

Clavier interactif - Rapport de projet d'intégration

Groupe :

BOUDOUHI-MEZROUI Ayoub

BOUJDAA Adam

SAHLI Mohamed-Aziz

Table des matières

- I. [Remerciements](#)
- II. [Introduction](#)
- III. [Présentation du sujet et problématique](#)
 - A. [Sujet](#)
 - B. [Problématique](#)
 - C. [Quels sont les besoins des différents utilisateurs ?](#)
- IV. [Méthodologies du groupe de travail](#)
 - A. [Présentation de l'équipe](#)
 - B. [Mode managérial](#)
 - C. [Communication au sein du groupe](#)
- V. [Étapes clés du projet](#)
 - A. [Journée de sensibilisation, visite de l'IJA](#)
 - B. [Réunion de lancement & Brainstorming](#)
 - C. [Phase d'initialisation](#)
 - D. [Réception des composants et 1ers tests](#)
 - E. [Passage à la conception 3D](#)
 - F. [Impression et assemblage électronique et mécanique](#)
- VI. [Solutions envisagées](#)
- VII. [Solutions retenues](#)

- VIII. [Difficultés rencontrées](#)**
- IX. [Compétences mobilisées et acquises](#)**
- X. [Rapports individuels](#)**
- XI. [Conclusion](#)**
- XII. [Annexes](#)**
- XIII. [Table des illustrations](#)**
- XIV. [Code et modèles 3D](#)**

I. Remerciements

Nous tenons à remercier M. Truillet pour nous avoir accompagné tout au long de de projet et choisi ce projet ainsi que l'ensemble de l'équipe du laboratoire de recherche Cherchons Pour Voir pour nous avoir choisi afin de participer à ce concours.

Nous tenons aussi à remercier l'ensemble de l'équipe du projet, SAHLI Mohamed-Aziz, BOUJDAA Adam, BOUDOUIH-MEZROUI Ayoub, d'avoir travaillé avec nous tout au long du projet.

Nous souhaitons enfin remercier les bénévoles et le personnel du FabLab ainsi que le personnel de l'IRIT qui ont contribué à le faire avancer.

II. Introduction

Au cours de notre 2ème année de CUPGE UPSSITECH, nous avons dû participer a un projet d'intégration au cours du 4ème semestre.

Les projets proposés étaient pour remplir le besoin de clients réels, de l'association Cherchons pour voir, plus spécifiquement, pour aider l'Institut des Jeunes Aveugles.

Parmi les projets proposés, notre choix s'est rapidement porté sur le projet du clavier interactif, qui nous semblait être le plus complet.

Ce projet a su éveiller en nous l'envie de collaborer sur un projet innovant, à forte plus-value sociale, mais aussi en termes de développement de soft et hard skills, notamment grâce aux compétences pluridisciplinaires nécessaires pour mener le projet à bout, ainsi que les coté contact avec nos clients.

Après accord avec nos 3 membres du groupe, nous avons pu affirmer notre envie de choisir le projet de clavier interactif comme projet d'intégration : nous voilà prêts à affronter ce défi.

III. Présentation du sujet et problématique

A. Sujet :

C'est un clavier spécialement conçu pour aider les enfants aveugles ou malvoyants dans l'apprentissage du braille et de l'écriture en français.

Contrairement à un clavier classique, il ne se limite pas à la saisie des caractères : il intègre des fonctionnalités pédagogiques, interactives et accessibles, pensées pour répondre aux besoins spécifiques de ces enfants.

Le clavier propose plusieurs modes de jeu évolutifs (apprentissage et reconnaissance des lettres, localisation, et jeu de phonétique), chacun conçu pour stimuler l'apprentissage de façon ludique et intuitive, tout en s'adaptant au rythme de l'élève. Il s'accompagne d'un retour immédiat et sonore, permettant à l'enfant de comprendre instantanément ses actions, de corriger ses erreurs, et surtout d'être encouragé à progresser.

Le braille, étant un système tactile abstrait, peut être difficile à maîtriser seul. C'est pourquoi ce clavier interactif propose un accompagnement actif via des guides vocaux et une navigation simplifiée (touches en relief, formes distinctes, guidage tactile), tout en favorisant l'autonomie : l'enfant peut explorer, jouer, apprendre sans dépendre d'un adulte.

L'objectif principal de ce clavier est d'aider les enfants aveugles à mieux comprendre et mémoriser le braille, tout en facilitant leur parcours scolaire grâce à un outil adapté. Il favorise également leur autonomie et leur confiance en eux, tout en encourageant l'inclusion dès le plus jeune âge grâce à l'intégration de la technologie.

B. Problématique

Aujourd'hui, les outils numériques accessibles et pédagogiques pour les enfants aveugles sont encore rares, coûteux, ou difficilement adaptés à un apprentissage autonome. L'apprentissage du braille reste souvent encadré exclusivement par un adulte, avec peu de moyens ludiques pour renforcer la motivation de l'enfant à s'entraîner seul.

Comment concevoir un clavier interactif, robuste, autonome et accessible, capable d'accompagner les enfants malvoyants ou aveugles dans l'apprentissage du français écrit et oral de manière ludique, intuitive et motivante ?

Cette problématique soulève plusieurs défis :

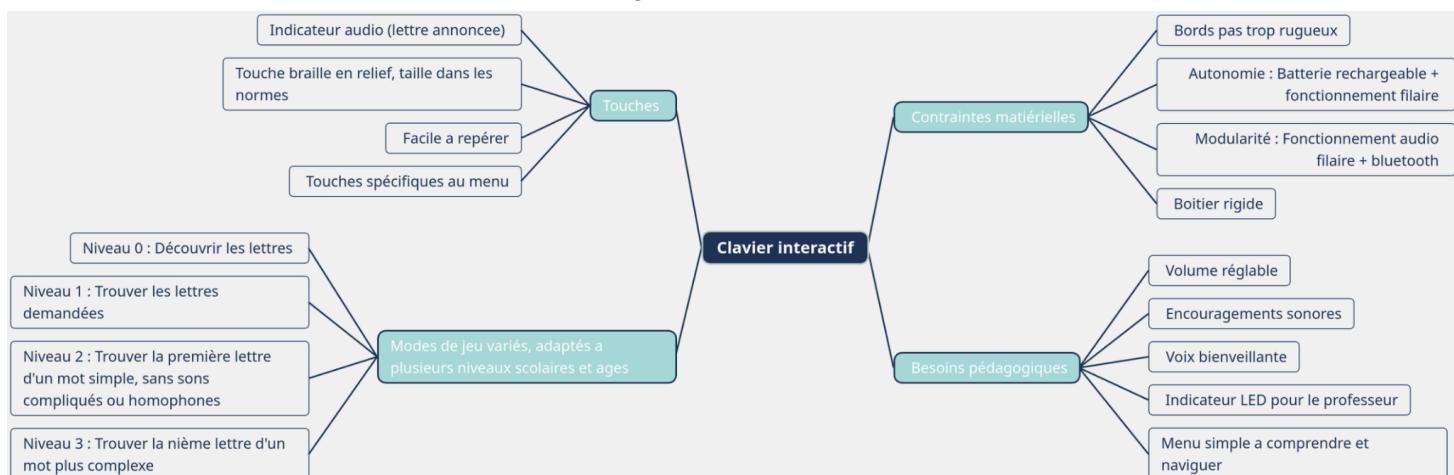
- **Accessibilité** : créer une interface que l'enfant peut comprendre et utiliser par le toucher et l'écoute, sans voir l'écran ni lire.
- **Autonomie** : permettre à l'enfant d'utiliser l'outil seul, sans l'assistance permanente d'un adulte.
- **Modularité** : proposer plusieurs modes de jeu éducatifs adaptés aux différents stades d'apprentissage.
- **Fiabilité matérielle** : concevoir un clavier résistant, compact, et sécurisé pour une manipulation répétée par de jeunes enfants.
- **Intégration pédagogique** : rendre l'outil facilement compréhensible et utilisable aussi par les enseignants spécialisés, qui doivent pouvoir suivre les actions de l'enfant.

En réponse à cette problématique, notre équipe a imaginé une solution complète, mêlant hardware (clavier physique interactif) et software (logique embarquée de jeu et apprentissage), avec une attention particulière portée à l'expérience utilisateur des enfants comme des encadrants.

C. Quels sont les besoins des différents utilisateurs ?

Du au temps limité que nous pouvions dédier à ce projet, nous avions du lister et hiérarchiser les besoins et contraintes des ce projet, avec l'avis et l'expérience du client au coeur de ce raisonnement afin de déterminer les besoins primordiaux pour le MVP (Minimum Viable Product), mieux vaut quelque chose d'imparfait qui fonctionne, plutôt que quelque chose de parfait qui ne fonctionne pas, ou encore pire qui, n'existe pas.

Nous avons donc fait ce cahier des charges :



(Illustration du cahier des charges fonctionnel)

IV. Méthodologies du groupe de travail

A. Présentation de l'équipe :

Avant de vous décrire plus en profondeur le projet, nous souhaitons présenter l'ensemble de l'équipe du projet :

Notre groupe était composé de 3 personnes de l'UPSSITECH :

- BOUDOUHI-MEZROUI Ayoub
- BOUJDAA Adam
- SAHLI Aziz

Ce choix de groupe découle naturellement du fait que nous avions fait plusieurs projets ensemble et la dynamique de travail était bonne donc nous avons maintenu ce groupe.

Aziz est le responsable électronique et 3D du projet, et Adam était le 2ème responsable 3D, de la communication avec les clients et partenaires, ainsi que le suivi du projet, cette disposition était faite naturellement au vu de nos expériences passées.

Ainsi, ce projet était donc l'occasion de créer des synergies et d'apporter des connaissances au sein d'un groupe complémentaire, où chacun pouvait mettre à profit ses compétences techniques et organisationnelles, tout en nous confrontant à des défis concrets, à la fois techniques, humains et méthodologiques.

Ce cadre nous a permis non seulement de progresser individuellement, mais aussi de travailler ensemble vers un objectif commun à forte valeur sociale, dans un environnement de collaboration active avec un client réel.

B. Mode managérial

Compte tenu de l'ampleur du projet et de la taille réduite de notre groupe, nous avons opté pour une méthodologie de gestion simple mais efficace, qui en rétrospective, s'est finalement avérée très proche des principes de l'approche agile, et plus précisément de la méthode SCRUM, adaptée à notre contexte avec seulement deux sprints principaux.

Nous nous réunissions deux fois par semaine, de manière régulière (hors périodes de vacances), pour faire le point sur l'avancement du projet. Ces réunions nous permettaient de traiter ensemble les problèmes rencontrés, réévaluer les besoins prioritaires et les contraintes du MVP, et définir les prochaines étapes clés. Nous profitions également de ces moments pour avancer concrètement sur le développement du projet, qui restait notre priorité.

Ces réunions ont eu lieu soit dans la salle dédiée au projet d'intégration en U4, au FabLab, ou en salle d'études dans la résidence étudiante de l'un de nos membres, ce qui nous permettait de bénéficier d'un environnement de travail propice à la collaboration et à la concentration.

C. Communication au sein du groupe

Afin de faciliter la collaboration à distance et de fluidifier l'avancement du projet, nous avons mis en place un système de communication adapté à notre organisation. Nous avons choisi d'utiliser un serveur Discord, structuré en plusieurs threads, chacun dédié à un aspect spécifique du projet (électronique, 3D, organisation, retours client...).

Ce choix nous a permis de centraliser les échanges, de garder une trace des décisions, et d'assurer un suivi clair et réactif, même en dehors des réunions physiques.

Bien entendu, étant donné la taille réduite du groupe, nous avons également eu recours à des appels téléphoniques classiques pour traiter rapidement les urgences ou points bloquants nécessitant une réponse immédiate.

V. Etapes clés du projet

A. Journée de sensibilisation, visite de membres de l'IJA

Nous avons eu l'opportunité de rencontrer l'Institut des Jeunes Aveugles (IJA) de Toulouse lors d'une journée de sensibilisation en collaboration avec l'association Cherchons pour Voir. Cette immersion directe nous a permis de mieux comprendre les difficultés concrètes rencontrées par les enfants aveugles dans leur apprentissage du braille, notamment l'aspect répétitif, abstrait et peu motivant de cet apprentissage.

Après avoir présenté plusieurs idées de projets dans le cadre du concours ThaCKavoir, c'est le clavier interactif pour l'apprentissage du braille qui a suscité le plus d'intérêt au sein de notre groupe. Cette présentation a mis en lumière une problématique centrale : le manque d'outils ludiques et adaptés à destination des enfants non-voyants, leur permettant d'apprendre de manière autonome et engageante.

Le projet s'est ainsi construit autour d'un objectif clair : rendre l'apprentissage du braille plus intuitif, accessible et motivant, grâce à une solution interactive, sonore et tactile.



(image de la présentation de l'Institut des Jeunes Aveugles)

B. Réunion de lancement & Brainstorming

Après la validation de l'idée, nous avons tenu une réunion de lancement pour structurer notre travail, répartir les rôles et poser les premières bases techniques.

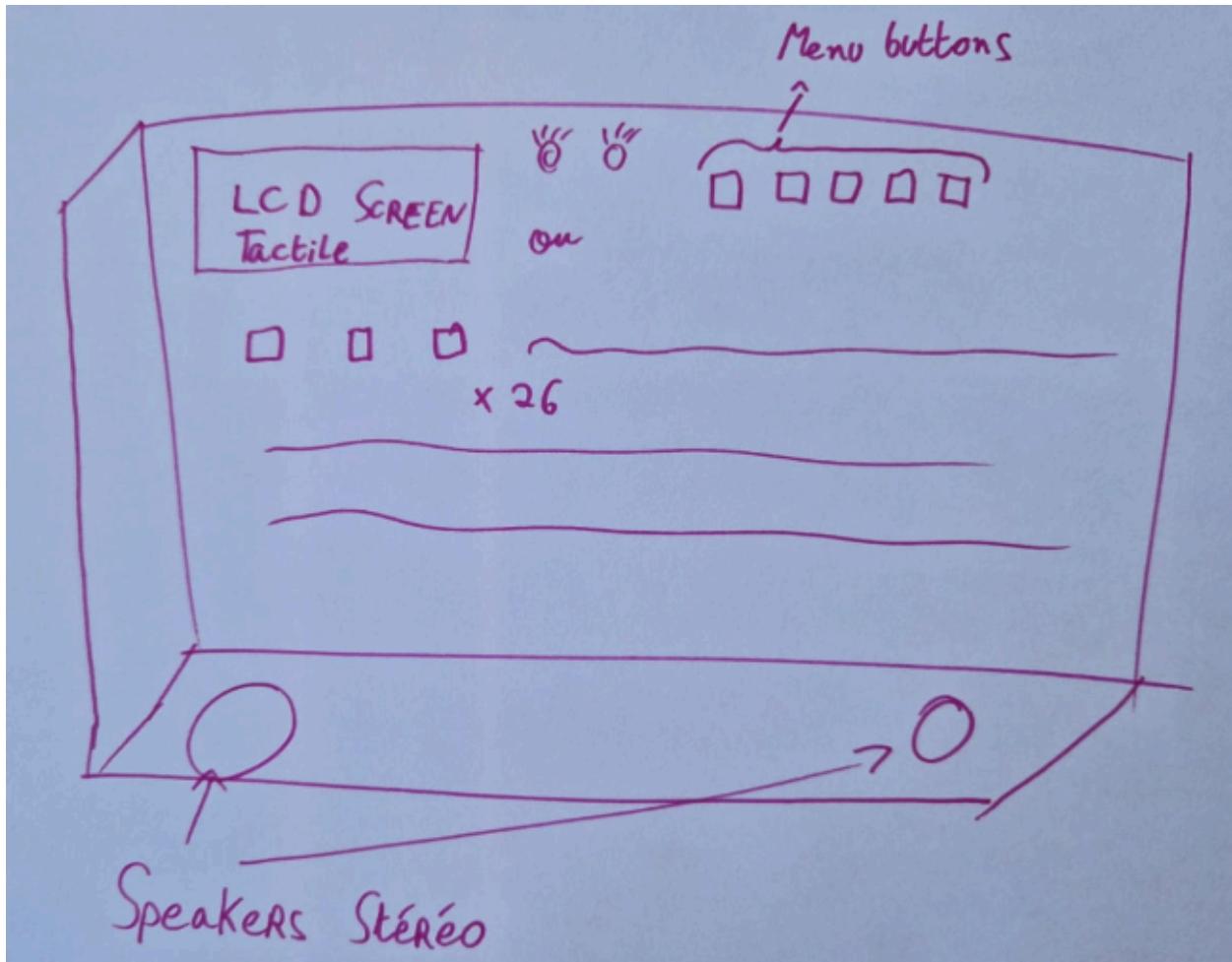
Un brainstorming collectif a ensuite permis de recenser l'ensemble des fonctionnalités possibles, puis de les trier et prioriser selon leur importance pédagogique, leur complexité technique, et leur valeur ajoutée pour l'utilisateur final.

Nous avons défini un MVP (Minimum Viable Product) centré sur :

- Des modes de jeu évolutifs pour apprendre lettres et mots,
- Des retours sonores immédiats (feedback vocal),
- Une navigation intuitive grâce à des boutons braille,
- Une autonomie complète (fonctionnement sans PC),
- Une structure solide et sécurisée pour une utilisation enfantine.

Une liste de composants a été rapidement établie : microcontrôleur, carte audio, boutons, haut-parleur, batterie, etc. Chaque choix était motivé par un compromis entre coût, robustesse, simplicité d'intégration et disponibilité.

Voilà à quoi ressemblaient globalement les premiers dessins de prototypes pour ce clavier :



(illustration des premières esquisses du clavier issus du brainstorming collectif)

Nous hésitions encore entre un écran LCD ou des boutons de menu classiques.

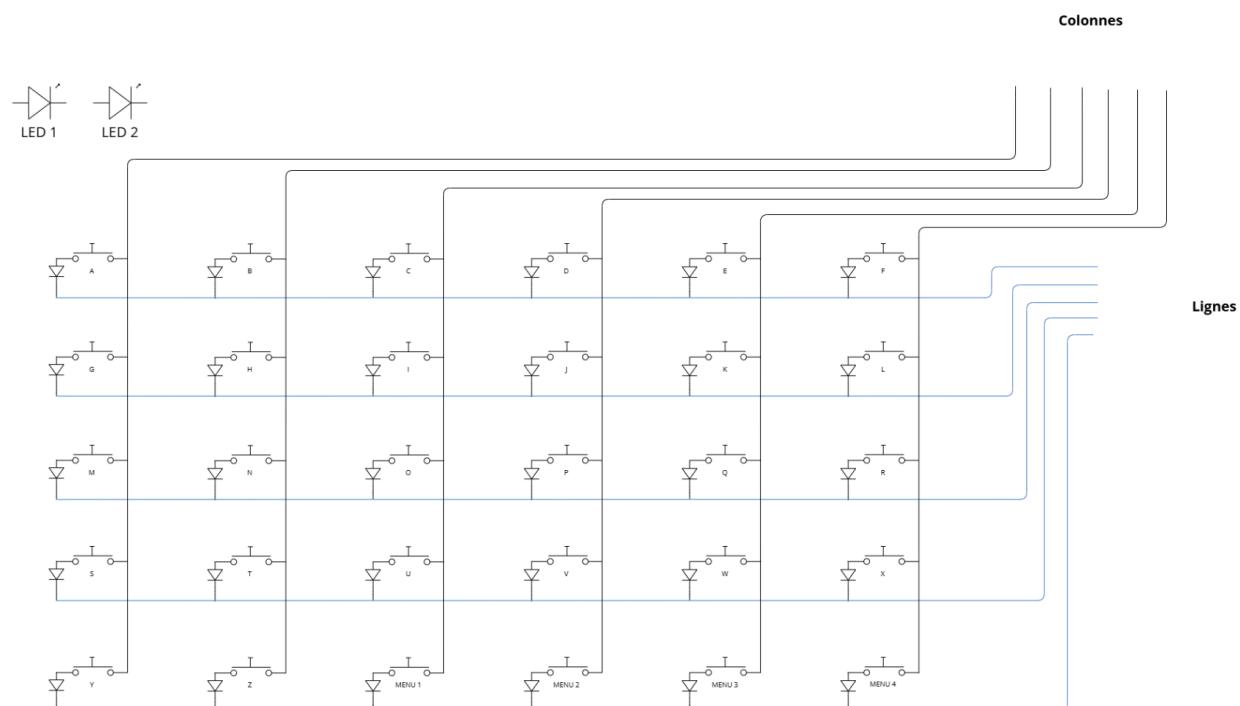
C. Phase d'initialisation

Dans l'attente des composants commandés, nous avons lancé une phase d'initialisation. Elle a consisté à :

- Esquisser les premières images de différents aspects du produit fini (formes, disposition des boutons, etc.) de façon plus précise que lors de la phase précédente,

- Définir les grandes structures de code nécessaires (gestion des entrées/sorties, architecture des modes de jeu, structure des fichiers sonores, etc.),
- Préparer les outils de développement (IDE, bibliothèques, environnement de test, etc.).
- Conceptualiser la matrice des boutons,
- Générer la librairie audio.

Cette phase a permis de clarifier notre vision du produit final tout en gagnant du temps sur le côté software.



(illustration du schéma électrique de la matrice de boutons poussoirs)

D. Réception des composants et 1ers tests

Dès réception des composants, nous avons entamé :

- Le montage progressif des éléments électroniques,
- La soudure des boutons et des diodes sur une perfboard,

- La mise en place de programmes de test pour vérifier chaque fonctionnalité séparément : lecture des ports GPIO, test des boutons, contrôle des LEDs, etc.,
- Le développement du programme principal en parallèle.

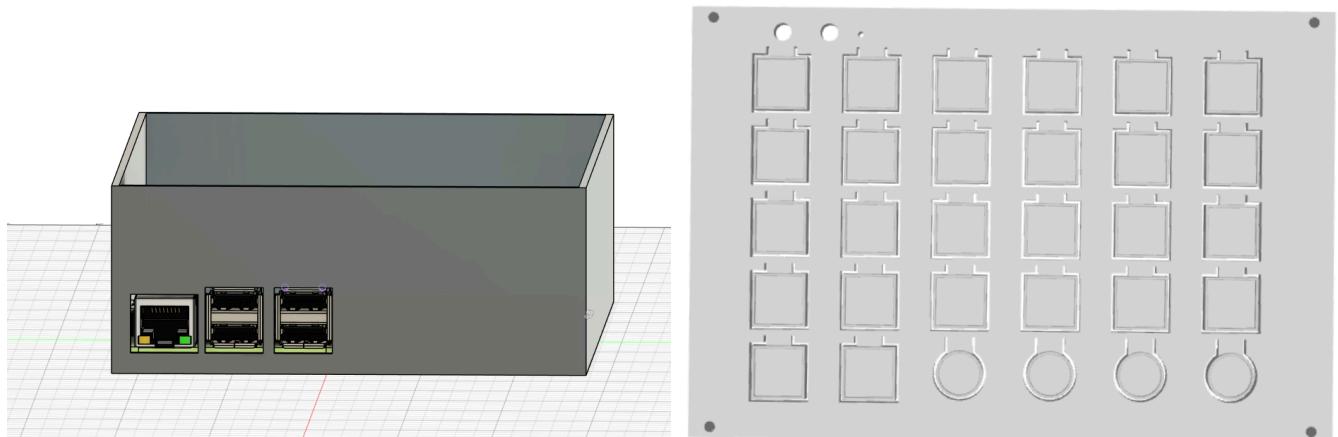
Cette étape a été cruciale pour garantir la fiabilité de la base matérielle avant d'aller plus loin.

E. Passage à la conception 3D

Une fois la perfboard finalisée et les tests fonctionnels validés, et après avoir défini le modèle final de microcontrôleur (Raspberry Pi 3), nous avons enfin pu :

- Mesurer les dimensions exactes du système,
- Modéliser l'ensemble de la structure en 3D, en tenant compte des contraintes d'ergonomie, de solidité, et d'accessibilité, le tout sur fusion 360 gratuitement.

Cette modélisation a marqué la fin de la phase de conception et le début de la fabrication physique.



(illustration de la modélisation 3D du châssis et de la plaque du haut)

F. Impression et assemblage électronique et mécanique

Après l'impression 3D des pièces, une phase qui s'est avérée très délicate au final a débuté :

- Le retrait minutieux des supports d'impression, complexe en raison de notre choix de système de boutons encastrés, c.f. [VII\) Solutions retenues](#)
- Le ponçage et ajustement des pièces, notamment pour assurer un bon positionnement des boutons et de la perfboard,
- Le contrôle régulier des dimensions et de l'ajustement entre les différentes pièces imprimées, afin de garantir un assemblage précis et sans contrainte,
- Ajustement de la partie software en parallèle (script python, librairie audio...).

Cette étape a demandé précision et patience, mais a permis de passer d'un concept abstrait à un prototype physique fonctionnel, ce fût un "last mile" très productif.

VI. Solutions envisagées

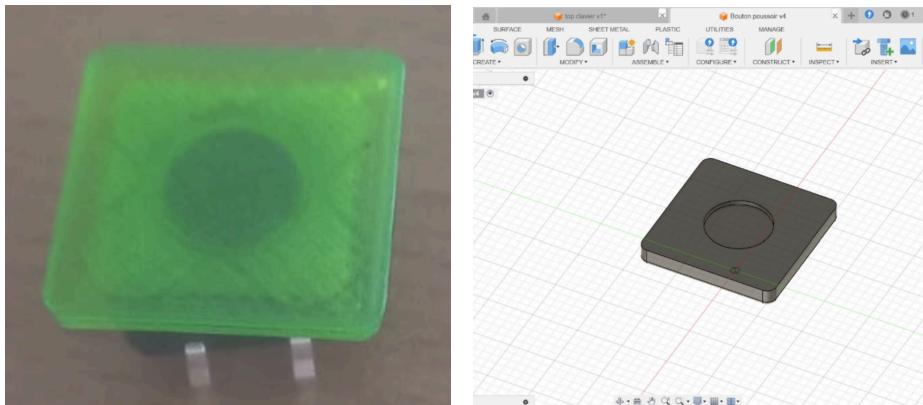
Options étudiées :

- **Reverse engineering** : Se baser sur un clavier pour enfant pré-existant, le désosser et ne garder que le châssis, les haut parleurs et le système de boutons et programmer une carte arduino ou raspberry pour les modes de jeux différents.

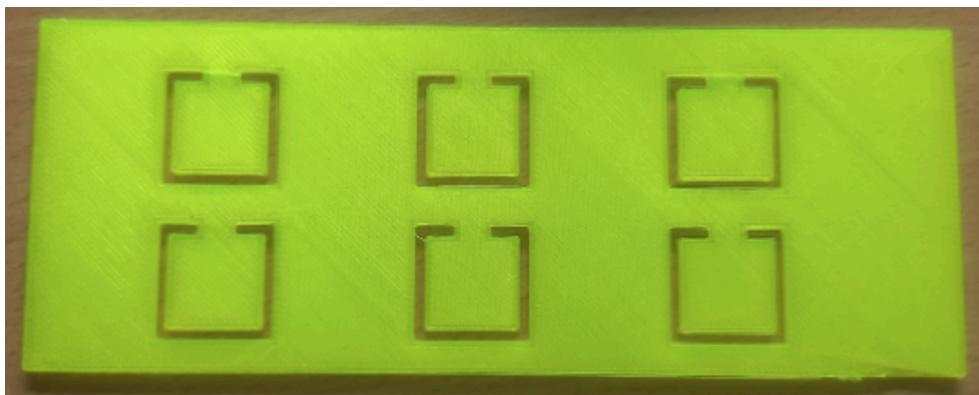


(illustration d'un clavier de jeu d'apprentissage d'alphabet pour enfant)

- **Châssis** : Impression 3D complète vs. cadre aluminium/plexiglass avec plaques découpées à la découpeuse laser puis clipsées ou vissées entre elles.
- **Touches** : Switchs mécaniques classiques vs. boutons poussoirs avec keycaps personnalisés (Braille et lettres visibles) vs. plaque rigide solidaire avec son système de boutons plats entourés de bords en relief avec un pont flexible.



(Image et modélisation des keycaps personnalisés)



(image du proof of concept de la plaque de boutons)

- **Braille** : Imprimer les lettres en 3D directement sur le haut des touches vs. Étiquettes en braille.
- **Électronique** :
 - Arduino Uno ou Leonardo vs. Raspberry Pi Zero ou Pi 3 pour tourner le programme, gérer les sorties audio etc...
 - Souder tous les boutons poussoirs à des fils indépendants puis connecter au Raspberry Pi vs. utiliser une perfboard pour tout souder et avoir un cable management propre.
 - Mode de fonctionnement filaire vs. batterie intégrée vs. batterie amovible

- **Audio** : Driver audio intégré vs. carte son USB / Haut parleurs intégrés vs. Haut parleur bluetooth.
- **Feedback** : Intégration d'un écran LED pour le prof ou non, indicateurs LED pour la charge et l'état du Bluetooth
- **Navigation** : Télécommande vs. Application téléphone Bluetooth ou Wifi-Direct v.s système de navigation natif on-board.

VII. Solution retenues :

- **Châssis** : Imprimé en 3D



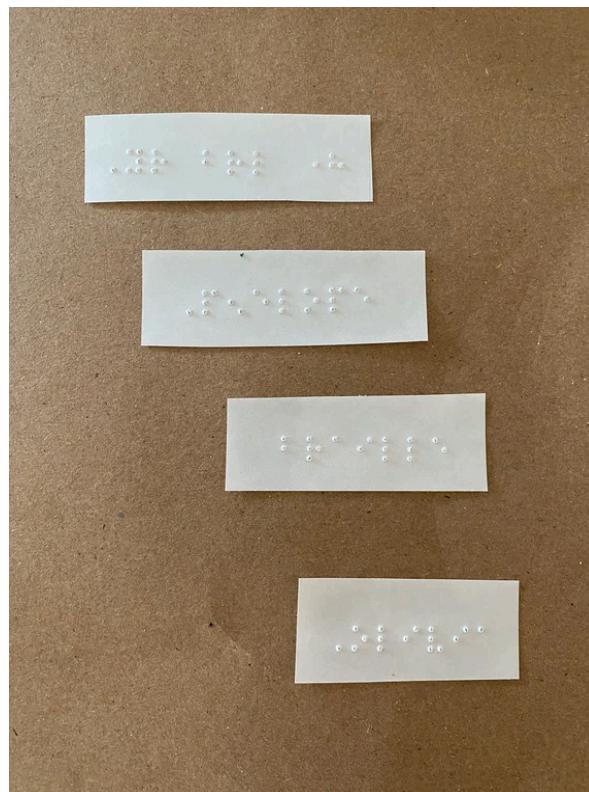
(image du chassis)

- **Touches** : Plaque rigide solidaire avec son système de boutons plats entourés de bords en relief avec un pont flexible.



(image du système de bouton finalement choisi)

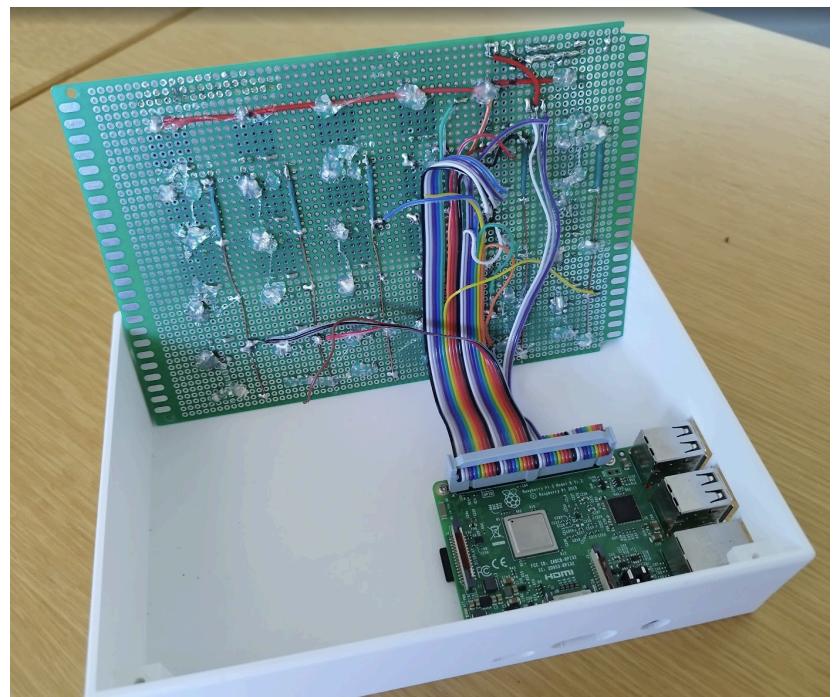
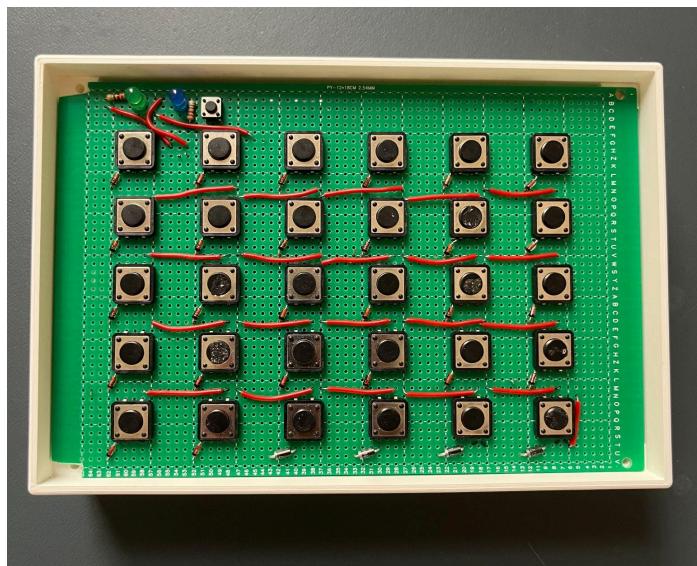
- **Braille** : Étiquettes Braille thermo-gonflées.



(image des étiquettes en braille finalement choisies)

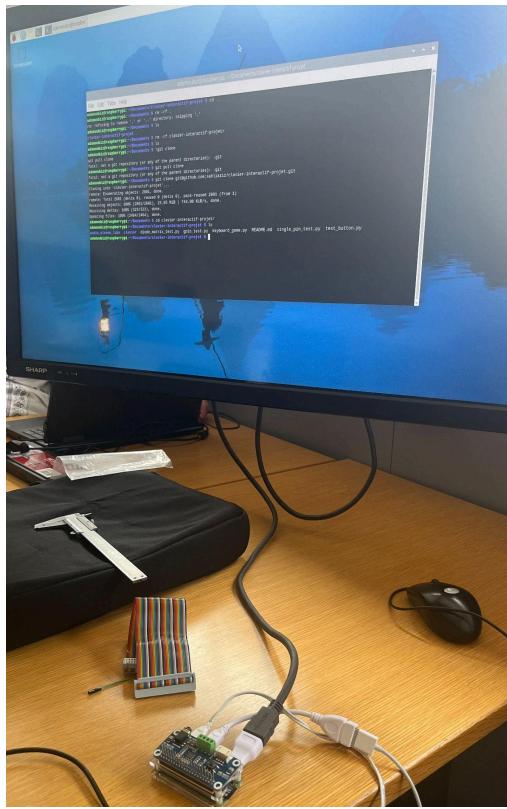
- **Électronique :**

- Raspberry Pi 3 pour plus de flexibilité au niveau du choix de langage de programmation et pour ses performances supérieurs (le Pi zero était trop lent pour process l'appui des boutons)
- Relier tous les boutons à une perfboard sous forme de matrice pour tout souder et avoir un cable management propre et facilement réparable en cas de problème.
- Mode de fonctionnement filaire et sur batterie avec batterie externe fixé sur le côté du clavier.



(images de l'ensemble du système électronique)

- **Logiciel** : Programmation en python, simplement choisi pour sa simplicité et par préférence.



```

DEBOUNCE = 0.05

ROW_PINS = [8, 10, 12, 16, 20]
COL_PINS = [7, 11, 13, 15, 19, 21]

# Key Map (Example for 6x5 matrix - A to Z + None)
# Adjust this map to match your physical keyboard layout
KEY_MAP = [
    #Cols:0 1 2 3 4 5 (Pins: 7, 11, 13, 15, 19, 21)
    ['A', 'B', 'C', 'D', 'E', 'F'], # Row 0 (Pin 8)
    ['G', 'H', 'I', 'J', 'K', 'L'], # Row 1 (Pin 10)
    ['M', 'N', 'O', 'P', 'Q', 'R'], # Row 2 (Pin 12)
    ['S', 'T', 'U', 'V', 'W', 'X'], # Row 3 (Pin 16)
    ['Y', 'Z', '1', '2', '3', '4'] # Row 4 (Pin 18)
]

ALPHABET = ("A", "B", "C", "D", "E", "F", "G", "H", "I", "J", "K", "L", "M", "N", "O", "P", "Q", "R", "S", "T", "U", "V", "W", "X", "Y", "Z")

questions = { ... }
questions_dur = { ... }

# Debounce time (in seconds)
DEBOUNCE_TIME = 0.02 # 20ms

# --- Audio Setup ---
AUDIO_DIR = "audio/"
EXPECTED_AUDIO_EXT = ".mp3"

try:
    pygame.mixer.init()
    print("Pygame mixer initialized for audio playback.")
except Exception as e:
    print(f"Error initializing pygame mixer: {e}")
    print("Audio playback will not be available.")
    pygame = None # Disable pygame functions if init fails

# --- GPIO Setup ---
def setup_gpio():
    """Sets up the GPIO pins for the keyboard matrix with diodes - reversed approach."""
    GPIO.setmode(GPIO.BCM)
    GPIO.setwarnings(False)

    GPIO.setup(22, GPIO.OUT)

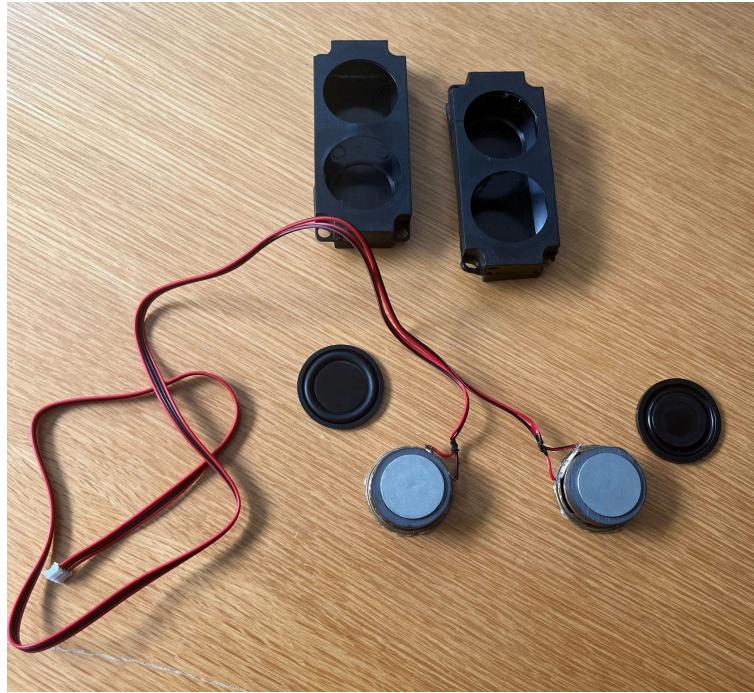
    # For our reversed approach:
    # 1. Set all rows as outputs (initially LOW)
    # 2. Set all columns as inputs with pull-down resistors

    # Set rows as outputs (initially LOW)
    for r_pin in ROW_PINS:
        ...

```

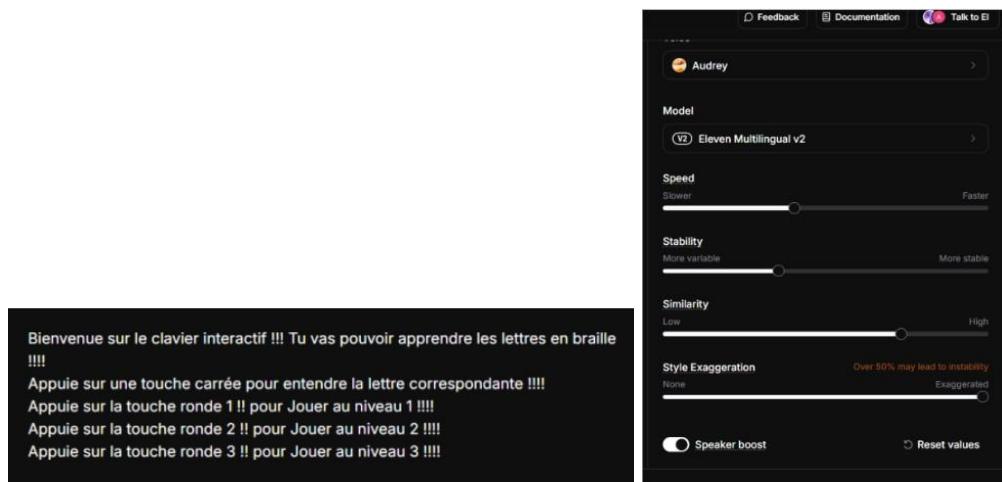
(images des scripts python)

- **Audio** : Haut parleurs intégrés + utilisation du driver audio intégré au Raspberry Pi 3 + Haut parleur externe en bluetooth ou écouteurs/casque bluetooth pour plus de flexibilité et opportunités d'apprentissage en privé (par exemple dans les transports) ou en groupe (par exemple dans une salle de classe)



(Illustration des hauts-parleurs que nous avons tenté d'intégrer à l'intérieur du clavier, c.f
[VIII\) Difficultés rencontrées](#))

- **Feedback** : Indicateurs LED pour l'état du programme et l'état du Bluetooth + feedback audio récurrents pour faciliter la navigation.



(Illustration du logiciel de génération de voix utilisé avec des paramètres pour une voix claire,
 bienveillante et adaptée aux enfants)

- **Navigation** : Système de navigation natif on-board avec un forme différente de la touche (cercle ou carré) pour une facilité de navigation améliorée pour l'utilisateur malvoyant, il y a 4 boutons principaux de navigation, chacun doté d'une fonctionnalité différente.

Schéma général du système :

- **Boîtier du clavier** : 188mm x 128mm x 43mm, solide, ergonomique, splash proof
- **Plaque du haut** : 181mm x 121mm x 10mm, rigide solidaire avec son système de boutons plats entourés de bords en relief avec un pont flexible
- **Perfboard customisé** : 180mm x 120mm x 2mm, accueille tous les boutons et composants.
- **Boutons poussoirs** : Classiques : 12mm x 12mm
- **Haut-parleurs** : Externe.
- **Batterie** : 9cm x 6,3cm x 2cm.
- **Microcontrôleur** : Raspberry Pi 3 (68,6mm x 53,3mm x 15mm).
- **Module Bluetooth/WiFi** : Intégrée

Fonctionnalités

- **Switch ON/OFF** avec indicateur LED, indication du mode de jeu sur les LEDs RGB.
- **Indicateur audio** (connexion Bluetooth, changement de mode, feedback sur chaque action).
- **Navigation** : touches en Braille, boutons de navigation en relief, validation par relâchement complet de la touche.
- **Feedback** : encouragements audio, pas de sons d'erreur neutres, feedback positif systématique.
- **Modes de jeu** :

- Niveau 0 : L'utilisateur appuie sur une touche, le clavier annonce la lettre.
 - Niveau 1 : Où est la lettre ? (ex : « Où est la lettre B ? »)
 - Niveau 2 : Jeu de phono (ex : « Trouve la première lettre du mot kangourou »)
 - Niveau 3 : Jeu de phono avec mots plus complexes + nième lettre (ex : « Trouve la quatrième lettre du mot ornithorynque »)
- **Autonomie** : batterie rechargeable, indicateur de charge LED.
- **Connectivité** : Bluetooth/WiFi.

VIII. Difficultés rencontrées

- 1) Assurer une répartition équitable des tâches s'est révélé plus complexe que prévu.
 - Solution : Améliorer la communication au sein du groupe et s'imposer pour faire sa part.
- 2) Les réponses erronées générées par la voix, sans doute dues aux restrictions de la version gratuite, ont entraîné un dépassement du temps initialement prévu.
 - Solutions : Exagérer le style d'écriture (avec des points d'exclamation à chaque pause) pour booster l'enthousiasme de la voix, utiliser des homonymes (exemple : "meaux" au lieu de "mot") c.f. *Illustration du logiciel de génération de voix utilisé avec des paramètres pour une voix claire, bienveillante, adapté aux enfants*
- 3) Plusieurs ajustements pour faire obéir le hardware au software. Le lancement automatique du programme n'a pas marché
 - Solution : Troubleshooting à l'aide de LLM et forums (perplexity, reddit, quora...)
- 4) Forte occupation des imprimantes 3D dans le campus
 - Solutions : Imprimer à l'IRIT ou dans d'autres fablab (finalement nous avons imprimé à l'IRIT)
- 5) Le temps limité a entraîné une qualité d'impression faible
 - Nous avions eu besoin de réajuster les pièces après l'impression, dont environ trois heures pour retirer le support et poncer la pièce du haut.

IX. Compétences mobilisées et acquises

- **Électronique** : prototypage, soudure, conception PCB, intégration de modules audio et Bluetooth.
- **Informatique** : programmation embarquée Python, gestion de fichiers audio, gestion d'IA générative audio ElevenLabs.
- **CAO/Modélisation** : Modélisation 3D sur Fusion360, plans de montage électronique sur Visual Paradigm.
- **Travail collaboratif** : Gestion de projet, communication effective, répartition des tâches, documentation.

X. Rapports individuels

Nom : BOUDOUHI-MEZROUI Ayoub

Contributions au projet :

Participation à la rédaction du cahier des charges fonctionnel

J'ai aidé à formaliser les besoins et les fonctionnalités attendues du clavier interactif, en listant les critères techniques et ergonomiques afin de guider le développement.

Participation à la conception du design 3D

J'ai aidé au développement design du boîtier du clavier interactif, en veillant à l'ergonomie et à l'intégration des composants, afin de faciliter la fabrication et l'utilisation du prototype.

Recherche de composants pour le clavier :

J'ai participé à l'identification et à la sélection des composants électroniques nécessaires à la fabrication du clavier interactif. J'ai pris en compte les contraintes techniques, le coût, et la compatibilité avec le Raspberry Pi 3 afin d'assurer la fiabilité et la performance du dispositif.

Gestion du feedback audio :

J'ai généré, à l'aide d'un logiciel, une bibliothèque de fichiers audio MP3 personnalisés destinés à fournir un retour vocal adapté à l'utilisateur lors de l'utilisation du clavier interactif, avec Adam Boujdaa.

Programmation Python sur le Raspberry Pi :

J'ai participé au développement des scripts en Python pour gérer les entrées des touches du clavier interactif via les ports GPIO du Raspberry Pi, en assurant une lecture précise des signaux et un traitement efficace des interactions utilisateur.

Support :

J'ai joué le rôle de Support dans le groupe, dans la modélisation 3D et l'électronique.

Participation à la réalisation des diaporamas et contribution au rapport du groupe :

J'ai participé à la réalisation de plusieurs présentations pour les revues de projet. Ces supports visuels ont permis de clarifier les étapes du projet, les choix techniques et les résultats obtenus, notamment lors de la présentation finale devant les enseignants et les étudiants. J'ai contribué à la finalisation du rapport de groupe.

Participation à la rédaction du manuel d'utilisation pour l'enseignante.

Rencontre avec les utilisateurs finaux :

Échanges au stand avec des utilisateurs potentiels, afin de leur présenter le produit, les faire tester, puis recueillir leurs retours pour l'améliorer.

CONCLUSION PERSONNELLE :

Principales difficultés rencontrées :

- La version gratuite du logiciel pour générer la voix n'était pas agréable à utiliser.
- Répartition des tâches
- J'ai rencontré un problème pour lancer le clavier interactif depuis mon PC, donc le travail a été centralisé sur l'ordinateur d'Aziz
- La coordination entre les différents aspects du projet (programmation, électronique, modélisation 3D), demandant une bonne communication au sein de l'équipe.
- Coordination difficile entre les membres de l'équipe, pouvant entraîner des malentendus.
- Au début du projet, je découvrais les aspects techniques, comme par exemple l'électronique, et je ne savais pas encore comment m'impliquer pleinement.

Compétences acquises :

Ce projet m'a permis de développer plusieurs compétences techniques et humaines. Sur le plan technique, j'ai appris à programmer en Python sur Raspberry Pi, à utiliser les ports GPIO, et à intégrer du feedback audio dans une interface interactive. En d'autres termes, j'ai découvert comment programmer sur une carte électronique.

Par ailleurs, ce projet m'a permis de mieux comprendre les fondamentaux, comme, le branchement de composants sur une breadboard et leur connexion au Raspberry Pi, ce qui me rend plus à l'aise pour de futurs projets.

Sur le plan méthodologique, j'ai appris à rédiger un cahier des charges fonctionnel, à documenter le travail réalisé, et à structurer une présentation technique claire.

Enfin, sur le plan humain, j'ai amélioré ma capacité à travailler en équipe, à communiquer efficacement et à prendre progressivement ma place dans le projet. J'ai compris l'importance de la coordination entre les domaines (électronique, programmation, design) pour la réussite d'un projet pluridisciplinaire.

Ressenti sur le projet :

J'ai trouvé ce projet très intéressant, car il s'agit d'un des premiers modules qui m'a réellement donné l'impression de me préparer concrètement au monde professionnel. Au début, je découvrais encore beaucoup de choses et manquais de repères, ce qui rendait certaines étapes difficiles. Ce que je n'ai pas aimé, c'est que la répartition des tâches était compliquée, notamment parce qu'Aziz avait déjà réalisé des projets personnels auparavant, et il fallait insister pour pouvoir toucher à des compétences intéressantes comme l'électronique. Je pense qu'un petit projet par personne maximiserait l'apprentissage des étudiants. Néanmoins, j'ai pu assister à toutes les étapes, ce qui me permet d'être à l'aise pour les futurs projets, et pourquoi pas réaliser un projet personnel cet été, pour devenir plus à l'aise.

Ce projet m'a permis de passer de la théorie à la pratique et de gagner en autonomie. Il m'a également donné davantage confiance en mes capacités à contribuer à un projet collectif et m'a motivé à approfondir mes connaissances.

Nom : BOUJDAA Adam

Contributions au projet :

Phase initiale :

Avec mes collègues, j'ai participé au brainstorming et j'ai rédigé le cahier des charges fonctionnel c.f. [V.C\) Phase d'initialisation](#) .

Conception :

- En termes de modélisation 3D, j'ai réalisé les premières itérations de design 3D des keycaps (que l'on n'a pas utilisées au final)[c.f. [VI\) Solutions envisagées](#)], fait la modélisation 3D pour le boîtier et la plaque supérieure pour la fabrication à la découpeuse laser/CNC que l'on aurait utilisé en cas d'impossibilité d'impression, et j'ai

aussi participé aux modélisations 3D finales avec mes collègues, le tout sur Fusion360. c.f. [V.E\) Passage à la conception 3D](#) .

- J'ai aussi fait le schéma électronique de la matrice de boutons poussoirs sur Visual Paradigm. c.f. [V.C\) Phase d'initialisation](#)
- En termes de software, j'ai participé au développement des scripts Python pour les niveaux et menus. Et j'ai aussi participé à la gestion du feedback audio (génération, intégration dans les scripts Python). C.f. [VII\) Solutions retenues](#).

Fabrication :

- En termes de fabrication, j'ai retiré le support et ajusté des pièces 3D post-impression (ponçage & retrait du support, etc.) ce qui s'est avéré très long dû à la qualité d'impression (layer height élevé à cause du manque de temps) c.f. [VIII\) Difficultés rencontrées](#).

Gestion et communication :

- J'ai géré la partie communication avec les clients, les professeurs, et les personnes ayant aidé pour l'impression 3D. Et collaboré avec mes collègues pour réaliser les diaporamas de présentation, la rédaction du rapport du projet ainsi que la rédaction des manuels d'utilisation et de fabrication.
- J'ai aussi pu discuter avec les utilisateurs finaux qui nous ont fourni une critique très constructive, afin de réaliser quelques micro-ajustements avant de finaliser le prototype et les documentations.

Conclusion personnelle :

Difficultés rencontrées :

- L'interdépendance de la progression des parties différentes du projet nous a ralenti, notamment sur la modélisation 3D où j'ai dû attendre longtemps que la matrice de boutons soit soudée et testée (pour confirmer la perfboard exacte qui sera utilisée ainsi les positionnements exactes des boutons sur celle-ci), avant de pouvoir modéliser. Du au manque de temps, j'ai quand même préféré modéliser des châssis en guise de backup au fur et à mesure de la progression de l'électronique, afin de pouvoir avoir quelque chose en cas d'imprévu.
- Je n'ai pas windows sur mon PC portable, donc la modélisation 3D était faite sur mon PC fixe le weekend ou sur le PC de l'un de mes collègues, ce qui n'était pas très pratique.
- Il a fallu trouver le juste milieu entre l'avis des membres différents de l'équipe qui pouvait s'avérer compliqué, mais avec suffisamment de communication et d'argumentation on arrivait à un juste milieu, entre perfectionnisme et simplicité opérationnelle.

- Le manque d'imprimantes 3D sur le campus mais surtout la forte occupation de celles-ci en fin de période de projets couplée aux horaires restreignants du FabLab, le tout en période d'examen, s'est avéré compliqué, j'ai du passer une matinée entière à appeler des fablabs différents autour de Toulouse, et des amis avec des imprimantes 3D pour trouver une solution. Finalement des collègues de notre professeur Mr. Truillet, on pu imprimer nos pièces à l'IRIT.
- Nos clients venaient trop fréquemment au début du projet alors qu'on avait pas encore suffisamment progressé, mais pas assez vers la fin, mais nous aurions dû les contacter plus régulièrement avec des updates sur la progression du projet.
- Nous aurions aussi dû faire le rapport, ou au moins un brouillon de celui-ci, au fur et à mesure de l'avancement du projet.

Compétences acquises :

Ce projet était l'occasion de pouvoir acquérir et développer des compétences variées, tout autant sur le plan technique que les soft skills qui vont de paire avec, notamment sur les aspects :

- Technique :
 - J'ai pu apprendre la programmation embarquée sur Raspberry Pi (GPIO, gestion des entrées/sorties, menus et niveaux de jeu) en connexion ssh pour plus de fluidité, et développer mes compétences en matière de conception de schémas électriques, mais aussi en modélisation 3D. J'ai aussi pu observer de près et comprendre comment marche la soudure de composants sur perfboard.
- Méthodologique :
 - J'ai pu apprendre à distinguer les critères les plus importants d'un prototype, pour déduire le MVP, me coordonner avec le groupe pour trouver un juste milieu, et ainsi rédiger un cahier des charges fonctionnel structuré, compréhensible pour le client pour lequel l'équipe est alignée.
 - Ce projet était aussi l'occasion de vivre les différents aspects chronologiques du projet (MVP, prototypage, tests, itérations)
 - J'ai aussi pu apprendre à réaliser une présentation technique claire et structurée, à la fois assez vulgarisée pour le client mais tout aussi technique pour les personnes intéressées par la technologie.
- Humain et sociale :
 - Le fait de travailler en équipe où l'on ne voyait pas forcément pas les choses de la même manière tout au long du projet m'a aidé à la fois à trouver le juste équilibre entre rigueur technique (perfectionnisme) et simplicité opérationnelle

mais aussi de savoir m'imposer de manière constructive pour proposer des solutions et renforcer ma contribution. Pour aboutir à un produit suffisant et fonctionnel, plutôt que parfait et non fonctionnel, le tout dans un environnement de bonne entente et bienveillance.

Ressenti personnel :

Ce projet a été pour moi l'occasion de développer mes compétences techniques, mes soft skills.

J'ai particulièrement apprécié :

- La richesse de l'apprentissage : J'ai pu développer de nombreuses compétences, et même si je n'ai pas exécuté chaque tâche, j'ai suivi toutes les étapes de près et assimilé de nombreuses compétences.
- Le développement de mes soft skills : j'ai appris à trouver l'équilibre entre l'exigence technique et la recherche de simplicité pragmatique, tout en étant proactif afin de participer plus activement.
- La dynamique de groupe : évoluer avec des coéquipiers aux compétences et expériences variées et aux points de vues différents m'a encouragé à ajuster ma démarche, et à mieux gérer ma coordination.

En bref, ce projet m'a efficacement préparé pour la suite et éveillé ma curiosité sur les systèmes embarqués.

Nom: SAHLI Mohamed Aziz

Contributions au projet :

Conception

Pour la conception, j'ai choisi d'utiliser un Raspberry Pi 3 pour sa facilité d'intégration et la rapidité de développement du programme principal de notre clavier. Côté électronique, l'emploi d'une matrice de boutons-poussoirs s'est avéré idéal : elle permet de déterminer librement le nombre et l'emplacement des touches, tout en contournant les limites de l'interface GPIO du Raspberry Pi et en laissant des broches libres pour de futures fonctionnalités.

Fabrication

En ce qui concerne la fabrication, j'ai soudé chaque composant sur la carte de prototypage. Cette étape — la plus délicate du projet — a nécessité de positionner précisément les boutons, d'éviter les courts-circuits et de garantir la continuité des signaux. Après plusieurs retouches, la matrice de boutons fonctionne parfaitement. J'ai aussi favorisé l'utilisation d'un câble unifié d'extension pour effectuer les connexions électriques entre les broches GPIO et les boutons afin d'éviter le risque de débranchement et faciliter le processus de réparation.

Modélisation 3D

Une fois la partie électronique finalisée, j'ai collaboré avec mes collègues pour modéliser en 3D le boîtier dans Autodesk Fusion 360. L'apprentissage a été lent, mais grâce à de l'entraide, quelques tutoriels et à un peu de persévérance, nous avons obtenu un rendu propre et conforme à nos attentes.

Installation du système

J'ai effectué l'installation et l'initialisation du système ainsi que de l'espace de travail sur le Raspberry Pi, destiné à héberger notre programme.

Conclusion personnelle :

Ce projet a nourri ma passion pour la création et m'a incité à explorer de nouvelles techniques et technologies, en particulier la modélisation et l'impression 3D que j'utiliserais désormais plus souvent dans mes projets personnels. J'ai toujours voulu être maker, et cette expérience renforce encore davantage ma motivation.

Le projet m'a également appris à communiquer clairement avec mes collègues ainsi qu'avec le client. Mon seul regret est d'avoir parfois mal géré ma frustration lorsque des problèmes survenaient, ce qui a pu me rendre un peu rude envers l'équipe ; c'est un point sur lequel je veux progresser.

Voir des visiteurs intéressés par le produit fini lors de l'exposition m'a rendu fier et heureux, confirmant mon envie de continuer à concevoir des dispositifs utiles aux autres.

XI. Conclusion

Ce projet a été un véritable succès mais surtout un vrai tremplin vers la vie professionnelle. Il nous a permis de concevoir un dispositif éducatif innovant, accessible et robuste, adapté aux enfants malvoyants ou non-voyants. Les choix techniques et pédagogiques ont été guidés par la simplicité d'utilisation, la robustesse et la bienveillance du feedback. Les difficultés rencontrées nous ont permis de progresser sur la gestion de projet, la conception matérielle, et l'intégration logicielle.

XII. Annexes

- Liens vers les sites et softwares utilisés :
 - Visual Paradigm (Schéma électronique) : <https://www.visual-paradigm.com/>
 - VS Code (Programmation) : <https://code.visualstudio.com/>
 - Fusion 360 (Modélisation 3D) :
<https://www.autodesk.com/ca-fr/products/fusion-360/personal>
 - Ultimaker Cura (Slicing) : <https://ultimaker.com/fr/software/ultimaker-cura/>
- Liste des composants utilisés :
 - Raspberry Pi 3
 - Perfboard de 12x18cm
 - Cable GPIO 15cm
 - Carte SD standard
 - Batterie externe white label standard
 - 30 boutons poussoir standards de 12x12mm
 - 30 diodes standards
 - 1 bouton poussoir de 5x5mm
 - 2 LEDs standards

XIII. Table des illustrations

- [Illustration du cahier des charges fonctionnel](#)
- [Image de la présentation de l'IJA](#)
- [Illustration de premières esquisses du clavier issus du brainstorming collectif](#)
- [Illustration du schéma électronique de la matrice de boutons poussoirs](#)
- [Illustration de la modélisation 3D du châssis et de la plaque du haut](#)
- [Illustration d'un clavier de jeu d'apprentissage d'alphabet pour enfant](#)
- [Image et modélisation des keycaps personnalisés](#)
- [Image du proof of concept de la plaque de boutons](#)
- [Image du chassis](#)
- [Image du système de bouton finalement choisi](#)
- [Image des étiquettes en braille finalement choisies](#)
- [Images de l'ensemble du système électronique](#)
- [Images des scripts python](#)
- [Illustration des hauts-parleurs que nous avons tenté d'intégrer à l'intérieur du clavier](#)
- [Illustration du logiciel de génération de voix utilisé avec des paramètres pour une voix claire, bienveillante et adaptée aux enfants](#)

XIV. Code et modèles 3D

Le code Raspberry, les scripts audio, et les modèles 3D sont disponibles dans le repository Git suivant, avec un manuel pour reproduire le projet et pour l'utilisation du projet :

<https://github.com/sahliaziz/clavier-interactif-projet>