fsrResistance3 *= 10000;           // 10K resistor
  fsrResistance3 /= fsrVoltage3;

  fsrConductance3 = 1000000;        // we measure in micromhos so
  fsrConductance3 /= fsrResistance3;
  // Use the two FSR guide graphs to approximate the force
  if (fsrConductance3 <= 1000) {
    fsrForce3 = fsrConductance3 / 80;

    Serial.println(fsrForce3);
  }
  else {
    fsrForce3 = fsrConductance3 - 1000;
    fsrForce3 /= 30;

    Serial.println(fsrForce3);
  }
}
Serial.println(" -----");
delay(100);

```

Figure 15 : Le code de programmation

Ceci est le code qui nous permet de mesurer la force appliquée sur nos trois senseurs de force se situant sous nos touches de piano et aussi d'afficher les données en forme de graphique en temps réels .Notre équipe a pu faire marcher avec succès le prototype à trois capteurs de force. On peut facilement lire les données de chaque senseur individuellement en Newtons(N).

```
-----  
Pas de force dans le senseur 1  
Pas de force dans le senseur 2  
Pas de force dans le senseur 3  
-----  
Force en Newtons dans le senseur 1: 4  
Pas de force dans le senseur 2  
Pas de force dans le senseur 3  
-----  
Force en Newtons dans le senseur 1: 4  
Pas de force dans le senseur 2  
Pas de force dans le senseur 3  
-----  
Force en Newtons dans le senseur 1: 1  
Pas de force dans le senseur 2  
Pas de force dans le senseur 3  
-----  
Force en Newtons dans le senseur 1: 3  
Pas de force dans le senseur 2  
Pas de force dans le senseur 3  
-----  
Force en Newtons dans le senseur 1: 2  
Pas de force dans le senseur 2  
Pas de force dans le senseur 3  
-----  
Pas de force dans le senseur 1  
Pas de force dans le senseur 2  
Pas de force dans le senseur 3  
-----  
Force en Newtons dans le senseur 1: 0  
Pas de force dans le senseur 2  
Pas de force dans le senseur 3  
-----  
Force en Newtons dans le senseur 1: 5  
Pas de force dans le senseur 2  
Pas de force dans le senseur 3  
-----  
Force en Newtons dans le senseur 1: 11  
Pas de force dans le senseur 2  
Pas de force dans le senseur 3  
-----  
Force en Newtons dans le senseur 1: 11  
Pas de force dans le senseur 2  
Pas de force dans le senseur 3  
-----
```

```

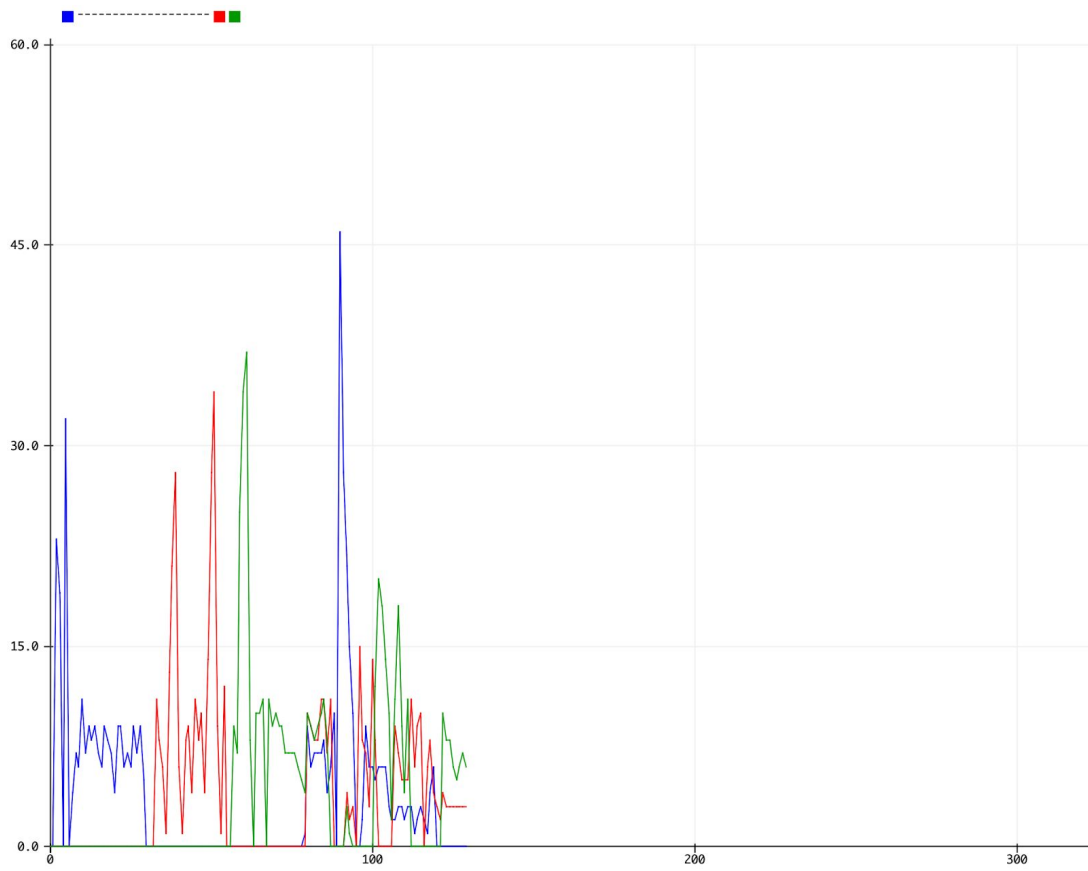
0 0 0
-----
0 0 0
-----
7 0 0
-----
6 0 0
-----
7 11 0
-----
7 10 13
-----
9 11 2
-----
7 12 9
-----
10 12 5
-----
6 12 0
-----
5 12 13
-----
5 16 2
-----
4 2 2
-----
4 5 2
-----
6 6 0
-----
6 1 14
-----
4 1 14
-----
5 12 7
-----
4 12 3
-----
5 12 6
-----
1 4 0
-----
0 0 0
-----
0 0 0

```

Figure 16 : La représentation des données de force sur l'écran

Celle-ci représente les données de force mesurées par notre prototype avec trois senseurs. Le code indique la valeur de force en Newtons (N) de chaque capteur et il indique aussi s'il n'y a pas de force appliquée sur les capteurs. Comme on peut le voir dans la figure ci-dessus, les 3 valeurs représentent les forces appliquées sur les 3 senseurs de notre mécanisme. Au fur que la force appliquée sur chaque senseur est changée, cette valeur est transmise à l'arduino qui nous montre ces données recueillie.

La graphique des données



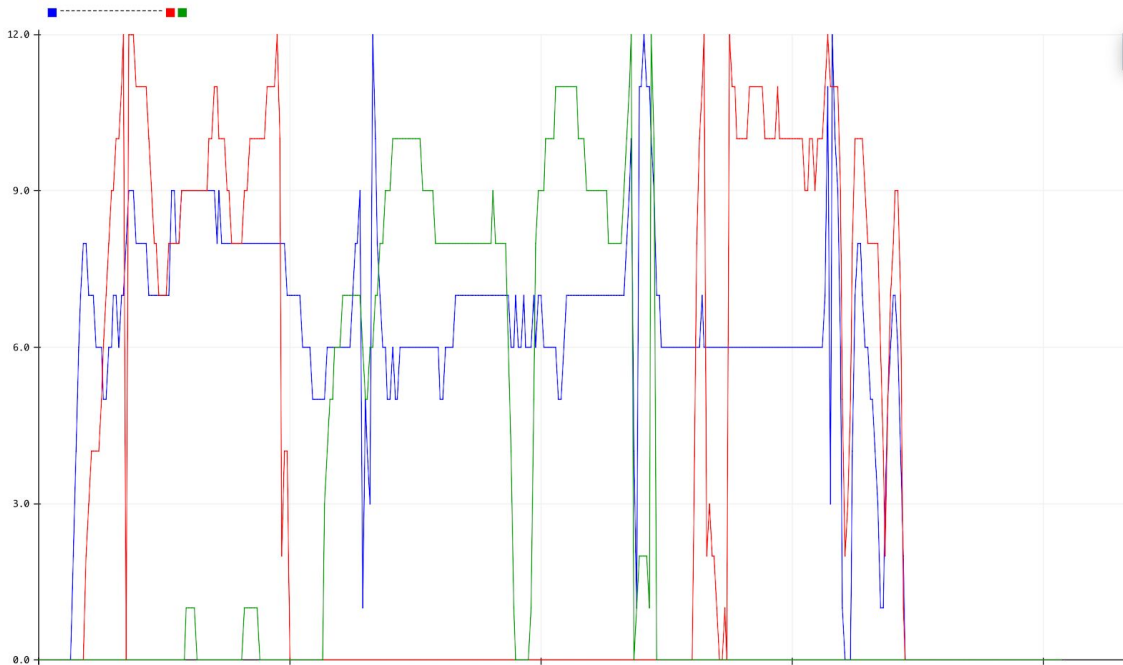


Figure 17 : Le graphique de force en temps réel

Voici une représentation de graphique lorsque les trois senseurs de forces sont enfoncés en temps réels. Les données du premier capteur sont représentées en **bleu**, celles du deuxième capteur en **rouge** et celles de troisième en **vert**. On peut facilement lire les valeurs de forces sur l'axe de Y qui varient en fonction de temps sur l'axe X. La différence entre les deux graphiques ci-dessus est la fréquence à laquelle les données sont recueillies par les capteurs de forces. La fréquence peut être changée selon la préférence de l'utilisateur en changeant la valeur du '**delay**' situé à la fin du code de l'arduino. Afin d'avoir un graphique bien visible et compréhensif, nous avons mis la valeur du '**delay**' à 100, mais cela peut être augmenté ou diminué.

Le prototype final: OnePiece



Figure 18 : La connexion de notre prototype final

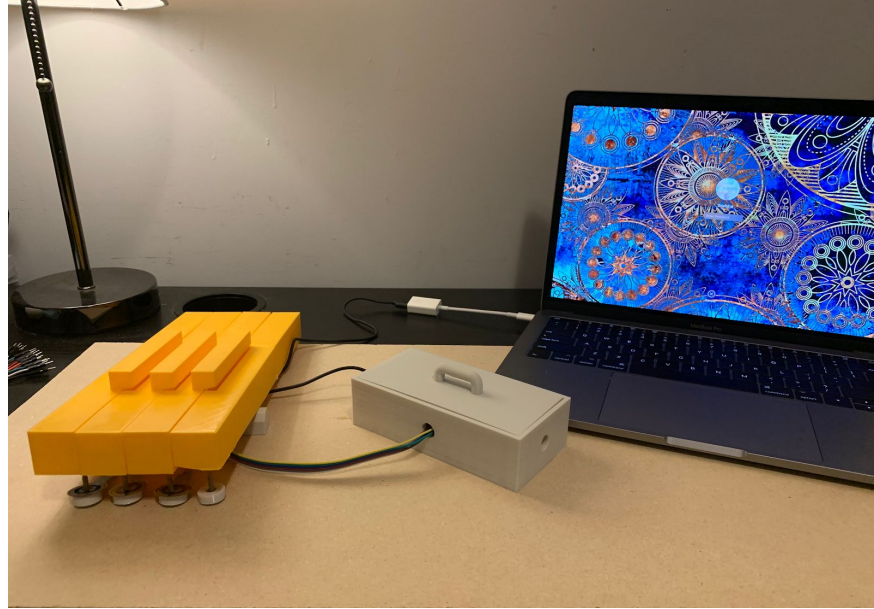


Figure 19 : Prototype final : OnePiece

Les fils de connexion relient les senseurs de force à l'arduino qui se trouve dans le boîtier de contrôle puis l'arduino est connecté au système de représentation: ordinateur portable grâce à un câble USB. Les capteurs de force sont placés sous les touches de piano.

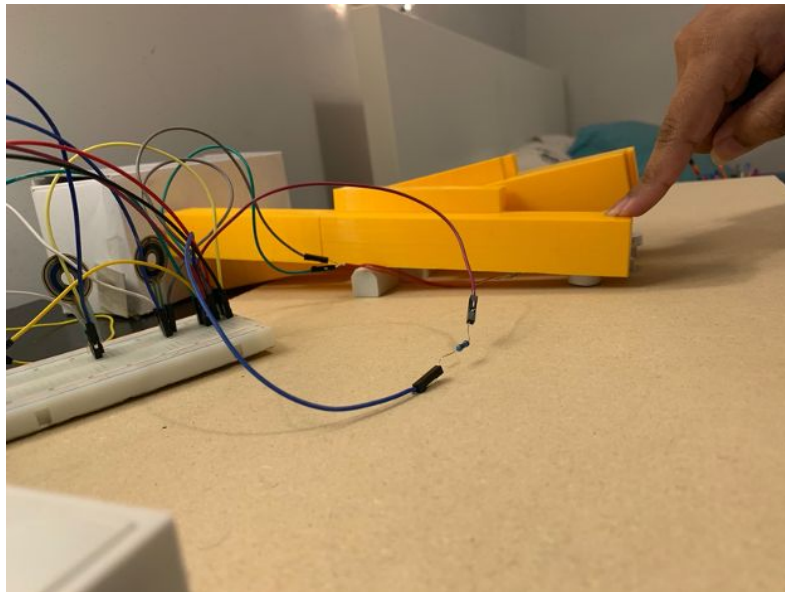
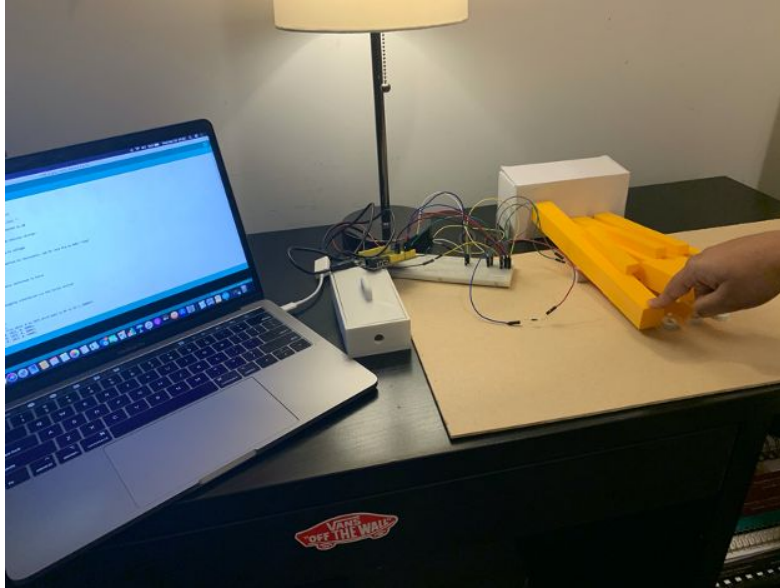


Figure 20 : Les essais pour le prototype final

Voici nos essais pour vérifier si les capteurs de force, le code et aussi le graphique marchaient comme prévu pour le prototype final.

Grâce à notre visite au laboratoire de piano, on a envisagé comment faire sortir les fils de connexion qui sont reliés au capteurs de force et au boîtier de contrôle. Comme on a vu dans le

modèle de piano de Schwander, il y a un petit espace entre le feutre, la barre métallique et le pivot sous les touches de piano. Les fils reliés au senseurs vont passer tout au long dans chaque petite espace sous toutes les touches pour arriver jusqu'au extrémité du piano. Au extrémités gauche et droite, il y a un petit espace où les fils peuvent facilement sortir comme montré dans l'image ci-dessous pour se relier au boîtier de contrôle qui contient l'arduino. Les fils de connexion auront une longueur maximale de 2 mètres afin de permettre le placement du senseur de force sous les touches du milieu. Ainsi, le boîtier de contrôle (contenant l'arduino) qui se trouve en dehors du piano est relié à notre système de représentation(écran) qui est l'ordinateur portable.

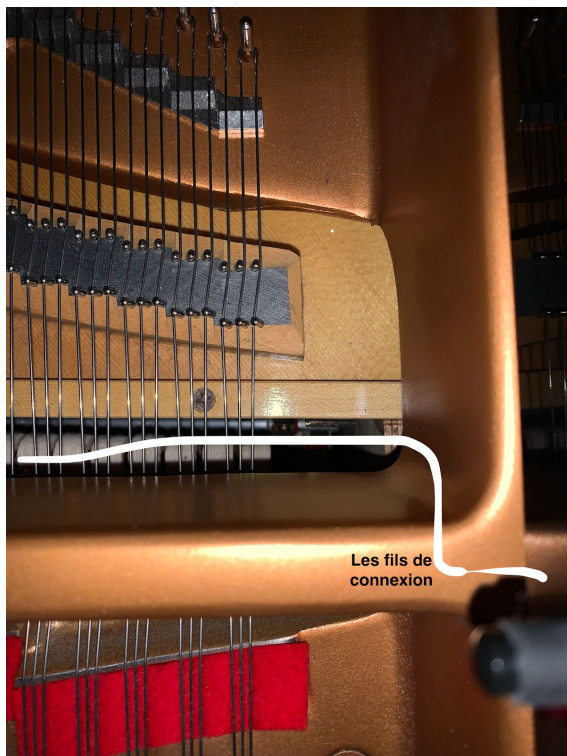
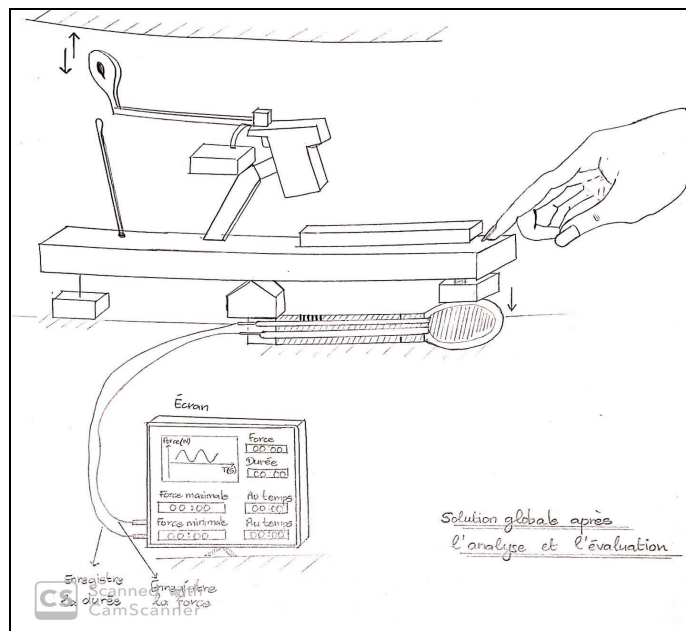




Figure 21: Les fils de connexions qui sortent du piano

Prototype 1 v/s Prototype 3



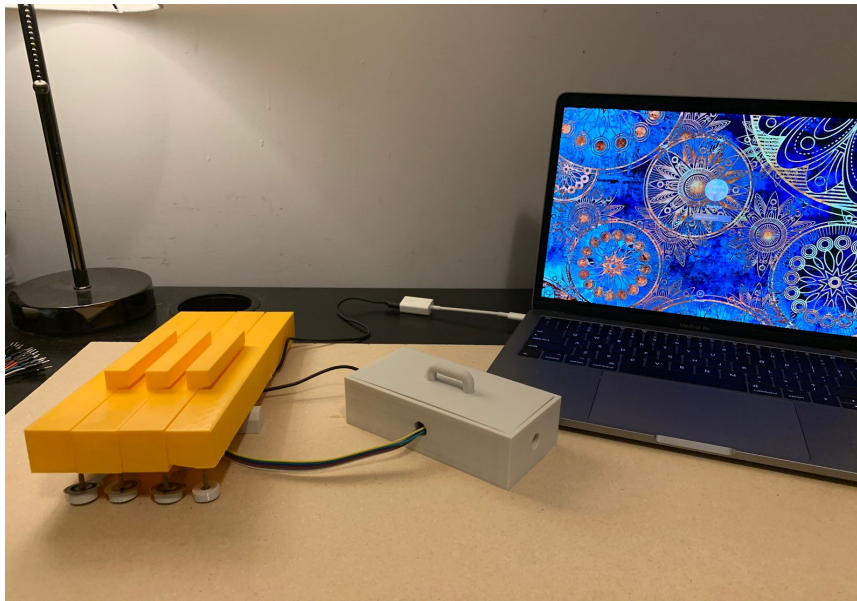
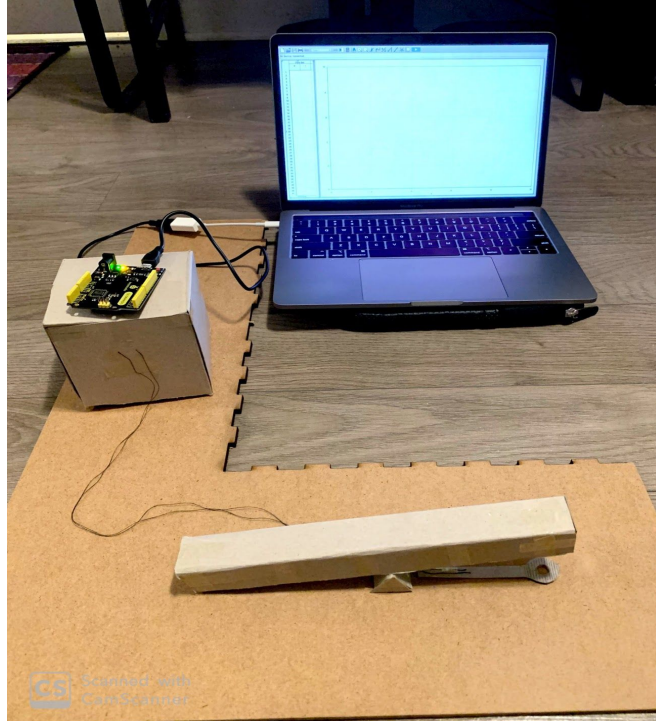


Figure 22 : Le prototype 1 et le prototype final

Le prototype 1 était construit au début avec des matériaux qui ne coûtent presque rien. Le prototype final est construit avec des pièces de l'impression 3D, les capteurs de force et

l'ordinateur portable qui nous montre les données de forces de chaque senseur et le graphique de force en temps réels.

On a atteint tous les objectifs car OnePiece :

- Est discret, économique et efficace
- Peut détecter et lire les valeurs de force appliquées sur trois clés d'un piano
- Peut représenter les valeurs de force et le graphique de force en temps réels
- Nos résultats sont simples et facile à comprendre même pour les non-ingénieurs.

★ Voici une vidéo montrant comment notre mécanisme **OnePiece** fonctionne;

<https://youtu.be/aKw2NZXZw-k>

Conclusion

Ce livrable résume la conception physique surtout analytique de notre mécanisme de pression. Les livrables précédents nous ont permis de définir les critères de conception nécessaire pour la réalisation de notre prototype. Cela nous a aider grandement dans la conception de notre mécanisme, **OnePiece**. Les circonstances actuels ont affecté la réalisation de notre prototype mais grâce au travail méticuleux de notre équipe, nous avons pu concevoir un mécanisme totalement fonctionnel qui satisfait tous les critères établie auparavant et qui atteint tous les objectifs établies par le client. C'est à dire nous avons réussi à concevoir un mécanisme discret, économique et efficace qui peut mesurer la force appliquée sur 3 différentes touches de piano et qui peut afficher ces données sur un graphique très compréhensif et visible. Notre mécanisme

peut être utilisé par n'importe quelle personne ayant une autre profession qu'ingénieur. Nous sommes très satisfaits et fière de notre mécanisme, **OnePiece**.

