



Développement d'un jeu interactif pour l'apprentissage du Braille par des enfants déficients visuels



Nael Fontaine

Remerciements

Je tiens en premier lieu à remercier Christophe Jouffrais, Directeur du laboratoire Cherchons Pour Voir (CPV) pour m'avoir accordé sa confiance en me proposant ce stage et m'avoir suivi pendant toute la durée de celui-ci.

Je tiens à remercier tous les membres de l'équipe ELLIPSE, qu'ils soient, stagiaires, doctorants ou chercheurs permanents, qui m'ont aidé quand j'avais des questions et m'ont fait bénéficier d'une ambiance de travail agréable. Je pense particulièrement à Victor BREHAULT , Lisa HOIRY et Tanguy TERRIEN qui m'ont accueilli avec bienveillance dans leur bureau. Je remercie également Reda BENKHELIFA qui m'a fait découvrir l'utilisation de l'imprimante 3D.

Je tiens enfin à remercier Sandra Bardot, ma tutrice au sein du laboratoire. Elle m'a accompagné pendant tout le stage en me donnant de nombreux conseils qui m'ont permis d'avancer.

Table des matières

Résumé	3
Abstract	3
Introduction	4
1 Présentation du laboratoire de recherche	5
1.1 L'IRIT	5
1.2 Le CPV	5
2 Présentation du braille	6
2.1 braille classique	6
2.2 braille 8 points	6
3 Fonctionnement initial de l'application	7
3.1 partie logicielle	7
3.1.1 mode question	8
3.1.2 mode exploration	8
3.2 partie physique	8
3.3 amélioration possibles	11
4 Améliorations apportées	12
4.1 Changements sur l'Application	12
4.2 Changements du dispositif physique	14
5 Outils utilisés	16
5.1 Partie 3D	16
5.2 Partie code	17
6 Portage Arduino	18
6.1 Petite introduction à Arduino	18
6.2 Travail effectué	18
Conclusion	20
Annexe	21

Résumé

Le braille est un système d’écriture tactile à points saillants à l’usage des personnes aveugles ou malvoyantes. Pour de nouveaux aveugles, souvent jeunes, son apprentissage peut être assez compliqué et nécessite qu’une personne responsable (enseignant ou parent) s’en occupe. C’est pour faciliter l’apprentissage du braille de façon plus autonome que des chercheurs et stagiaires de l’IRIT dans le laboratoire CPV (Cherchons Pour Voir) ont eu l’idée de développer une application utilisant des pièces représentants des points et des retours visuels.

Mon objectif dans le laboratoire était d’améliorer la version déjà existante de ce jeu interactif en modifiant l’application et en ajoutant de nouvelles fonctionnalités. De plus, j’ai également travaillé sur un portage du projet en Arduino qui a pour objectif de simplifier grandement le code et de permettre un fonctionnement plus intuitif en retirant les contraintes de l’écran tactile.

Abstract

Braille is a tactile writing system with raised dots for use by blind and partially-sighted people. For new blind people, often young, learning braille can be quite complicated and requires a responsible person (teacher or parent) to take charge. To make learning Braille easier and more autonomous, researchers and trainees at IRIT’s CPV (Cherchons Pour Voir) laboratory came up with the idea of developing an application using pieces representing dots and visual feedback.

My aim in the lab was to improve the existing version of this interactive game by modifying the application and adding new features. In addition, I also worked on an Arduino port of the project, which aims to greatly simplify the code and enable more intuitive operation by removing the constraints of the touch screen.

Introduction

Dans le cadre de ma formation à la prépa des INP, j'ai du réaliser un stage en laboratoire ou en entreprise afin d'appliquer les connaissances acquises durant ces deux années de formations et découvrir plus en détail le monde de la recherche et du développement afin de mieux appréhender le métier d'ingénieur.

J'ai réalisé ce stage d'une durée de 7 semaines à l' IRIT (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse) au sein de l'équipe ELIPSE (Etude de L'Interaction Personne SystèmE). J'ai plus précisément effectué mon stage au sein du laboratoire CPV(Cherchons Pur Voir), fruit de l'union entre l'IRIT et l'Institut des Jeunes Aveugles (IJA).

Durant ce stage, ma mission était d'améliorer une application servant à faciliter l'apprentissage du braille pour de "nouveaux" non-voyants. Cette application fonctionne sur tablette avec une coque à placer par dessus celle-ci, destinée à accueillir des pièces qui représentent des points brailles.

Ce rapport décrit le déroulé de ce stage. Il commencera par la présentation du laboratoire dans lequel j'ai travaillé et des missions qui m'y ont été assignés. Je détaillerai ensuite les activités que j'ai pu réaliser durant l'ensemble du stage.

1 Présentation du laboratoire de recherche

1.1 L'IRIT

L’Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT) est l’une des plus grandes unités de recherche en France. Avec ses 600 membres, permanents et non-permanents, et une centaine de collaborateurs extérieurs, il est un acteur clé de la recherche en Occitanie et un des piliers de la recherche informatique en France. Grâce à son affiliation multiple (CNRS, Universités de Toulouse), son influence scientifique et ses collaborations interdisciplinaires.

L’IRIT joue un rôle central dans le domaine de l’informatique et ses applications numériques, tant à l’échelle régionale que nationale. Ses travaux de pointe et son dynamisme ont permis à l’IRIT de se forger une identité forte et une visibilité incontestable, tout en s’intégrant aux évolutions locales comme l’Université de Toulouse et les initiatives issues des investissements d’avenir (LabEx CIMI, IRT Saint-Exupéry, SAT TTT…).

L’IRIT se découpe en 24 équipes réparties dans 7 départements. J’ai personnellement réalisé mon stage au sein de l’équipe ELIPSE (Etude de L’Interaction Personne SystèmE), dans le département ”Intelligence collective, interaction”.

1.2 Le CPV

Le laboratoire Cherchons pour Voir (CPV) est un laboratoire unique, à l’interface entre le monde professionnel de la déficience visuelle et celui de la recherche. Fruit d’une collaboration entre l’IRIT et le CESDV-IJA (Centre d’Education Spécialisée pour Déficients Visuels - Institut des Jeunes Aveugles), il est spécialisé dans la recherche de solutions innovantes pour l’aide aux personnes avec déficiences visuelles.

Ce laboratoire est dédié aux personnes malvoyantes et non-voyantes, ainsi qu’à leurs familles et aux professionnels qui les soutiennent. Il a pour mission de développer de nouvelles connaissances et technologies pour améliorer l’autonomie et la qualité de vie de ces personnes en faisant progresser la compréhension de la déficience visuelle et en répondant aux besoins identifiés par les professionnels et les personnes concernées.

2 Présentation du braille

Pour bien comprendre les enjeux et réalisations de ce stage, il convient d'introduire au préalable l'écriture en braille et de s'intéresser plus précisément au système de braille 8 points.

2.1 braille classique

Le braille est un système d'écriture tactile à points saillants, à l'usage des personnes aveugles ou fortement malvoyantes.

Une cellule braille est composée de 6 points qui peuvent ou non être surélevées pour former différents caractères tels que les lettres de l'alphabet ou différentes ponctuations.

2.2 braille 8 points

De nos jours, les personnes ayant une déficience visuelle utilisent de façon croissante des équipements informatiques ou électroniques.

Les caractères braille classiques sont formés par des combinaisons de 6 points qui peuvent être soit présents, soit absents. Un tel système permet par conséquent d'obtenir 64 symboles (espace compris).

Or, on conçoit bien que 63 signes braille ne permettent pas d'afficher tous les symboles de l'imprimé. Dans le braille traditionnel « six points », l'astuce consiste à recourir à la fois à des préfixes (pour signaler la majuscule d'une lettre, la valeur numérique du signe qui suit...), et à des « symboles composés ». Dans le cas d'un système informatique, l'astuce consiste à augmenter la cellule braille de base de deux points supplémentaires, appelés points 7 et 8, situés respectivement sous les points 3 et 6. On passe ainsi à 256 caractères ce qui est parfait pour représenter la plupart des caractères pouvant être utilisés dans l'informatique.

3 Fonctionnement initial de l'application

Quand je suis arrivé à l'IRIT, l'application que je devais améliorer était déjà fonctionnelle. Je vais expliquer ici son fonctionnement initial.

Le dispositif Braille Tangible est composé de deux parties majeures : l'application sur une tablette et un dispositif physique à positionner sur l'écran de la tablette (coque et tuiles).

L'application est conçue pour faciliter l'apprentissage du braille en autonomie. L'activation des différentes cellules grâce aux pièces qu'on présentera plus tard permet donc d'écrire différents caractères.

3.1 partie logicielle

A mon arrivée, l'écran de jeu se présentait ainsi :

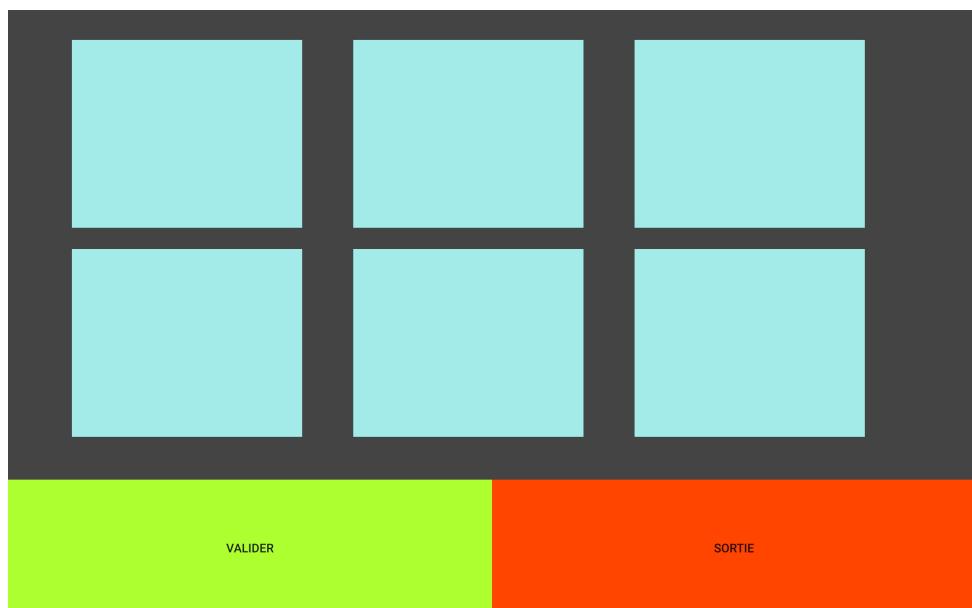


Figure 1 – écran de jeu

L'écran était composé de 6 cellules représentant les 6 points du braille et des boutons VALIDER et SORTIR. Pour utiliser la tablette, il faut la tenir de manière verticale de manière à ce que les 6 cellules de l'application soient alignées de la même manière que les 6 points de l'écriture braille.

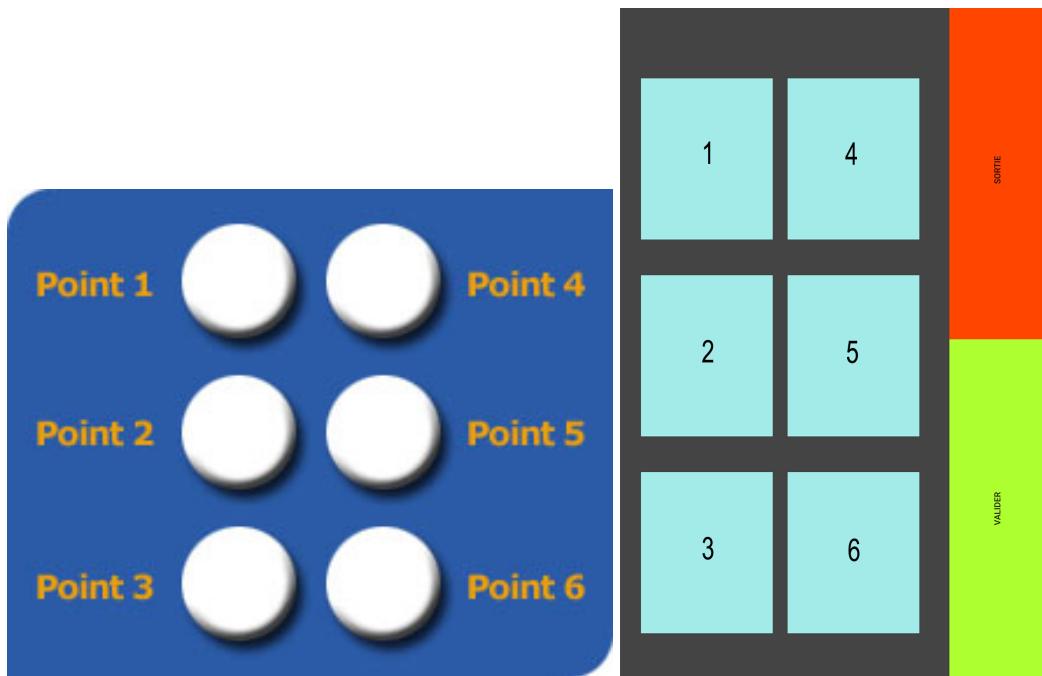


Figure 2 – utilisation tablette

Cet écran est utilisé pour 2 modes de jeux : question et exploration.

3.1.1 mode question

Dans le mode question, l'objectif est de tester ses connaissances en répondant correctement à des questions posées par l'application. L'utilisateur peut choisir plusieurs niveaux de difficultés qui correspondent à des caractères plus ou moins poussés (alphabet, ponctuation ect...). Pour chacun de ces modes, l'utilisateur devra reproduire grâce aux pièces fournies le caractère demandé.

3.1.2 mode exploration

Dans le mode exploration, le but est de permettre à l'utilisateur de tester lui-même sa mémoire ou de chercher de nouveaux caractères. Le principe de ce mode de jeu est simple, l'utilisateur rentre une combinaison et la tablette décrit le caractère représenté s'il existe.

3.2 partie physique

Le dispositif physique associé à la tablette pour une utilisation facile pour les enfants déficients consiste en une coque et des pièces à placer dans la coque pour représenter les caractères brailles. La coque et les pièces ont été designées et modélisées en 3D pour être utilisées avec l'écran de jeu présenté précédemment.

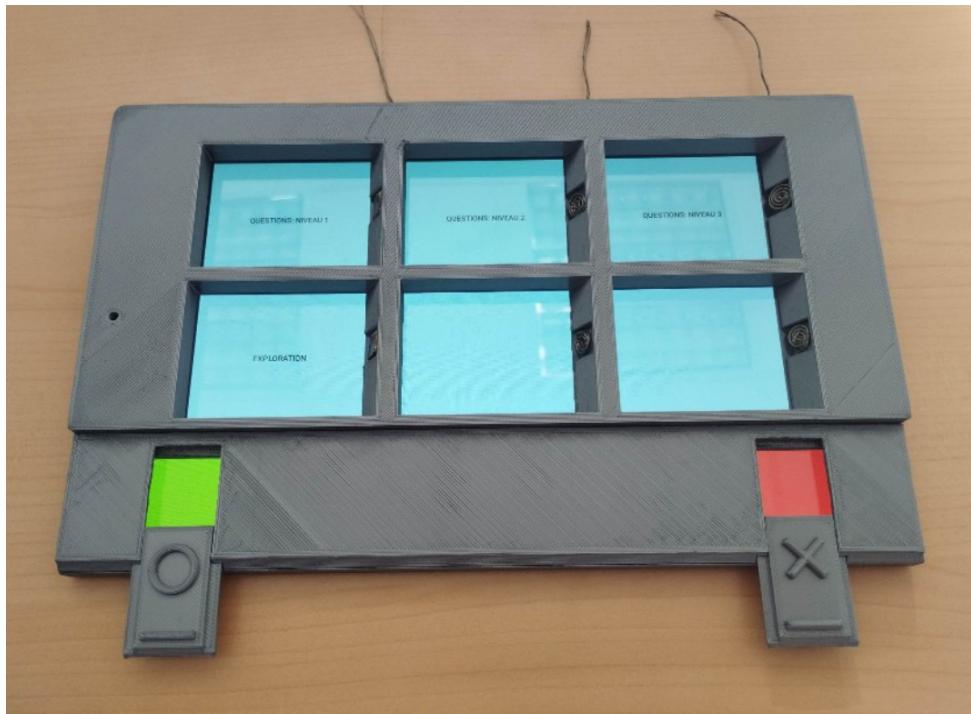


Figure 3 – Coque tablette

Les pièces sont séparées en 2 types pour représenter les points et les vides. Elles sont conçues globalement de façon similaire à l'exception de l'emplacement du point de contact avec la tablette, et ce, afin de permettre à l'application de détecter le type de pièce posé.

Il a également été rajouté un volume sur le dessus de la pièce point pour permettre la différenciation par les enfants en situation de handicap. Un système utilisant le champ magnétique généré par la batterie de la tablette pour créer un point de contact était utilisé pour détecter les pièces, mais ne fonctionnait pas à 100%. Ayant été modifié plus tard et étant un petit peu complexe, ce système ne sera pas détaillé dans ce rapport.



Figure 4 – Pièces initiales - vue du dessus



Figure 5 – Pièces initiales - vue du dessous

3.3 amélioration possibles

Il y avait cependant plusieurs problèmes identifiés :

- Premièrement, la forme des pièces n'était pas très pratique car il fallait les poser dans un sens précis, ce qui peut poser une difficulté pour les enfants aveugles. De plus, les accessoires généralement utilisés pour apprendre le braille sont constitués de formes rondes : plus faciles à reconnaître et plus agréable à manipuler.
- Toujours par rapport aux pièces utilisées, deux types de pièces complexifiaient l'utilisation la rendant peu intuitive.
- Le système utilisé pour détecter une pièce sur l'écran tactile de la tablette avait également quelques problèmes causant aux pièces de ne parfois pas être détecter alors qu'elles étaient présentes.
- Enfin, classer les différents modes en utilisant une notion de palier de difficultés était peu pertinent.

Le but de mon stage était donc de tenter de régler ces problèmes et éventuellement d'ajouter de nouvelles fonctionnalités.

4 Améliorations apportées

4.1 Changements sur l'Application

Durant ce stage, afin de résoudre les problèmes précédemment mentionnés, j'ai du modifier l'application.

Premièrement, j'ai modifié les niveaux de difficulté du braille 6 points en les remplaçant par 4 catégories : alphabet, maths, symbole et un mode les contenant tous. J'ai du pour cela rajouter de nouveaux caractères et enregistrer de nouveaux audio.

Ensuite, afin de rendre l'utilisation plus agréable, j'ai rajouter deux nouveaux boutons :

- RÉPÉTER qui permet de répéter la question actuelle au cas où on aurait mal entendu
- PASSER qui permet de passer à la question suivante sans répondre à la question actuelle pour le cas où on ne connaît pas la réponse à la question actuelle mais on souhaiterait recommencer.

J'ai également modifié les cases et pièces carrés par des formes rondes.

J'ai aussi incorporé la possibilité de travailler en braille 8 points en rajoutant 2 nouveaux niveaux de questions et un niveau d'exploration.

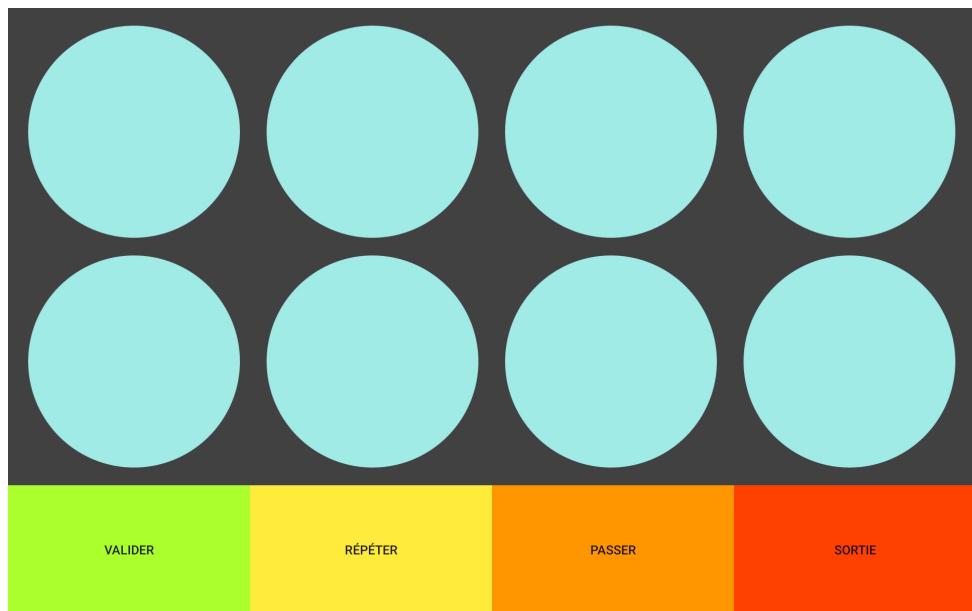


Figure 6 – Nouvel écran de jeu en mode 8 points

Le niveau d'exploration à 8 points possède le même principe que celui à 6 points mais sur un plateau à 8 points et de découvrir les nouveaux caractères permis par cette nouvelle configuration.

Les deux modes de questions rajoutés sont :

- nouveau 8 points : contient les nouveaux caractères disponibles en braille 8 points ainsi que les caractères qui ont subi un changement dans le tableau du braille 8 points.
- tous 8 points : en plus des nouveaux caractères permis par le braille 8 points, ce mode reprend également tous les autres caractères du mode 6 points qui reste accessible en mode 8 points. C'est donc le mode contenant le plus de questions différentes.

Pour synthétiser : l'application contient donc maintenant 8 modes différents, et voici donc le nouvel écran d'accueil :



Figure 7 – Nouvel écran d'accueil

4.2 Changements du dispositif physique

Suite aux modifications apportées à l'application, il a été nécessaire de procéder à des ajustements sur la partie matérielle associée. J'ai donc modéliser une nouvelle coque adaptée à l'écran à 8 cellules et aux deux nouveaux boutons associés

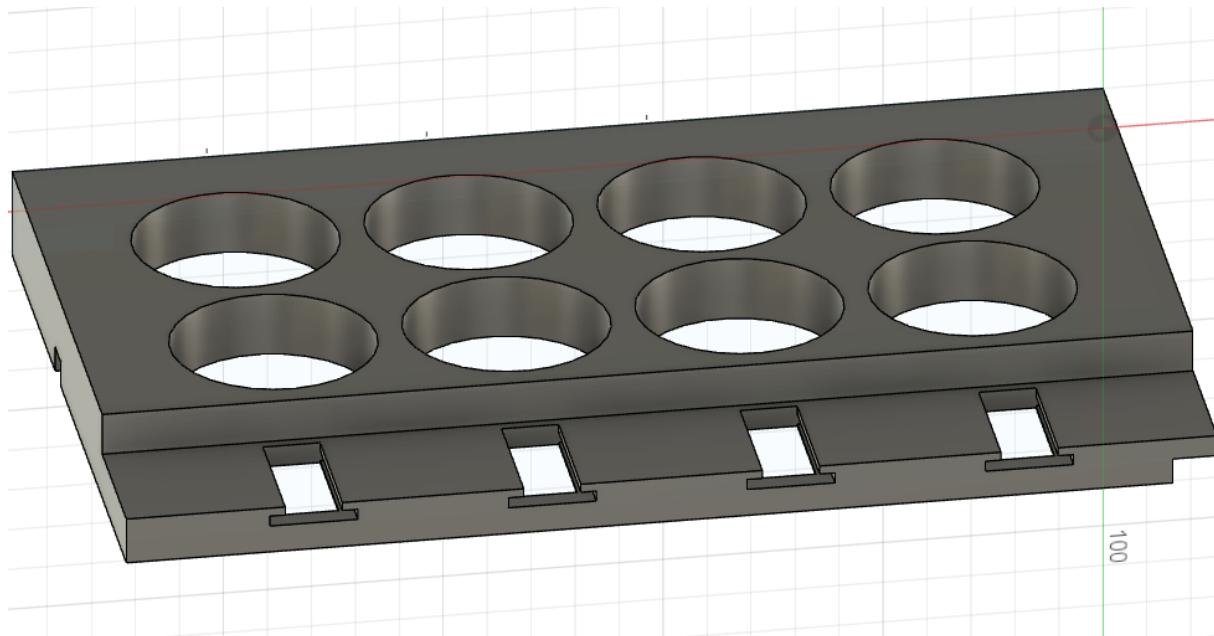


Figure 8 – Modélisation de la nouvelle coque

Je me suis ensuite intéresser à la réalisation de nouvelles pièces rondes.

Premièrement j'ai réaliser une adaptation du modèle précédemment utilisé qui utilisaient 2 pièces différentes pour le point et le vide. J'ai alors adapter le code qui différenciait les pièces rectangulaire en fonction de la position en x du point de contact par un système qui différenciait les deux pièces rondes en fonction de la distance du point de contact avec le centre du cercle (ce qui correspond au rayon du point de contact).

Par la suite, j'ai voulu me passer du besoin d'avoir 2 types de pièces. J'ai donc réfléchi à un système qui n'utilisera qu'un seul type de pièce et où l'utilisateur ait juste besoin de placer une pièce dans une cellule pour signifier un point et ne rien mettre pour signifier un vide. Pour réaliser cette idée, j'ai utiliser différents outils conducteurs tels que du scotch en cuivre, des fils électriques ou des embouts tactiles et des pièces imprimée en 3D. En effet, un doigt humain est détecté par la tablette grâce au champ électrique produit par le corps humain, ainsi, un objet en matériau conducteur touché par un humain est en contact avec l'écran tactile peut être détecté.



Figure 9 – Différents essais de dispositifs conducteur

Cependant, ces essais se sont révélés peu fructueux avec le matériel à disposition avec des prototypes qui marchaient à peu près mais pas dans 100% des cas. On a donc décidé de simplifier le problème en produisant une pièce entièrement conductrice dont on peu facilement détecter le placement sur l'écran et qui utilise un signal spécifique(appui sur la pièce pendant une seconde par exemple) avant de la retirer pour signifier qu'on vide la case. Avec ce système plus simple et grâce à l'utilisation l'imprimante 3D avec des filaments conducteurs, j'ai réussi finalement à imprimer une telle pièce et à faire fonctionner l'idée précédente.

Il me reste encore une semaine de stage après le rendu de ce rapport et les prototypes se sont avérés concluants, j'espère donc pouvoir imprimer le dispositif final dans la semaine qui arrive afin d'avoir un nouveau dispositif parfaitement utilisable.



Figure 10 – Pièces conductrices utilisées dans le prototype final

5 Outils utilisés

Afin de réaliser les modifications précédemment présentées, j'ai du programmer en java, faire de la modélisation et de l'impression 3D ainsi que concevoir de nouveaux prototypes.

5.1 Partie 3D

J'ai donc du apprendre le fonctionnement du logiciel fusion 360 qui permet de modéliser en 3D ainsi que de me servir d'une imprimante 3D. Je n'avais jamais fait auparavant en m'a aidant notamment de tutos sur internet et d'expérimentation.

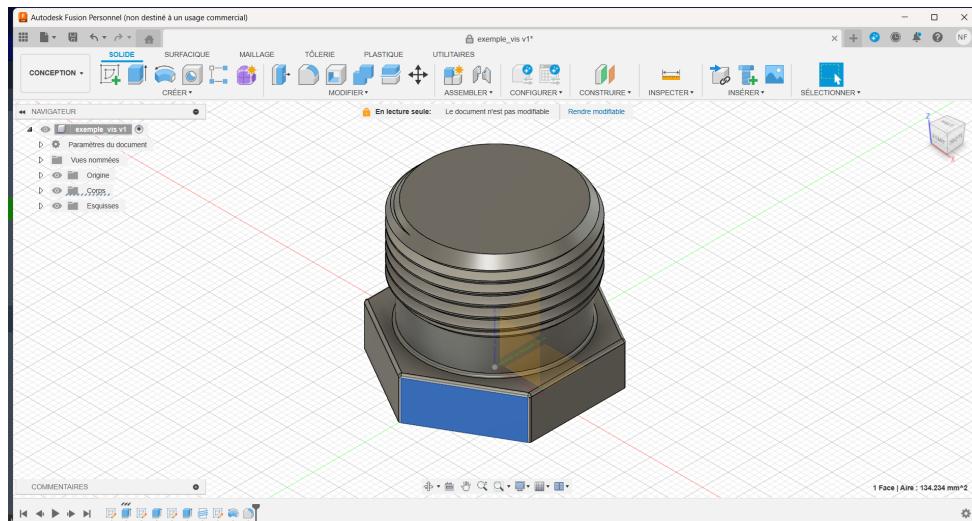


Figure 11 – Interface fusion 360



Figure 12 – Diverses pièces modélisées puis imprimées

5.2 Partie code

Une grande partie de ce projet se compose de développement logiciel avec java et XML sur Android Studio.

Le programme de l'application se découpe en 3 grande parties :

- Partie visuelle : se compose de fichiers XML définissant la structure et le design de ce qui s'affiche à l'écran.
- Partie logique : code qui compose le coeur de l'application et définit tout ce qui rend l'appli interactive : que faire quand l'utilisateur effectue une action ?
- Partie données : est constituée par les combinaisons braille stockées dans des fichiers XML.

Il m'a fallu comprendre le programme et le modifier ainsi que rajouter de nouveaux morceaux de code.

Pour cela j'ai travaillé sur AndroidStudio qui permet de faire facilement le lien entre les différents fichiers et offrant à tout moment une visualisation des fichiers sur lesquels on travaille ainsi que la possibilité de tester son code sur une machine virtuelle ou physique.

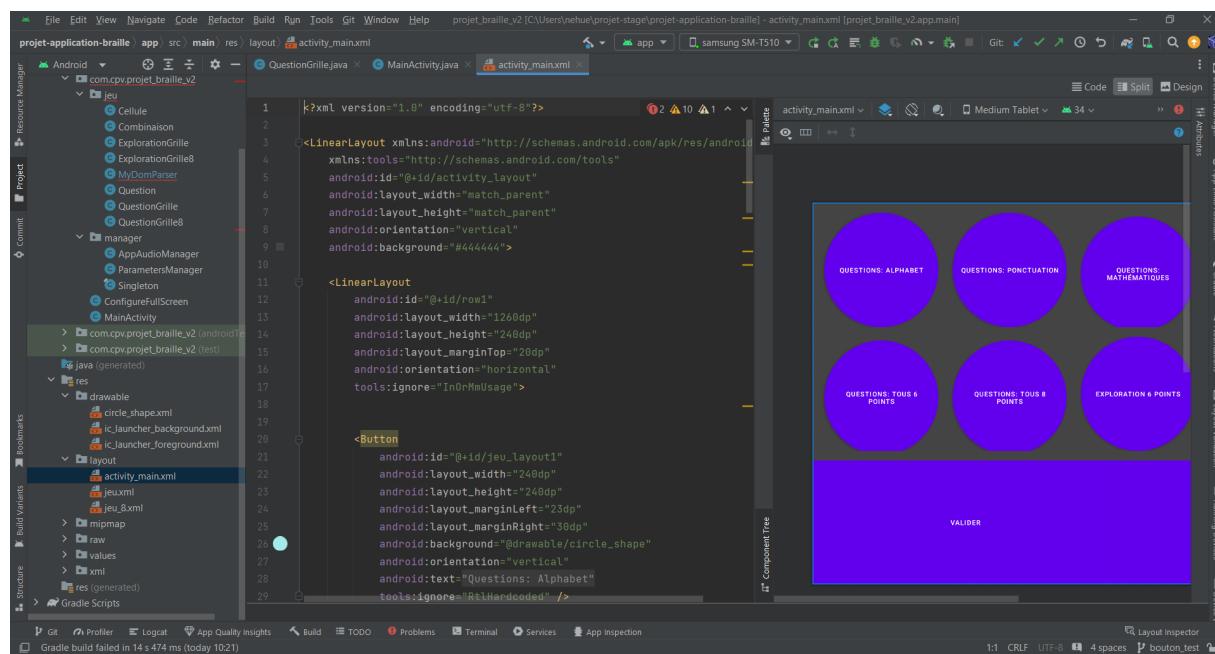


Figure 13 – Interface AndroidStudio

6 Portage Arduino

Mon stage étant basé sur un projet à long terme qui se développe sur plusieurs années, il est intéressant de pouvoir rajouter facilement de nouvelles fonctionnalités. Une des possibilités pour simplifier cela, était de porter le projet sur Arduino en utilisant des capteurs de pression pour détecter la présence de pièces.

6.1 Petite introduction à Arduino

Arduino est la marque d'une plateforme de prototypage qui crée des cartes électronique programmable.

Grâce à la mise à disposition d'un environnement de programmation utilisant le C++, de nombreux ports et de capteurs en tout genre, les cartes Arduino permettent de créer facilement des objets électroniques interactifs embarqués.

Techniquement, une carte arduino est constituée d'un microcontrôleur (composant de base d'un ordinateur qui est notamment chargé d'effectuer les calculs nécessaires à son fonctionnement) et de composants complémentaires qui facilitent la programmation et l'intégration dans des circuits électriques.

6.2 Travail effectué

Il a donc fallu adapter le programme à un nouveau langage(c++) et à une nouvelle structure. En effet des capteurs de pressions sont beaucoup plus simple à utiliser que l'écran tactile d'une tablette car il ne nécessite pas d'électricité (beaucoup plus simple pour capter si une pièce est maintenue). Premièrement, je me suis vite rendu compte que les capteurs de pressions n'étaient pas directement utilisables sur Arduino car il s'agissait simplement de résistance variable selon la pression.

Il a donc été nécessaire de m'appuyer sur mes connaissances d'électronique et réaliser un pont diviseur de tension qui à partir de la fonction analogRead d'Arduino mesurant la tension m'a permis de retrouver la valeur de la résistance.

Je pouvais donc de savoir si un objet appuie ou non sur le capteur (pour représenter un point ou un vide).

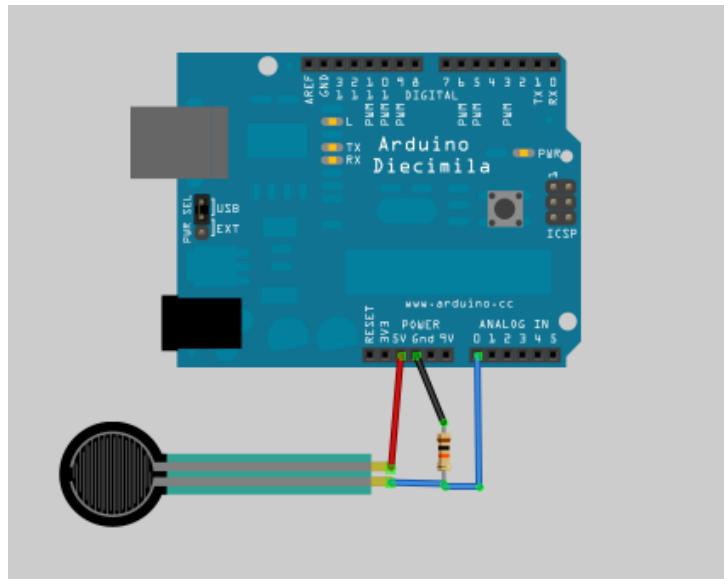


Figure 14 – montage pour faire fonctionner le capteur

Cependant il n'y avait pas assez de port analogique sur la carte pour toutes les cases, j'ai donc jouer avec les valeurs de résistances pour émettre un courant détectable que lorsqu'on appuie sur la résistance.

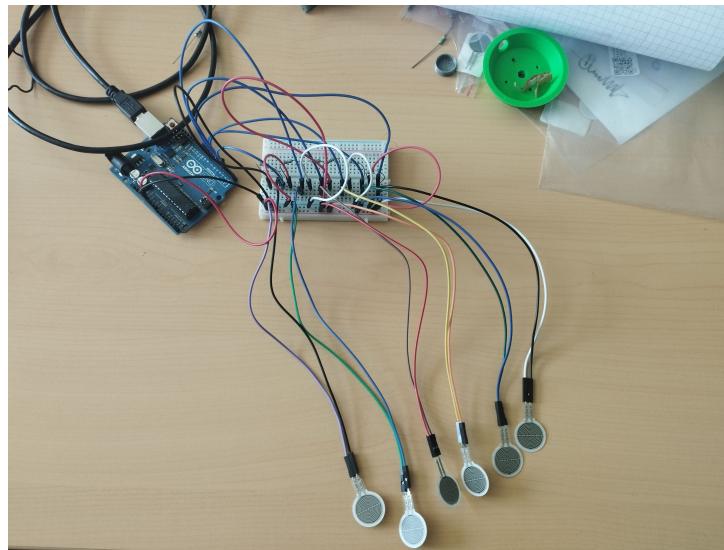


Figure 15 – montage final effectué

Il me manquait cependant des éléments comme des boutons et un haut parleur pour réaliser le montage final. De plus, il faudrait également prévoir comment intégrer ce nouveau dispositif dans un tout facilement utilisable, transportable et robuste.

Même si je n'ai pas pu finalisé ce projet secondaire, j'ai pu réaliser un prototype ainsi qu'un document dans lequel j'ai expliqué mon travail et mes idées pour continuer ce projet afin qu'il puisse facilement être repris par la suite si besoin. J'ai également coder plusieurs fonction en c++ sur Arduino afin d'avoir une base pour commencer à coder une version plus poussée.

Conclusion

Ce stage a été pour moi une expérience très intéressante et enrichissante. Il m'a permis d'apprendre beaucoup, que ce soit des compétences techniques ou sociales mais également de découvrir de près le fonctionnement du monde de la recherche. En effet, cela reste un de mes choix d'orientation potentielle.

En plus de m'avoir permis de développer des compétences en informatique que je possépais déjà, il m'a également appris de nouvelles choses comme la modélisation et l'impression 3D que je n'avais jamais réalisé auparavant.

Sur le plan du travail en équipe, j'ai compris l'importance de l'autonomie, de la communication et de la planification. J'ai également réalisé l'importance d'une transmission claire et efficace pour permettre une reprise plus efficace des travaux dans le cadre d'un projet qui évolue et s'enrichit chaque année.

En identifiant les difficultés que j'ai pu rencontrées au début, j'ai du réfléchir à la manière la plus claire de transmettre les travaux effectués en classant intelligemment les données et en laissant plusieurs compte-rendus sur les différents aspects de mon stage. J'ai également pu appréhender le travail d'un ingénieur en état exposé à divers problèmes qu'ils soient techniques ou conceptuels et en devant réfléchir à la manière de les résoudre avec les outils à disposition. Enfin, j'ai beaucoup apprécié le fait de devoir travailler en équipe avec des personnes de formations et d'horizons différentes.

Annexe

Tâches effectuées pendant le stage

- Lecture des documents, du code et essaie des outils pour comprendre l'état du projet.
- Modification de la forme des cases pour passer de rectangle à cercle sur l'application.
- Réalisation de circuit pour faire fonctionner les capteurs Arduino.
- Codage de fonction Arduino pour faire un prototype du projet.
- Ajout du mode 8 points sur l'application.
- Apprentissage du logiciel fusion 360.
- Réunion à l'IJA avec une institutrice de braille par rapport à l'évolution du projet.
- Ajout des boutons RÉPÉTER et PASSER sur l'application.
- Rework de l'application pour incorporer un moyen d'alterner entre les modes de jeu à 6 et à 8 points.
- Réalisation de nouvelles pièces sur le logiciel fusion 360.
- Modélisation d'une nouvelle coque et de nouveau boutons adaptés à la coque.
- Modélisation des boutons RÉPÉTER et PASSER sur fusion 360.
- Impression 3D des différents prototypes de pièce.
- Enregistrement audio de nouveaux caractères.
- Modification des niveaux de difficultés par les catégories, création du menu d'accueil final
- Impression d'une partie réduite de la coque pour la tester.
- Rédaction de rapports sur les différentes parties de mon stage (modélisation et impression 3D, code de l'appli, portage Arduino)
- Rédaction d'un rapport pour expliquer le fonctionnement de l'appli.
- Réflexion pour créer un nouveau système de détection des pièces.
- Test des différentes possibilités pour la détection des pièces par l'écran tactiles à l'aide de différents matériau conducteur.
- Impression 3D de pièces conductrices.