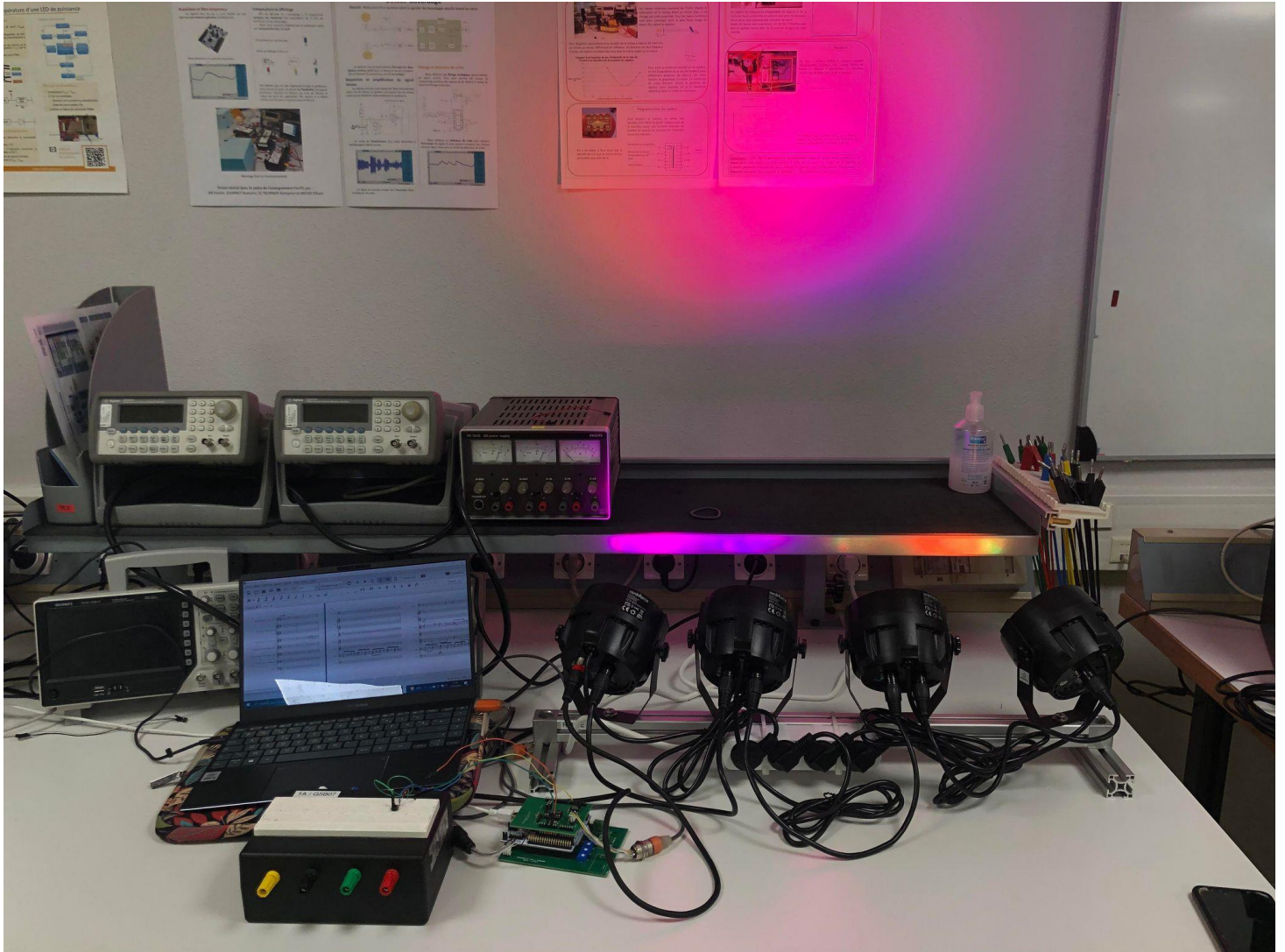


PROJET IETI : BEATBOX AND LIGHT



Par Elisa DESSENNE, Marie FONDANÈCHE,
Marie PÉTOLAT, Jimeng ZHOU

Lien de la vidéo de démonstration: <https://youtu.be/hbW7VNJ6qkM>

Sommaire

1. Introduction
 - a. Présentation générale
 - b. Problématique
 - c. Cahier des charges
2. Découpage fonctionnel
 - a. Protocole MIDI
 - b. Protocole DMX
 - c. Carte Nucléo
3. Réalisation du prototype - schémas électriques
4. Réalisation du prototype - algorithmes
 - a. Principe de fonctionnement général
 - b. Traitement du signal MIDI
 - c. Ambiance
 - d. Envoi des données en DMX
5. Validation et caractérisation du système final
6. Gestion de projet et conclusion

1. Introduction

a. Présentation générale

Dans le marché d'aujourd'hui, il existe de nombreuses applications qui marient le son à la lumière. Ce type d'application permet d'analyser le rythme de la musique et ensuite crée un effet de lumière personnalisé pour chaque son. Pendant ce projet d'IÉTI, nous cherchons à comprendre le fonctionnement du système lumière-son afin de développer un dispositif qui pourra apporter une animation avec les spots de lumière en direct à partir d'une musique choisie par l'utilisateur.

b. Problématique

Lors de ce projet, nous cherchons à récupérer les notes jouées dans la musique choisie qui concerne à utiliser le protocole MIDI. Ensuite, il faut donner des indications de liaison couleur-note aux spots de lumière à la sortie. Les indications sont réalisées par le protocole DMX. Nous allons aussi connecter ces deux parties par une carte Nucleo avec de la programmation informatique en C embarqué.

c. Cahiers des charges

Notre dispositif conçu sera capable de réaliser les fonctions suivantes :

- Générer un signal lumineux à partir d'un signal sonore sous format MIDI
- Prédéfinir certaines palettes de couleurs qui correspondent aux différentes ambiances
- Communiquer avec l'utilisateur
- S'adapter aux consignes de l'utilisateur
- Doit être ergonomique et simple d'utilisation (interface simple et non besoin de toucher au câblage, etc)
- Limiter la fréquence de changement de couleur
- Limiter le nombre de branchement et de câbles

2. Découpage fonctionnel

Selon les différents fonctionnements, nous pouvons regrouper le dispositif total en trois parties.

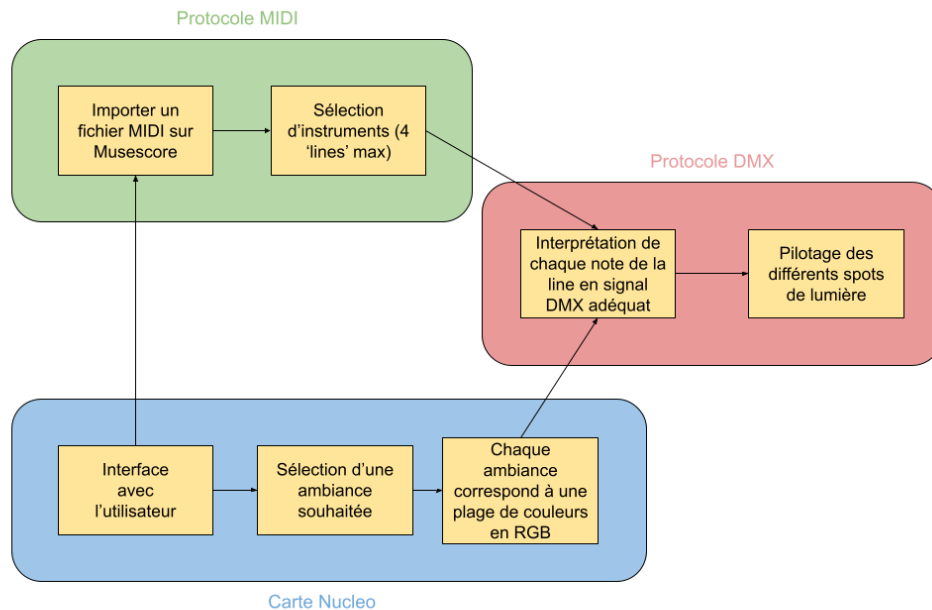


Figure 1 : Découpage fonctionnel du projet Beatbox & Light

a. Protocole MIDI

Dans cette partie, nous allons relier l'ordinateur qui transfère des musiques sous format MIDI à la carte Nucléo avec un câble MIDI. A l'aide du logiciel Musescore intégré à l'ordinateur, nous pouvons effectuer des préparations préliminaires du fichier MIDI à envoyer, par exemple, isoler la baseline de la musique et distribuer le multitrack aux différents canaux de sortie.

Le message MIDI contient trois octets. Le premier nous indique l'information sur le statut du message (NoteOn ou NoteOff) ainsi que le canal. Le deuxième octet correspond à la hauteur de la note. Et le dernier octet a la donnée sur la vélocité.

b. Protocole DMX

Le protocole DMX consiste à contrôler des appareils comme les jeux de lumière et les machines à fumée. Il y a 512 canaux dans un câble DMX et chaque canal correspond à une adresse qui correspond à un fonctionnement. Notre spot de lumière contient 7 canaux donc il a 7 fonctionnements différents (couleur RGB, intensité, effets lumineux). Chaque canal transporte une information sur un octet. On s'intéresse tout particulièrement à l'intensité et aux valeurs de RGB (canaux 5, 6 et 7).

c. Carte Nucléo

A l'aide de la carte Nucléo, nous pouvons réaliser le contrôle de la lumière en sortie avec les notes de musique reçues en entrée. Nous allons développer un programme informatique qui procède d'une interface utilisateur et qui fait coopérer le protocole MIDI et le protocole DMX.

3. Réaliser le prototype - schéma électrique

La carte nucléo traite un signal électrique compris entre 0 et 3,3V. Nous devons donc nous assurer au préalable que la tension entrante est bien comprise dans cet intervalle. Pour cela nous utilisons une plaque réalisée par l'équipe du *LEnsE* qui comprends des ponts d'adaptation de tension. Vous pouvez visualiser le schéma électrique de la dite plaque ci-dessous, ainsi que le schéma de l'adaptation DMX-MIDI.

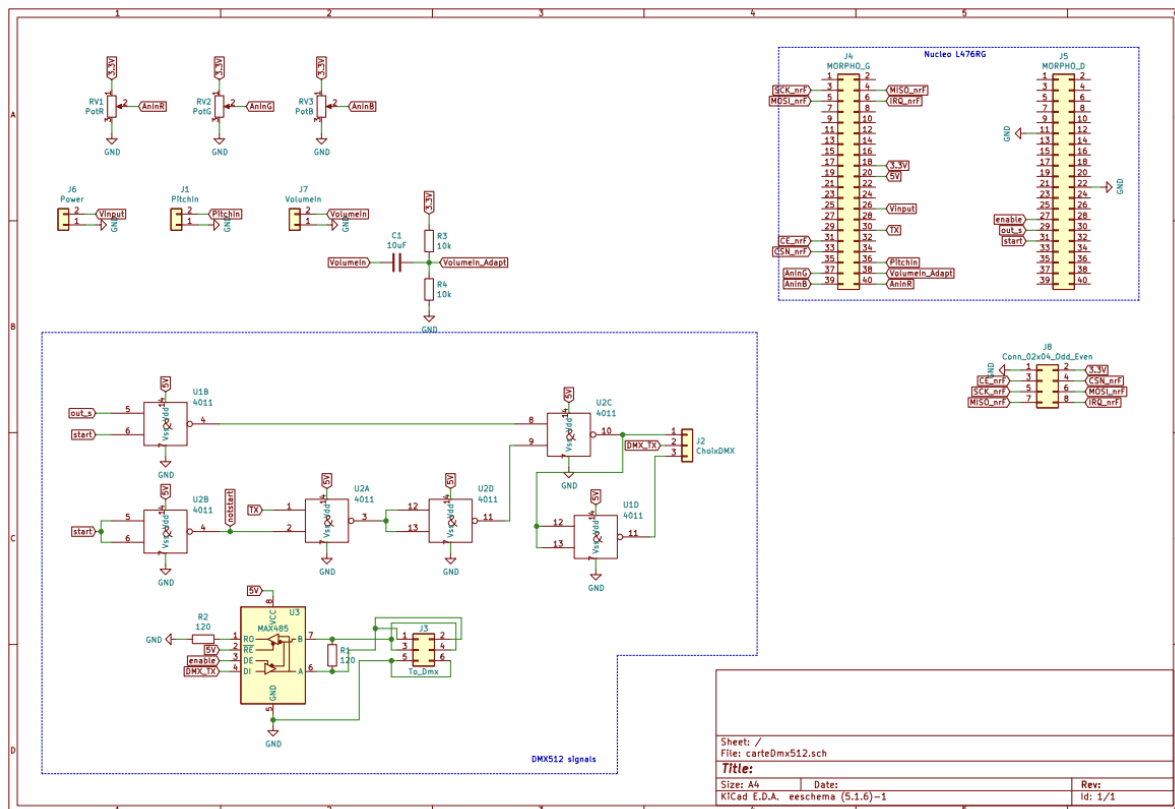


Figure 1 - schéma électrique carte DMX (source: *LEnsE*)



Tableau 1 - (parce que oui il s'agit d'un tableau) (c'est beau) Schéma bloc de la connectique du système

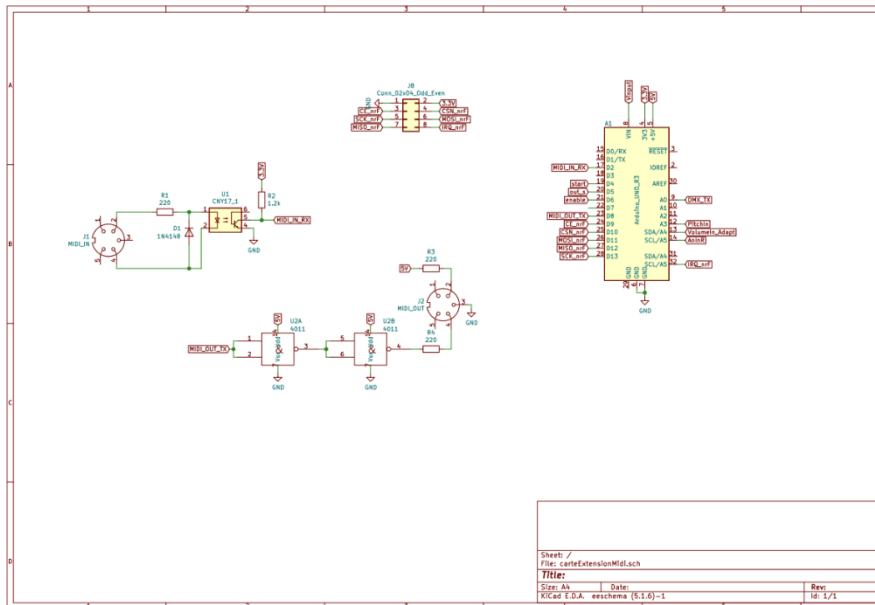


Figure 2 - schéma électrique d'adaption MIDI-DMX (source : LEnsE)

Afin de faciliter l'interaction de l'utilisateur avec notre système, nous avons décidé de rajouter un bouton poussoir dont le câblage est précisé ci-dessous, permettant à l'utilisateur d'arrêter le programme afin de sélectionner une nouvelle ambiance visuelle (Cela sera précisé par la suite dans la partie algorithmique)

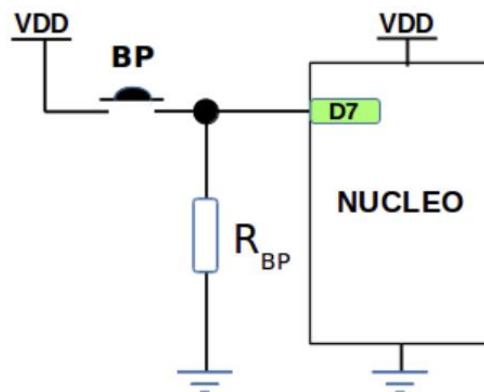


Figure 3 - Câblage d'un bouton poussoir

4. Réaliser le prototype - Algorithme

a. Principe de fonctionnement général de l'algorithme

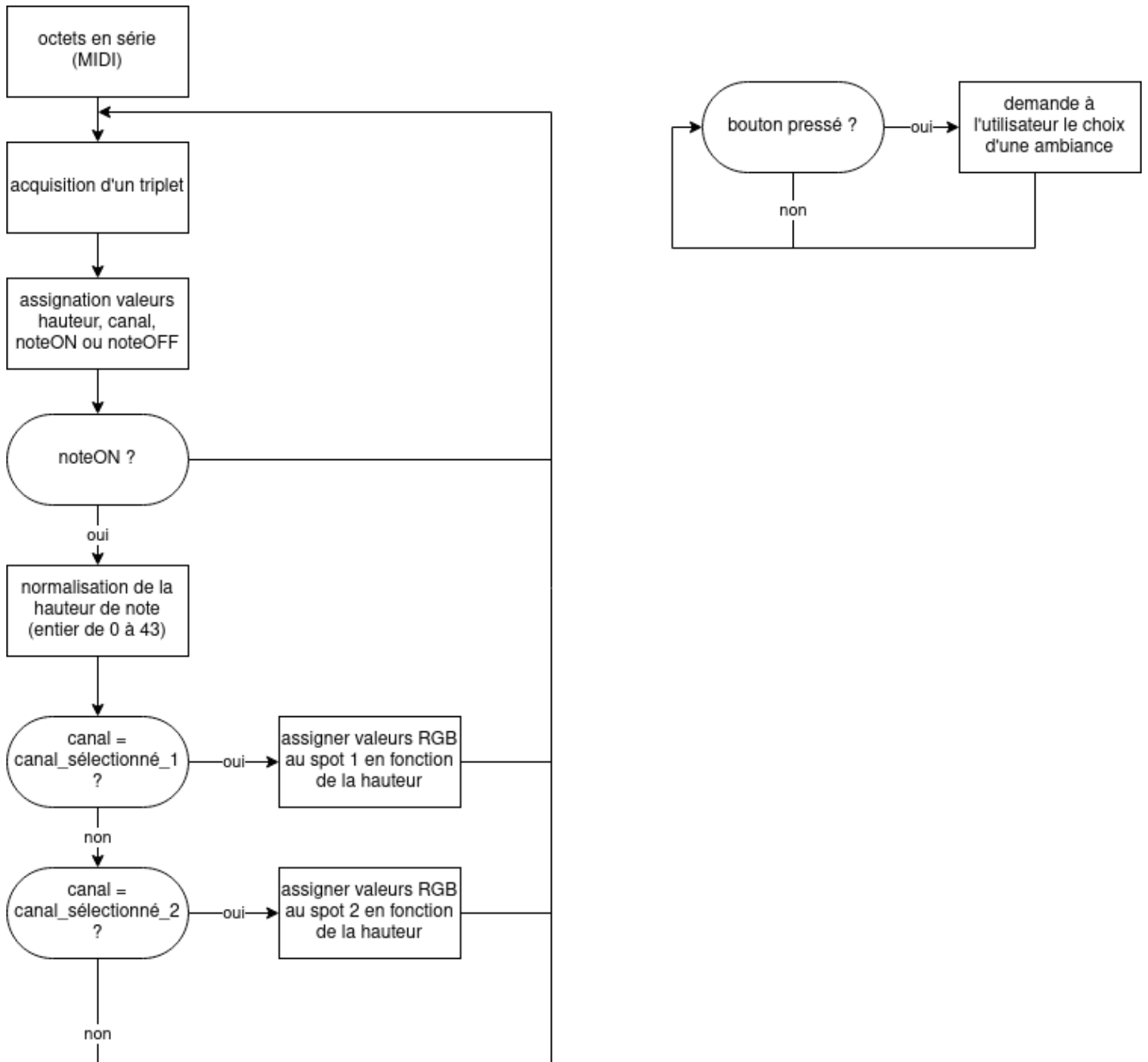


Schéma fonctionnel général de l'algorithme

Les deux boucles fonctionnent en permanence. La couleur donnée à chaque spot est codée en RGB dont les valeurs sont décidées en fonction de la hauteur de la note. Chaque couleur

(R,G,B) correspond à un tableau de 44 valeurs, ce qui permet de faire correspondre une couleur différente à 44 notes (sur un clavier 88 touches les couleurs se répètent donc deux fois). Comme notre système propose trois ambiances, nous avons en tout 9 tableaux (valeurs RGB pour chaque ambiance). L'élaboration des palettes est développée plus loin.

b. Traitement du signal MIDI

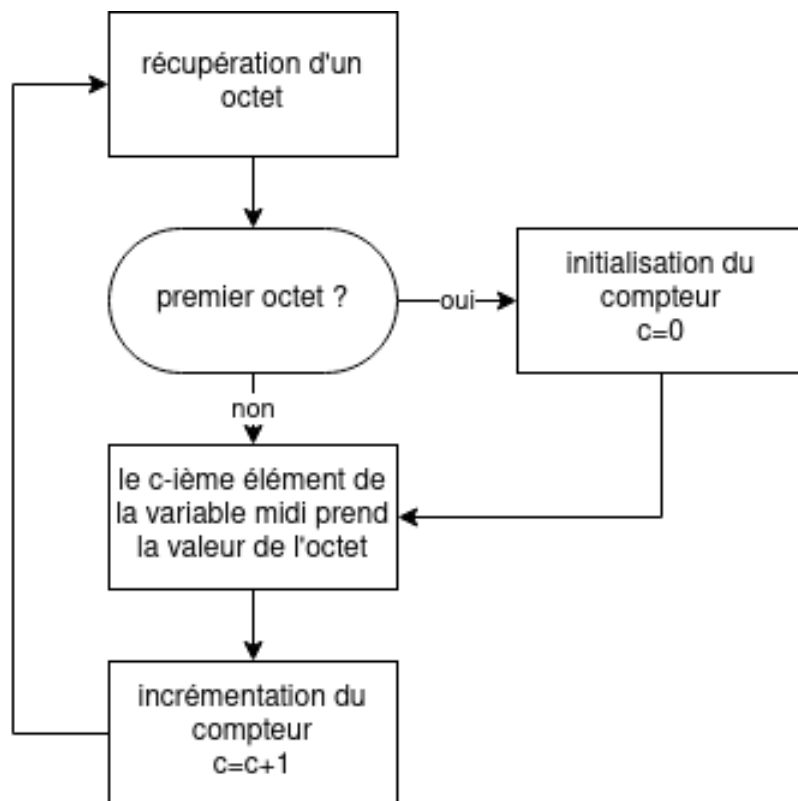


Schéma fonctionnel du traitement du signal MIDI entrant

Comme expliqué plus haut, l'information d'une note MIDI est stockée dans trois octets. Le premier octet est le seul à commencer par 1 (sa valeur toujours au dessus de 128 en décimale permet de détecter s'il est le premier octet). Il contient l'information sur "l'allumage" de la note (noteON ou noteOFF) sur les quatre premiers bits et l'information sur le canal sur les quatre derniers bits. Le deuxième octet commence par 0 et les sept bits suivants contiennent l'information sur la hauteur de la note. Le dernier octet commence par 0 et contient l'information sur la vélocité de la note. Finalement, la variable MIDI contient ces trois octets dont on récupère les informations utiles (pour nous, la hauteur, l'allumage et le canal). Il est à préciser que par défaut, si un accord est joué dans un canal (plusieurs notes en même temps), c'est la note la plus basse qui définit par défaut la hauteur de la note.

c. Ambiance

Afin de générer les ambiances, il a fallu créer des palettes de couleurs propres à chaque ambiance proposée. Nous en avons choisi trois : une ambiance blues, pour des musiques tristes, douces, avec des couleurs froides, dans différents tons de bleus, une ambiance jazz, avec des couleurs chaudes allant du rouge au jaune-orangé et une ambiance électro, avec toutes les couleurs du spectre des couleurs. Pour créer ces palettes de couleur et les transmettre les informations aux spots de lumière, nous nous sommes inspirés de Scriabine. Historiquement, Scriabine était un pianiste, poète et compositeur russe du XIXe siècle et, étant synesthète, il avait attribué à chaque note une couleur particulière et avait fait cela pour douze notes. Un piano classique contenant 88 touches, nous avons décidé de créer trois palettes de 44 couleurs chacune. Une couleur est donc attribuée à la même note, mais dans deux octaves différents. Pour déterminer chaque couleur, nous avons utilisé une roue des couleurs (<https://www.rapidtables.com/web/color/color-wheel.html>) et nous avons déterminé des teintes à intervalles réguliers, afin d'obtenir des couleurs harmonieuses au fur et à mesure des changements de notes.



Couleurs sélectionnées pour la palette "jazz"

d. Envoi des données en DMX

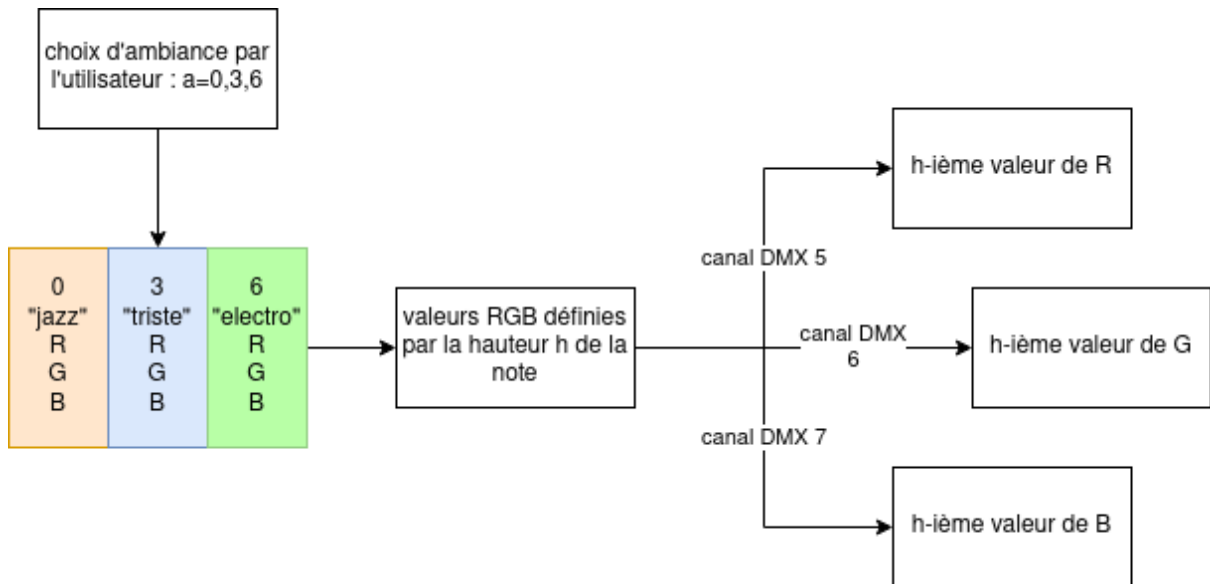


Schéma des informations en sortie DMX

Les données envoyées aux spots sont le mode d'utilisation (continu, strobe, etc., canal 1), l'intensité (canal 4), et les intensités par couleurs : RGB (canaux 5,6,7) dont l'intensité relative permet de moduler la couleur totale. Les deux premiers paramètres sont toujours inchangés et ne sont pas représentés dans le schéma. Les valeurs de RGB dépendent de l'ambiance sélectionnée et de la hauteur de la note. La palette de couleurs totale est donc un tableau de tableau contenant les valeurs RGB pour chaque ambiance et chaque hauteur (h entier de 0 à 43).

4. Valider et caractériser le système final

Nous avons réalisé les tests suivants sur le système final :

Pour vérifier le bon fonctionnement du bouton poussoir, nous avons utilisé l'interface Teraterm qui affichait un message lorsque le bouton était pressé. Il est arrivé que l'on n'utilise pas le bon baud dans l'interface Teraterm (par défaut fixé à 9600 il fallait le mettre à 115000). Une fois cette erreur corrigée, le test était concluant.

Pour s'assurer que la bonne ambiance était sélectionnée, le code permettait d'afficher un texte indiquant l'ambiance sélectionnée. On regardait ensuite la couleur des spots en sortie (orangé, bleu ou multicolore).

Pour savoir si chaque sortie DMX était correctement indiquée, on regardait l'adresse de chaque spot directement dessus puis on modifiait le programme de sorte qu'il envoie en continu une couleur définie. On pouvait ainsi vérifier l'allumage de chaque lumière (rouge, vert et bleu) et s'assurer du bon adressage de chaque spot.

Nous avons également vérifié l'aspect des couleurs qui ne rendaient pas toujours très bien en projetant la lumière des spots sur les murs. Cela permettait de vérifier également la cohérence des couleurs pour chaque ambiance.

Comme expliqué précédemment, au plus quatre spots peuvent être utilisés ce qui correspond à quatre instruments maximum. Ainsi pour chaque musique il s'agit de définir au préalable les quatre canaux qui seront joués. Nous testons ensuite si les canaux sélectionnés sont bien ceux qui dictent le signal des spots en suivant la partition des yeux en même temps qu'elle est jouée (possible sur Musescore) tout en regardant les changements de couleur des spots. Les spots sont bien en rythme avec la musique.

Le temps de réponse est important pour notre système qui doit tout faire en "live" : jouer la musique et en même temps changer la lumière. Le décalage deviendrait gênant s'il était détectable par l'utilisateur, nous avons donc simplement vérifié le temps de réponse de la sortie DMX en jouant la musique en même temps que les lumières fonctionnaient. Nous n'avons pas remarqué de décalage.

Enfin, la vérification de chaque ambiance était effectuée avec le clavier et les spots. Après sélection de l'ambiance, on vérifiait la cohérence de chaque "palette" et on s'assurait que les couleurs étaient assez distinctes entre elles. Au premier essai avec 88 couleurs différentes par palette, nous nous sommes rendu compte que les couleurs étaient trop proches les unes des autres, c'est pourquoi nous avons choisi de faire des palettes de 44 teintes. De plus, nous avons étendu le spectre de la palette "triste" vers le vert et le violet.

5. Gestion de projet

Le projet que nous avons réalisé requiert beaucoup d'informations techniques, tant sur les protocoles MIDI et DMX que sur le code et le fonctionnement des spots de lumière. Les premières heures furent essentiellement dédiées à l'acquisition des connaissances techniques, afin de pouvoir appréhender au mieux les objectifs que nous nous étions fixés, qui étaient ambitieux. Nous étions quatre à nous plonger dans la documentation technique et le code qui nous ont été fournis au préalable.

Une fois les compétences techniques comprises, nous avons plusieurs objectifs : trouver un logiciel qui permettait d'envoyer un son en MIDI vers la carte Nucléo, créer des gammes de couleurs pour les différentes ambiances que nous avons déterminées, gérer plusieurs spots en même, puisqu'à l'origine, un seul spot s'allumait avec le code de base, et apprendre à gérer plusieurs pistes différentes. Un de nos objectifs était aussi de créer une interface utilisateur via une application en Bluetooth. Chaque tâche a été réalisée sur plusieurs séances ou en plusieurs fois, car elle était sans cesse améliorée.

Le planning se faisait séance par séance et était répertorié dans un *Notion*, que nous complétions toutes les quatre. Une fois qu'un objectif était réalisé, nous passions au suivant, ou revenions sur les objectifs déjà réalisés, afin de les perfectionner, comme pour les trois palettes de couleurs, qui furent modifiées plusieurs fois avec les améliorations que nous avons effectuées, comme réussir à gérer plusieurs spots et plusieurs pistes de musique en même temps.

Pour certains objectifs, plusieurs séances furent nécessaires, car nous rencontrions des difficultés. L'interface utilisateur, que nous avons d'abord envisagé comme étant une application qui enverrait des informations en Bluetooth, est devenue une interface utilisateur sur TeraTerm, accompagné d'un bouton poussoir, car notre objectif s'est révélé trop ambitieux pour le temps que nous avons. Comprendre comment gérer plusieurs pistes et plusieurs notes nous prit beaucoup de temps et cela influa sur d'autres tâches, comme les couleurs.

Toutes les compétences à acquérir pour réaliser le projet étaient nouvelles pour toute l'équipe, ce qui a permis à chacune de ne pas se sentir lésée. Le fait d'avoir répertorié et résumé les séances, ainsi que les sources, dans un endroit accessible par tout le monde a rendu le travail plus facile. Nous nous entraînions beaucoup, pour que les objectifs soient réalisés de manière efficace et rapide, et c'est pour cela que nous n'avons pas réparti les tâches de telle sorte qu'une personne fasse une tâche, mais de sorte que chacune comprenne tout le projet et puisse ajouter ses connaissances à chaque objectif.

L'exercice proposé nous a permis de développer nos compétences techniques, mais aussi d'apprendre à travailler en groupe sur un projet commun sur le long terme.