

A blue icon consisting of five horizontal bars of varying lengths, resembling a menu or a set of stairs.

# Cahier des charges

Projet : Clavier Numérique multifonction

Version 1.4 : 04/03/2025

Simon Martin  
Touradou Kane  
Augustin Kania



# Table des matières

Introduction .....	4
1- Contexte.....	5
1.1 Situation et Description.....	5
1.2 Etudes déjà effectuées Ou sur des sujet voisins ET suites prévues.....	5
2- Analyse du besoin.....	6
2.1 Exigences fonctionnelles.....	6
2.2 Contraintes .....	6
2.3 Nature des prestations demandées .....	7
2.4 Choix du type d'instrument de musique .....	7
2.5 Liens inter-projet .....	8
2.5 Objectifs du projet.....	8
3- Analyse fonctionnelle des besoins .....	9
4- Analyse fonctionnelle technique.....	10
4.1 Identification des fonctions techniques .....	10
4.2 Analyse descendante .....	12
4.4 Description du fonctionnement du système .....	13
Conclusion .....	15

## Table des illustrations

Figure 1 Diagramme bête à corne .....	8
Figure 2 Diagramme des interacteurs .....	9
Figure 3- Diagramme FAST : fonction principale .....	10
Figure 4 - Diagramme FAST : fonction secondaire 1 .....	11
Figure 5 - Diagramme FAST : fonction secondaire 2 .....	11
Figure 6 - Diagramme FAST : fonction secondaire 3 .....	11
Figure 7 - Diagramme FAST : fonction secondaire 4 .....	12
Figure 8 Diagramme SADT.....	12
Figure 9 - Schéma bloc du fonctionnement du mode « manuel » .....	13
Figure 10- Schéma bloc du fonctionnement du mode « semi-automatique ».....	13
Figure 11 - Schéma bloc du fonctionnement du mode « automatique ».....	14
Figure 12Figure 9 - Schéma bloc du fonctionnement du « configuration » .....	14

# Introduction

Tous les ans, la section BUT GEII présente la formation lors des portes ouvertes de l'IUT de Neuville-sur-Oise. Pour mettre en avant la formation BUT GEII option Electronique et Systèmes Embarqués, les enseignants ont demandés aux élèves de réaliser un projet de démonstration.

Pour les portes ouvertes de 2026, les enseignant ont décidés de faire réaliser aux élèves un orchestrion. Chaque groupe d'élèves de troisième année est chargé de réaliser un des instruments du système en répondant à des contraintes particulières.

Le groupe constitué d'Augustin Kania, Touradou Kane et Simon Martin a décidé de réaliser un clavier numérique multifonction.

# 1- Contexte

## **1.1 Situation et Description**

Pour promouvoir le parcours ESE de la formation BUT GEII lors des portes ouvertes, les enseignants souhaiteraient présenter des projets réalisés par les étudiants au cours de l'année. Cette année chaque groupe d'élève doit réaliser l'instrument d'un orchestron. La réalisation de cet instrument doit mettre en avant les différents thèmes abordés au cours de la formation et réaliser des fonctions précises.

## **1.2 Etudes déjà effectuées Ou sur des sujets voisins ET suites prévues**

Dans le cadre de la formation au BUT GEII, les membres du groupe ont réalisé différents projets.

Une carte électronique servant de multimètre embarqué a été fabriquée au cours de deux premiers semestres de formations.

Lors du troisième semestre un enregistreur vocal analogique a été réalisé. Au cours de ce projet, les étudiants ont utilisé différents composants électriques et réalisés une carte électronique d'amplification audio.

Lors du quatrième semestre, les étudiants ont réalisé un système embarqué : une station météorologique connectée. Les étudiants ont utilisé un microcontrôleur embarqué a été programmer pour exploiter des capteurs et transmettre les données sur un serveur en wifi.

La réalisation d'un instrument de musique multifonction réunit de nombreux sujets abordés par les étudiants au cours des différents projets réalisés. Les compétences et les connaissances acquises en électronique numérique, analogique et informatiques embarquées alors seront essentiel pour réaliser ce projet.

## 2- Analyse du besoin

### 2.1 Exigences fonctionnelles

Pour mieux déterminer le besoin du client et y apporter des solutions adaptées. Les exigences et les contraintes du cahier des charges donnée par les enseignants de l'IUT ont été reformulées par le groupe d'étudiant.

L'objectif de ce projet est de réaliser un prototype fonctionnel d'un instrument de musique comprenant au moins une octave et intégrant plusieurs modes de fonctionnement.

Exigences du cahier des charges :

**L'instrument doit intégrer plusieurs modes de fonctionnement :**

**Mode manuel** – L'instrument doit pouvoir être joué par un instrumentiste

**Mode semi-automatique**- L'instrument doit pouvoir être commandé pour pouvoir jouer de la musique à distance

**Mode automatique**- L'instrument doit pouvoir jouer un morceau de musique seul sous la direction d'un « chef d'orchestre ». Le chef d'orchestre est un appareil électronique chargé de communiquer à l'instrument les note de musique à jouer.

**Le système doit pouvoir être synchronisé sur une horloge analogique ou numérique.**

Cette exigence a un lien avec la commande du chef d'orchestre. Pour faire communiquer l'instrument avec le chef d'orchestre, il faut que les deux dispositifs soient synchronisés sur une même horloge. C'est cette logique qui est utilisée dans le protocole de communication midi.

**Le système doit pouvoir être autonome en énergie.**

A partir de cette exigence, on peut déduire que l'instrument devra être transportable : il faut qu'il puisse fonctionner sur une batterie d'autonomie suffisante pour y jouer n'importe où.

**Le système doit comporter des protocoles de vérification :**

**Vérification de la note jouée** - Ce protocole devra permettre de s'assurer de la fidélité de l'instrument.

**Vérification de la latence** – Ce protocole devra permettre de s'assurer de la réactivité du système.

L'intérêt de ces protocoles de vérification est de s'assurer que le système est opérationnel et qu'il est possible de jouer de la musique avec cet instrument.

### 2.2 Contraintes

Ce projet est réalisé dans le cadre d'une formation à l'IUT, cela impose de nombreuses contraintes :

-Le système doit respecter les normes électriques (NFC 15-100).

-Le projet doit être réaliser au cours de séances de SAE avant la fin du mois de mars 2025.

-La réalisation de ce projet doit s'inscrire dans une démarche de développement durable. Il va être nécessaire d'adapter le projet aux moyens disponibles pour éviter d'avoir à acheter du matériel supplémentaire. Il va falloir faire preuve d'ingéniosité pour réutiliser pour recycler du matériel.

-L'IUT a alloué un budget très faible à l'achat du matériel nécessaire – le budget initial de 200€ par groupe a été revu à la baisse -. Cette contrainte est liée à la précédente, il va valoir limiter au minimum l'achat de matériel en utilisant les matériels disponibles à l'IUT.

### **2.3 Nature des prestations demandées**

Le client, ici l'IUT demande de concevoir le prototype d'un instrument de musique. Planifier le système conçu, mettre en œuvre une procédure de vérification du système mais aussi créer une procédure de maintenance de l'instrument.

Il faut fournir différents livrables au client au fil de la réalisation du projet :

-Avant la réalisation du projet : cahier des charges et dossier de planification

-A la fin de la phase de conception : un dossier de conception ainsi que des dossiers de fabrication pour chaque carte électronique

-Avant la mise en œuvre : un protocole de test

-Après la mise en œuvre : une procédure de maintenance corrective et un rapport de maintenance corrective

-A la fin du projet : une procédure de mise en œuvre, une procédure de maintenance préventive et un dossier technique

### **2.4 Choix du type d'instrument de musique**

Pour développer la suite du cahier des charges, le groupe a été obligé de faire des choix dans la réalisation du projet : il a fallu déterminer le type d'instrument de musique et son fonctionnement général.

Le groupe a décidé de réaliser un « clavier numérique multifonction ». Ce sera un clavier numérique connecté à un smartphone. Le smartphone sera l'interface permettant de réaliser les différentes fonctions du cahier des charges.

Le groupe souhaite également ajouter une exigence pour rendre l'instrument exploitable : la possibilité de modifier les sonorités jouées.

## 2.5 Liens inter-projet

Le projet de clavier numérique multifonction s'inscrit dans un ensemble de réalisations développées par d'autres groupes d'étudiants. Ces instruments forment un orchestre

Interactions techniques :

- Synchronisation : Le clavier doit pouvoir se synchroniser avec une horloge externe et/ou d'autres instruments.
- Compatibilité audio : Le clavier doit produire un signal audio exploitable pour être joué avec d'autres instruments, afin d'équilibrer les volumes sonores avec les autres instruments de l'orchestre.
- Échange d'informations : La mise en commun des solutions techniques entre équipes est essentielle pour garantir une intégration harmonieuse (gestion de la latence, optimisation du traitement du son, rédaction de documents techniques,...).

Le groupe de Bastien et Clément a décidé de réaliser également un clavier numérique. Pour ne pas proposer des fonctionnalités et des solutions techniques identiques, il sera nécessaire d'échanger.

## 2.5 Objectifs du projet

La réalisation de ce projet va permettre aux visiteurs de portes ouvertes de jouer de la musique.

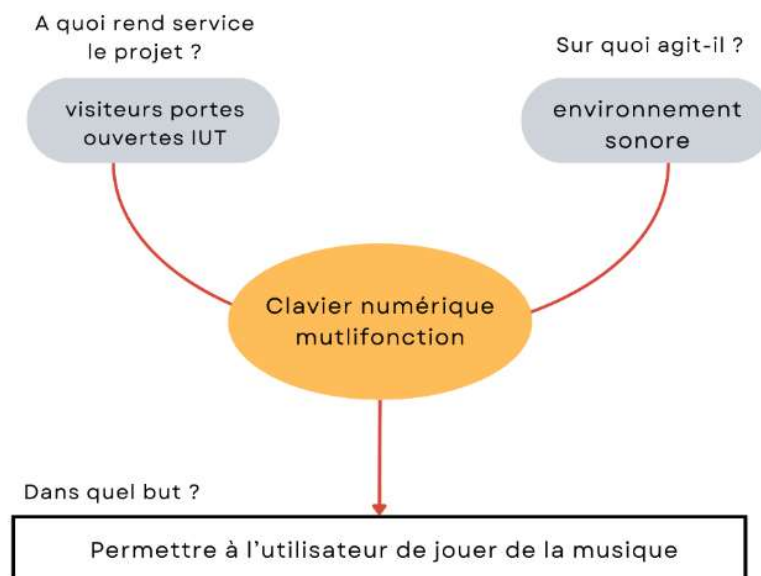


Figure 1 Diagramme bête à corne



### 3- Analyse fonctionnelle des besoins

En s'appuyant sur la description générale du « clavier numérique multifonction » et le cahier des charges du client, les interacteurs sont identifiés. Ce qui permet de réaliser le diagramme suivant.

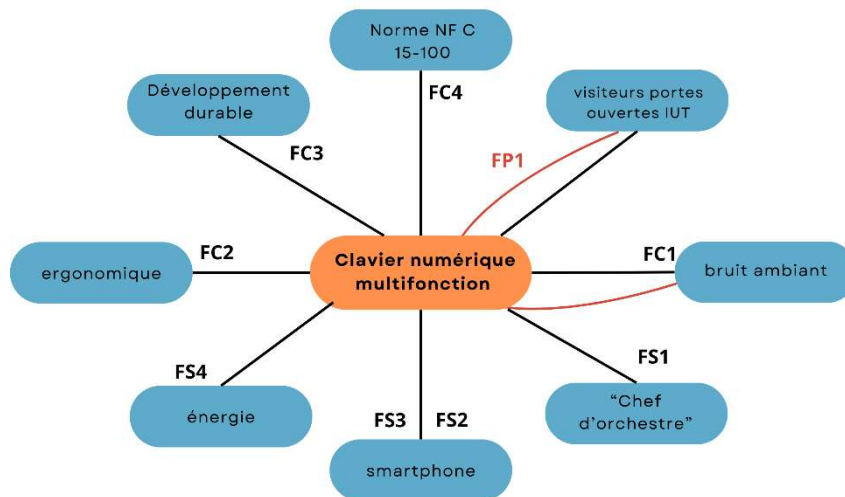


Figure 2 Diagramme des interacteurs

Ce diagramme est inspiré de la méthode APTE . Les interacteurs sont reliés par différentes fonctions : une fonction principale, des fonctions de contrainte et des fonctions secondaires.

**Fonctions principales (FP) :** permettre à l'utilisateur de jouer de la musique « manuellement » en appuyant sur les touches du clavier pour émettre des sons.

**Fonction secondaire FS1 :** permettre à l'utilisateur de faire jouer de la musique de manière « automatique » à l'instrument en envoyant un fichier musical depuis une interface externe en MIDI.

**Fonction secondaire FS2 :** permettre à l'utilisateur de jouer de la musique de façon « semi-automatique » en commandant le clavier à distance depuis une application smartphone.

**Fonction secondaire FS3 :** permettre à l'utilisateur de configurer les sonorités du clavier en sélectionnant différentes banques de son depuis une application smartphone.

**Fonction secondaire FS4 :** permettre à l'utilisateur d'utiliser l'instrument sur batterie pendant au moins une heure et de la recharger en continuant à l'utiliser.

**Plusieurs fonctions de contraintes ont été identifiées : économique, environnementale, ergonomique et aussi en termes de bruit ambiant.**

**Fonction de contrainte FC1 :** L'instrument devra émettre un son audible et suffisamment puissance pour être audible au milieu du bruit ambiant généré par les autres instruments de l'orchestration.

**Fonction de contrainte FC2 :** L'instrument doit être ergonomique, facile à déplacer et agréable d'utilisation.

**Fonction de contrainte FC3 :** Le projet doit s'inscrire dans une démarche de développement durable, il est impératif d'utiliser un maximum de matériaux de récupération stockés à l'IUT.

**Fonction de contrainte FC4 :** L'instrument doit respecter la norme Française NFC 15-100. Elle est relative à la conception, la réalisation et l'entretien d'installations électriques basses tension en France.

## 4- Analyse fonctionnelle technique

### 4.1 Identification des fonctions techniques

A partir des fonctions définies précédemment, du cahier des charges et de la définition générale du « clavier numérique multifonction » voulu par le groupe. Un diagramme FAST a été réalisé.

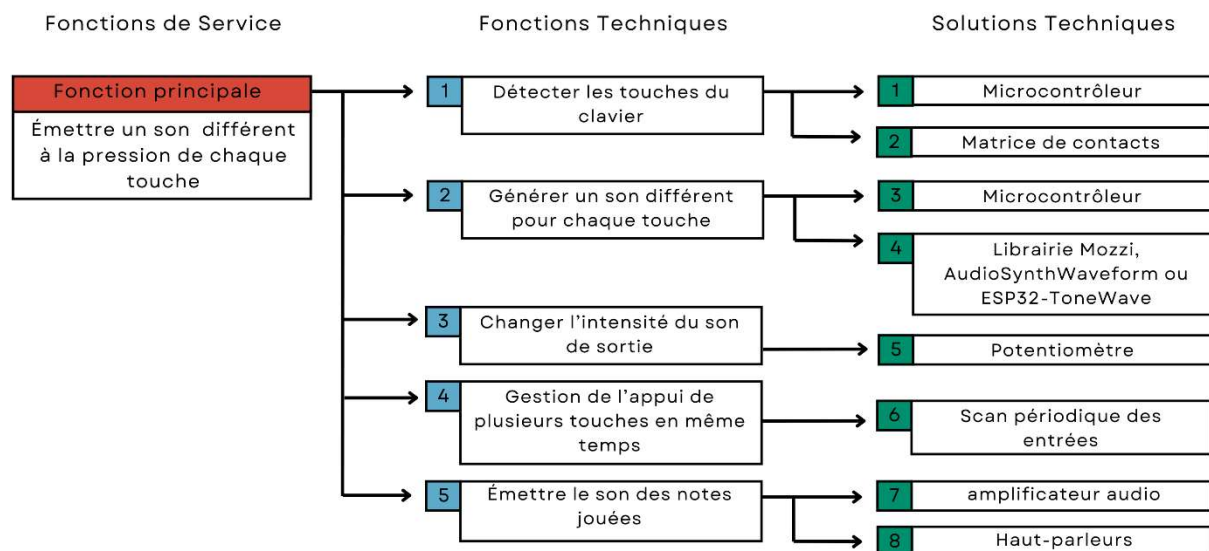


Figure 3- Diagramme FAST : fonction principale

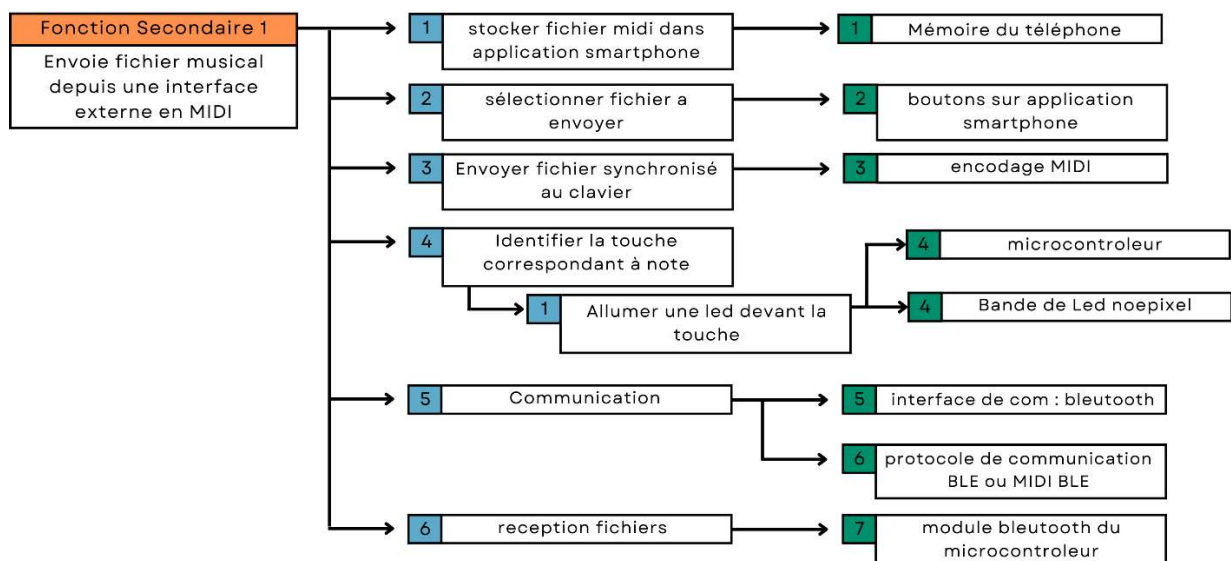


Figure 4 - Diagramme FAST : fonction secondaire 1

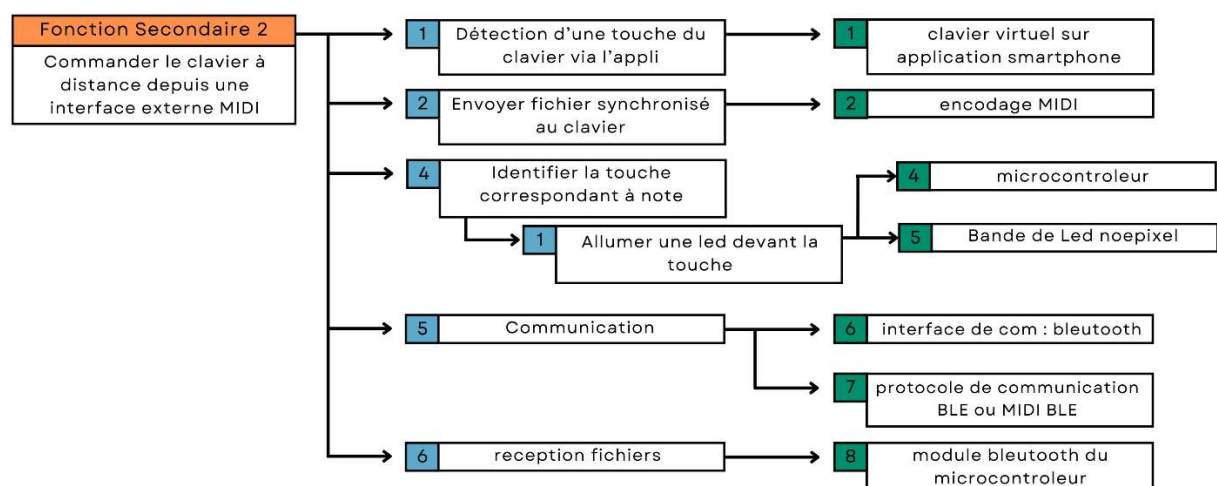


Figure 5 - Diagramme FAST : fonction secondaire 2

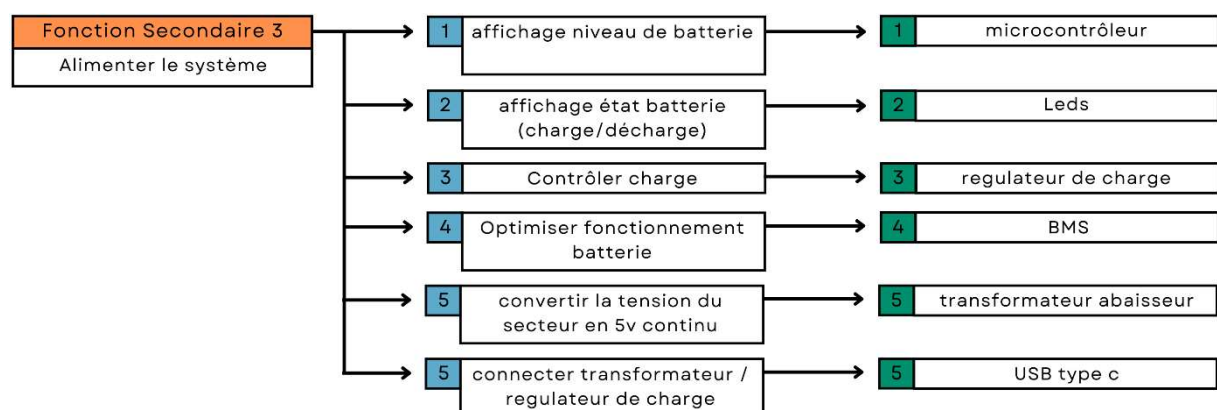


Figure 6 - Diagramme FAST : fonction secondaire 3



Figure 7 - Diagramme FAST : fonction secondaire 4

## 4.2 Analyse descendante

Pour finaliser l'analyse fonctionnel technique, la méthode SADT (Structure Analysis and Design Technic) est utilisée. Cela met en évidence l'interactions entre les différents sous systèmes

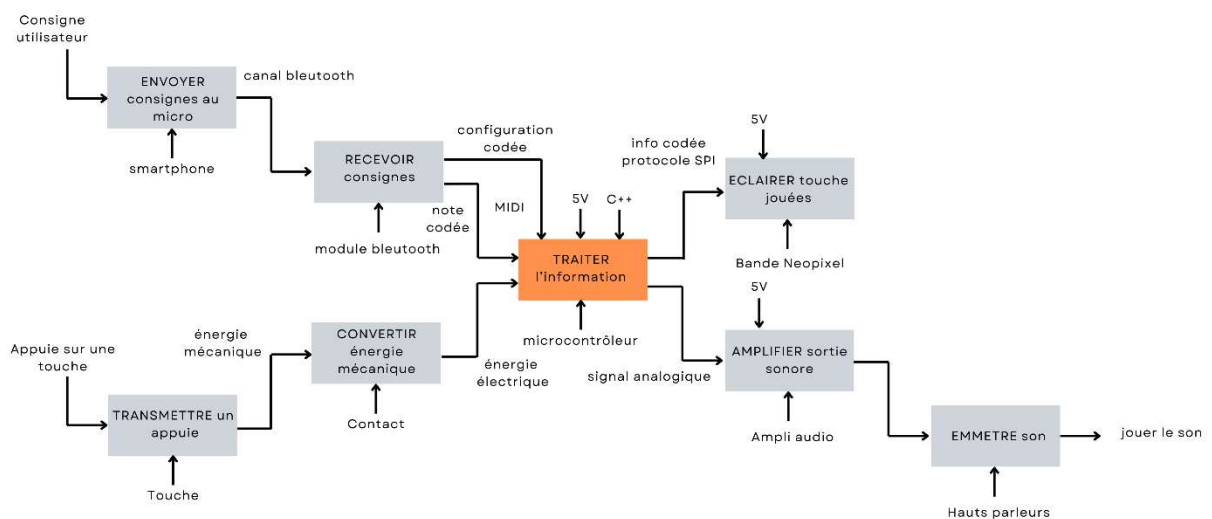


Figure 8 Diagramme SADT

Le Diagramme met en avant 7 sous-systèmes :

- Application smartphone
- Touches du clavier physique
- contact des touches
- amplificateur audio et hauts parleurs
- Bande néopixel
- Microcontrôleur
- Système d'alimentation

## 4.4 Description du fonctionnement du système

Pour préciser les interactions entre les différentes composantes du système selon chaque mode de fonctionnement de l'instrument, voici des schémas complémentaires.

### 1-Mode manuel : émission d'un son différent à la pression de chaque touche par l'utilisateur.

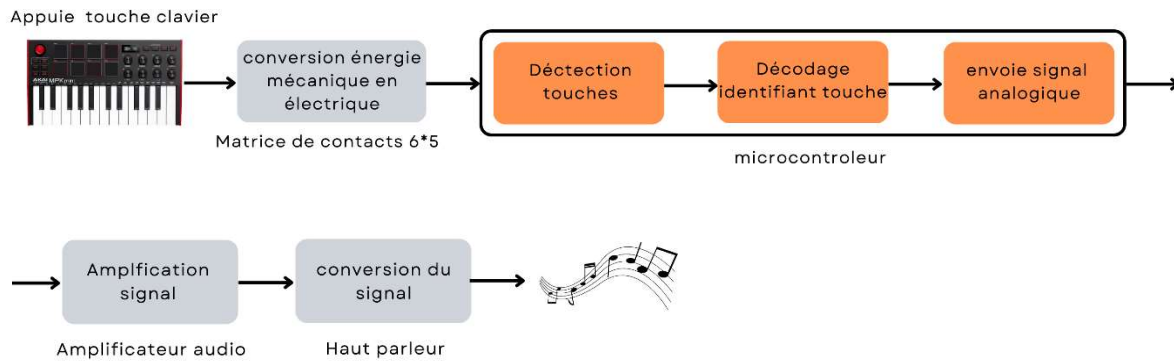


Figure 9 - Schéma bloc du fonctionnement du mode « manuel »

### 2- Mode semi-automatique : Commander le clavier à distance depuis une application smartphone

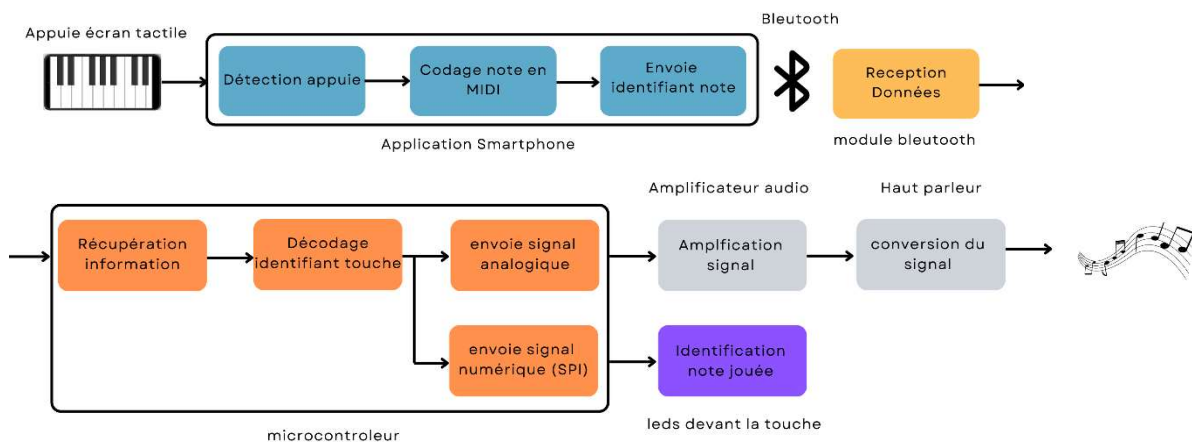


Figure 10- Schéma bloc du fonctionnement du mode « semi-automatique »

### 3- Mode automatique : envoi d'un fichier musical depuis une interface externe en MIDI

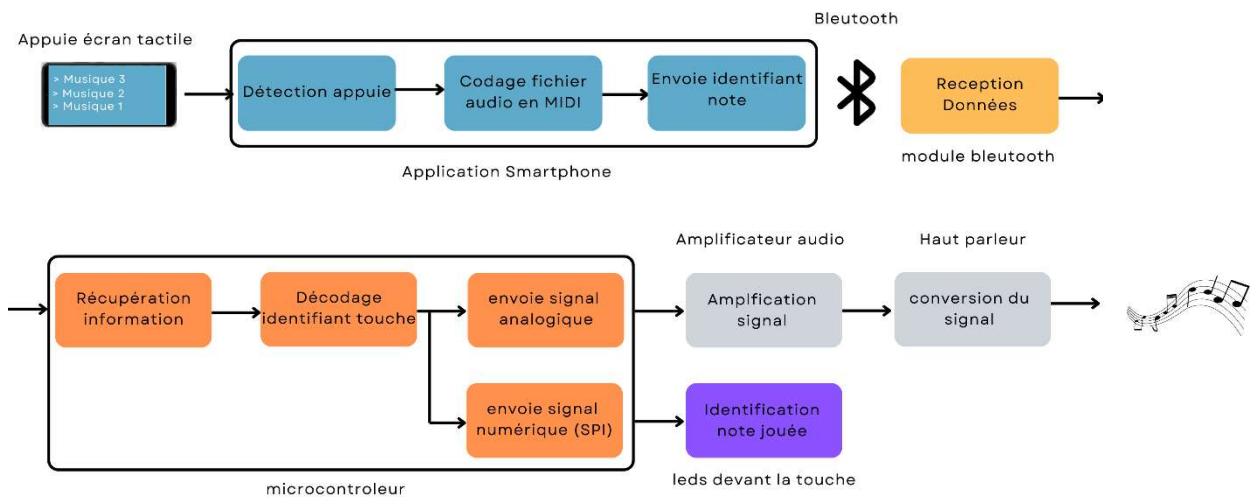


Figure 11 - Schéma bloc du fonctionnement du mode « automatique »

### 4- Mode configuration : sélectionner différentes banques de son depuis une application smartphone.

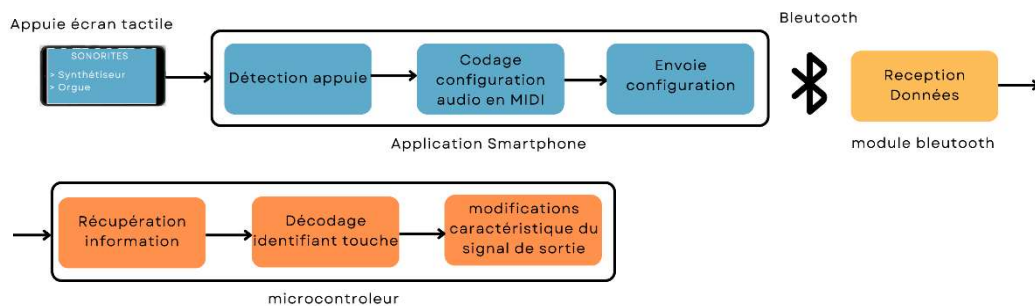


Figure 12 - Schéma bloc du fonctionnement du mode « configuration »

# Conclusion

Dans le cadre de leur formation, les enseignants du BUT GEII ont demandé aux étudiants de troisième année de concevoir un instrument de musique qui sera présenté lors des prochaines portes ouvertes de l'IUT.

Après avoir analysé et développé les exigences exprimées, notre groupe, composé de Touradou Kane, Augustin Kania et Simon Martin, a choisi de réaliser un clavier numérique multifonction.

Grâce à l'utilisation de plusieurs outils de gestion de projet, nous avons pu définir le fonctionnement du système et identifier les solutions techniques adaptées afin de répondre au mieux aux contraintes et objectifs du projet.