

GANT PIANO

LA MUSIQUE AU BOUT DES DOIGTS

Un projet de Guillaume Dubois, Anaëlle Mangin et Arthur Cornet
Lycée Richelieu - Rueil Malmaison - Concours C Génial Lycée



Sommaire

INTRODUCTION

Un problème de taille	3
La naissance du Gant Piano	3
Comment fonctionne le Gant Piano ?	4
Pourquoi le Gant Piano ?	5
La construction du Gant Piano	6
- Matériel utilisé	
- Choix des composants	
- Programme	
- Schéma électrique	
- Assemblage et soudage sur le gant	
L'évolution du projet	12
Des partitions adaptées	13
Récompenses et partenariats	14
Notre groupe	15
De nombreuses possibilités d'évolution	16
Pour conclure	17

Lien vers la vidéo de présentation : <http://www.dailymotion.com/video/x3wmohq>

Un problème de taille

Notre groupe est composé de trois musiciens, deux pianistes et un guitariste. Nous nous sommes vite rendu compte qu'il était très facile pour le guitariste de partager sa musique, en transportant sa guitare où il le voulait. Par contre, cela s'avère plus compliqué pour les pianistes. Un piano est un instrument très lourd et encombrant, il est dur de le déplacer : à moins de se rendre dans un espace équipé d'un autre piano, un pianiste a peu de chance de pouvoir partager son art. Un pianiste serait-il donc condamné à garder sa musique pour lui-même ?

Notre groupe s'est donc confronté à une question délicate.

Comment jouer du piano sans piano ?

La naissance du Gant Piano

Nous avons eu l'idée de créer un produit qui pourrait permettre à n'importe qui de jouer du piano n'importe où et n'importe quand : le Gant Piano. Ce tout nouvel instrument de musique permet à celui qui l'utilise de jouer du piano, tout simplement en tendant la main devant lui et en bougeant les doigts en l'air.

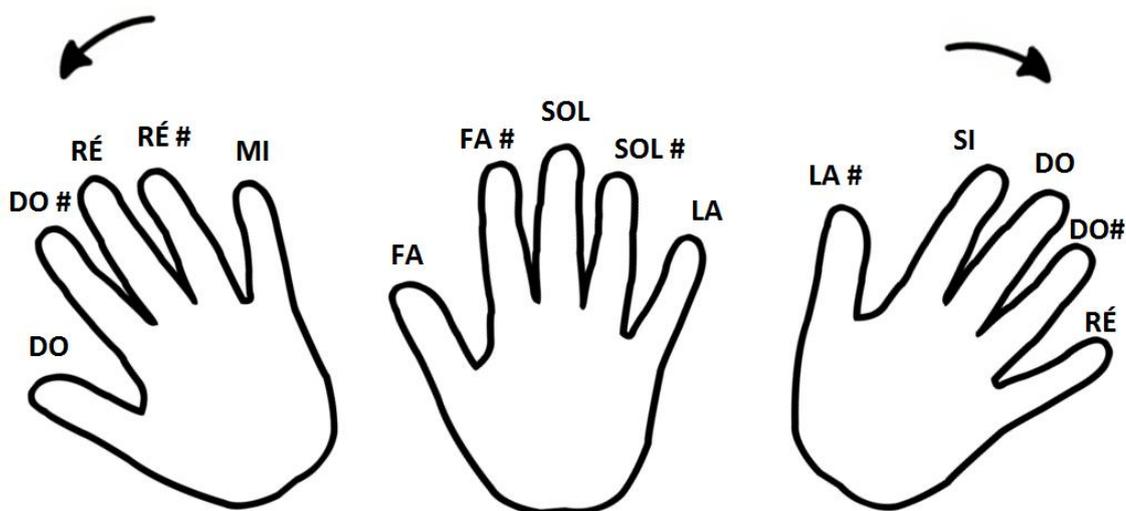


Nous avons eu l'occasion de donner vie à notre idée dans le cadre de notre TPE de première, puis pendant les heures dédiées au Projet Interdisciplinaire de Terminale.

Comment fonctionne le Gant Piano ?

Grâce à 5 interrupteurs à bille situés sur chacun des 5 doigts de la main, le Gant Piano permet de transformer le mouvement des doigts en musique sans besoin d'aucun support. Ainsi, lorsque l'utilisateur incline ses doigts en l'air, devant lui, des notes de piano sont émises (c'est en fait une sorte d'Air Piano).

Les interrupteurs à bille détectent une inclinaison supérieure à 90° et envoient un signal logique à une carte Arduino couplée à un shield «Musical Instrument» (sparkfun.com). Ce shield permet de synthétiser l'instrument et de générer la note désirée, et dispose d'une sortie jack afin de pouvoir brancher n'importe quel haut-parleur ou casque audio afin d'entendre les notes. Ainsi, chaque doigt permet de jouer une note différente.



Pour changer la hauteur des notes, il suffit de pencher la main vers la gauche pour des sons plus graves, et vers la droite pour des sons plus aigus (grâce à deux interrupteurs à bille situés à la base de la main).

De plus, en pressant le bouton **Instruments**, il est possible de modifier l'instrument joué par le Gant Piano. Six instruments sont disponibles :

Piano
Synthé

Xylophone
Hautbois

Orgue
Flûte de pan

Grâce au bouton **Mode de jeu**, l'utilisateur peut choisir entre 3 modes de jeu différents :

Mode mélodie

Chaque doigt joue une note simple.

Mode accords majeurs

Chaque doigt joue l'accord majeur parfait correspondant à la note simple.

Mode accords mineurs

Chaque doigt joue l'accord mineur parfait correspondant à la note simple.

Pourquoi le Gant Piano ?

Vous êtes un pianiste reconnu ou vous êtes désireux d'apprendre à jouer du piano ? Un véritable piano représente un investissement trop conséquent pour vous, et vous voulez pouvoir en jouer n'importe où afin d'impressionner votre entourage ? Le Gant Piano est fait pour vous !

Le Gant Piano capte vos mouvements de doigts et joue les notes correspondantes, tout ça avec une seule main !

« Mais nous n'avons que 5 doigts ! On ne peut alors jouer que 5 notes ? »

Et bien non ! Grâce à son fonctionnement ingénieux, le Gant Piano vous permet de jouer jusqu'à 15 notes, soit une plus d'une gamme complète incluant les dièses ! Pour cela, rien de plus simple, il suffit d'incliner la main vers la gauche pour des notes plus graves, et vers la droite pour des notes plus aiguës.

« Mais du coup je n'ai pas la possibilité de jouer des accords, comme sur un vrai piano ? »

Et bien si ! Le Gant Piano dispose de modes Accords majeurs et Accords mineurs, qui vont permettront comme leurs noms l'indiquent de jouer les accords parfaits majeurs et mineurs correspondants à chaque doigt.

« Impressionnant ! Je pense que je vais pouvoir revendre mon piano... »

Mais pas que ! Vous pouvez également revendre votre xylophone, votre orgue, votre synthé électronique, votre hautbois et votre flûte de pan, car le Gant Piano permet de jouer tous ces instruments !

« Ça va faire de la place dans ma maison... »

Le Gant Piano vous permet donc de jouer vos musiques préférées de manière originale où vous voulez, quand vous voulez, sans avoir à vous encombrer d'un vrai piano, et tout ça pour un prix très raisonnable.

La construction du Gant Piano

La construction du Gant Piano s'est articulé autour de trois grands axes : l'élaboration du programme, la conception du schéma électrique, et enfin la phase de soudage et la construction de notre prototype.

Pour faire un Gant Piano, il vous faut :

- 1 gant
- 1 carte Arduino Uno
- 1 Musical Instrument Shield de chez Sparkfun.com
- 7 interrupteurs à bille
- 1 pile 9V ou batterie
- Des boutons poussoirs
- Des fils électriques et des résistances

Choix des composants

- **La Carte Arduino, composant central du Gant**

Le choix d'une carte Arduino nous a semblé la meilleure solution pour de nombreuses raisons. Premièrement, en raison de sa simplicité d'utilisation : les soudages ne sont pas nécessaires pour relier les composants à la carte, ce qui donne la possibilité de changer de façon illimitée la place des sorties et des entrées. De plus, le langage de code utilisé pour programmer la carte Arduino est relativement simple à comprendre comme à écrire. Pour finir, de nombreux conseils sont accessibles sur Internet grâce à une communauté Arduino étendue.

- **Le Shield Sparkfun**

Le shield Sparkfun permet de synthétiser les notes jouées par le Gant Piano. Il fait ainsi plus que lire des fichiers audio stockés sur une carte, ce qui était la solution que nous avons retenue pour nos anciens prototypes, mais qui posait plusieurs problèmes. Tout d'abord, l'espace de stockage était assez limité et ne nous permettait donc pas de jouer différents instruments par exemple. Ensuite, le temps de réaction entre le mouvement du doigt et le moment où la note était jouée était trop important ; avec le shield, la réaction est immédiate. Enfin, le shield nous permet grâce à sa prise jack de brancher au Gant Piano un vrai haut-parleur, ou bien des écouteurs, afin d'avoir un son de meilleure qualité.

Les interrupteurs à bille

Le choix des capteurs devaient correspondre au type de mouvement à effectuer pour produire un son. Celui-ci étant une simple inclinaison des doigts, exactement comme sur un vrai piano, nous avons choisi d'utiliser des interrupteurs à bille (capteurs mesurant l'inclinaison grâce à une bille en mouvement à l'intérieur du mécanisme) plutôt que des accéléromètres par exemple (mesurant la vitesse de déplacement du doigt). De plus, contrairement aux accéléromètres, les interrupteurs à bille permettent de produire un son continu qui dure tant que le doigt est en position basse.

Programme

Le programme qui permet de faire fonctionner le Gant Piano a été écrit en langage Arduino. Il a beaucoup évolué au fil des versions, et le programme actuel est plutôt long (plus de 3000 caractères). En voici les grandes lignes :

```
pinMode(Pouce, INPUT);
pinMode(Index, INPUT);
pinMode(Majeur, INPUT);
pinMode(Annulaire, INPUT);
pinMode(Auriculaire, INPUT);
pinMode(Gauche, INPUT);
pinMode(Droite, INPUT);
pinMode(BoutonInstrument, INPUT);
pinMode(BoutonAccord, INPUT);
```

Voici les entrées dans le programme : on peut voir les 5 doigts, ainsi que les interrupteurs à bille captant les états Gauche et Droite (inclinaison de la main) et les boutons pour changer d'instrument et de mode d'accords.

```
EtatBI =
digitalRead(BoutonInstrument);

if (instrument == 3 && EtatBI !=
LastEtatBI)
{
  if (EtatBI == HIGH && LastEtatBI ==
LOW)
  {
    instrument = 11;
  }
  LastEtatBI = EtatBI;
}
```

Cette partie du programme permet de changer d'instrument : elle détecte un front montant du bouton instrument (différence entre l'état actuel du bouton « EtatBI » et son état précédent « LastEtatBI ») et passe alors de l'instrument 3 (le piano) à l'instrument 11 (le xylophone). Cette boucle est répétée 6 fois, pour les 6 instruments. Grâce à la détection du front montant et non simplement de l'état actuel du bouton, l'instrument ne change qu'une fois par pression, quelle que soit la longueur de cette pression. Cela permet de régler le problème du bouton sur lequel on resterait appuyé trop longtemps.

Remarque : certaines parties du programme sont coupées pour simplifier l'explication et la lecture, notamment ici les commandes « DigitalRead » pour chaque entrée.

Voici la boucle principale qui se répète de très nombreuses fois dans le programme (pour chaque doigt, puis pour chaque inclinaison et enfin pour chaque mode de jeu) : c'est celle-ci qui permet de jouer les notes.

```

if (ModeAccord == 0)
{
  if (EtatGauche == HIGH &&
  EtatDroite == LOW)
  {
    if (LastEtatP != EtatP)
    {
      if (LastEtatP == LOW && EtatP ==
      HIGH)
      {
        noteOn (0, 60, 60);
      }
      else if (LastEtatP == HIGH &&
      EtatP == LOW)
      {
        noteOff (0, 60, 0);
      }
      LastEtatP = EtatP;
    }
  }
}

```

- if (ModeAccord == 0) : condition qui lit la boucle en fonction de la valeur du mode accord parmi les trois suivants : 0 = pas d'accords, 1 = accords majeurs, 2 = accords mineurs. Ainsi, le Gant jouera ici des notes simples, sans accord.
- if (EtatGauche == HIGH && EtatDroite == LOW) : condition qui lit la boucle en fonction de l'inclinaison du Gant Piano ; ici, la boucle n'est lue que si le Gant est penché à gauche, et les notes jouées seront alors plus graves.
- if (LastEtatP == LOW && EtatP* == HIGH) : front montant qui permet de jouer la note uniquement si le pouce est penché (EtatP = HIGH si le pouce est penché et LOW si il ne l'est pas). Encore une fois, le front montant permet de ne jouer la note qu'une seule fois si le pouce est laissé appuyé.

**EtatP = Etat logique de l'interrupteur à bille situé au bout du Pouce*

- noteOn (0, 60, 60) : ordonne au shield (commande midi = 0) de jouer une note d'une hauteur de 60 avec une vélocité de 60 (valeurs définies par le shield : une hauteur de 60 correspond ici à un Do à 262Hz). De même, la fonction « noteOff » permet d'arrêter la note quand le doigt est relâché.

```

else if (ModeAccord == 1)
{
  if (EtatGauche == HIGH && EtatDroite ==
LOW)
  {
    if (LastEtatP != EtatP)
    {
      if (LastEtatP == LOW && EtatP == HIGH)
      {
        noteOn (0, 60, 60);
        noteOn (0, 64, 60);
        noteOn (0, 67, 60);
        noteOn (0, 72, 60);
      }
      else if (LastEtatP == HIGH && EtatP ==
LOW)
      {
        noteOff (0, 60, 0);
        noteOff (0, 64, 0);
        noteOff (0, 67, 0);
        noteOff (0, 72, 0);
      }
    }
  }
}

```

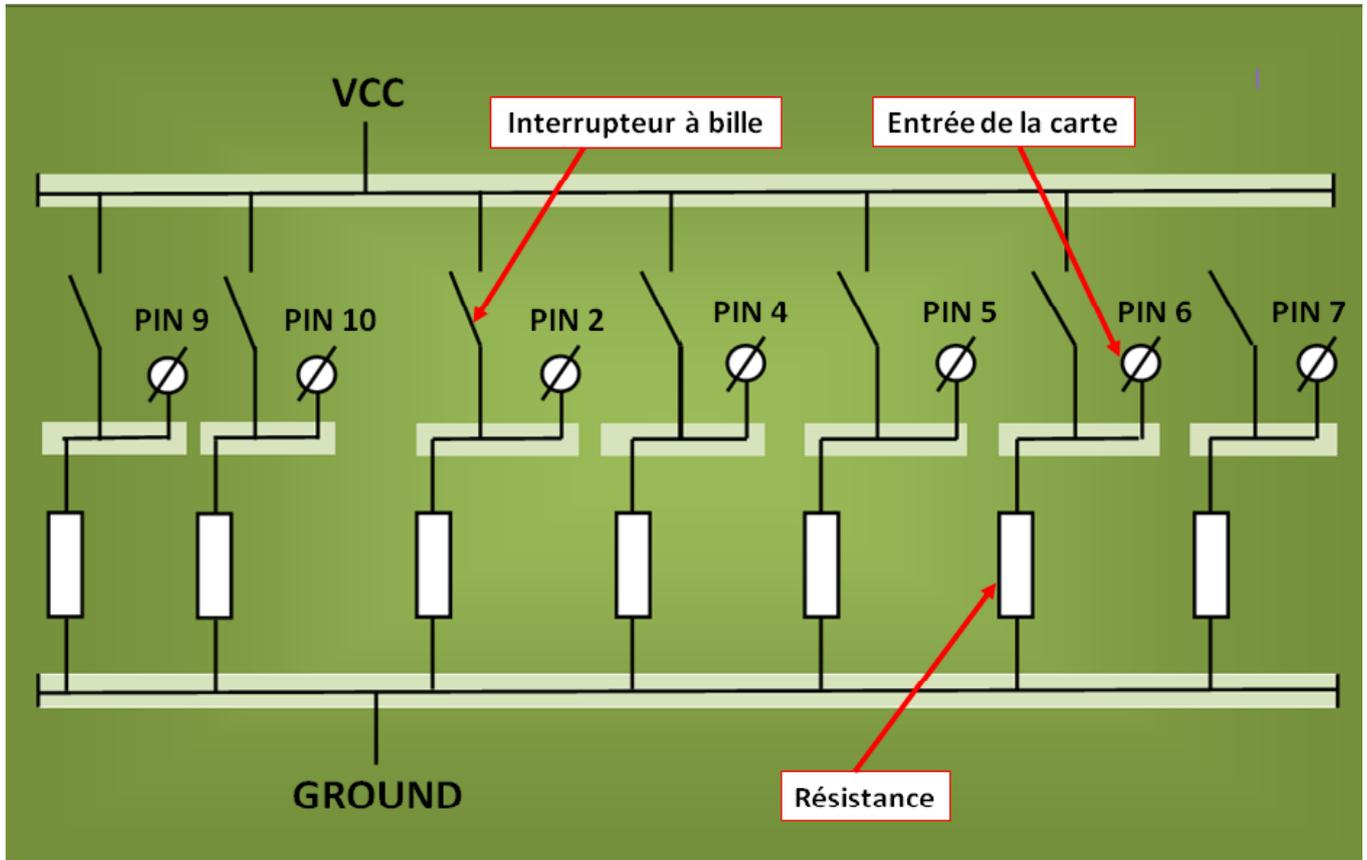
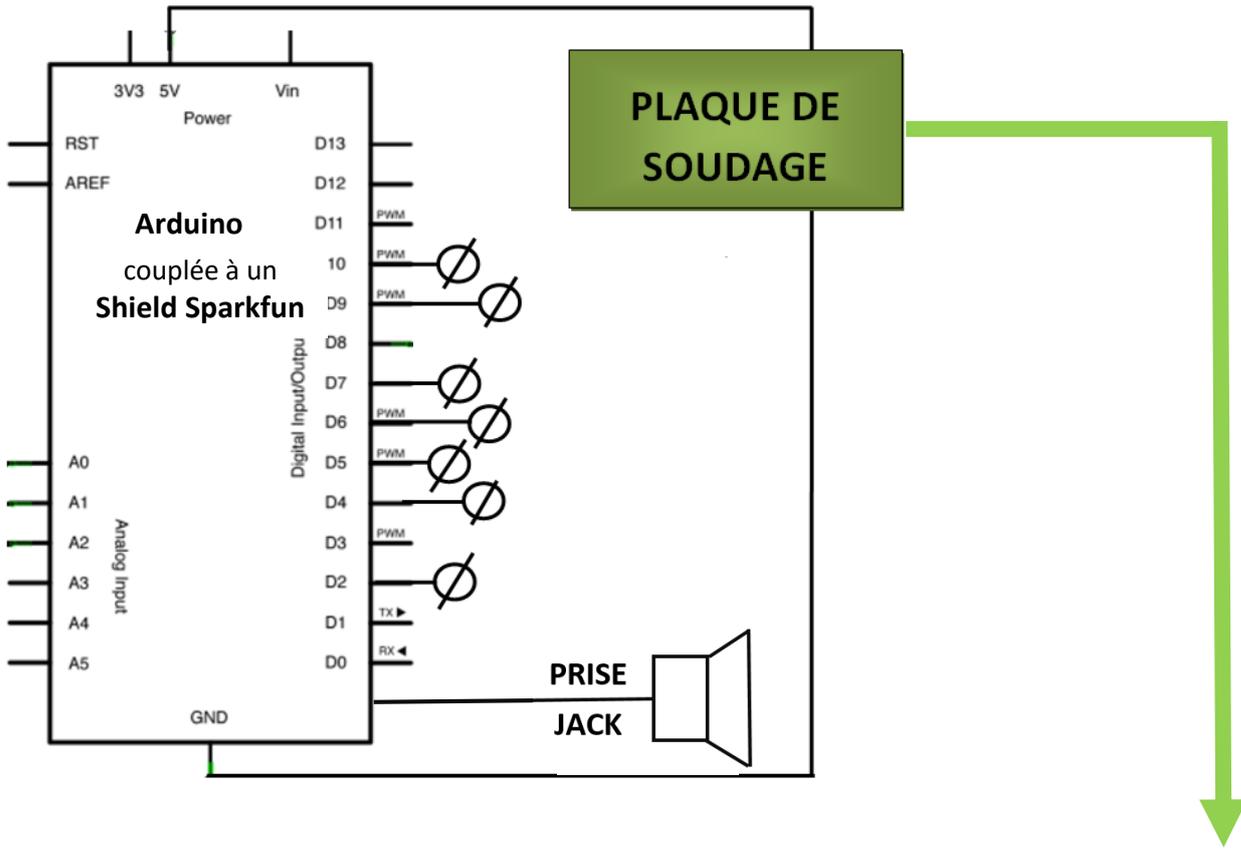
Enfin, cette boucle est quasiment similaire à la précédente, à la différence près qu'elle montre comment marche le programme en mode accord (ici majeur, car ModeAccord == 1).

On constate que le programme joue ici à l'inclinaison du pouce non pas une mais 4 notes, celles qui constituent l'accord majeur Do : Do3 (60), Mi3 (64), Sol3 (67) et Do4 (72).

Schéma électrique

Les sept interrupteurs à bille ont été reliés à la Carte Arduino et au shield selon le montage électrique présenté ci-dessous. Le son est obtenu en branchant un haut-parleur ou des écouteurs au shield Sparkfun. Des résistances ont également été rajoutée afin d'éviter l'apparition de faux contacts. Nous avons utilisé une plaque de soudage pour lier plus facilement les composants à la carte.

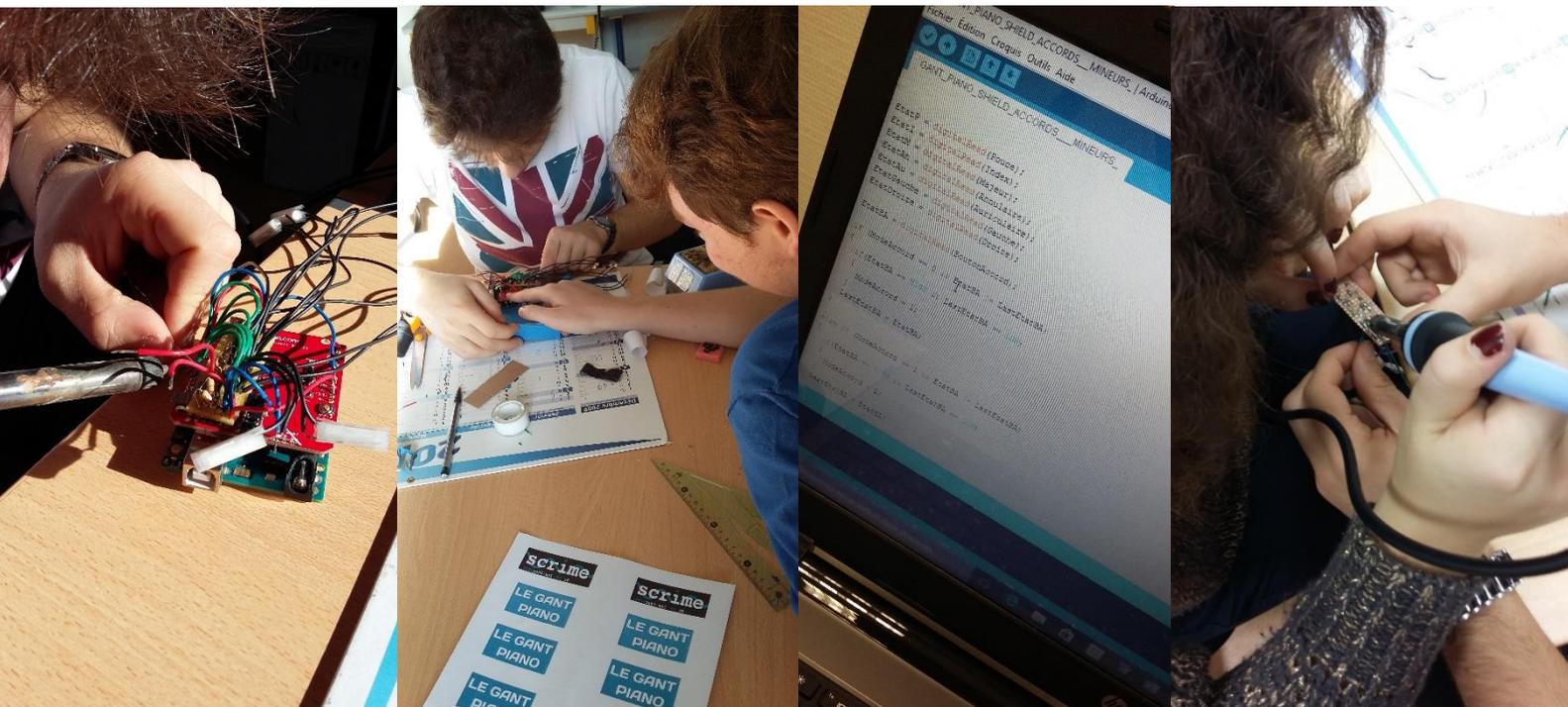
Les différents composants ont été reliés grâce à du fil souple, afin d'éviter les ruptures au niveau du montage.



Soudage et assemblage sur le Gant

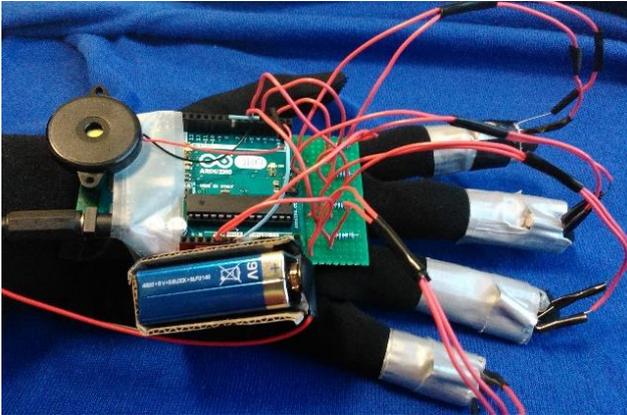
La première phase de manipulation suivant la réalisation du schéma électrique théorique est le soudage. Pour cela nous avons simplement suivi à la lettre notre schéma et soudé grâce à un fer à souder et un fil d'étain tout ce qui devait l'être.

Pour ce qui est de l'assemblage sur le gant, le défi était de réussir à obtenir un produit fini à la fois solide et ergonomique. Nous avons tout d'abord fixé la carte Arduino sur la plaque de soudage avec du scotch afin d'optimiser l'espace utilisé, puis nous avons collé la plaque sur le gant à l'aide de scotch double-face. Le plus dur était de fixer les inclinomètres sur les bouts des doigts sans que ceux-ci ne s'enlèvent lorsque l'on retire le gant, ce dernier n'étant pas rigide. Nous avons finalement décidé de coller au bout des doigts des fils de fers entourés de plastique, puis de coller les inclinomètres à ces anneaux avec du gros scotch. Le principal défaut de notre gant est tout de même sa fragilité : en effet, en raison des nombreux fils électriques et soudures, il n'est pas rare qu'une liaison se casse entre deux éléments. Ces cassures sont néanmoins facilement réparables.

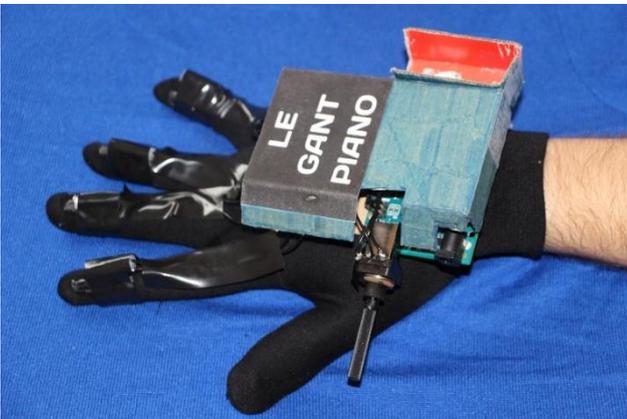


L'évolution du projet

Le projet du Gant Piano a beaucoup évolué au fil des mois et des différents concours. La version actuelle est le fruit de nombreuses évolutions.



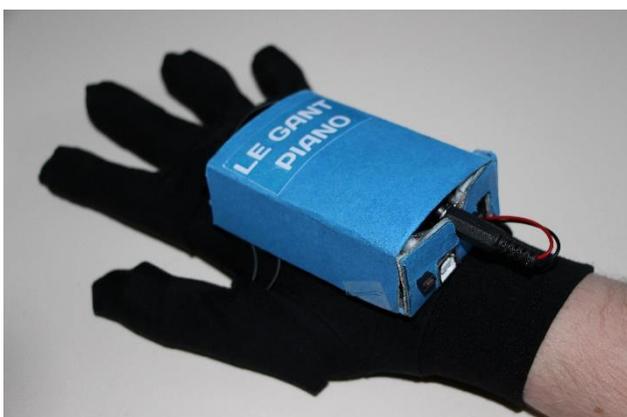
La première version du gant, présentée au TPE, est la plus simple : seulement 4 notes jouables grâce à 4 interrupteurs à billes situés au bout des doigts, avec un son électronique généré par la carte arduino et joué par un piezo buzzer.



Dans cette version, nous avons tenté de répondre au problème du manque de notes : le potentiomètre placé sur le pouce permet de changer de gamme, donnant accès à 8 notes.



Ce gant est bien plus ergonomique, le potentiomètre est remplacé par deux interrupteurs à billes à la base du poignet, ce qui permet de changer de gamme de façon bien plus ergonomique et intuitive, et donne accès à 15 notes.

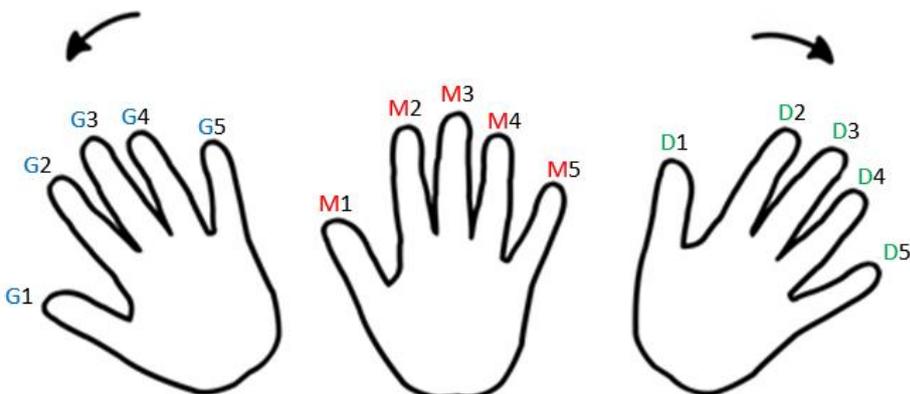


La version actuelle est la plus aboutie : elle se rapproche au mieux des performances d'un vrai instrument de musique. L'ajout du shield Sparkfun sur la carte arduino permet de générer des sons de 6 instruments différents, et d'un mode accord, accessibles via deux boutons situés à l'arrière du gant. La taille du boîtier a également été réduite.

Des partitions adaptées

Nous avons imaginé un système de partitions adaptées au Gant Piano, qui permettent à n'importe quel utilisateur de jouer ses musiques préférées sans nécessairement maîtriser le solfège.

A chaque position de la main (Gauche, Milieu, Droite) correspond une lettre : **G**, **M** ou **D**.



GANT PIANO	G	M	D
1	Do	Fa	La#
2	Do#	Fa#	Si
3	Ré	Sol	Do
4	Ré#	Sol#	Do#
5	Mi	La	Ré

A chaque doigt de la main correspond un chiffre : 1 pour le pouce, 2 pour l'index, 3 pour le majeur, 4 pour l'annulaire et 5 pour l'auriculaire.

Nous obtenons ainsi un système de lecture très intuitif, qui permet de reproduire rapidement n'importe quelle mélodie ou accompagnement : pas la peine d'apprendre par cœur une série de position !

Exemple de partition pour Gant Piano :

G1 G1 G1 M1 M1 M3 M3 D3 M5 M1
Allons enfants de la Patri - i - e

M1 M5 M1 G3 D1 M3 G5 M1
Le jour de gloire est a - rri - vé !

Récompenses et partenariats

Nous avons eu l'occasion de présenter notre projet lors de divers concours lycéens ou étudiants. Pour commencer, nous avons participé aux Olympiades des Sciences de l'Ingénieur ; après avoir remporté la première place lors des Olympiades académiques de Versailles, le Gant Piano a atteint la seconde marche du podium aux Olympiades Nationales.



Suite à ce concours, nous avons réalisé un stage dans un institut spécialisé : le SCRIME (<http://scrimelabri.fr/blog/gant-piano/>). Le SCRIME est un studio basé à Bordeaux spécialisé dans le développement de produit associant informatique et musique. Ce stage nous a permis d'améliorer considérablement notre prototype : une meilleure qualité de son, plusieurs instruments, la possibilité de jouer des accords...



En janvier, nous avons défendu notre projet lors de la finale du concours du MOC, organisé par le CITC. Ce concours est un concours international ouvert aux étudiants qui souhaitent défendre leur projet d'objet connecté. Le Gant Piano reçoit le prix INRIA, ainsi que le prix coup de cœur du jury.

Participer à ces différents concours a été moteur pour le projet.

Notre groupe

Nous sommes des lycéens de 17 ans, scolarisés dans le Lycée Richelieu à Rueil Malmaison. Chacun d'entre nous souhaite continuer ses études dans la filière scientifique ; nous pensons tous les trois à faire une école d'ingénieur après une prépa scientifique. Le projet du Gant Piano nous a permis de découvrir d'un peu plus près la démarche d'un ingénieur lors de la conception d'un produit. Par souci d'efficacité, chacun de nous s'est intéressé à un aspect particulier de la conception. Nous avons également pu nous occuper de la communication autour du projet, ce qui a été très enrichissant.



Anaëlle Mangin

Anaëlle, féministe engagée, défend les droits des femmes ingénieures. Elle a géré à la fois le circuit électrique et la communication.



Arthur Cornet

Arthur, c'est un peu le geek du groupe. Il s'est principalement occupé du programme. Il a tout de même un côté musicien : il est guitariste.



Guillaume Dubois

Guillaume, surnommé Guigui-les-doigts-de-fée, est un pianiste émérite. Du coup, il scotche, soude et câble à la perfection.



De nombreuses possibilités d'évolution

Le Gant Piano est un projet qui a déjà beaucoup évolué, mais de nombreuses améliorations sont encore possibles.

Une application dédiée

Notre principal objectif est de créer une application dédiée au Gant Piano, qui proposerait à l'utilisateur une large bibliothèque de partitions, qui permettrait de choisir entre de nombreux instruments, de personnaliser son mode de jeu... et de rendre le produit encore plus attrayant.

Des capteurs différents

La position de la main peut être contraignante : en effet, même si elle correspond à celle d'un piano, on est tout de même obligé de garder la main droite pour jouer du Gant Piano. C'est pourquoi nous envisageons de remplacer les interrupteurs à bille par des capteurs de flexion, ce qui permettrait de jouer dans n'importe quelle position et en plus de rajouter des nuances (le volume de la note augmenterait en fonction de la vitesse de mouvement du doigt).

Un meilleur design

A long terme, il serait possible de créer un boîtier plus résistant, plus ergonomique et plus esthétique. Miniaturiser les composants permettrait également de réduire la taille du boîtier.

Pour conclure

L'objectif du projet Gant Piano est donc de permettre à n'importe qui de jouer de la musique n'importe où et n'importe quand, à travers des solutions techniques simples : des capteurs placés sur les doigts et le poignet. Le Gant Piano permet ainsi à un utilisateur de garder sa musique à portée de main.

Ce projet a été très enrichissant pour notre groupe. Nous avons pu suivre la démarche d'un ingénieur lors de la conception d'un produit dans son intégralité. Il nous a permis à la fois d'appliquer les méthodes vues en cours de sciences de l'ingénieur mais aussi d'acquérir de nouvelles connaissances dans des domaines variés : la programmation, l'électronique et l'électricité. De plus, la partie de manipulation et de création a grandement contribué à rendre ce projet si intéressant et agréable pour nous.

Les perspectives d'évolution de ce projet sont importantes : nous espérons pouvoir continuer à le développer au fil de l'année, peut-être à travers des organismes spécialisés comme le Hardware Club, mais aussi l'année prochaine avec le TIPE, en classe préparatoire scientifique.

En conclusion, la question « Comment jouer du piano sans piano » a désormais une réponse simple : le Gant Piano.



GANT PIANO

Lien vers la vidéo de présentation : <http://www.dailymotion.com/video/x3wmohq>