

GNG 1503

Génie de la conception

Conceptualisation

Livrable D

Travail présenté à

Pr. Emmanuel Bouendeu

300106888 Muriel Maouad

300116859 Chris Mingele

300114995 Mario Moubarak

300116260 Elias Saab

8880758 Julie-Maude Lefrançois

Université d'Ottawa

9 février 2020

TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction	4
2. Concepts préliminaires	4
2.1 Concepts de Julie-Maude Lefrançois	5
2.1.1 Sous-système 1	5
2.1.1.1 Concept 1	5
2.1.1.2 Concept 2	7
2.1.1.3 Concept 3	9
2.2 Concepts de Chris Mingele	11
2.2.1 Sous-système 1	11
2.2.1.1 Concept 1	11
2.2.1.2 Concept 2	12
2.2.1.3 Concept 3	13
2.3 Concepts de Muriel Maouad	14
2.3.1 Sous-système 1	14
2.3.1.1 Concept 1	14
2.3.1.2 Concept 2	15
2.3.1.3 Concept 3	16
2.4 Concepts de Mario Moubarak	17
2.4.1 Sous-système 1	17
2.4.1.1 Concept 1	17
2.4.1.2 Concept 2	18
2.4.1.3 Concept 3	19
2.5 Concepts de Elias Saab	20
2.5.1 Sous-système 1	20
2.5.1.1 Concept 1	20
2.5.1.2 Concept 2	21
2.5.1.3 Concept 3	22

3. Catégorisation des concepts	23
3.1 Sous-systèmes 1	23
4. Combinaison des sous-système	23
5. Comparaison des systèmes globaux	26
6. Concepts choisi	27
7. Conclusion	27

1. Introduction

Ce document a pour objectif de développer un ensemble de concepts préliminaires afin de pouvoir répondre à l'énoncé du problème établi, à l'étalonnage de solutions déterminé préalablement et à notre liste de critères de conception. Notre conception ne possède qu'un seul sous-système, soit le capteur de pression. Ceci étant dit, notre équipe vous présente un ensemble de 15 concepts possibles ainsi que les avantages et les désavantages qui y sont liés. À la toute fin, afin de choisir la forme finale de notre produit, nous allons évaluer les concepts contre les critères de conceptions important, pour choisir celle qui répond le mieux aux besoins de notre client.

2. Concepts préliminaires

Chaque membre de l'équipe proposera trois concepts qui pourraient possiblement être le choix de notre concept final. Avant de commencer, il est important de dire qu'il n'y a qu'un seul sous-système sous jacent à notre projet, soit un capteur de pression.

2.1 Concepts de Julie-Maude Lefrançois

2.1.1 Sous-système 1

Pr: Julie-Maude Lefrançois
N° d'étudiante: 8880758

Concept 2.1.1

SOUS-SYSTÈME: Capteur de pression

- Composantes clés ▶
 - Capteur de pression Fujifilm Prescale® (x1)

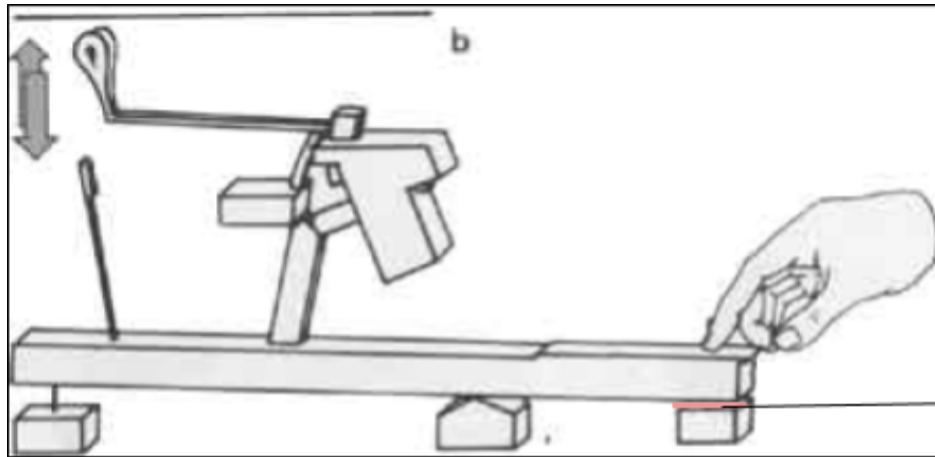
- Caractéristiques du concept (ou comment répondent-ils aux critères de conception?) ▶
 - Pour:**
 - discret
 - Compact: les capteurs de pression Fujifilm Prescale® font de 4 à 8 mm d'épaisseur. Pas besoin d'Arduino. On peut le placer sous la touche.
 - Capteur Fujifilm Prescale® indique non seulement la force, mais également la distribution de la pression sur une surface, ce qui donnerait un point de donnée de plus à notre client pour supporter ses recherches.
 - Abordable
 - Contre:**
 - pour obtenir des résultats, on ne peut appuyer qu'une seule fois sur la touche, car les micro capteurs rompent et produisent une image topographique permanente.
 - Impossible à déplacer
 - Difficile à installer et désinstaller
 - les résultats nécessiteraient d'être interprétés par un ingénieur.
 - N'indique pas la durée de la force maintenue.

- Croquis ▶

Ne peut pas se connecter à un ordinateur.

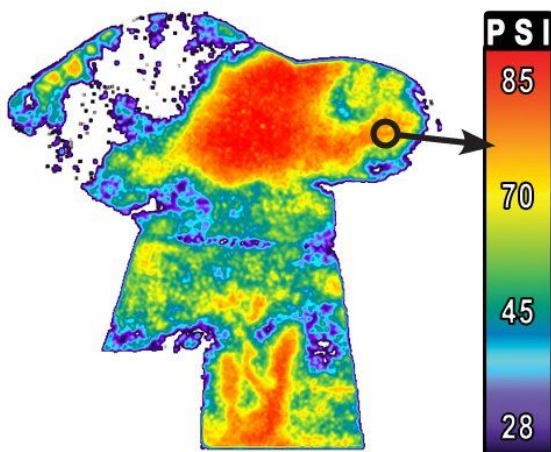
2.1.1.1 Concept 1 : Capteur de pression Fujifilm Prescale (R)

Voici à quoi ressemblerait l'installation (vue plus éloignée) :



Capteur de pression
Fujifilm
Prescale(R)

Le film est rempli de micro-capteurs qui rompent au contact de la pression et créent une image topographique selon la force exercée à certains endroits.



Source :
<https://www.amazon.com/Fujifilm-Prescale-Ultra-Three-Section/dp/B004UHS51U>

2.1.1.2 Concept 2 : Mesurer la force avec la distance (travail)

Par : Julie-Maude Lefrançois
N° d'étudiante : 8880758

Concept 2.1.2

SOUS-SYSTÈME : Capteur de pression

- Composantes clés
 - Capteur de distance (x1)
 - Arduino nano (x1)
 - Fils nécessaires pour brancher le circuit
 - Ordinateur
- Croquis

- Caractéristiques du concept
(ou comment répondent-ils aux critères de conception?)

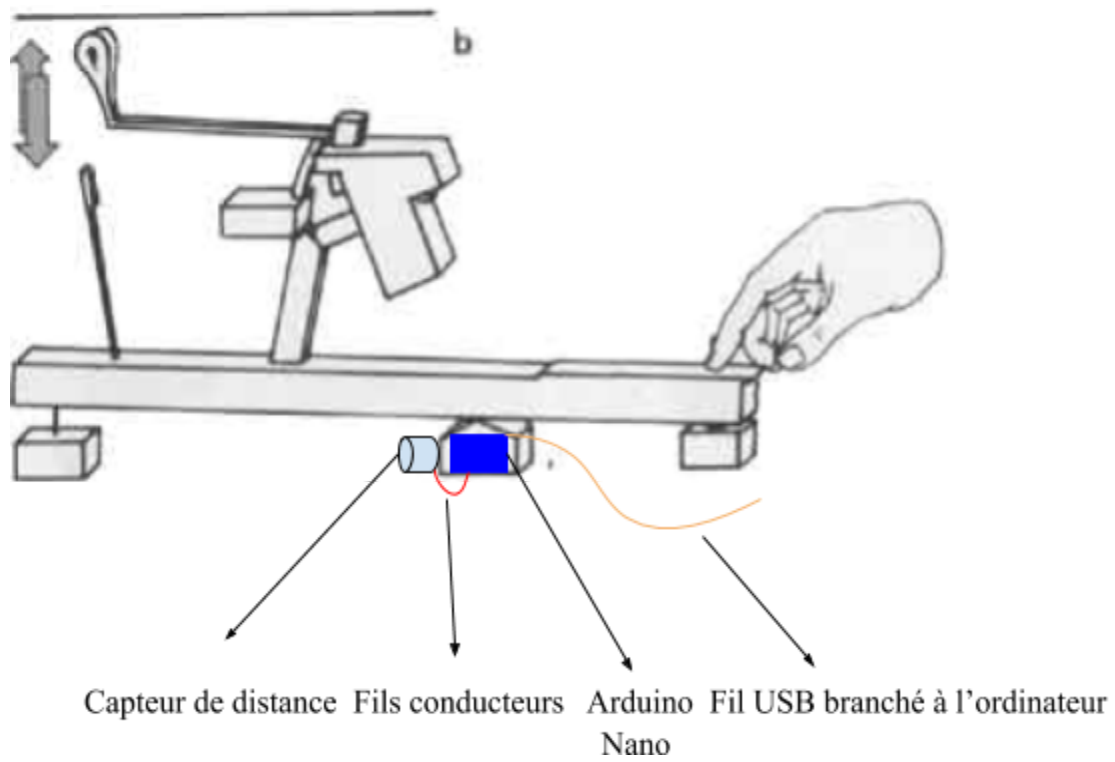
POUR

- Compact/discret : le capteur de distance fait un peu plus de 1 cm, ce qui est assez petit et il n'est pas nécessaire de le loger directement sous la touche. Il est donc moins possible que le pianiste se rende compte de sa présence.
- Abordable
- Possibilité qu'il soit déplacé de manière assez facile.
- Les résultats pourraient être présentés de manière à ce que les chercheurs puissent les interpréter eux-mêmes.

CONTRE

- Indique la durée de la force maintenue sur la touche, mais ne peut pas mesurer la force excédentaire à celle requise pour baisser la touche.
- Cette manière de faire ne donne pas les résultats directement. Des calculs supplémentaires seraient nécessaires pour extraire la force.

Voici à quoi ressemblerait l'installation :



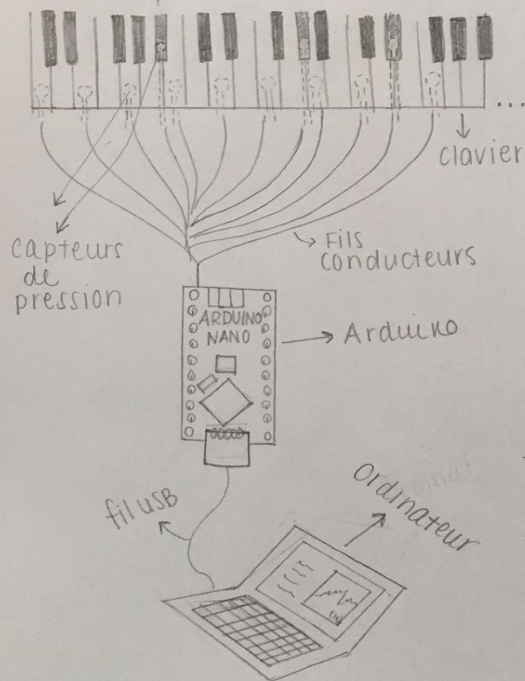
Par: Julie-Maude Lefrançois
N° d'étudiante : 8880758

Concept 2.1.3

SOUS-SYSTÈME: Capteur de pression

- Composantes clés
- Capteurs de pression minces (environ x12)
- Arduino nano (x1)
- Ordinateur (x1)
- Fils nécessaires pour brancher le circuit

• Croquis ▸



- Caractéristiques du concept (ou comment répondent-ils aux critères de conception?)

POUR

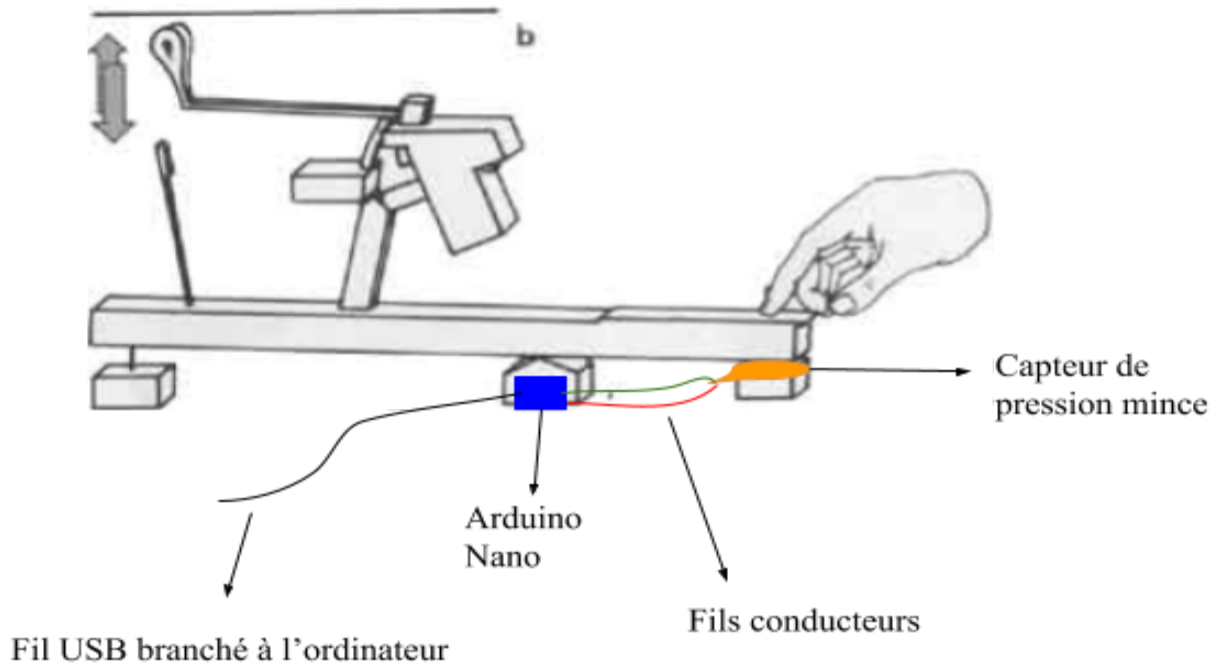
- Brancher plusieurs capteurs au lieu d'un seul permettrait aux chercheurs d'avoir plusieurs données et donc de pouvoir établir une corrélation plus certaine entre ce qu'ils observent et ce qu'ils en conduent.
- Assez abordable
- Les résultats pourraient être présentés de manière à ce que les chercheurs puissent eux-mêmes les interpréter.
- Indiquerait la durée de la force maintenue en plus de la force elle-même.
- Assez compact et discret si les capteurs sont bien installés et ajustés.

CONTRE

- Installation / désinstallation assez longue et difficile.
- Pas facile à déplacer.

2.1.1.3 Concept 3 : Capteurs multiples

Voici à quoi ressemblerait l'installation d'un des capteurs :

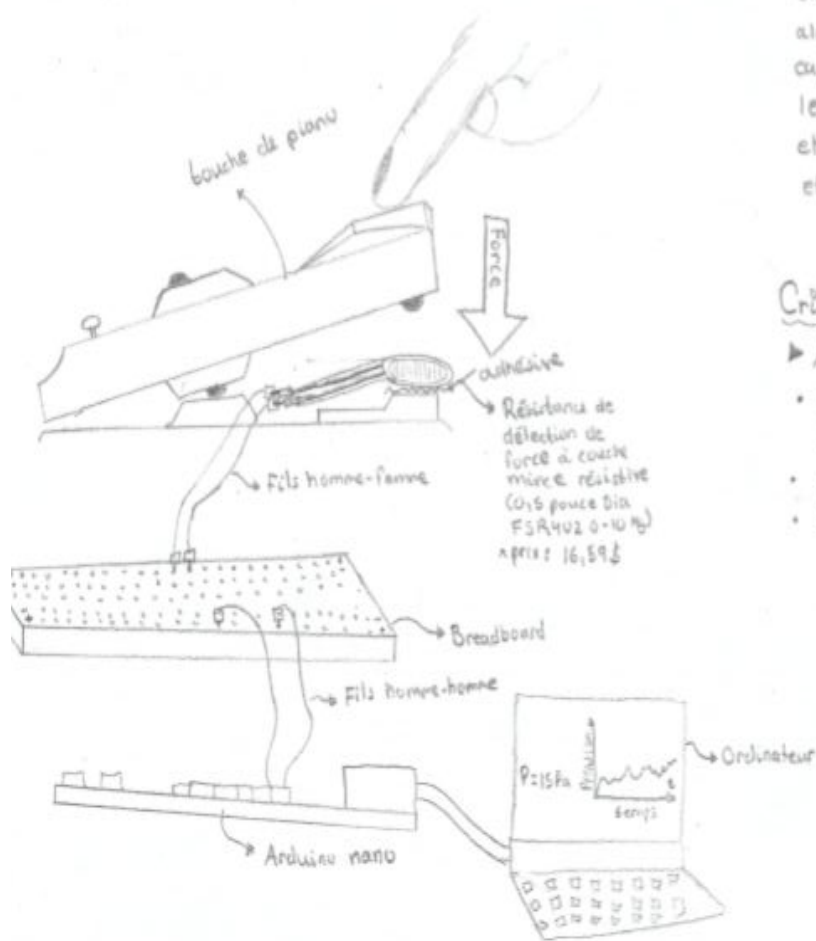


2.2 Concepts de Chris Mingele

2.2.1 Sous-système 1

2.2.1.1 Concept 1

Concept 1



Comment ça marche

► Lorsqu'une force est appliquée sur la clé, la goupille d'équilibre permettra alors à la clé de descendre sur le capteur où la force appliquée par le musicien sera détectée et mesurée et les résultats seront ensuite transférés et affichés sur l'ordinateur.

Critère

► Avantage

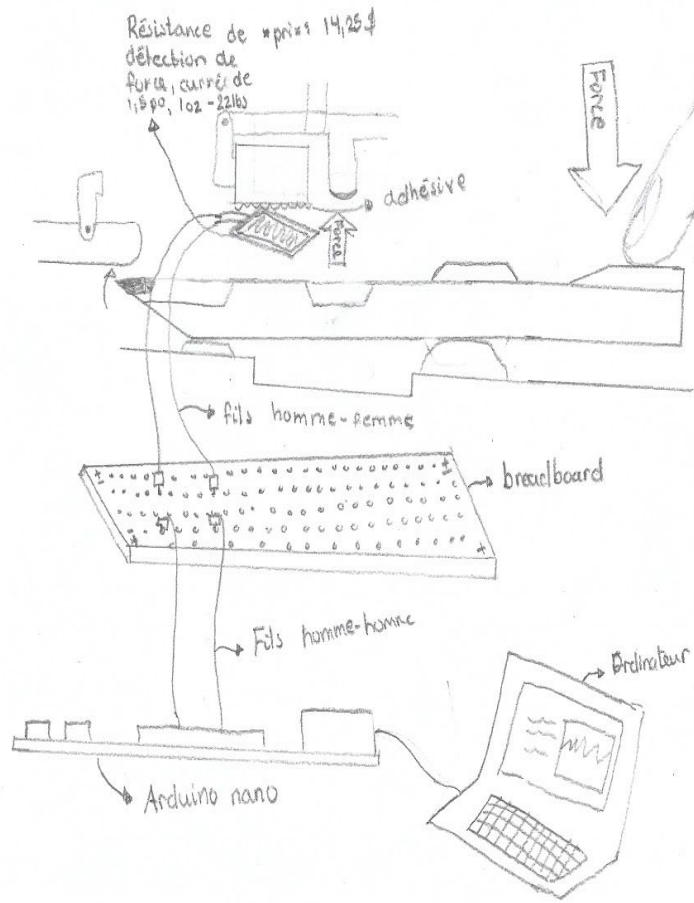
- Capteur de petite taille et sensible
- Indétectable
- Stable et ne se déplace pas

► Désavantage

- Pas portable
- Coûteux
- N'est pas déplaçable

2.2.1.2 Concept 2

Concept 2



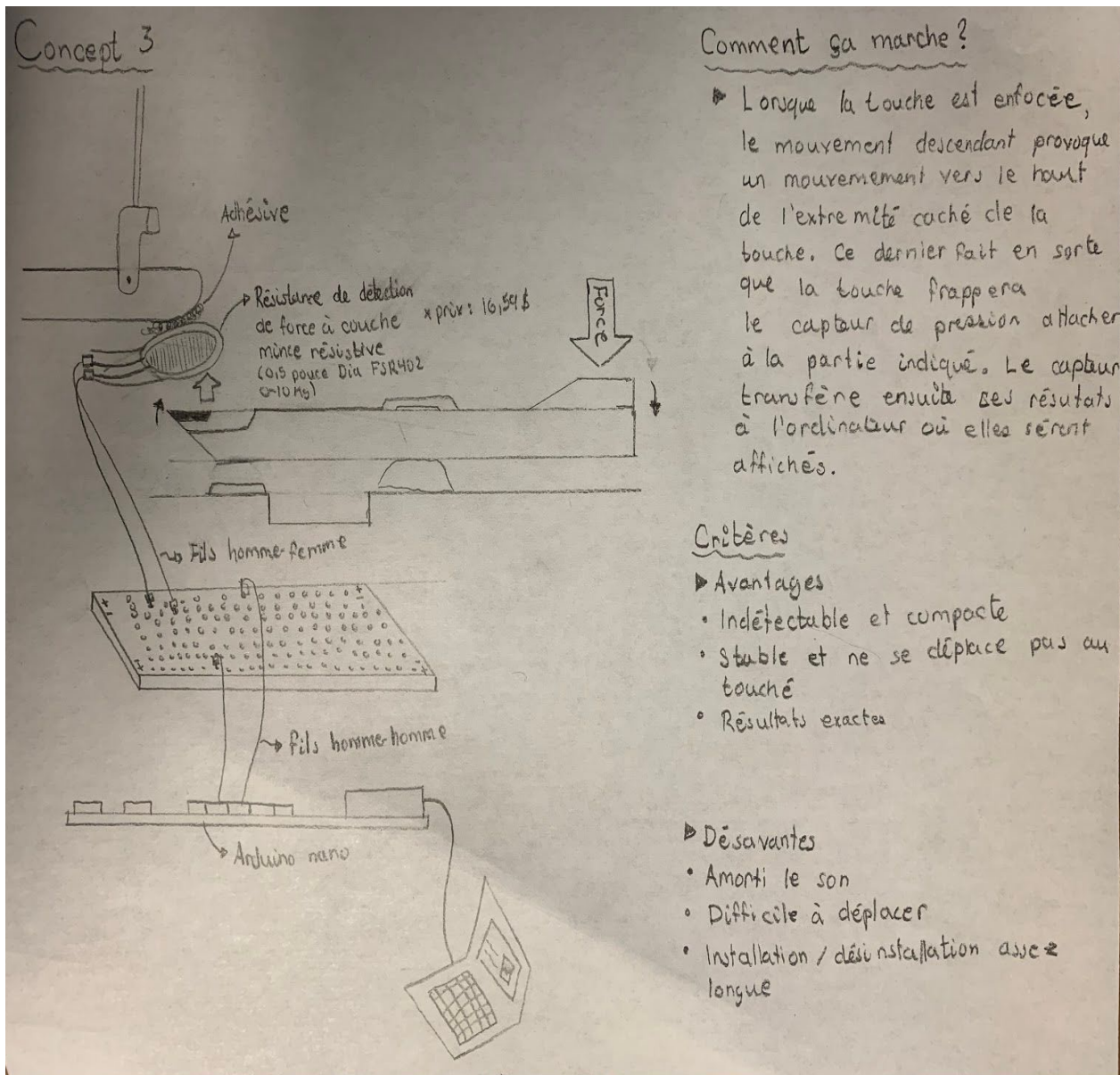
Comment ça marche

▶ Lorsque la touche du piano est enfoncée, le mouvement vers le haut de l'extrémité caché de la touche causé par le mouvement descendant provoqué par l'enfoncement forcera la touche à frapper le capteur attaché à la partie du piano qui empêche la touche d'aller au dessus de sa plage d'hauteur. Le capteur transfère ensuite ces résultats à l'ordinateur.

Critères

- ▶ **Avantage**
 - Indétectable et compact
 - Stable et ne se déplace pas au touché
 - Le mécanisme n'affecte pas le son
- ▶ **Désavantage**
 - Difficile à déplacer
 - Possibilité de ne pas détecter une pression si la touche ne le frappe pas
 - Installation/désinstallation longue et rapide

2.2.1.3 Concept 3

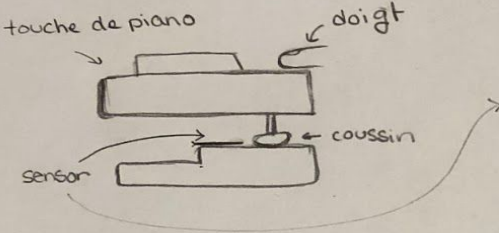


2.3 Concepts de Muriel Maouad

2.3.1 Sous-système 1

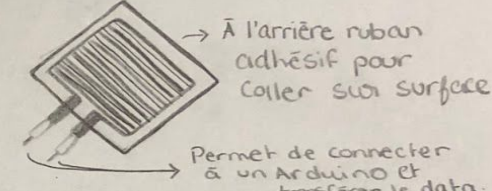
Concept 1:

Capteur de pression:



The diagram shows a piano key mechanism. A finger (doigt) presses down on a piano key (touche de piano). Below the key is a cushion (coussin) and a sensor (sensor). An arrow points from the sensor towards the right, indicating its connection to the sensor type.

Type de sensors:
Capteur de pression à couche mince RP-S40-ST. Capteur de force intelligent Siège Haut de Gamme 20g.



The image shows a square thin-layer pressure sensor with two wires extending from it. An arrow points to the back of the sensor, indicating it has adhesive tape for mounting on a surface. Another arrow points to the wires, indicating they can be connected to an Arduino to transfer data.

À l'arrière ruban adhésif pour coller sur surface
Permet de connecter à un Arduino et transférer le data.

Plus au sujet du capteurs:

Avantages

- Signal de pression peut être converti en signal électrique ⇒ Pour analyser et récupérer les données.
- Fait de matériaux nanométriques flexibles et très sensibles
↳ Détection de pression très sensible
- Consommation d'énergie ultra-mince et ultra-flexible
- Petite taille
- Matériaux sensibles à la pression
↳ Complété par un substrat à film ultra-mince.

désavantages

- Couteux
- Pas portable
- N'est pas déplaçable, d'un piano à un autre

Coût: 14,57 \$

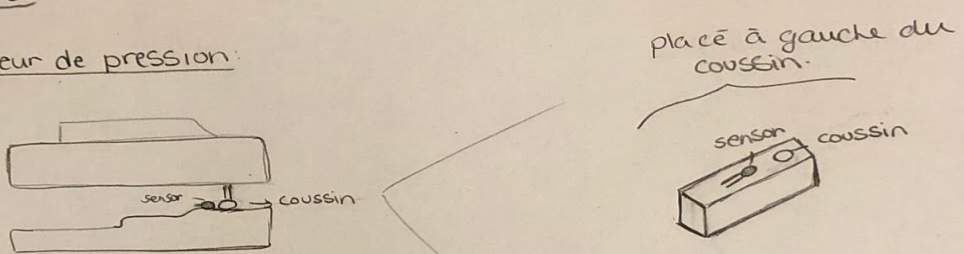
peut être attaché à n'importe quel Arduino, Nano, Mini ou Micro

2.3.1.1 Concept 1

Lien pour achat du capteur: [Blinli Capteur de Pression à Couche Mince RP-S40-ST Capteur de Force Intelligent Siège Haut de Gamme 20g-10kg](#)


Concept 2:

Capteur de pression:



placé à gauche du coussin.

Type de sensor:
Nitrip FSR402 type à résistance, capteur de pression à couche mince, force de détection, longue queue.



Aucun adhésif en arrière. Facile à déplacer.
Peut connecter à un Arduino à l'aide de fils.

coût: 6.69\$

Plus au sujet du capteur:

Avantages

- Une zone de détection ronde de 1.27cm de diamètre
- Résistance de détection de force
 - ↳ Varie sa résistance en fonction de la force appliquée
 - ↳ Plus la force est grande, plus la résistance est faible.
- Deux branches partent du bas pour monter le FSR.
- Pas incroyablement précis
- simple à installer.

désavantage

- Pas stable
 - ↳ Pas maintenu en place

peut être attaché à n'importe quel Arduino; Nano, Mini ou Micro.

2.3.1.2 Concept 2

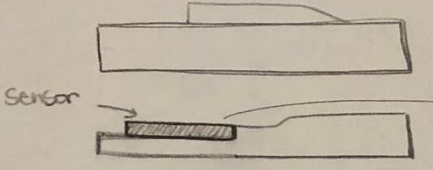
Lien pour achat du capteur: [Nitrip FSR402 type à résistance, capteur de pression à couche mince, force de détection, longue queue](#)

2.3.1.3 Concept 3

Lien pour achat du capteur: <https://www.baumer.com/fr/fr/service-assistance/savoir-faire/fonctio>

Concept 3:

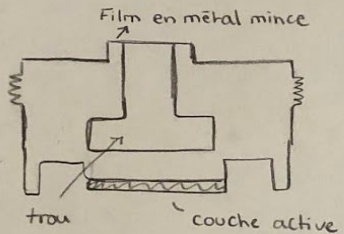
Capteur de pression:



→ Placé dans l'espace vide pour augmenter sa discrétion.

Type de sensor:

Capteur à couche mince métallique (mesure de pression résistive).



Plus au sujet du capteur:

Désavantages

- Acier inoxydable
- Technologie de couche épaisse céramique.
↳ Interconnecte 4 résistances en un pont
- Pas trop recommandé puisqu'il est lourd et peu discret.

Avantages

- Données de pression précises
- Stable ⇒ bien maintenue en place

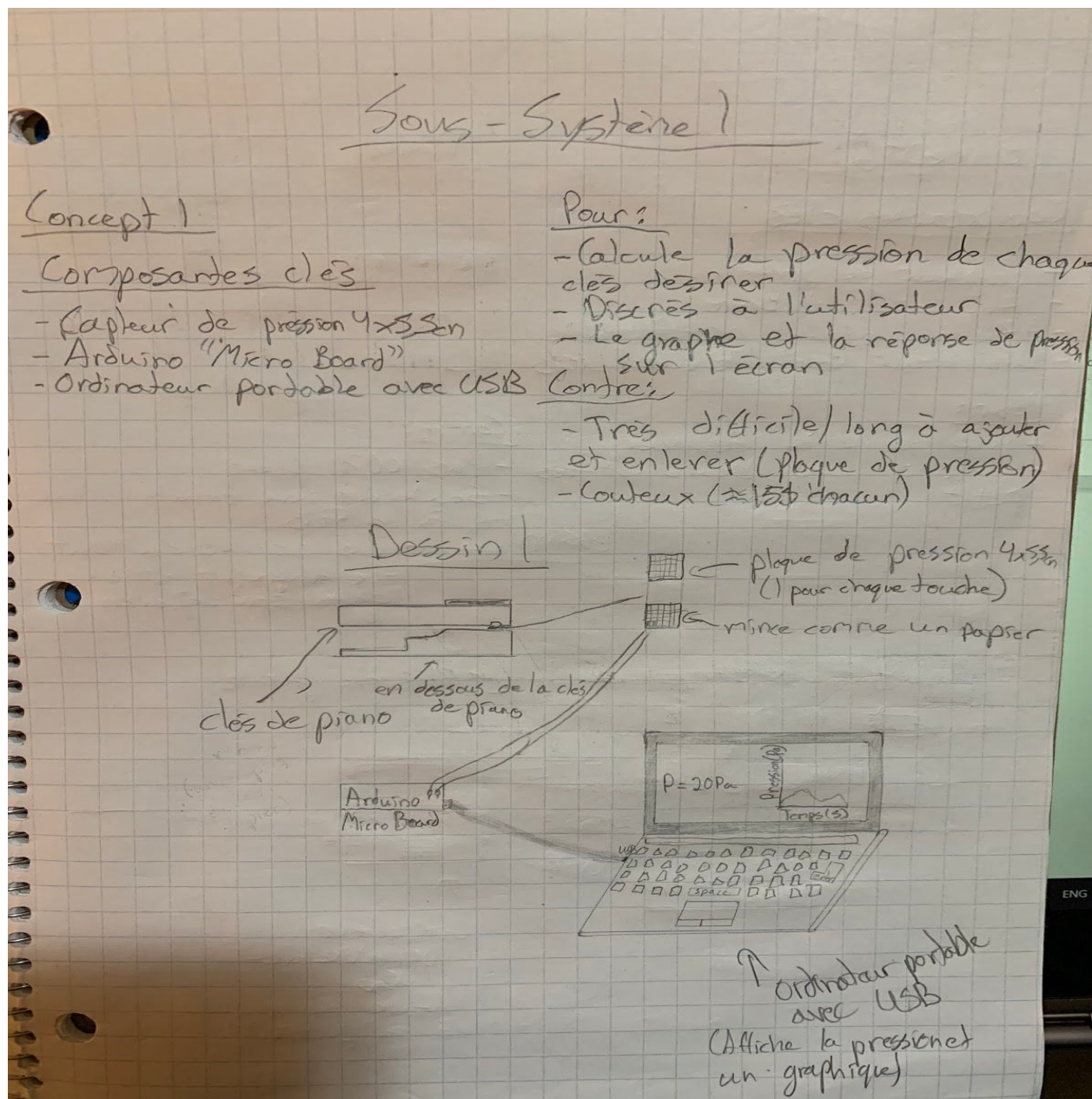
Doit rajouter des rallongements de fils pour connecter à un Arduino de n'importe quel type.

[nement/le-fonctionnement-et-la-technologie-des-capteurs-de-pression/a/Know-how_Function_Pressure-sensors](https://www.baumer.com/fr/fr/service-assistance/savoir-faire/fonctionnement/le-fonctionnement-et-la-technologie-des-capteurs-de-pression/a/Know-how_Function_Pressure-sensors)

2.4 Concepts de Mario Moubarak

2.4.1 Sous-système 1

2.4.1.1 Concept 1



2.4.1.2 Concept 2

Concept 2:

Composantes clés

- Capteur de pression
- Arduino "Nano Board"
- Afficheur digital programmable
- Ordinateur portable avec USB

Pour:

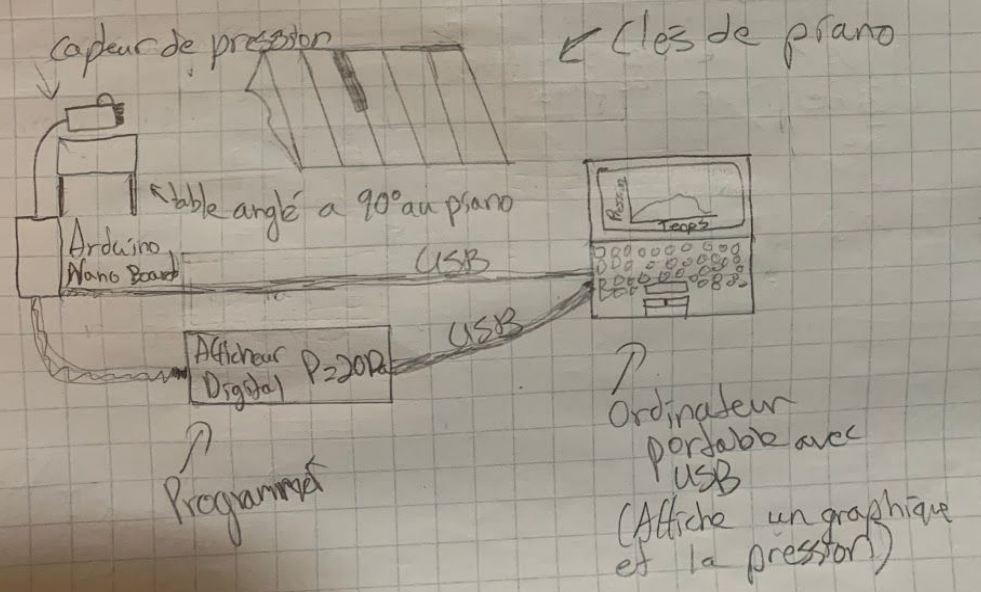
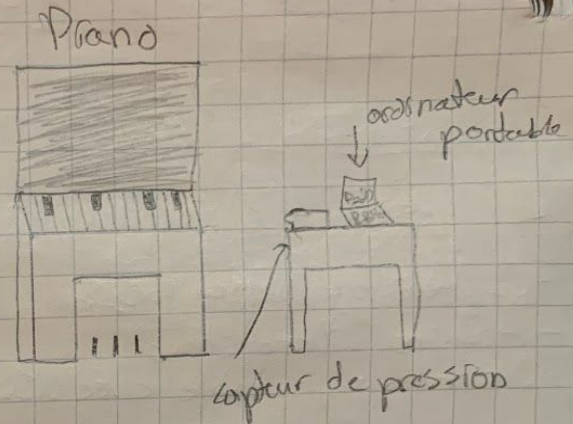
- Très facile à déplacer
- Arduino nano board est très petit

Contre:

- Pas 100% précis
- Seulement une touche calculer à la fois

Dessin

- Pas d'écrans du tout
- Le graphique et afficheur digital sont séparés



2.4.1.3 Concept 3

Concept 3:

Composantes clés

- Capteur de pression
- Ordinateur portable avec USB
- Arduino "Macro Board"

Pour :

- Branchez seulement un seul capteur de pression
- Facile à enlever et y mettre en-dessous des clés de piano
- Graphe et pression calculés sur un seul écran

Contre :

- Peut seulement mesurer la pression d'une des à la fois même s'il couvre plusieurs
- Indique pas la durée de la force maintenue

Dessin 3

← Capteur de pression avec ruban adhésif au bout (capteur mince comme un papier)

Arduino Macro Board

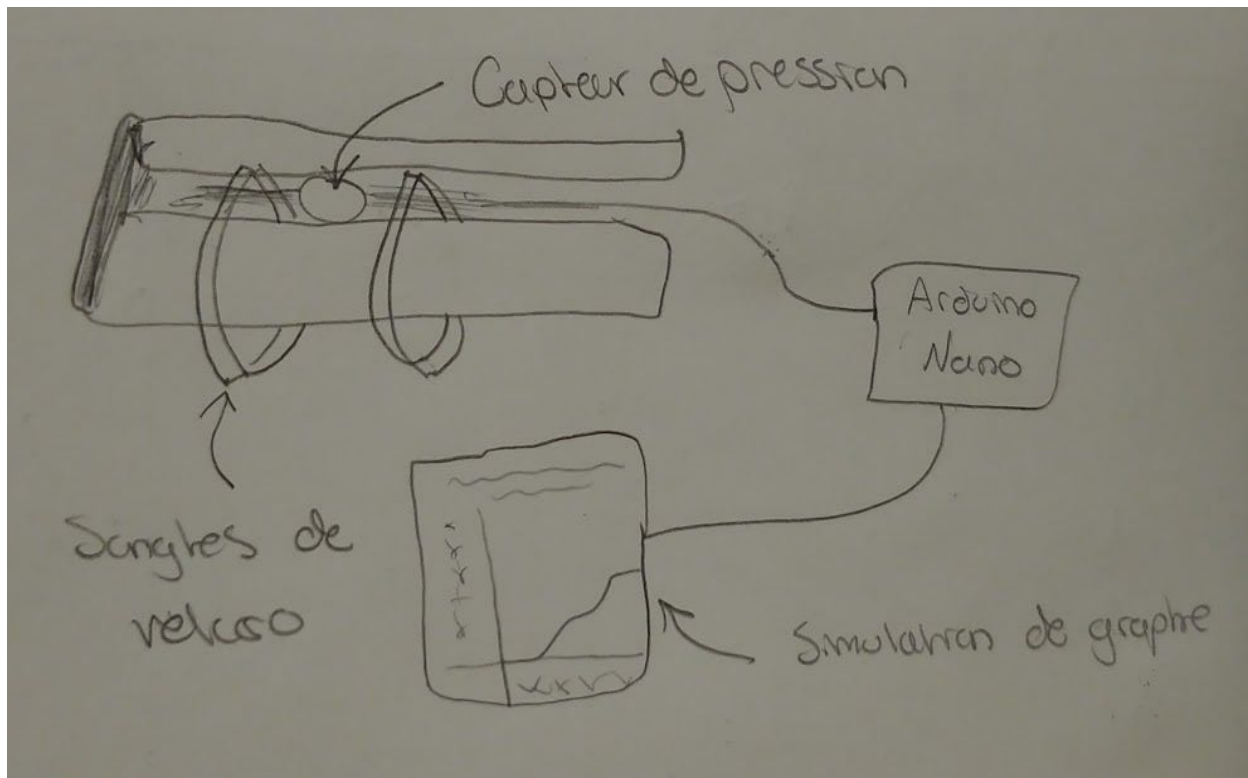
USB

ordinateur portable avec USB (Affiche un graphique et la pression)

2.5 Concepts de Elias Saab

2.5.1 Sous-système 1

2.5.1.1 Concept 1



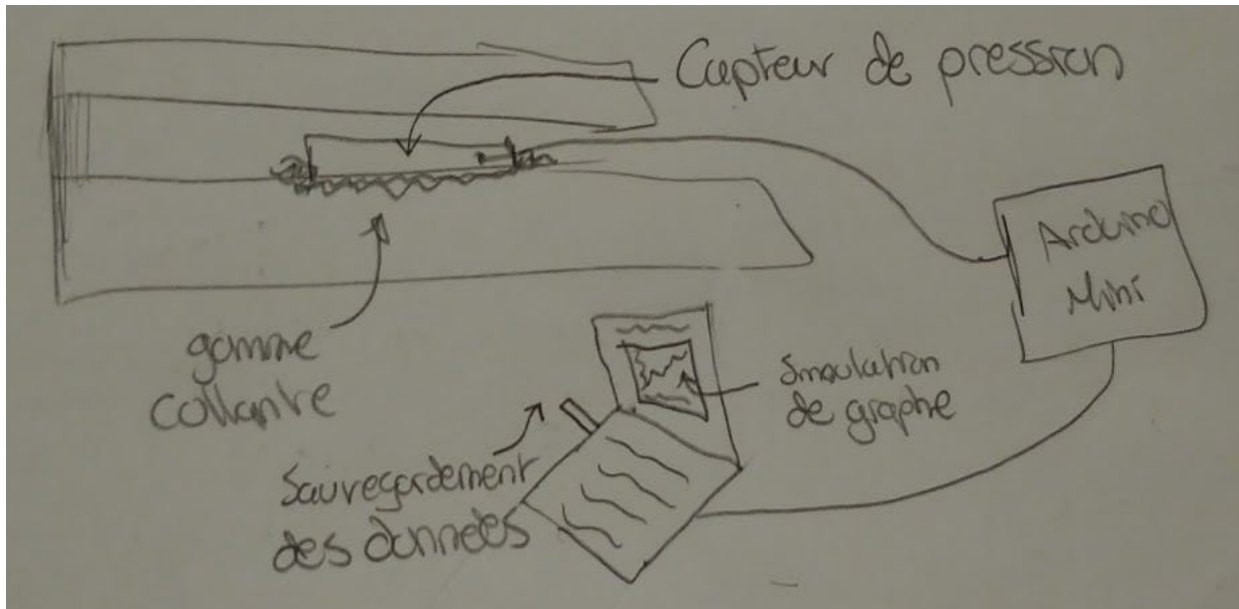
Avantages:

- Graphes simulé sur place
- Stable et ne se déplace pas grâce au sangles de velcro

Désavantages:

- Aucun sauvegardement des données
- Velcro amorti le son du piano

2.5.1.2 Concept 2



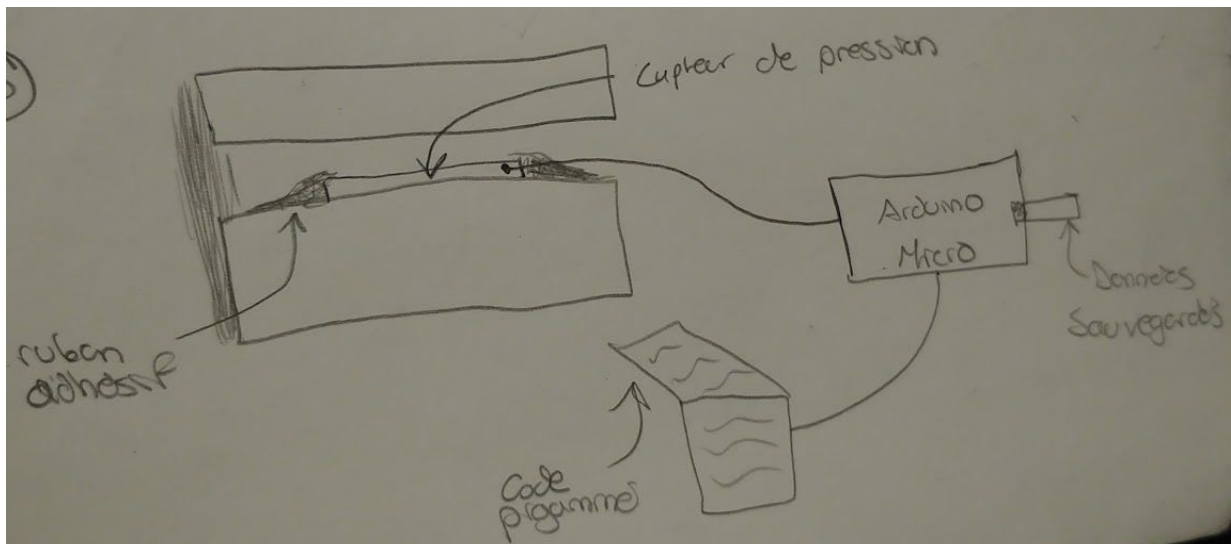
Avantages:

- Sauvegardement des données
- Gomme collante est peu affectif à la performance du piano
- Graphe simulé sur place

Désavantages:

- Gomme collante peut avoir de la difficulté d'enlever du piano et du capteur de pression
- Portabilité perturbé par le besoin d'un ordinateur et de la gomme collante

2.5.1.3 Concept 3



Avantages:

- Sauvegarde les données effectivement
- Ruban adhésif presque indétectable par le pianiste et enlèvement facile du piano
- La portabilité est augmenté par le besoin seulement d'avoir l'arduino et le capteur sur place avec le programme déjà dans l'arduino

Désavantages:

- Besoin d'une source externe de pouvoir sans l'ordinateur en utilisation
- Aucun graphe simulé sur place, les données sont enregistré pour convertir en graphe après l'expérience

3. Catégorisation des concepts

3.1 Sous-système : Senseur de pression

Après avoir discuté des pous et des contres et évalué les avantages et les désavantages de chaque concepts avec tous les membres de l'équipe nous avons choisis trois concepts globaux, parmi les 15 présentés ci-dessus. Ces trois s'agissent des meilleurs choix possibles puisqu'ils répondent aux critères de conceptions et par le faite même aux attentes et besoins du client.

- **Concept 2.1.1.3** : Capteurs multiples + Arduino Nano + Graphiques générés automatiquement.
- **Concept 2.3.1.2 combiné avec concept 2.4.1.2** : Un capteur de pression ultra mince + Arduino Nano + Afficheur digital + Graphiques générés automatiquement.
- **Concept 2.5.1.3** : Un capteur de pression installé avec du ruban adhésif + Arduino Nano + Graphiques générés automatiquement.

4. Combinaison des sous-systèmes

Cette partie consiste à ressortir et analyser les meilleurs éléments proposé par les membres de l'équipe pour le sous-système, soit le capteur de pression. D'après nous, les meilleurs éléments proposés pour répondre aux critères de conception sont les suivants :

Tout d'abord, le mécanisme nécessite un capteur de pression ultra mince comme mentionné dans le concept 2.3.1.2 de Muriel Maouad. D'ailleurs, Muriel proposait trois différents types de capteur dans ses concepts. Sur ce, le type de capteur idéal pour cette conception est le [Nitrip FSR402 type à résistance, capteur de pression à couche mince, force de détection, longue queue](#). Ce dernier nous permettrait de récolter la pression et la durée de cette pression sur une touche pour pouvoir ensuite répondre aux attentes de base du client. Il serait également préférable que le mécanisme puisse analyser la pression appliquer sur plus qu'une touche tel que proposé par Julie-Maude dans le concept 2.1.1.3. Toutefois, vue qu'un dispositif de détection demande déjà beaucoup de temps d'installation, il serait inutile d'en installer sur trop de touches. Ainsi, l'équipe a choisi d'en mettre sur au moins trois touches de distance par rapport au pianist varié. Ces capteurs seraient installés en majorité sous les blanches, mais aussi peut-être sur une touche noire afin de de recueillir le plus de données possibles.

De plus, dans le concept 2.2.1.1, Chris a proposé à de générer et afficher automatiquement les résultats sur un ordinateur à partir de l'arduino. À partir des techniques de programmation, il serait possible de générer des tableaux de résultats et possiblement les mettre en graphique. Les chercheurs pourront par la suite se servir de ces données sans qu'ils aient besoin d'avoir recours à ingénieur pour leur traduire les données et résultats fournis par les capteur.

Ensuite, les croquis et concepts proposés par Mario se rapprochent beaucoup de ce que l'on souhaiterait concevoir. Son premier concept, soit le concept 2.4.1.1, présente un capteur branché à un circuit construit sur un arduino. Selon son analyse, et étant donné les contrainte de dimension à l'intérieur d'un piano classique, l'espace étant très restreint, il est nécessaire d'utiliser un Arduino Nano en raison du fait qu'il est le plus petit dans sa catégorie.

Ensuite, dans ses concepts, Elias propose différentes manières de pouvoir fixer le mécanisme pour qu'il soit facilement déplaçable tout en étant stable lors de la cueillette de donnée. En fait, son concept 2.5.1.3 propose et illustre la meilleure manière de fixer le dispositifs à l'aide de matériaux adhésif varié. À titre de comparaison, nous avons pu déterminer qu'avec le ruban adhésive nous serons capables de réaliser cela en raison du fait que le velcro ainsi que la gomme adhésive n'ont pas pu remplir les conditions que nous recherchions.

Voici les trois concepts globaux que nous proposons, ces concepts rassemblent les idées de tous les membres de l'équipe :

Concept 1 :

- Arduino Nano (Concept 2.4.1.2);
- Ruban adhésif (Concept 2.5.1.3);
- 2-3 capteurs (Concept 2.1.1.3) de type Nitrip FSR402 (Concept 2.3.1.2);
- Ordinateur portable avec port USB (affiche un graphique du temps par rapport à la pression et affiche les données de pression calculées) (Concept 2.2.1.2).

Concept 2 :

- Arduino Nano (Concept 2.4.1.2);
- Douze capteurs de Pression à Couche Mince de type RP-S40-ST (Concept 2.1.1.3 et 2.3.1.1)
- Sangle de velcro (Concept 2.5.1.1);
- Ordinateur portable avec port USB (affiche un graphique du temps par rapport à la pression et affiche les données de pression calculées) (Concept 2.2.1.2).

Concept 3 :

- Arduino Nano (Concept 2.4.1.2);
- 5-10 capteurs (Concept 2.1.1.3) de type Nitrip FSR402 (Concept 2.3.1.2);
- Gomme collant (Concept 2.5.1.2);
- Données sauvegardées sur une clé USB directement d'Arduino pour afficher les données dans le futur (2.5.1.3).

5. Comparaison des systèmes globaux

Vert = 3 points

Jaune = 2 points

Rouge = 1 point

Critères de conceptions	Pondération	Concept 1	Concept 2	Concept 3
Le mécanisme est abordable	4	Prix bas	Prix élevé	Prix moyen
Le mécanisme est portable	3	Oui	Moyen	Moins
Le mécanisme est compact et indétectable (n'affecte pas l'égalité des touches du piano)	6	Oui le mécanisme est compact et indétectable	Plus il a de capteur moins le mécanisme est compact	Plus il a de capteur moins le mécanisme est compact
Le mécanisme a aucun effet sur le son émis par le piano	7	Très peu d'effet	Peu d'effet	Assez d'effet
Le mécanisme est durable	1	Moyen	Oui	Moins
Le mécanisme est stable et ne se déplace pas au touché	5	Moyen	Oui	Moins
Le mécanisme est facile à déplacer d'un piano à un autre	2	Oui	Moyen	Non
	Total	78	58	32

6. Concept choisi

Le concept choisi est le concept 1, car il devrait répondre à toutes les exigences de notre client en terme de coût, de discrétion, de durabilité et d'interprétation. En utilisant 2-3 capteurs de pression de type Nitrip FSR402 ou équivalent, nous serons capables de mesurer la pression ainsi que la durée pendant laquelle celle-ci est maintenue sur la touche. Nous avons décidé de ne pas utiliser plus de capteurs pour rendre le mécanisme plus facile à installer et désinstaller (déplaçable). Les capteurs étant très minces (moins de 2 mm) et l'arduino Nano étant le modèle le plus petit de sa catégorie, nous sommes confiants de créer un système assez petit pour rentrer dans la caisse de résonance sans que l'égalité des touches ne soit compromise et sans que notre mécanisme ne modifie la qualité du son émis. Enfin, les résultats vont être générés automatiquement et notre équipe vont les organiser à l'aide d'un programme pour que les chercheurs puissent les interpréter facilement, et par eux mêmes. Ainsi, la création de graphiques et de tableaux à l'aide des données recueillies, viendra boucler la boucle de notre conception, car notre client espère pouvoir réaliser ses travaux sans support externe (d'un ingénieur par exemple).

7. Conclusion

Finalelement, l'étape de conceptualisation est un processus essentiel à tout projet de conception, incluant le nôtre. Elle permet de concrétiser la manière dont nous allons répondre aux besoins et aux attentes de notre client en tenant en compte de l'énoncé du problème et des critères de conception établis préalablement. Les critères définis dans le livrable C nous ont permis de créer différents concepts, de manière individuelle, pour ensuite rassembler les meilleures idées proposées et former trois concepts globaux. Ces derniers sont le fruit de l'imagination de chacun des membres de l'équipe et la preuve qu'en équipe nous allons toujours plus loin. De ces concepts globaux, ayant été dûment analysés à l'aide d'une matrice, un concept final, soit le concept 1 est ressorti et c'est avec celui-ci que nous allons avancer pour la suite. Ce calendrier nous permet