

BAILET Jérôme
ZEGGAÏ Mehdi

Projet de fin d'études:
Réalisations en faveur de l'accessibilité aux
jeux-vidéo
(Rapport intermédiaire)

IMA5 2015/2016



En collaboration avec la Maison d'Accueil Spécialisée La Gerlotte
(GAPAS, Marcq-en-Barœul)

Tuteurs projet : M. GRISONI Laurent, M. VANTROYS Thomas

Sommaire

Introduction	3
1. Présentation du projet	4
1.1. Contexte.....	4
1.2. Description du projet.....	5
1.3. Étapes du projet	6
2. Avancement du projet.....	7
2.1. Étude de l'existant	7
2.2. Retour sur les brainstormings, les solutions proposées et retenues.....	9
2.3. Présentation de la réalisation.....	11
3. Futurs objectifs et démarches	14
Conclusion.....	16
Bibliographie	17
Annexe 1 : Premier prototype de manette.....	18
Annexe 2 : Dernière version du prototype	19

Introduction

Les jeux vidéos se sont largement répandus dans le monde aujourd'hui et sont présents sur toutes les plates-formes : téléphones portables, consoles, ordinateurs, tablettes. Ils offrent une expérience ludique et divertissante aux utilisateurs au nombre grandissant. Cependant, jouer à un jeu-vidéo demande de la pratique : il faut manipuler la souris ou le joystick avec brio tandis que la seconde main parcourt le clavier, les manettes de jeux de plus en plus complexes où nos doigts virevoltent en même temps sur les milliers de boutons. Tout cela requiert une grande concentration et des heures d'apprentissage non négligeables.

Le sujet est d'autant plus difficile pour les personnes handicapées qui souhaitent s'amuser sur un jeu vidéo actuel. Quels sont les moyens qu'un accidenté lourd ou un individu handicapé depuis sa naissance, pourrait utiliser pour se détendre sur un jeu ? En fonction de la nature du handicap, des solutions diverses et variées existent.

La Gerlotte est une maison d'accueil spécialisée de l'association *La vie, autrement ...* (membre du GAPAS : Groupement des Associations Partenaires d'Action Sociale), qui accueille des adultes polyhandicapés dépendants dans tous les actes de la vie quotidienne, à l'exclusion des personnes présentant un gros trouble du comportement ou de la personne.

Nous avons pour projet de permettre l'accessibilité des jeux-vidéo aux personnes handicapées de l'établissement et de leur apporter ainsi ce moyen de divertissement. Le cahier des charges de ce projet sera établi au fur et à mesure de l'avancement du projet, en fonction des accords qui se feront entre le personnel de la Gerlotte et nous-mêmes.

Ainsi, dans un premier temps nous ferons une présentation globale de ce projet, pour détailler dans un deuxième temps l'avancement du projet, pour décrire dans un troisième temps les suites envisageables à donner au projet.

1. Présentation du projet

1.1. Contexte

Aujourd'hui, les jeux-vidéo constituent l'un des divertissements principaux de notre société. La plupart des personnes y ont déjà joué au moins une fois dans leur vie. Néanmoins, les personnes handicapées (hémiplégie, paraplégie, voire tétraplégie), ne peuvent pas profiter de ce divertissement.

Si l'adaptation d'interfaces d'ordinateurs fait aujourd'hui l'objet du travail de beaucoup d'entreprises, les jeux-vidéo pour handicapés ne sont pas autant développés. Pendant qu'à l'étranger, quelques entreprises s'intéressent à ce domaine (création de jeux ou adaptation de consoles), le marché français est quasi inexistant. Un travail a été fait jusqu'au milieu des années 1990, mais depuis cette date très peu d'initiatives de grande envergure ont été repérées.

Notre projet est réalisé en collaboration avec le GAPAS (Groupement des Associations Partenaires d'Action Sociale), un organisme regroupant des maisons d'accueil pour personnes handicapées. Nous collaborons en particulier avec l'un de ces établissements, la Maison d'Accueil Spécialisée de la Gerlotte à Marcq-en-Barœul (59). Elle accueille 42 adultes polyhandicapés dépendants dans tous les actes de la vie quotidienne. Ce projet s'adresse principalement aux personnes ayant une bonne compréhension du monde qui les entoure, une communication plus ou moins compliquée mais qui reste possible, avec un handicap moteur plus ou moins lourd, allant de paralysies accidentelles à des maladies dégénératives du système nerveux (type sclérose en plaques).



Figure 1 : MAS La Gerlotte, Marcq-en-Barœul

1.2. Description du projet

Afin de rendre accessible des activités ludiques deux approches sont possibles, une adaptation ou une création des périphériques de jeux (manettes, ...), ou bien une modification de systèmes existants en les rendant plus interactifs. Les adultes en situation de polyhandicap sont dans l'incapacité physique de manipuler les télécommandes et joysticks prévus avec les consoles de jeux-vidéos classiques (Nintendo, Playstation,..). Le projet est de pouvoir leur rendre accessibles ces moyens de se divertir en trouvant des adaptations (type contacteur) correspondant à leurs capacités. Après avoir demandé l'avis de nos tuteurs, il nous a été déconseillé de développer un jeu-vidéo spécialement pour ce projet, le développement d'un tel système étant de trop grande envergure pour ce projet.

À partir de là, deux principales solutions se sont proposées à nous : l'adaptation d'une manette de jeu déjà existante (type Wiimote, avec mouvements gyroscopiques), ou la création d'une manette ayant un fonctionnement "classique" en adaptant celle-ci pour l'interaction avec les résidents de la Gerlotte. Au vu des capacités motrices de la plupart des résidents, nous nous sommes orientés vers la deuxième solution. Ainsi, notre manette, à destination de systèmes de type PC, verra ses commandes "éclatées", afin que celles-ci soient facilement adaptables en fonction des capacités des différents résidents. La configuration des touches de cette manette sera du type de celle de la Super Nintendo, ou encore de la Game Boy Advance (2 touches en moins), avec 4 (ou 2) touches d'action, 4 touches directionnelles (ou joystick), deux touches "latérales" (L-R), et une touche "Start".



Figure 2 : Game Boy Advance (à gauche) et manette de Super Nintendo (à droite)

1.3. Étapes du projet

Les différentes étapes du projet sont notamment fixées par les réunions avec le personnel de la Gerlotte.

Premièrement, nous avons rencontré le personnel de la Gerlotte, afin de faire connaissance, de découvrir les lieux, les infrastructures en place, et de rencontrer les résidents. À l'issue de cette réunion, les premiers objectifs du cahier des charges ont été fixés, notamment le fait de s'orienter vers l'adaptation ou la création de manette.

Deuxièmement, nous avons décidé plus précisément de l'orientation à donner à ce projet. Après avoir rencontré les résidents, nous avons décidé de nous diriger vers la création de manettes. Les choix techniques restent alors à définir.

Troisièmement, nous avons commencé à réfléchir sur un prototype. Il sera premièrement constitué d'une carte Arduino Leonardo, avec un joystick analogique et des boutons poussoirs, qui seront ultérieurement remplacés par des contacteurs adaptés aux handicaps.

Par la suite, nous avons présenté notre prototype au personnel de la Gerlotte. Ceux-ci ont alors approuvé ce système. Il sera ainsi amélioré avec les différentes suggestions que le personnel et nos tuteurs nous ont faites.

À l'avenir (pour la rentrée 2016), ce prototype devra pouvoir être testé par un résident de la Gerlotte, afin de pouvoir finaliser l'élaboration du système, par la conception de circuits imprimés, ou encore d'un boîtier contenant le système.

2. Avancement du projet

2.1. Étude de l'existant

Les jeux vidéo offrent une expérience ludique et divertissante et réunissent des joueurs de types variés que ce soit par l'âge, l'origine ou la langue. Cependant pour les handicapés accéder à ce loisir n'est pas évident. La plupart des plateformes de jeux vidéo n'ont pas été pensée pour s'adapter à tous les handicaps. L'utilisation des mains est fortement sollicitée d'autant que les manettes de jeux possèdent de plus en plus de touches, et gérer le duo clavier-souris pour un jeu PC demande de la dextérité. Les jeux rétros ne demandent l'utilisation que de seulement 2 ou 3 boutons et d'une croix directionnelle; mais les jeux actuels exploitent beaucoup plus de fonctionnalités : 16 boutons et 2 joysticks pour une manette PlayStation 4 par exemple. Comment des handicapés moteurs comme un paralysé d'un ou des 2 bras peuvent-ils accéder aux jeux vidéo ?

De nombreuses initiatives de développeurs indépendants et d'association permettent l'accessibilité des jeux-vidéo pour tous. Nous allons vous en présenter quelques unes.

Ben Heck, moddeur de console de jeux et célébrité sur Internet, a modifié une manette de PS4 pour être utilisable d'une seule main (*Figure 3*). De même pour une manette Xbox360 à la demande d'un soldat américain blessé en Irak. Les 4 boutons Y, B, X et A ainsi que les gâchettes sont placés sur le dessous de la manette.



Figure 3 : Ben Heck et la manette PS4 "Une seule main"

Le site OneSwitch animé par Berrie Ellis met en avant des réalisations d'assistance que des handicapés lourds puissent utiliser. Par exemple contrôler la lecture d'un CD ou DVD sur une PS2 avec une manette adapté et un contacteur (switch); éclater les fonctionnalités de la console Dreamcast sur des contacteurs (*Figure 4*). Le site propose plusieurs idées et interfaces essentiellement à base de contacteur pour pouvoir profiter des jeux-vidéo ou utiliser un ordinateur.



Figure 4 : Interface à contacteur sur une Dreamcast

Les initiatives du côté des développeurs indépendants sont nombreuses, cependant celles venant des grands éditeurs de l'industrie des jeux vidéo sont plus rares. À la fin des années 1980, Nintendo a réalisé un système de contrôle destiné aux tétraplégiques : le HandsFree (Figure 5). Ce périphérique de la Nintendo NES permet de jouer sans les mains et sans aucun capteur de mouvement. Une tige terminée par une mentonnière remplace la croix directionnelle, et les boutons A, B, Start, Select sont activables via un tube dans lequel on peut souffler et aspirer. L'accessoire est assez rare, il était fourni et utilisé principalement dans les hôpitaux qui en faisaient la demande.



Figure 5 : Dispositif Hands Free

L'association française CapGame diffuse des informations dans le but de promouvoir les solutions permettant l'accessibilité aux jeux vidéo pour les handicapés et l'accessibilité numérique de manière générale. Plusieurs solutions matérielles et logicielles existent et sont adaptées aux différents handicaps, nous allons vous en présenter quelques unes.

GlovePie est un logiciel qui permet de réaliser des actions de la souris/clavier par la voix. À l'aide de scripts il est possible d'affecter des mots tels que « frappe », « haut », « bas », « pause » à une touche du clavier ou un clic/mouvement de la souris tout en réglant la vitesse. La reconnaissance vocale est la même que celle incluse dans Windows.

Kinesic Mouse est une solution qui permet de contrôler des jeux à partir des mouvements de la tête ou bien-même des expressions du visage. Le système mains-

libres utilise une caméra 3D tels que la Kinect XboxOne ou Intel RealSense et n'importe quel jeu nécessitant l'utilisation d'un clavier, souris ou une manette peut être configuré.

Afin de permettre l'accès d'un ordinateur aux handicapés, il existe l'application JoyMouse (Figure 6) qui émule les fonctions de la souris à partir d'un joystick. La configuration est simple : 4 boutons définissent les clics de la souris (clic droit, gauche, double clic droit, gauche). Pour le mouvement l'on peut définir l'accélération de la souris, sa sensibilité, ou la vitesse. Pour une personne ayant peu de force et une faible amplitude de mouvement, il peut être judicieux de mettre une forte sensibilité et accélération. Pour une personne avec d'importants mouvements athétosiques (mouvements involontaires), il faut que l'accélération soit très progressive et une sensibilité faible au démarrage afin que les mouvements parasites ne gênent pas.

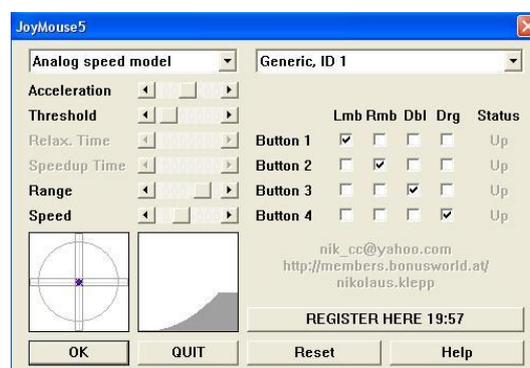


Figure 6 : Logiciel JoyMouse

2.2. Retour sur les brainstormings, les solutions proposées et retenues

L'avancement de ce projet se fait principalement grâce aux différentes réunions qui se tiennent avec le personnel de la Gerlotte.

Lors de la première rencontre, nous avons pu faire connaissance avec les principales personnes qui suivront ce projet du côté de la Gerlotte : M. David Desmulier, directeur de l'établissement, M. Xavier Hantson, animateur de la Gerlotte, M. Martin Nicolas, ergothérapeute de l'établissement, et M. Thierry Danigo, ergothérapeute conseil représentant de l'Association des Paralysés de France (APF).

Ainsi, après une visite de l'établissement, après avoir vu les infrastructures en place, et après avoir rencontré quelques résidents, différentes solutions envisageables ont été mises sur la table : adaptation/modification de manettes, support handsfree (mains libres), reconnaissance oculaire, mais ce choix inclurait la création d'un jeu-vidéo

adapté. Après discussions, la reconnaissance oculaire est un choix qui nous a été déconseillé, et la création de jeux-vidéo serait un travail beaucoup trop laborieux. L'idée d'adaptation et de modification de manettes reste alors la principale solution envisagée.

Après une étude sur l'existant, il s'est très vite dégagé deux solutions : l'adaptation d'une manette de type Nintendo Wii, à la suite d'un projet de fin d'études entamé l'année dernière, ou la création d'une manette avec une carte du genre Arduino Leonardo, qui peut être utilisée comme interface PC (clavier, souris, manette).

Au vu des capacités motrices de la plupart des résidents, il a été décidé de concevoir une manette avec un Arduino Leonardo (cf. partie 2.3.), sur laquelle on pourrait éclater les commandes, et ainsi les adapter aux capacités de chaque utilisateur. L'élaboration d'un premier prototype nous permet d'avoir un joystick analogique et 6 boutons poussoirs. Nous avons testé ce prototype sur le système d'émulation RomStation, avec des jeux destinés à la Super Nintendo ou encore à la Game Boy Advance, avec succès. Puis nous avons discuté avec le personnel de la Gerlotte sur les différentes améliorations qu'il était possible d'apporter : automatisation des touches de manière physique ou algorithmique, éclatement des directions du joystick sur plusieurs contacteurs, ralentissement des jeux sur émulateurs si nécessaire, possibilité de création d'une interface graphique permettant la gestion des fonctions implémentées dans la carte Arduino (gestion des touches et des options).

Le travail sur l'automatisation des touches permet, soit d'activer l'appui permanent sur une touche, soit l'appui périodisé sur une touche, soit de désactiver ces deux fonctions. À mi-parcours du projet, cette automatisation a été testée par nos soins, et elle est fonctionnelle.

Aussi, il nous a été proposé de travailler sur l'utilisation en parallèle d'un joystick et de 4 contacteurs directionnels. Cette fonctionnalité est en cours de développement. Concernant la conception de l'interface graphique, nous réfléchissons actuellement sur la nécessité d'une telle fonction, qui pourrait être utile en cas de l'enregistrement de séquences de touches.

En outre, M. Grisoni, avec son équipe de l'IRCICA (Samuel Degrande et Patricia Plenacoste) nous ont présenté leur projet d'adaptation de jeux-vidéo pour enfants autistes, utilisant la reconnaissance de mouvements à l'aide d'une caméra Kinect. Une "jonction" des deux projets a alors été pensée, ce qui se décidera en fonction de l'état d'avancement de notre travail.

2.3. Présentation de la réalisation

La présente réalisation est un périphérique de manette de jeux à connectique USB.

Pour pouvoir l'utiliser il suffit de le brancher sur un ordinateur et de lancer un jeu jouable à l'aide d'une manette. Concernant les jeux ciblés nous avons choisi l'interface d'émulation de consoles de jeux : Romstation. Ce logiciel disponible sur Windows, centralise les émulateurs de nombreuses consoles (de la NES à la PlayStation2), et dispose d'un moteur de recherche et d'une bibliothèque de jeux-vidéo très complète. Nous avons choisi cette plateforme pour tester notre réalisation car il est optimisé pour des jeux de types rétro qui n'incluent pas énormément de commandes.



En effet faire des adaptations pour les résidents sur des consoles de nouvelle génération telles que la PS4 ou Xbox One ne serait pas optimale. Les manettes pour ces consoles disposent d'un nombre de touches non négligeable : 16 boutons et 2 joysticks pour la PS4. De plus la plupart des jeux proposés sur ces consoles sont trop réalistes et demandent beaucoup de concentration et de réactivité.

Notre prototype est composé d'une carte microcontrôleur Arduino Leonardo (*Figure 7*) qui va récupérer les signaux de commande des boutons et simuler une fonction de manette de jeux. L'Arduino Leonardo est composé du microcontrôleur ATmega32u4. Il a l'avantage, par rapport à l'Uno ou autre type d'Arduino, d'être directement reconnu par l'ordinateur comme périphérique USB clavier/souris/contrôleur de jeu. Les classes Keyboard et Mouse permettent d'émuler ces périphériques d'entrée. Cependant, pour pouvoir être reconnu en tant que manette de jeux il faut modifier la librairie standard USB et le descripteur HID. La librairie Joystick écrit par Matthew Heironimus et disponible sur Github va permettre à l'Arduino d'être utilisé comme une manette.



Figure 7 : Arduino Leonardo

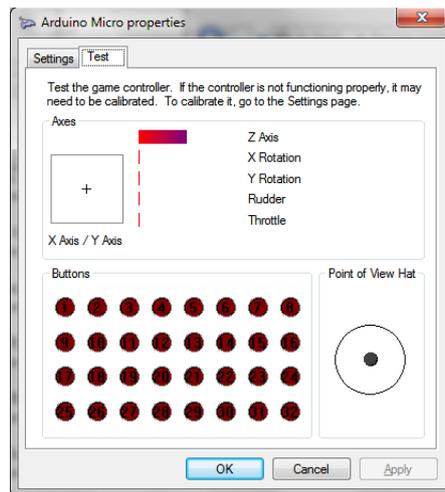


Figure 8 : Paramètres de contrôleur de jeu sur Windows

Au départ notre manette de jeu (**Annexe 1 : Premier prototype de manette**) n'était composée que d'un joystick et de 6 boutons. Le joystick analogique gère les axes X et Y et dispose d'un bouton intégré. À partir d'un émulateur sur Romstation, il est alors possible d'affecter chaque bouton à une fonction dédiée par exemple A ou B, Start, Select.

Nous avons progressivement apporté des modifications pour améliorer le prototype (**Annexe 2 : Dernière version du prototype**) et le rendre exploitable par les résidents de La Gerlotte. Les boutons de base n'étant pas adaptés car trop petits, nous avons implémenté l'utilisation de contacteurs adaptés (*Figure 9*). Le standard de la connectique dans le domaine du handicap est le jack mono 3.5mm. Pour pouvoir les utiliser sur notre dispositif, on utilise des prises jack femelles du même type que l'on connecte à l'Arduino.



Figure 9 : Contacteur Jelly Bean Twist

Afin que le joueur se consacre pleinement à l'évolution du jeu sans se soucier de manœuvrer une commande telle que le tir ou le saut, nous avons implémenté l'automatisation d'une touche. Au début nous avons utilisé des interrupteurs à levier (*Figure 10*). Cependant ce dispositif automatisait une commande de manière tout-ou-rien et l'Arduino simulait alors l'appui d'une touche de façon continue. Dans certains jeux de plate-forme, on ne peut plus contrôler son personnage lorsqu'un bouton est tout le temps appuyé.



Figure10 : Interrupteur à levier

Nous avons implémenté l'automatisation d'une touche à fréquence variable en utilisant des potentiomètres (*Figure 11*). Chaque potentiomètre relié à un port analogique de l'Arduino délivre une tension, et en fonction de cette tension nous ajustons la fréquence d'appuis. La fréquence d'appui est déterminée selon 3 critères :

- 0 : "Autofire" désactivé
- 0 → max : "Autofire" périodisé
- Max : appui permanent sur la touche



Figure 11 : Potentiomètre rotatif

Autre amélioration : le joystick éclaté sur plusieurs boutons, à la manière des touches directionnelles. Cette implémentation serait utile pour les résidents qui ne peuvent pas manipuler de joystick mais peuvent utiliser des contacteurs. On laisserait à disposition les deux interfaces: le joystick classique et le joystick éclaté, afin de s'adapter aux différents profils.

3. Futurs objectifs et démarches

L'avancement du projet et les améliorations effectuées varient au cours des réunions à La Gerlotte, il nous est difficile d'établir un planning prévisionnel. Les modifications que nous apportons sont présentées en réunion, elles sont validées ou non, et de nouvelles modifications sont proposées. Cela reprend la méthode Extreme Programming, orienté sur l'aspect réalisation, rythmé par des besoins évoluant vite et du développement rapide pour s'adapter au changement.

Pendant il y a plusieurs points qui sont ressortis au cours des réunions et que nous pouvons envisager d'implémenter prochainement :

- Créer une interface graphique permettant la gestion de la manette Arduino : mapping des commandes, automatisation des touches. On pourrait configurer les touches afin qu'elles émulent l'appui de 2 commandes (ex: saut + avancé). Nous envisageons d'utiliser l'environnement de développement Processing qui est adapté pour communiquer avec l'Arduino et à la création graphique interactive.



- Le prototype actuel est assez fragile (fils facilement détachables, petits composants cassables). Nous envisageons de créer un boîtier robuste lorsque nous nous serons mis d'accord sur toutes les fonctions à implémenter. Il nous faut également des composants résistants : joystick adapté, des capuchons rigides et grands pour les potentiomètres.

Il serait intéressant de laisser à la disposition de La Gerlotte le prototype de manette de jeux pour que les résidents puissent le tester directement (2-3 semaines), et ainsi avoir un feedback. Avec ce retour nous pourrions voir ce qu'il faut modifier ou pas de la manette ou ce qu'il faudra ajouter.

Pour la prochaine réunion, Maxime jeune en situation de handicap suivi par le SAVS Liévin sera présent. Ce dernier cherche une solution pour une commande de jeu podale à adapter sur ordinateur. Nous pouvons dès lors réfléchir à comment adapter notre système en cours pour le cas de Maxime qui aura besoin d'une commande au pied.

Fin novembre nous nous sommes réunis à l'IRCICA en présence de M.Grisoni, M.Samuel Desgrande et Mme.Patricia Plenacoste pour discuter d'une possible fusion

entre notre projet en cours à La Gerlotte et le projet à l'IME Papillons Blancs. Celui-ci repose également sur l'accessibilité aux jeux-vidéo, et la réalisation se base sur la captation de mouvements. Nous avons observé une séquence vidéo dans laquelle un enfant handicapé mental et moteur joue à un jeu-vidéo de tir sur une cible avec une Kinect. La difficulté consiste à séparer les mouvements parasites involontaires au geste décisif et intentionnel de tir. Dès lors qu'il est possible de capter ce geste décisif, il est envisageable de le traduire en une commande que l'on enverrait à l'Arduino pour déclencher une action dans le jeu. Notre prototype permettant déjà d'envoyer des commandes de jeu, il faudrait implémenter l'envoi d'une commande de geste par l'ordinateur et la Kinect, et sa réception-interprétation par l'Arduino. Il serait alors possible de jouer à n'importe quel jeux existant et non pas à des jeux uniquement conçus pour la Kinect. Si l'on peut coupler la fonctionnalité de la Kinect avec l'utilisation de contacteurs et de joysticks, cela pourrait offrir plus d'adaptabilité au système.

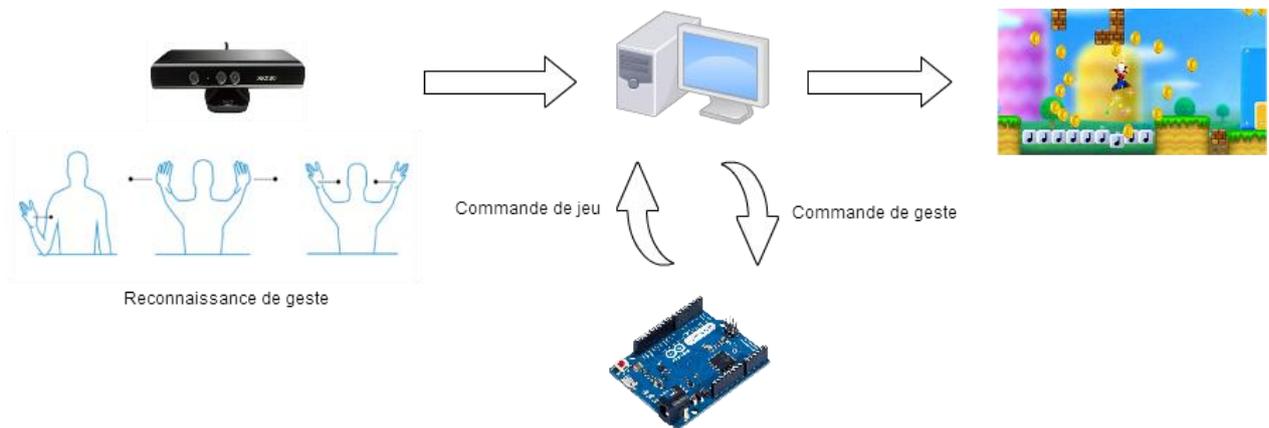


Figure 12 : Schéma résumant la communication entre la Kinect et l'Arduino pour jouer à un jeu-vidéo

Conclusion

Ce projet nous permet ainsi de découvrir une méthode de gestion de projet comme l'agilité, et en particulier l'Extreme Programming (XP), qui demande d'adapter le développement en fonction de la demande, sur des périodes de temps plus ou moins courtes. Ainsi, le fait de s'adapter aux attentes du personnel du GAPAS, leur décrire le réalisable et le non-réalisable, et répondre le plus correctement possible à leurs attentes est une chose qui peut générer quelques difficultés, mais facilement résolubles.

Ce projet demande ainsi plus de compétences de gestion de projet que de compétences techniques. Le respect des délais accordés et un dialogue clair avec le personnel de la Gerlotte, les adaptations aux résidents, la fiabilité technique du prototype, et une réponse très correcte aux demandes sont ainsi les principaux points à respecter pour que ce projet se passe au mieux.

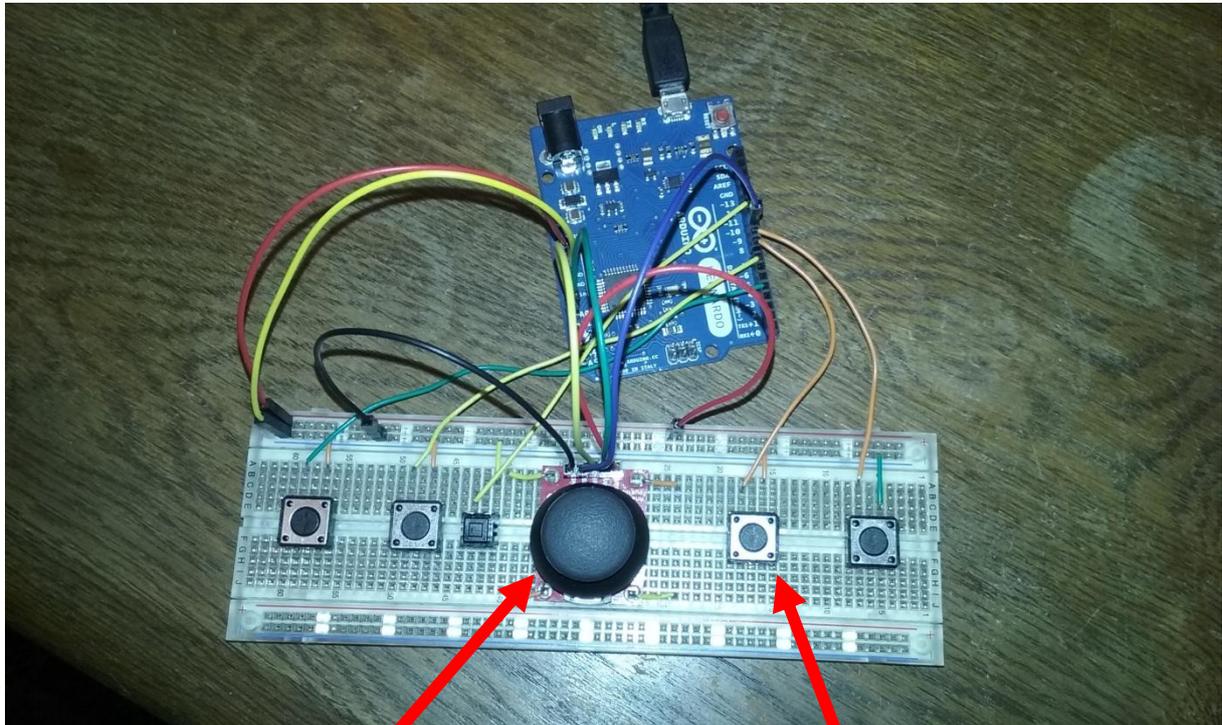
D'un point de vue technique, le système élaboré nous a posé quelques difficultés, notamment avec l'automatisation des touches, mais sa conception se déroule plutôt correctement. Jusqu'aujourd'hui, nous avons principalement traité l'aspect "programmation" du projet. Par la suite, le projet prendra une tournure plutôt électronique avec notamment la conception de circuits imprimés.

Le personnel de la Gerlotte a été très convaincu par les versions successives du prototype, ce qui constitue pour nous une très grande satisfaction. Cela nous encourage donc à tout mettre en œuvre pour que ce projet aboutisse correctement, et à donner au plus vite aux résidents de la Gerlotte un prototype (voire un système fini) qu'ils pourront utiliser.

Bibliographie

- Librairie Joystick de Matthew Heironimus pour utiliser l'Arduino comme un contrôleur de jeu
<http://mheironimus.blogspot.fr/2015/11/arduino-joystick-library.html>
<https://github.com/MHeironimus/ArduinoJoystickLibrary>
- Exemple d'utilisation des bibliothèques Keyboard et Mouse de l'Arduino Leonardo
<https://github.com/Kernald/gameduino>
- Utiliser plusieurs boutons sur un seul port analogique
<http://tronixstuff.com/2011/01/11/tutorial-using-analog-input-for-multiple-buttons/>
- Page de présentation de la Gerlotte :
http://www.lavieautrement.org/index.php?option=com_content&view=article&id=15
- Pour info, page GitHub de notre projet :
<https://github.com/LuomuJie/JoystickLeonardo>

Annexe 1 : Premier prototype de manette



Joystick Analogique

Bouton

Figure A1 : Premier prototype de manette

Annexe 2 : Dernière version du prototype

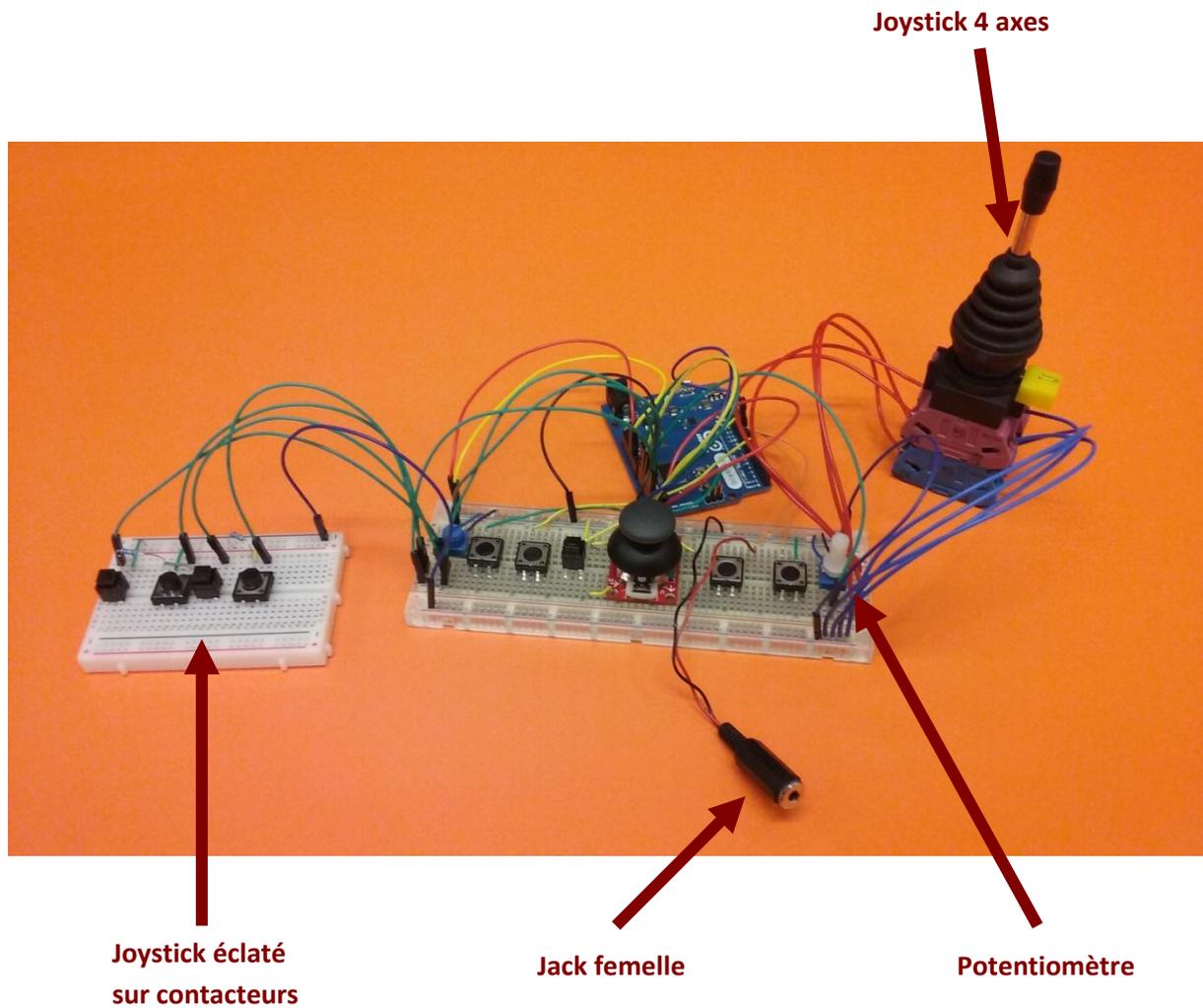


Figure A2 : Dernière version du prototype