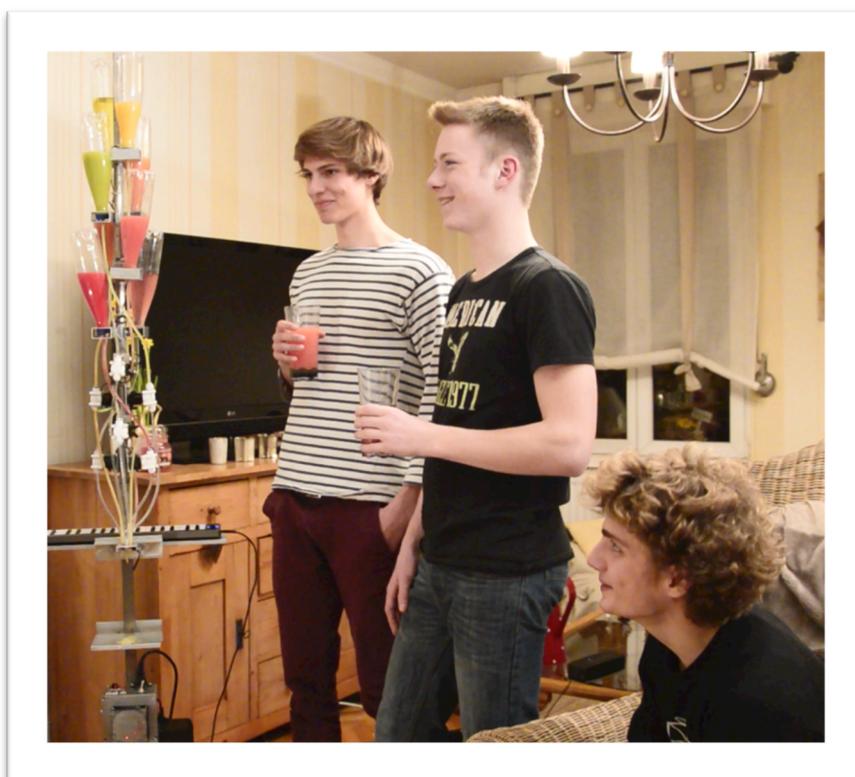


Bellemin-Laponnaz Valentin
Gueib-Picard Paul
Knobloch Romain

Concours C.Génial Lycée 2016

Le Pianocktail



Lycée Marie Curie de Strasbourg :

La Proviseure,
Helena COSTA



Sciences à l'École



C.gENIAL

Fondation pour la culture
scientifique et technique

académie
Strasbourg



Sommaire

Introduction

Etapes de conception du pianocktail

- 1) Comment délivrer un volume donné d'un liquide ?
- 2) Comment alimenter notre système de manière sécuritaire ?
- 3) Comment contrôler notre système ?
- 4) Comment analyser la note jouée par le piano et commander l'ouverture de l'électrovanne correspondante ?
- 5) Comment agencer astucieusement les différents éléments de notre pianocktail ?

Conclusion et Perspectives

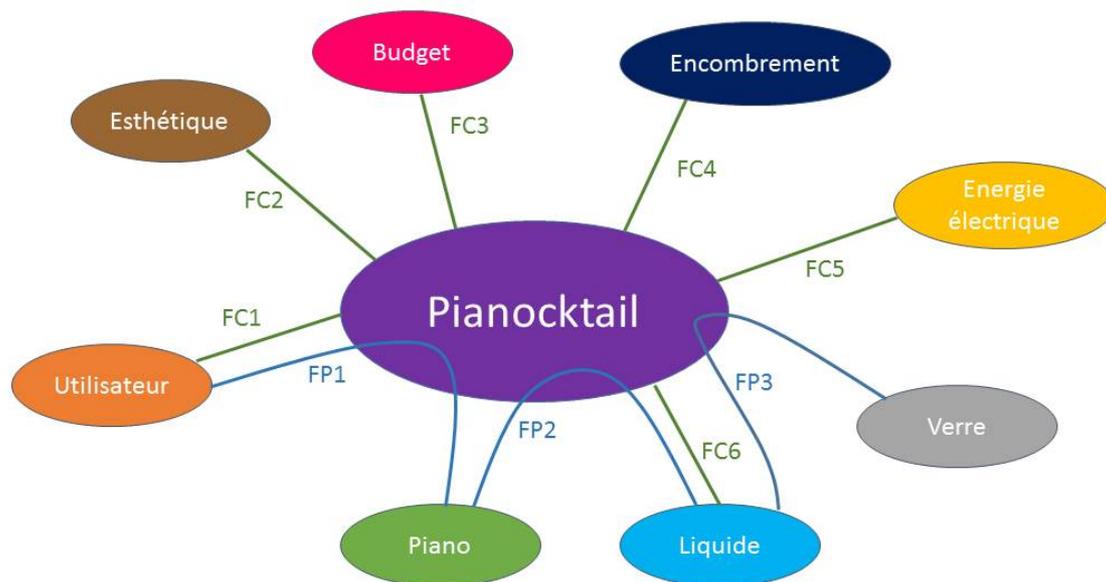
Remerciements

Résumé du projet

Introduction

Le pianocktail est un objet imaginaire qui relève de la synesthésie (mise en relation de deux sens) et qui est décrit dans le roman *L'Écume des Jours* de Boris Vian. C'est un instrument de musique qui crée un cocktail en accord avec la musique jouée sur le clavier d'un piano. L'objectif de notre projet est de réaliser un pianocktail, tel qu'il est décrit dans un passage du livre *L'Écume des jours*.

Nous avons choisi de réaliser une version électronique du pianocktail, alimentée sur le secteur. Pour nous aider dans la réalisation de ce projet, nous avons composé un diagramme en pieuvre, qui récapitule les fonctions principales (FP) et les fonctions de contrainte (FC) du pianocktail.



FP1 : Analyser la note jouée par l'utilisateur

FP2 : Faire correspondre la note jouée à un liquide

FP3 : Déverser un volume donné d'un liquide donné

FC1 : Protéger l'utilisateur

FC2 : Être esthétique

FC3 : Coût abordable du projet

FC4 : Limiter la place du système et permettre son transport

FC5 : Alimentation sur le secteur

Etapes de conception du pianocktail

1) Comment délivrer un volume donné d'un liquide ?

En premier lieu, nous avons cherché à trouver un système permettant de résoudre la troisième fonction principale : nous cherchons un système capable de délivrer une quantité d'un liquide donné.

Nous avons pensé à mettre au point un bras robotisé qui tourne autour d'un axe et aspire une quantité définie de liquide dans une bouteille donnée. Nous avons finalement abandonné l'idée d'un tel système car il s'avère trop complexe et trop coûteux à mettre en œuvre.

Nous avons ensuite pensé à un système décentralisé, où chaque liquide serait associé à un moyen de prélèvement. Nous avons essayé d'utiliser des pompes. Or, le seul modèle assez bon marché que nous avons trouvé n'était pas suffisant pour prélever une quantité minimale de liquide.

Nous avons alors pensé à utiliser des électrovannes, ou vanne commandée électriquement (cf. fig. 1). Lorsque l'électrovanne est alimentée (fig. 2), la bobine se comporte alors comme un aimant et attire un pointeau métallique. Le passage de l'eau est donc rendu possible.

Schéma en coupe d'une électrovanne non alimentée (fig. 1)

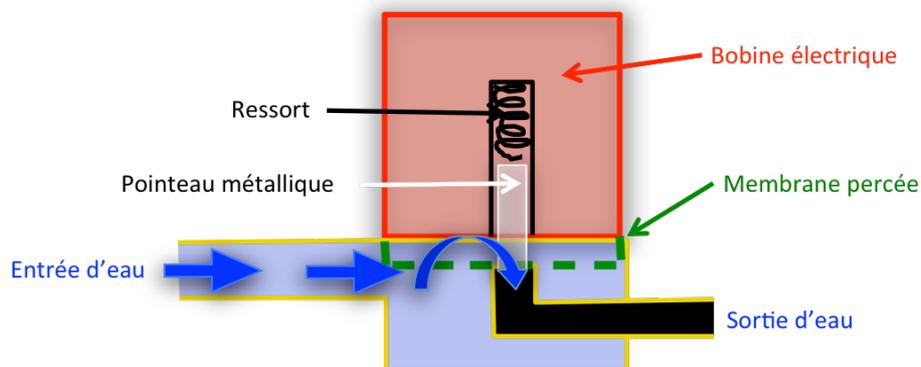
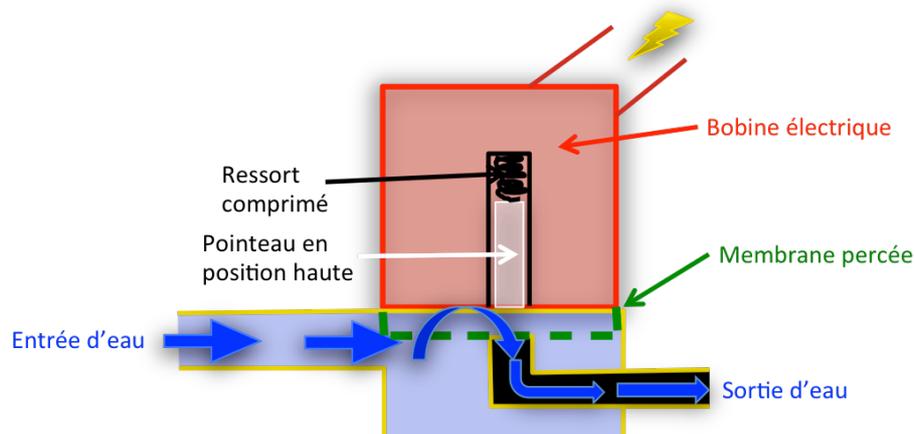


Schéma en coupe d'une électrovanne alimentée (fig. 2)



2) Comment alimenter notre système de manière sécuritaire ?

Les électrovannes que nous avons achetées nécessitent d'être alimentées en courant continu de 24V avec une intensité de 0,200 00 A. Nous calculons alors la puissance demandée lorsque les 8 électrovannes seront ouvertes au même moment :

La puissance en Watts est égale à $U \cdot I$ (U =tension en Volts et I =intensité en Ampère). La puissance demandée par une électrovanne est donc de :

$$P_{\text{Electrovanne}} = 24 \cdot 0,2 = 4,8 \text{ W}$$

La puissance demandée par 8 électrovannes ouvertes simultanément est de :

$$P_{\text{totale}} = P_{\text{Electrovanne}} \cdot 8 = 4,8 \cdot 8 = 38,4 \text{ W}$$

Nous avons donc choisi d'alimenter les 8 électrovannes avec un transformateur d'une puissance de 60 W et délivrant un courant continu de 24V. Ce transformateur est suffisamment puissant pour alimenter les 8 électrovannes, même quand elles sont ouvertes simultanément.

Afin de rendre, le système sécuritaire, nous avons utilisé des fusibles. Les fusibles permettent d'ouvrir le circuit en cas de trop forte intensité demandée. L'intensité maximale demandée est de $8 \cdot 0,2 = 1,6$ A. Nous avons donc choisi un fusible de 2A, placé à la sortie du transformateur.

3) Comment contrôler notre système ?

Nous cherchons un système capable de contrôler l'ouverture des électrovannes en fonction de la note jouée.

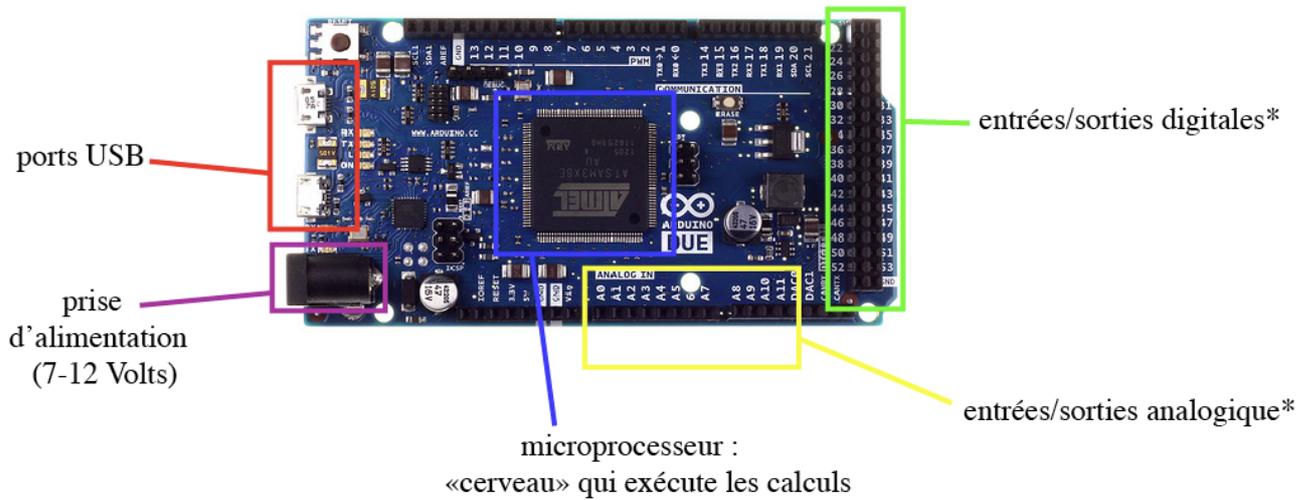
Dans un premier temps nous avons eu l'idée de créer un circuit entièrement analogique connecté à un piano. Nous pensions intégrer un interrupteur à chaque touche du piano. Ce dernier permettrait de fermer le circuit de l'électrovanne et actionner le système de libération du liquide. Ainsi, il n'y aurait aucun recours à un système de programmation. Cette idée a été abandonnée car plus difficile à mettre en œuvre.

Nous avons alors acheté un clavier MIDI (Musical Instrument Digital Interface), instrument électronique utilisé dans la Musique assistée par Ordinateur ou MAO (voir partie suivante). Nous cherchions un système capable d'analyser le signal MIDI et de déterminer la note jouée. Pour ce faire nous avons décidé d'utiliser un microcontrôleur de marque Arduino.

Ce microcontrôleur dispose de ports USB (cf. fig.3) et sera donc capable de recevoir et traiter le signal MIDI envoyé par le piano. Il dispose également de broches digitales et analogiques qui peuvent être utilisées à la fois comme des sorties ou bien comme des entrées, et qui peuvent délivrer un courant de 3.3V ou de 5V. Dans notre cas, nous les utiliserons comme des sorties digitales délivrant un courant de 5V. Ces sorties contrôleront l'ouverture des électrovannes.

L'Arduino va donc nous permettre de commander les électrovannes à partir du signal envoyé par le piano. Le signal MIDI, qui est un signal binaire (composé d'octets) va être transmis à l'Arduino par un port USB. Un programme présent sur le microcontrôleur va analyser ce signal et déterminer la hauteur de la note. Il va ensuite faire correspondre cette note à une des 8 électrovannes. Pour déverser le liquide correspondant, le microcontrôleur alimentera la sortie pendant une durée déterminée. L'électrovanne, alors alimentée, s'ouvrira, et le liquide s'écoulera.

Photographie de l'Arduino (fig.3)



Un autre problème s'est ensuite posé : Comment est-il possible de commander les électrovannes qui nécessitent d'être alimentées en 24V avec un microcontrôleur qui ne délivre qu'un courant continu de 5V.

Nous avons alors pensé à utiliser des relais électromécaniques (cf. fig.5), qui sont des composants électriques utilisés pour séparer un circuit commande (courant continu 5V de l'Arduino) d'un circuit de puissance (courant 24V des électrovannes). Il fonctionne de manière mécanique : le courant de commande alimente une bobine électrique (cf. fig. 4), qui va donc générer un champ magnétique à travers la palette. Celle-ci va déplacer une fine lamelle de cuivre, qui entrera en contact avec une autre lamelle. De ce fait, le circuit puissance sera fermé. Ce composant électronique est très performant dans l'amplification d'un signal électrique. Nous avons trouvé une seule limite aux relais : à l'inverse des transistors, il ne tiennent pas compte de la tension du courant à amplifier. En effet, il ne joue que le rôle d'interrupteur sur le circuit puissance. Cependant, cette fonction suffisait pour notre utilisation.

Schéma de fonctionnement d'un relais (fig. 4)

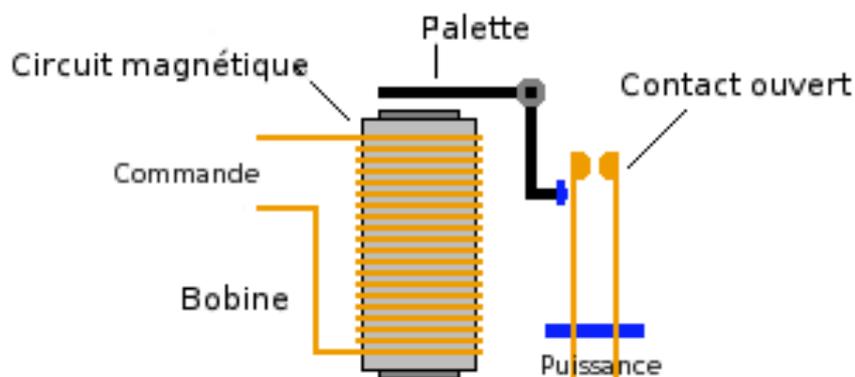
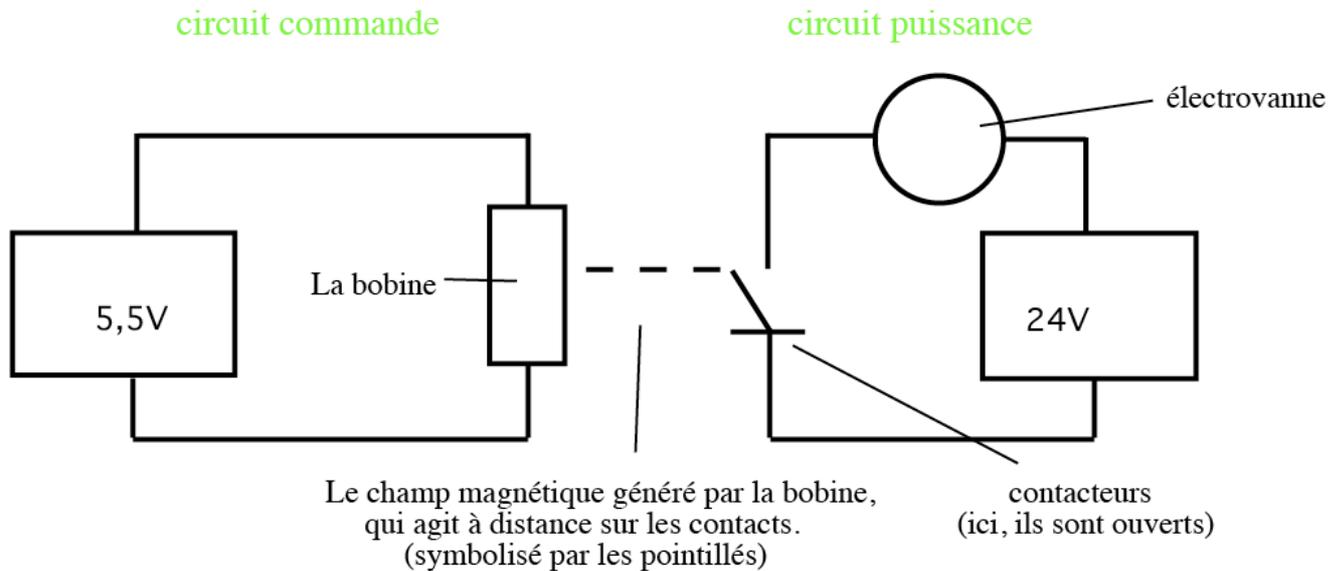


Schéma d'utilisation du relais dans notre pianocktail (fig. 5)



4) Comment analyser la note jouée par le piano et commander l'ouverture de l'électrovanne correspondante ?

Notre piano envoie un signal MIDI (Music Instrument Digital Interface).

La norme MIDI est très utilisée en MAO. Elle permet de dissocier le son de la mélodie. Cela permet d'enregistrer la mélodie dans un premier temps pour ensuite travailler le son en choisissant un instrument dans le logiciel, comme par exemple un son de piano, trompette, ou violon. Lorsque nous appuyons sur une touche du piano, ce dernier envoie une information MIDI. Le MIDI est un protocole de communication numérique. Lorsque que l'on appuie sur une touche, trois octets d'informations sont envoyés.

- *Command Byte* (Octet de commande)
- *Note Byte* (Octet de hauteur)
- *Velocity Byte* (Octet de vitesse)

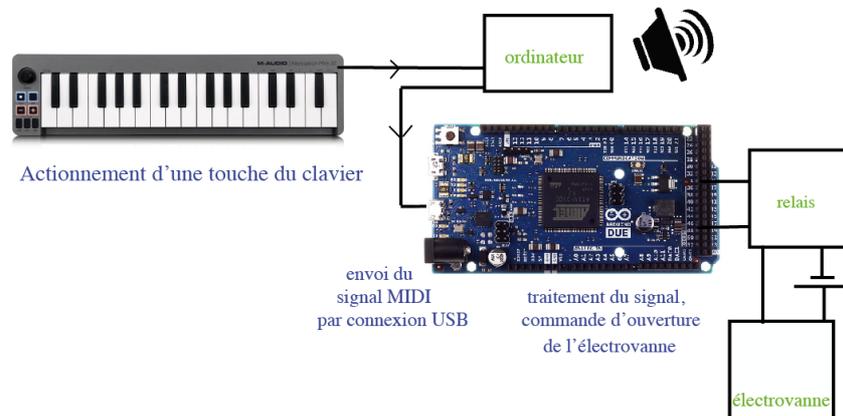
Le premier octet (*Command Byte*) informe sur le type d'information qui est envoyé. Par exemple, lorsqu'une note commence à être jouée, le piano envoie un octet de commande renseignant qu'une note commence à être jouée.

Le deuxième octet (*Note Byte*) donne une information sur la hauteur de la note jouée. Cet octet peut prendre une valeur variant de 0 à 127. Ainsi, le signal MIDI permet de jouer les notes comprises sur les 10 octaves d'un piano. Par exemple, la note DO de la troisième octave correspond à octet de hauteur égale à 60.

Le troisième octet (*Velocity Byte*) envoie l'information de la force avec laquelle la touche du piano a été frappée. Cet octet peut prendre une valeur comprise entre 1 et 127. Si le pianiste appuie faiblement sur la touche, l'octet aura une valeur proche de 1. En revanche, s'il appuie fortement, la valeur se rapprochera de 127.

Nous avons ensuite cherché un moyen de faire parvenir l'information MIDI du piano jusqu'à notre Arduino, tout en reproduisant le son de la mélodie jouée. Nous avons choisi d'utiliser un ordinateur portable (cf. fig. 6) en tant qu'intermédiaire. Il permet à la fois d'alimenter le microcontrôleur *via* un câble USB et de reproduire le son du piano par le biais des hauts parleurs. Le signal MIDI sera ensuite envoyé à l'Arduino pour être analysé.

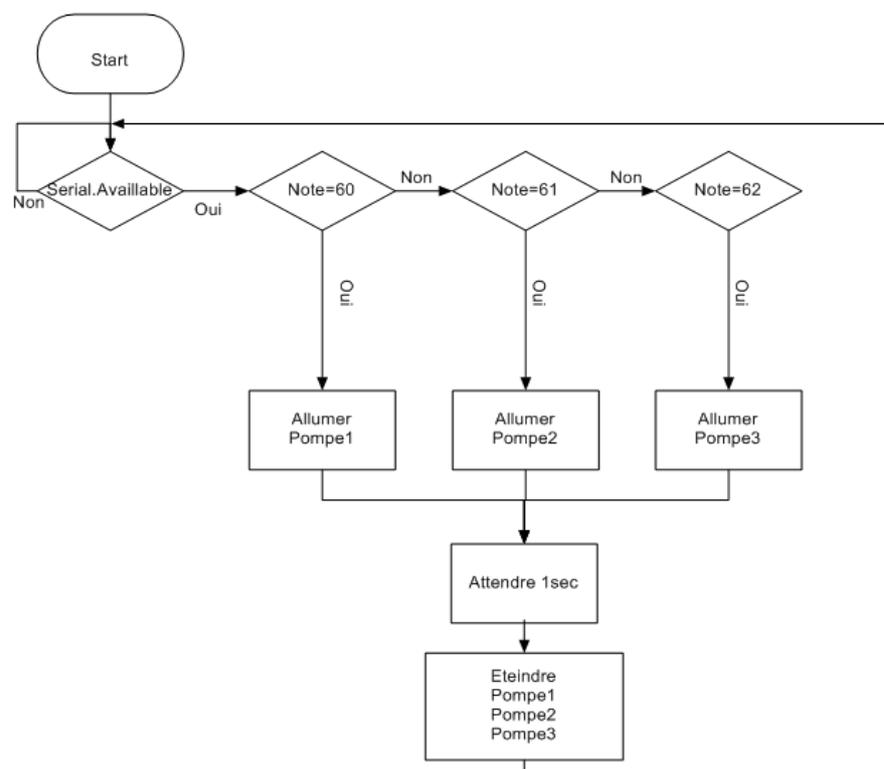
Schéma du trajet du signal MIDI dans notre pianocktail (fig. 6)



Afin de d'analyser le signal MIDI envoyé par le piano, et de faire correspondre à chaque note l'ouverture d'une électrovanne, nous avons dû créer un programme à partir de l'Arduino. Ce programme doit être capable d'extraire l'information de la note du signal MIDI et de faire correspondre à chaque note l'ouverture d'une électrovanne.

Nous avons choisi de représenter l'organigramme simplifié (pour 3 notes) du programme (cf. fig. 7)

Organigramme du programme de l'Arduino (fig. 7)



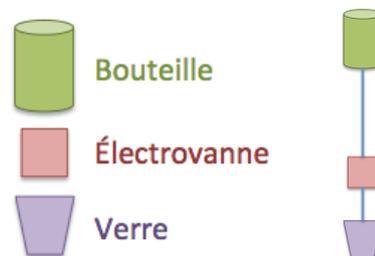
Dans un premier temps, l'Arduino exécute en boucle la fonction *Serial.Available*, qui regarde en temps réel si une information MIDI lui a été envoyée. Si c'est le cas, le programme va regarder s'il s'agit d'une note égale à 60, ainsi elle allumera la pompe n°1. Sinon, elle regardera si c'est une note égale à 61, et allumera la pompe n°2, etc. Le programme attendra 1 seconde avant de fermer toutes les sorties et stopper l'écoulement du liquide. Notre pianocktail ne fonctionne que pour les notes allant de 60 à 68, c'est à dire pour l'octave 3 d'un piano. Si la note ne correspond à aucune note comprise entre 60 et 68, le programme reprend à la fonction *Serial.Available*.

5) Comment agencer astucieusement les différents éléments notre Pianocktail ?

La force qui permet au liquide de s'écouler dans le verre est la force de pesanteur. Il faut donc que le liquide possède de l'énergie potentielle de pesanteur par rapport au verre de cocktail. Il faut pour cela que la bouteille se situe plus en hauteur que le verre.

Nous avons par la suite cherché l'agencement qui permettrait le meilleur débit des électrovannes. Ainsi, la durée d'ouverture de l'électrovanne sera la plus courte possible et le cocktail sera créé avec une durée la plus proche possible de la durée pendant laquelle la mélodie est jouée. Nous avons donc mesuré l'évolution du débit d'écoulement en fonction de différents paramètres (cf. fig. 8). Pour mesurer le débit, nous avons mesuré le volume en mL de liquide écoulé en 60 secondes. Nous avons ensuite divisé cette valeur par 60 pour obtenir le débit en mL/s.

Schéma du dispositif expérimental (fig. 8)



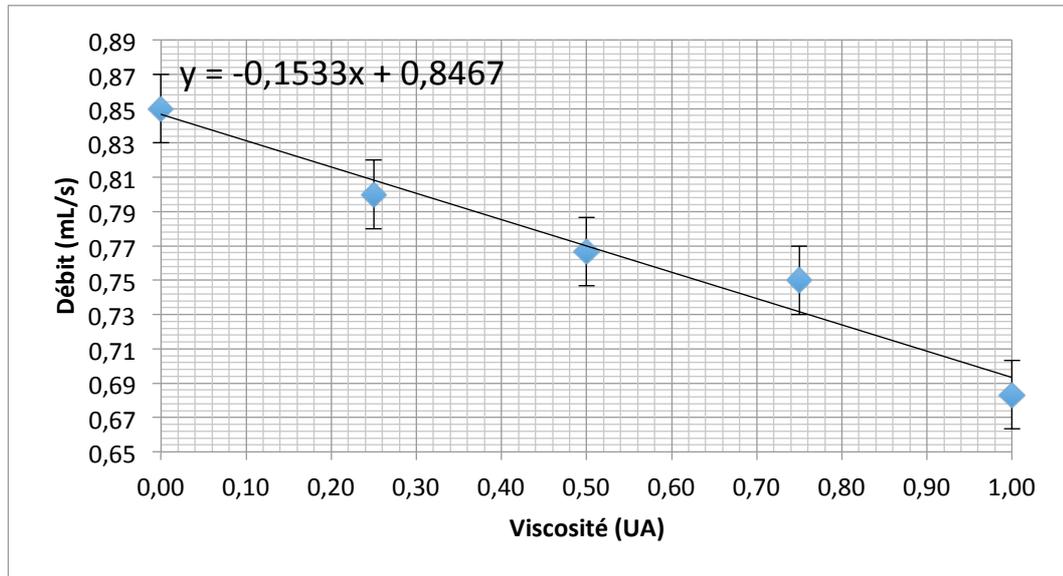
Nous avons premièrement testé l'évolution du débit en fonction de la viscosité du liquide qui s'écoule. Pour cela nous avons réalisé des solutions de viscosité différentes.

Afin de quantifier la viscosité d'une solution, nous avons créé une échelle adaptée à notre expérience. Nous sommes partis de deux liquides purs de viscosité différente : l'eau et le nectar de fruits. Afin de tester la viscosité de ces deux liquides, nous avons fait couler une goutte de chaque liquide sur un plan incliné de 32,2° sur une distance de 30 cm. La goutte d'eau est descendue en 28 secondes et le nectar en 53 secondes. Nous avons donc pu déduire que le nectar est un fluide plus visqueux que l'eau, puisque les frottements avec le plan incliné sont plus importants. L'eau étant le liquide le moins visqueux que nous avons utilisé, nous lui avons donné une valeur de 0 UA (Unité Arbitraire) sur notre échelle. À l'inverse le nectar étant le liquide le plus visqueux de ceux que nous avons utilisés, il correspond à la valeur 1 UA. Pour les valeurs intermédiaires de cette échelle, nous avons considéré qu'une solution composée d'un volume de nectar et d'un volume d'eau possédait

une viscosité de 0,5 UA. De la même façon, nous avons réalisé des solutions de viscosité 0,25 UA et 0,75 UA.

Nous avons mesuré le débit dans nos tuyaux en fonction de la viscosité du liquide et nous avons obtenu le graphique suivant :

Évolution du débit d'écoulement en fonction de la viscosité du liquide (fig. 9)



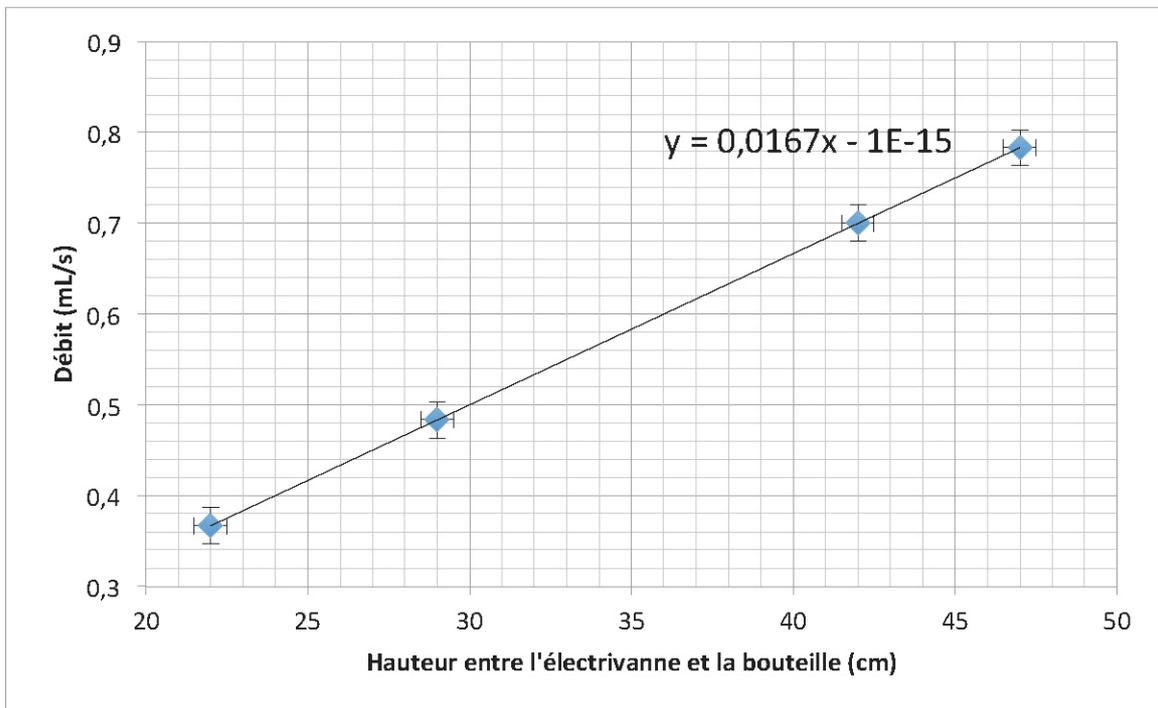
Paramètres fixes de l'expérience : Hauteur électrovanne-bouteille : 47cm
Hauteur électrovanne-verre : 5cm
Tuyaux complètement verticaux

Nous avons tracé la courbe de modélisation, qui est une droite d'équation $y = -0,1533x + 0,8467$. Nous pouvons donc en déduire que le débit diminue lorsque la viscosité du liquide augmente. Par exemple, lorsque la viscosité passe de 0,5 UA à 1 UA, le débit diminue de 12% (il passe de 0,77 mL/S à 0,68 mL/s)

Nous avons ensuite étudié l'évolution du débit en fonction de la hauteur entre l'électrovanne et la bouteille. Pour cela, nous avons réalisé des mesures de débit avec des hauteurs de tuyau liquide différentes entre les électrovannes et les bouteilles.

Nous avons obtenu le graphique suivant :

Évolution du débit d'écoulement en fonction de la hauteur entre les bouteilles et les électrovannes (fig. 10)



Paramètres fixes de l'expérience : Liquide utilisé : eau
Hauteur électrovanne-verre : 5cm
Tuyaux complètement verticaux

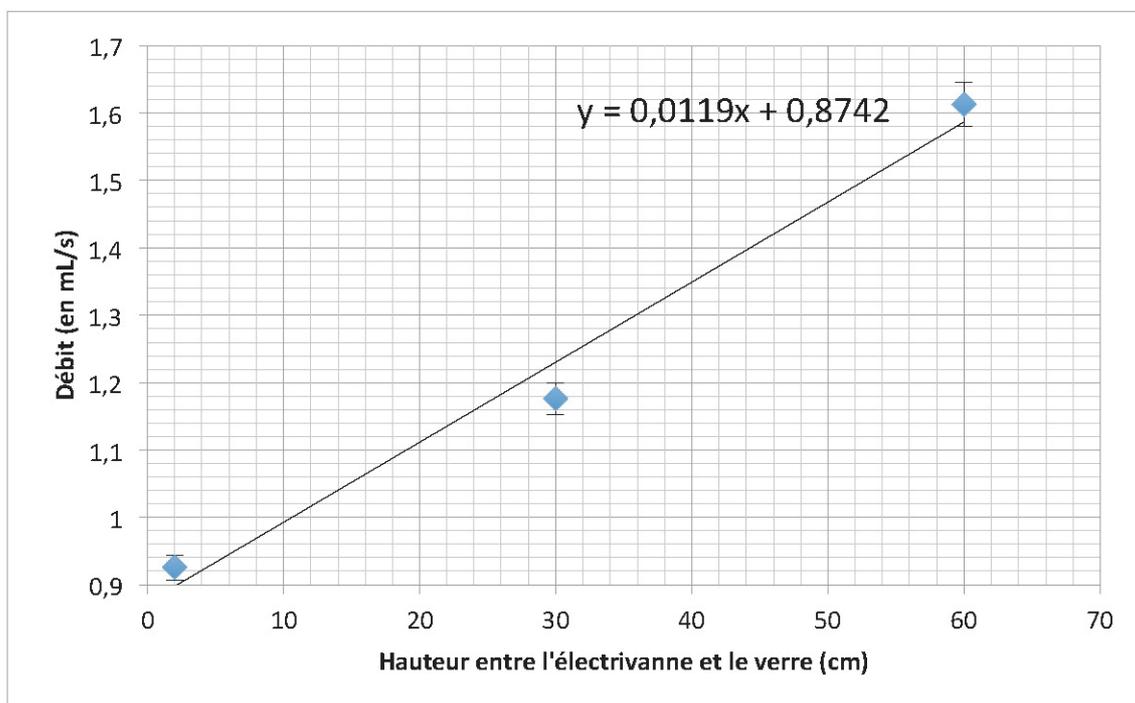
Nous avons tracé la courbe de modélisation, qui est une droite d'équation $y=0,0167x - 1E-15$. Nous pouvons donc en déduire que le débit augmente lorsque la hauteur entre l'électrovanne et la bouteille augmente. Par exemple, lorsque cette hauteur passe de 22 cm à 42 cm, le débit augmente de 19% (il passe de 0,63 mL/s à 0,75 mL/s).

Nous avons ensuite testé l'évolution du débit en fonction de la hauteur entre l'électrovanne et le verre de cocktail. Pour cela, nous avons réalisé des mesures de débit avec des valeurs différentes de hauteurs entre les électrovannes et les bouteilles. Pour cette expérience, nous avons mesuré la durée pendant laquelle 100 mL de liquide se sont écoulés. Nous avons ensuite divisé 100 par ce temps pour obtenir le débit en mL/s.

Nous obtenons le graphique suivant :

Évolution du débit en fonction de la hauteur entre les électrovannes et le verre de cocktail

(fig. 11)



Paramètres fixes de l'expérience : Liquide utilisé : eau

Hauteur bouteille-électrovanne : 40 cm

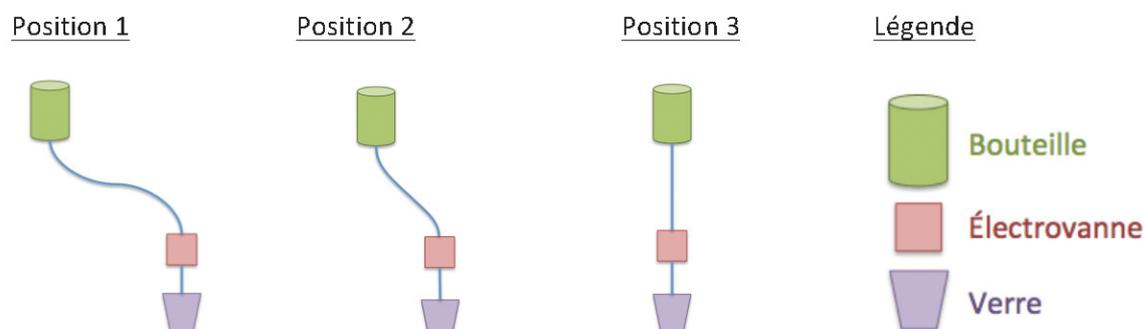
Tuyaux complètement verticaux

Nous avons tracé la courbe de modélisation, qui est une droite d'équation $y=0,0119x + 0,8742$. Nous pouvons donc en déduire que le débit augmente lorsque la hauteur entre l'électrovanne et le verre augmente. Par exemple, lorsque cette hauteur passe de 2 cm à 60 cm, le débit augmente de 75 % (il passe de 0,923 mL/s à 1,613 mL/s).

Nous avons enfin testé l'évolution du débit d'écoulement de l'électrovanne en fonction de la courbure du tuyau reliant les bouteilles aux électrovannes.

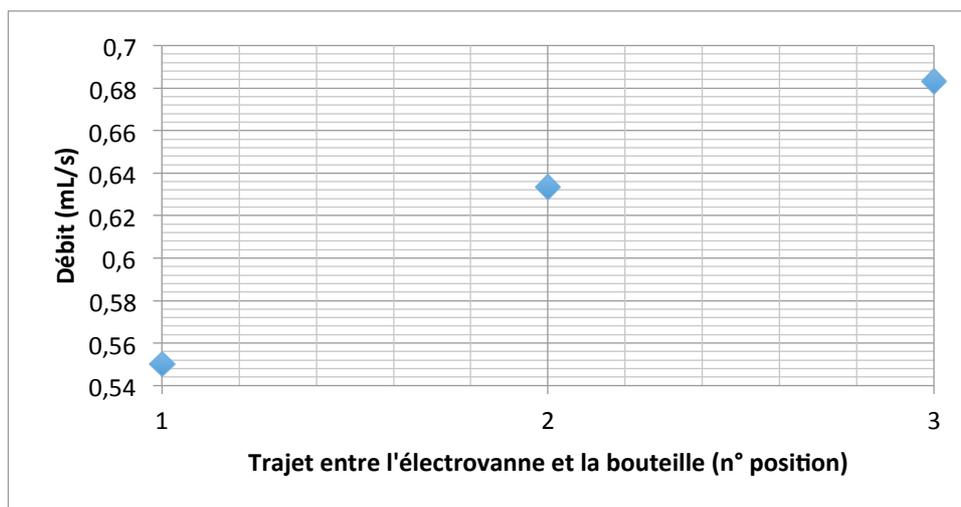
Nous avons mesuré le débit d'écoulement de l'électrovanne pour trois trajets d'inclinaisons différentes (représentés par les positions 1 à 3 sur la fig. 12)

Croquis des trois positions de l'expérience (fig. 12)



Nous avons obtenu le graphique suivant :

Évolution du débit en fonction de l'inclinaison du tuyau entre la bouteille et l'électrovanne
(fig. 13)



Paramètres fixes de l'expérience : Hauteur bouteille-électrovanne : 40 cm
Hauteur électrovanne-verre : 5 cm
Liquide utilisé : eau

Nous en avons déduit que l'écoulement est maximal lorsque le tuyau reliant la bouteille à l'électrovanne n'est pas coudé.

Grâce à toutes ces expériences, nous avons pu déterminer les critères nécessaires à un écoulement optimal du liquide dans l'électrovanne.

Nous avons remarqué que la hauteur entre l'électrovanne et le verre est un paramètre important pour que l'écoulement soit maximal. Nous avons testé ce paramètre en deux expériences distinctes. Ce résultat s'explique par le fait que lorsque la hauteur entre l'électrovanne et le verre est importante, la hauteur de la colonne de liquide augmente, tout comme le débit de l'électrovanne. Sur notre pianocktail, nous avons donc choisi une hauteur maximale entre l'électrovanne et le verre. Pour des soucis de fabrication, cette hauteur n'est pas constante pour toutes les électrovannes, mais les différences ne sont pas significatives. La hauteur entre l'électrovanne et le verre est en moyenne de 80 cm.

Nous avons également remarqué que la viscosité du liquide utilisé influe sur le débit d'écoulement de l'électrovanne. Le débit est plus important lorsque les liquides sont peu visqueux. Nous avons donc choisi de diminuer la viscosité des liquides utilisés : dans la mesure du possible, nous n'utilisons pas de jus avec des résidus. Lorsque les boissons semblent trop visqueuses, nous les diluons avec de l'eau. De ce fait, nous préservons l'état des électrovannes, car celles-ci s'obstruent souvent suite au passage de résidus.

Finalement, nous avons remarqué que le trajet du tuyau entre la bouteille et l'électrovanne influe sur le débit d'écoulement de l'électrovanne. Le débit est maximal lorsque le trajet du tuyau est rectiligne. Nous avons ainsi conçu une structure en forme de mât permettant un écoulement optimal. En effet, les tuyaux sont rectilignes. De plus, notre structure présente l'avantage d'être facilement transportable et démontable.

Conclusion et Perspectives

En nous inspirant du roman *L'écume de jour* de Boris Vian nous avons réussi à concevoir et construire le pianocktail. Finalement, l'instrument répond à nos attentes. En effet, il est bien possible d'obtenir un cocktail en accord avec la mélodie jouée sur le piano, comme en parlait Boris Vian dans *L'Écume des jours*.

Afin de rendre notre système plus performant nous gardons en tête quelques modifications qui pourraient lui être apportées telles que :

- L'utilisation d'une *Raspberry Pi* (nano-ordinateur) pour remplacer l'ordinateur et l'Arduino.
- Le développement d'un interrupteur permettant de lancer un programme de purge du pianocktail.
- L'extension de notre pianocktail aux autres octaves du clavier en utilisant un nombre plus important d'électrovannes.
- En enfin, la création d'un programme capable d'analyser les harmonies de la mélodie jouée, afin de pousser la synesthésie à son paroxysme.

Remerciements

Nous tenons particulièrement à remercier Mr Chauvel, professeur de physique au lycée Marie Curie, qui a cru en notre projet et qui nous a accompagnés, tant par son support que par ses conseils tout au long de sa conception.

Ce projet également a reçu le soutien de Mario Bolcato, ingénieur chez Thompson et de Benoît Heinrich, ingénieur de recherche au CNRS.

Résumé du projet

Le pianocktail est un instrument de musique imaginé par Boris Vian dans son livre *L'Écume des jours*. Cet instrument apparenté à un piano permet de créer un cocktail en accord avec une mélodie jouée. La problématique de ce projet est de réaliser un pianocktail sur le modèle décrit par Boris Vian, système faisant correspondre à une note jouée une boisson définie. Nous avons pour ce faire utilisé un piano électronique. Celui-ci envoie un signal MIDI contenant l'information de la note, à un ordinateur, qui reproduit le son. Ce dernier retransmet immédiatement ce signal MIDI à un microcontrôleur Arduino, qui l'analyse grâce à un programme. Le microcontrôleur impulse ensuite un signal électrique à l'une des huit électrovannes, reliées à des récipients contenant les boissons. Pendant cette durée, le liquide correspondant à la note jouée s'écoule dans un verre. Ainsi, le système conçu permet la création d'un cocktail à partir de la mélodie jouée sur un piano.