



Master

2017

Open Access

This version of the publication is provided by the author(s) and made available in accordance with the copyright holder(s).

Conception d'un jeu vidéo pédagogique pour stimuler la production de la parole chez des enfants porteurs d'implants cochléaires

Batilly-Gonin, Lydie

How to cite

BATILLY-GONIN, Lydie. Conception d'un jeu vidéo pédagogique pour stimuler la production de la parole chez des enfants porteurs d'implants cochléaires. Master, 2017.

This publication URL: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:98915>



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

**FACULTÉ DE PSYCHOLOGIE
ET DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION**

Conception d'un jeu vidéo pédagogique pour stimuler la production de la parole chez des enfants porteurs d'implants cochléaires

**MÉMOIRE REALISÉ EN VUE DE L'OBTENTION DE LA MAITRISE
UNIVERSITAIRE EN SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE
L'APPRENTISSAGE ET DE LA FORMATION**

**PAR
Lydie Batilly-Gonin**

DIRECTEUR DE MEMOIRE
Mireille Bétrancourt

JURY
Mireille Bétrancourt
Angélica Pérez-Fornos
Julien Da Costa

GENÈVE, septembre 2017

**UNIVERSITE DE GENEVE
FACULTE DE PSYCHOLOGIE ET DES SCIENCES DE L'EDUCATION**

RESUME

Ce mémoire porte sur la conception d'un jeu vidéo pédagogique stimulant la production de la parole chez de jeunes enfants sourds porteurs d'implants cochléaires. L'objectif était de concevoir un jeu s'appuyant sur les technologies de traitement automatique du signal.

Lors de la conception de ce jeu, nous nous sommes intéressés aux particularités du langage des enfants implantés, mais également au concept de logopédie assistée par ordinateur, ainsi qu'aux principes pédagogiques et ergonomiques sous-tendant la création d'une application éducative sous forme de jeu.

Nous avons effectué une analyse concurrentielle des différents programmes actuellement commercialisés, puis une analyse détaillée des besoins des différents acteurs.

Enfin, nous avons imaginé et décrit le jeu « FunSpeech » dans ses moindres détails.

Le projet autour de ce jeu vidéo pédagogique n'en est cependant qu'à ses prémices et de futurs travaux devraient permettre de tester l'ergonomie du jeu ainsi que l'efficacité de son utilisation.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tenais à remercier ma directrice de mémoire, Mireille Bétrancourt pour son écoute, ses conseils toujours pertinents et son soutien dans la réalisation de ce mémoire.

Ce projet ne pourrait pas avoir lieu sans son implication, tout comme celle des autres membres du projet et en particulier Angélica Pérez-Fornos, Marielle Deriaz et Gregory Valentini du CHURIC, ainsi que Florent Gluck de l'HEPIA.

Je remercie également Julien Da Costa qui a accepté de faire partie de mon jury, ainsi qu'Angélica Pérez-Fornos.

Mireille Bétrancourt, Angélica Pérez-Fornos, Marielle Deriaz, Peggy Gatignol et Thibault Gonin ont participé à la relecture de tout ou partie de mon travail, et je les remercie infiniment pour leurs remarques et corrections.

Enfin, je tenais à remercier les membres de mon entourage présents durant ces trois années de Master : mon mari pour avoir été à mes côtés dans les bons moments comme dans les plus difficiles, mon associée pour ses encouragements, mes parents pour leur soutien sans faille, Sylvia pour ses messages de motivation, Angela et Antonella pour leur amitié, mes patients pour leur compréhension face à mes nombreuses absences, et mon fils pour avoir enfin fait ses nuits lors de la dernière phase de la rédaction de ce mémoire.

SOMMAIRE

RESUME	2
REMERCIEMENTS	3
SOMMAIRE	4
INTRODUCTION	7
CONTEXTE	9
I. PARTENAIRES DU PROJET	10
II. LA SURDITE ET LES IMPLANTS COCHLEAIRES	10
1. LA SURDITE	10
2. LES IMPLANTS COCHLEAIRES	11
3. PROTOCOLE D'IMPLANTATION AU CHURIC	14
PARTIE THEORIQUE	16
I. DEVELOPPEMENT DU LANGAGE	17
1. MODULARITE DU LANGAGE.....	17
2. PARTICULARITES DU DEVELOPPEMENT DU LANGAGE CHEZ LES ENFANTS IMPLANTES	18
II. LOGOPEDIE ASSISTEE PAR ORDINATEUR (COMPUTER-BASED SPEECH THERAPY)	19
1. DEFINITIONS	20
2. EXEMPLES DE PROGRAMMES AYANT MONTRE LEUR EFFICACITE	21
III. PRINCIPES SOUS-TENDANT LA CREATION D'UNE APPLICATION MOBILE DE JEU PEDAGOGIQUE	22
1. PRINCIPES PEDAGOGIQUES	22
2. PRINCIPES ERGONOMIQUES	25
ANALYSE CONCURRENTIELLE	30
I. DESCRIPTION DE LA DEMANDE	31
II. DESCRIPTION DE L'EXISTANT	31
1. PROGRAMMES A DESTINATION DES PROFESSIONNELS	33
2. PROGRAMMES A DESTINATION DU GRAND PUBLIC	34

ANALYSE DES BESOINS	36
I. PUBLIC CIBLE	37
II. CARACTERISTIQUES LINGUISTIQUES	38
III. CARACTERISTIQUES PEDAGOGIQUES	38
IV. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES	40
1. CHOIX DES SUPPORTS	40
2. FRAMEWORK DE DEVELOPPEMENT	40
3. TRAITEMENT DU SIGNAL	41
V. CARACTERISTIQUES ERGONOMIQUES	42
1. NAVIGATION	42
2. ASPECTS GRAPHIQUES ET PERSONNALISATION	43
3. FEEDBACKS ET RECOMPENSES	43
VI. BESOINS SPECIFIQUES POUR LA RECHERCHE ET LA CLINIQUE	44
CONCEPTION DETAILLEE	45
I. DESCRIPTION RAPIDE DE LA SOLUTION RETENUE	46
II. ACCUEIL DU JEU	46
III. STORYBOARD POUR LA NAVIGATION	49
IV. MECANIQUE DU JEU	50
1. ECRANS DES MINI-JEUX	50
2. COMPETENCES LINGUISTIQUES TRAVAILLEES	51
3. MECANIQUE DES MINI-JEUX	51
4. PROGRESSION DANS LE JEU	64
5. FONCTIONNEMENT DES PHOTOS-SOUVENIRS	66
6. PARAMETRAGES	67
DISCUSSION	70
I. CHOIX DE CONCEPTION	71
II. SUITE DU PROJET	72
III. PERSPECTIVES	73

CONCLUSION	75
BIBLIOGRAPHIE.....	76
ANNEXES	80
ANNEXE I : DESCRIPTION DETAILLEE DES MINI-JEUX	81
ANNEXE II : RECAPITULATIF DES DONNEES A RECUPERER	101
TABLE DES ILLUSTRATIONS	103
1. LISTE DES TABLEAUX	103
2. LISTE DES FIGURES	103
TABLE DES MATIERES	105

INTRODUCTION

Depuis le début de l'utilisation des implants cochléaires il y a quelques dizaines d'années, les critères d'implantation ont été élargis. Ainsi, il est désormais possible d'implanter des enfants souffrant de surdité profonde avant l'âge d'un an (McKinney, 2017). De ce fait, une partie des enfants implantés peut acquérir un niveau de langage oral similaire à celui d'enfants normo-entendants (Geers, Nicholas, Tobey, & Davidson, 2016).

Pour cela, un soutien médical, paramédical et éducatif adapté est indispensable à mettre en place. En particulier, les enfants bénéficient de séances de remédiation auprès de logopédistes afin de stimuler à la fois la compréhension et la production du langage et de la parole (Lina-Granade & Truy, 2005). Par ailleurs, le travail rééducatif doit être prolongé à la maison, avec des exercices qui sont réalisés entre les séances de logopédie. Malheureusement, certains parents ne sont pas à l'aise avec ce type de tâches, et cela peut engendrer une démotivation de la part de la famille et de l'enfant, et donc une stagnation des progrès.

C'est pourquoi l'équipe du Centre Hospitalo-Universitaire Romand d'Implants Cochléaires (CHURIC) expérimente depuis déjà plusieurs années l'utilisation de nouveaux supports de remédiation informatisés. Ainsi, le logiciel AudioRehab a été créé afin de stimuler la compréhension langagière chez les enfants sourds juste après implantation (Bozelle, 2015). A l'origine, AudioRehab a été proposé sous forme de logiciel pour ordinateur, mais la faisabilité d'une version accessible sur tablette tactile a été étudiée (Travnjak, 2014) et est actuellement en cours de développement.

Afin de stimuler la production langagière, l'équipe du CHURIC possédait il y a quelques années le logiciel SpeechViewer, développé par IBM, et qui permettait de travailler la production sonore de manière ludique en utilisant une technologie basée sur la reconnaissance automatique de la parole. Malheureusement, le logiciel est actuellement obsolète et n'est plus disponible à la vente. C'est pourquoi le projet « FunSpeech » a démarré, avec pour objectif de rassembler plusieurs acteurs autour de la création d'un jeu vidéo pédagogique sur tablette tactile.

Notre travail s'est donc inscrit dans ce projet pluridisciplinaire et s'est déroulé en plusieurs étapes. Tout d'abord, une analyse de la littérature nous a permis de comprendre les spécificités de la production de la parole chez les enfants implantés, mais également de faire un état des lieux de ce qui existe en termes de logopédie

assistée par ordinateur. Nous avons aussi étudié les principes éducatifs et ergonomiques sous-tendant la création d'une application mobile éducative sous forme de jeu.

Par la suite, une analyse concurrentielle a permis de répertorier les différents logiciels et applications existants actuellement, et proposant une stimulation ludique de la production langagière. Nous nous sommes concentrés sur les programmes commerciaux utilisant les technologies de reconnaissance automatique de la parole, et nous avons pu mettre en exergue les manques actuels dans ce domaine. Puis, une analyse des besoins a été effectuée, en prenant en compte les différents acteurs du projet, mais également les caractéristiques linguistiques, pédagogiques, techniques, et ergonomiques que devait respecter notre jeu vidéo pédagogique.

Grâce à tous ces éléments, nous avons pu imaginer puis décrire ce que devait être le jeu « FunSpeech », dans ses moindres détails. Quelques éléments restent cependant encore en suspens, et sont discutés dans la dernière partie de ce travail.

Chapitre I

CONTEXTE

I. PARTENAIRES DU PROJET

Ce projet a été réalisé dans le cadre d'un partenariat entre trois institutions : le CHURIC, TECFA et l'HEPIA.

Le CHURIC est le Centre Hospitalo-Universitaire Romand d'Implants Cochléaires. Ce sont eux qui sont à l'origine de ce projet, car ils ont une réelle demande pour leurs patients. Par ailleurs, ils possèdent l'expertise au niveau médical, aussi bien en ce qui concerne la surdité, qu'en ce qui concerne le développement des enfants porteurs d'un implant cochléaire. Leur rôle est de participer à la conception de l'application au niveau du contenu logopédique, de faire le lien avec les différents centres accueillant les familles et les enfants faisant partie de l'étude, et de réaliser les expérimentations.

TECFA est l'unité de recherche et d'enseignement en Technologies de Formation et d'Apprentissage à la Faculté de Psychologie et Sciences de l'Éducation à l'Université de Genève. En dehors des activités d'enseignement universitaire, TECFA conçoit des applications informatisées d'apprentissage destinées à l'enseignement, la réhabilitation ou la formation d'adultes, et les évalue au moyen de méthodologies empiriques quantitatives et qualitatives. Dans ce projet, nous sommes en charge de la partie conception didactique et ludique, ainsi que de l'évaluation ergonomique et de l'étude de validation clinique dont les principes seront détaillés dans la dernière partie de ce document.

Enfin le département d'Ingénierie des Technologies de l'Information à HEPIA (Haute Ecole du Paysage, d'Ingénierie et d'Architecture de Genève) possède plusieurs domaines d'expertise, notamment les interfaces, les systèmes à grande échelle, les interfaces personne-machine, les applications et technologies mobiles, ainsi que les systèmes embarqués et connectés. HEPIA mettra à disposition son expertise en matière de conception et développement logiciel par le biais d'assistants qui poursuivront le développement de l'application « FunSpeech » et corrigeront d'éventuels problèmes qui pourraient se présenter afin que l'application réponde aux besoins du projet.

II. LA SURDITE ET LES IMPLANTS COCHLEAIRES

1. La surdité

La surdité est un trouble sensoriel primaire touchant la fonction auditive.

Il existe différents types de surdité selon la partie de l'oreille qui est touchée par le trouble : une surdité de transmission en cas d'atteinte de l'oreille moyenne ou externe empêchant une transmission adéquate de l'onde sonore (e.g., atténuation du signal) ; une surdité de perception en cas d'atteinte au niveau des cellules ciliées qui sont responsables de la transformation des informations sonores en un code d'excitation nerveuse ; une surdité centrale en cas de lésion des voies et centres auditifs ; et enfin une surdité mixte en cas d'atteinte de l'oreille interne associée à une atteinte de l'oreille moyenne ou externe.

Les surdités peuvent être uni- ou bilatérales. Leurs conséquences, en particulier sur le développement du langage, sont différentes selon leur âge d'apparition (Lina-Granade & Truy, 2005).

De même, les surdités peuvent être plus ou moins importantes selon les capacités auditives résiduelles. On retrouve ainsi plusieurs degrés de surdité, dont la classification a été effectuée par le BIAP (Bureau International d'Audiophonologie) (1997).

Une perte totale moyenne est calculée à partir de la perte en dB aux fréquences 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz et 4 000 Hz. Toute fréquence non perçue est notée à 120 dB de perte. Leur somme est divisée par quatre arrondie à l'unité supérieure. On obtient les degrés de surdité suivants :

- Perte tonale moyenne inférieure à 20 dB : audition normale ou subnormale
- Perte tonale moyenne comprise entre 21 et 40 dB : déficience auditive légère
- Perte tonale moyenne comprise entre 41 et 70 dB : déficience auditive moyenne
- Perte tonale moyenne comprise entre 71 et 90 dB : déficience auditive sévère
- Perte tonale moyenne comprise entre 91 et 119 dB : déficience auditive profonde
- Perte tonale moyenne de 120 dB : déficience auditive totale ou cophose

2. Les implants cochléaires

Afin de pallier à ces troubles auditifs, différents types de prothèses sont utilisés. Depuis de nombreuses années, les prothèses amplificatrices permettent d'augmenter la puissance du signal auditif envoyé dans l'oreille. Ce type de prothèse est

particulièrement efficace dans le cadre des atteintes de l'oreille moyenne (osselets, tympan), mais plus rarement dans le cadre des surdités de perception qui sont celles qui entraînent fréquemment les déficiences auditives profondes.

C'est pourquoi de nouveaux types de prothèses ont été développés depuis les années 70 : les implants cochléaires. Les implants cochléaires sont composés de plusieurs éléments (voir figure 1) : 1) un microphone directement relié à 2) un processeur externe qui peut se placer, par exemple, en contour d'oreille comme les prothèses auditives classiques ; 3) une antenne placée sur la peau du crâne, en arrière de l'oreille ; 4) un implant placé en vis-à-vis de l'émetteur, mais sous l'os du crâne, et 5) un faisceau d'électrodes qui relie directement l'implant à 6) des terminaisons neuronales situées dans la cochlée.

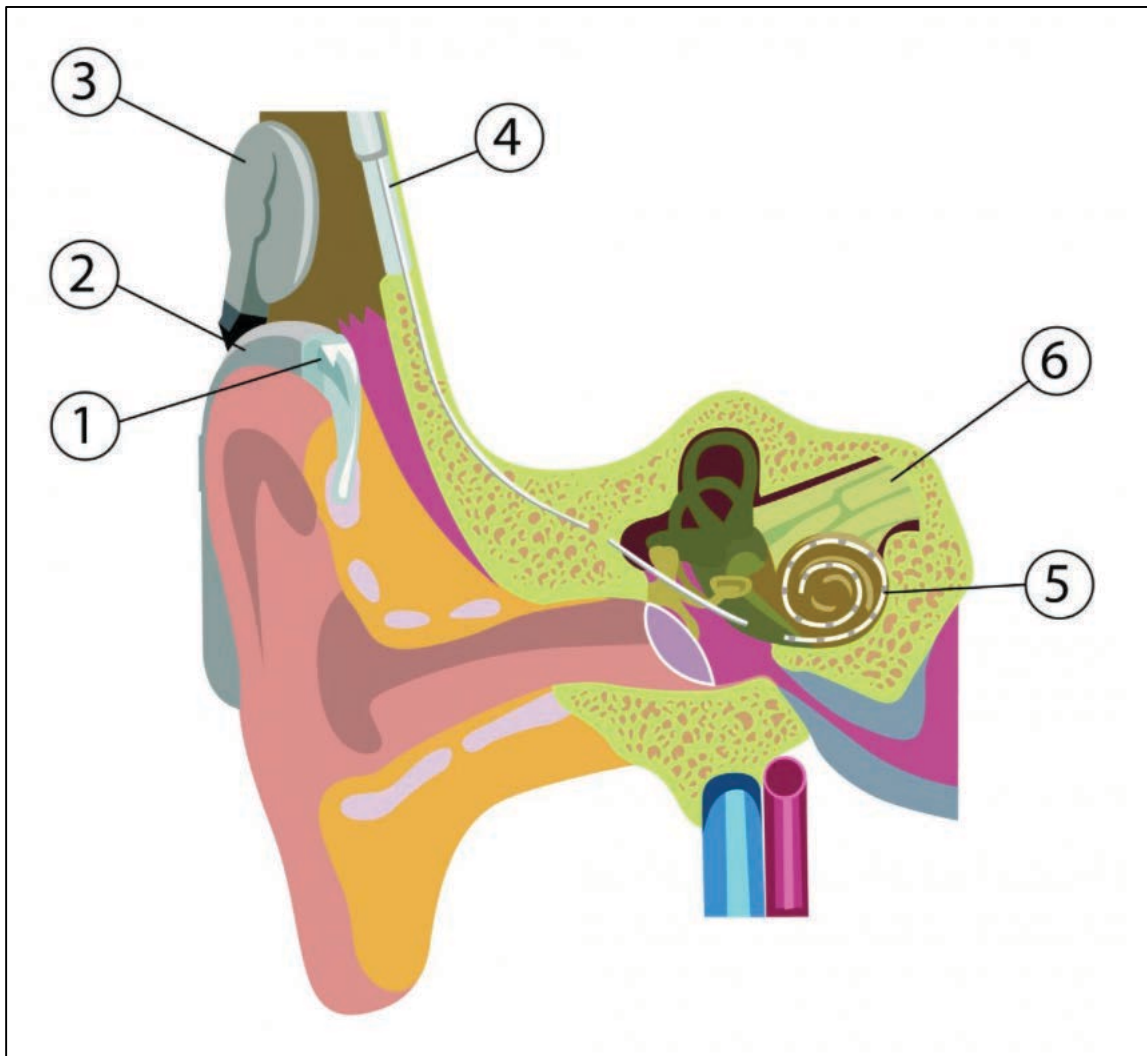


Figure 1 : Schéma d'un implant cochléaire (CURIC, 2015)

Les implants cochléaires fonctionnent de la manière suivante : les sons sont captés par le microphone puis numérisés et traités par le processeur. Les informations codées sont ensuite transmises à l'implant via l'antenne. L'implant transforme les informations codées en signaux électriques et les envoie aux électrodes. Chacune d'entre elles correspond à une bande de fréquence du signal sonore et va délivrer des impulsions électriques au nerf auditif comme le feraient les cellules ciliées.

Les implants cochléaires, de par leur conception, permettent ainsi de pallier au mauvais fonctionnement de la cochlée.

De nos jours, les enfants nés avec une surdité profonde peuvent être dépistés avant leur sortie de la maternité (Cao-Nguyên & Vischer, 1999). De plus, il est désormais possible techniquement d'implanter des enfants avant l'âge d'un an. Plusieurs études (Boons et al., 2012 ; Monteiro, Cordeiro, Silva, & Queiroga, 2016) ont d'ailleurs montré que plus l'implantation avait lieu tôt, plus les compétences langagières de ces enfants se rapprochaient de la norme de celles des enfants normo-entendants après plusieurs années.

Différentes dénominations sont proposées selon l'âge d'apparition de la surdité : surdité congénitale dans le cas de troubles présents dès la naissance, surdité prélinguale pour une apparition avant l'âge de 2 ans, surdité périlinguale pour une apparition entre 2 et 4 ans et surdité postlinguale pour une apparition après 4 ans. En ce qui nous concerne, nous nous intéresserons dans ce projet aux enfants ayant bénéficié d'une implantation prélinguale, c'est-à-dire avant l'apparition du langage (avant l'âge de 2 ans).

Quel que soit le type d'appareillage utilisé, les personnes atteintes de surdité doivent bénéficier d'un accompagnement thérapeutique prenant la forme d'une éducation auditive et langagière. En effet, même si l'enfant est implanté avant l'âge de un an, il aura tout de même été privé de stimulation auditive durant toute sa vie in utero, ainsi que pendant ses premiers mois de vie. Il est également important de noter que jusqu'à une récente époque les implants ne pouvaient pas être portés dans certaines circonstances comme lors des contacts avec l'eau (toilette, baignade), lors des activités sportives ou encore pendant le sommeil. Par conséquent, la quantité de stimulation auditive est plus limitée que chez des normo-entendants.

Par ailleurs, les implants cochléaires possédant des électrodes réagissant chacune à une gamme de fréquences particulière, l'information fournie au cerveau est très limitée. Il faut donc éduquer l'oreille à interpréter correctement ce message dégradé, que ce soit

via un entraînement à la simple perception des sons (présence/absence de son), mais aussi au repérage des différentes intensités et des différentes fréquences sonores. Il est également nécessaire d'effectuer fréquemment des réglages de l'implant afin d'optimiser son fonctionnement.

3. Protocole d'implantation au CHURIC

Au CHURIC, le protocole d'implantation se déroule en plusieurs étapes (Centre Hospitalo-Universitaire Romand d'Implants Cochléaires, 2015). Tout d'abord, le patient est rencontré par l'équipe thérapeutique, et effectue un bilan préimplantation comprenant une consultation médicale, une imagerie de l'oreille interne, des tests audiométriques, des tests électrophysiologiques de l'audition, des tests de reconnaissance des sons du langage, un bilan de la fonction vestibulaire et un bilan logopédique.

Ensuite, le bilan est discuté par une équipe pluridisciplinaire (médecins, ingénieurs, logopédistes, psychologues) afin de déterminer s'il s'agit un candidat pouvant bénéficier de l'implant cochléaire.

Après acceptation du dossier, la famille rencontre les différents membres de l'équipe avec lesquelles elle discute les questions techniques et les modalités de suivi post-opératoire. Puis le chirurgien réalise l'intervention qui dure environ deux heures. Quelques semaines après l'implantation, l'équipe thérapeutique rencontre à nouveau le patient, et l'implant est activé. Le patient commence à percevoir des sons seulement à ce moment-là. Le réglage de l'implant est affiné sur plusieurs séances (environ une quinzaine chez l'enfant). Par ailleurs, comme l'enfant n'est pas capable de décrire ce qu'il entend, on entraîne chez lui un conditionnement perception-action au travers de différents jeux. L'ingénieur est ainsi capable de mieux comprendre ce que l'enfant perçoit et de régler les électrodes une à une.

Pour la réhabilitation auditive, les enfants sont pris en charge par une logopédiste qui leur apprend à entendre, à comprendre et à développer le langage oral sur la base de l'audition fournie par l'implant cochléaire. Ce processus de réhabilitation auditive est intensif et s'étend sur plusieurs années. La logopédiste spécialiste du CHURIC collabore étroitement avec la logopédiste de l'enfant afin d'assurer le suivi le plus adapté à ses besoins. Les enfants ont également des exercices à effectuer à la maison, et la famille est encouragée à les stimuler le plus possible au niveau langagier.

Enfin, l'équipe du centre d'implantation rencontre les patients à de nombreuses reprises au fur et à mesure des années afin de contrôler le bon fonctionnement de l'implant et l'ajuster si nécessaire, ainsi que pour surveiller que le développement auditif (e.g., langage) se passe selon les attentes.

Les enfants ayant bénéficié d'un implant cochléaire dès leur petite enfance peuvent en général intégrer par la suite une scolarité normale, avec certaines adaptations.

Chapitre II
PARTIE THEORIQUE

I. DEVELOPPEMENT DU LANGAGE

1. Modularité du langage

Concernant le développement du langage, une approche modulaire sera considérée comme cadre théorique issu du champ de la psycholinguistique. Cette approche modulaire a été décrite en français principalement par Rondal, selon lequel « le langage est le produit de l'intégration de plusieurs sous-systèmes : le sous-système des phonèmes, celui des lexèmes, le sous-système grammatical, c'est à dire, au sens propre, celui de la morphosyntaxe, les régulations pragmatiques, et l'organisation discursive. Chaque sous-système dispose d'une certaine autonomie par rapport aux autres sous-systèmes, comme le montrent les considérations actuelles sur la modularité neurofonctionnelle du langage et comme en attestent les dissociations observées dans les pathologies du langage, et particulièrement dans les dysphasies génétiques. » (Rondal, 1997, p. 15-16)

Les aspects métalinguistiques comme la métaphonologie, la métalexicologie ou encore la métamorpho-syntaxe sont également traités de manière indépendante.

L'approche modulaire est celle qui a sous-tendu la création de la plupart des tests actuels en logopédie (Devevey, 2013). Chaque module y est évalué indépendamment, en réception ou en production.

Dans la création de notre jeu vidéo pédagogique, le langage sera abordé par le biais de ses aspects productifs. Le module phonologique sera principalement entraîné, de même que les prémices du module lexical. Plus précisément, les traits caractéristiques permettant de produire les 37 phonèmes de la langue française (19 consonnes, 15 voyelles, 3 semi-consonnes) seront travaillés. En effet, la réalisation d'un phonème (plus petite unité de la langue) peut varier selon les locuteurs puisqu'il représente un son défini en termes de durée, de hauteur, d'intensité et de timbre. Les phonèmes sont des paramètres segmentaux de la langue. Les paramètres suprasegmentaux quant à eux affectent des segments plus longs que les phonèmes et sont par exemple l'accent, l'intonation ou la durée. Chez les enfants sourds, il est nécessaire de travailler ces différents paramètres afin que les phonèmes produits soient reconnus par des locuteurs non habitués à interagir avec cet enfant. Par ailleurs, la présence de l'implant cochléaire permet aux enfants implantés de percevoir ces éléments segmentaux et

suprasegmentaux, mais il leur est difficile d'en reproduire les variations dans un premier temps. L'un des objets de la réhabilitation logopédique est justement de leur faire prendre conscience de ses aspects et de les leur faire manipuler.

2. Particularités du développement du langage chez les enfants implantés

Actuellement, les enfants souffrant de surdité profonde congénitale sont dépistés dès la naissance, et ont donc la possibilité d'être implantés très jeunes.

D'après la littérature, après quelques années d'utilisation de l'implant, les enfants implantés avant l'âge de deux ans peuvent atteindre des niveaux langagiers sensiblement identiques à ceux d'enfants du même âge auditif (Duchesne, Sutton, & Bergeron, 2009). Cependant, des nuances sont à apporter concernant les profils langagiers observés chez ces enfants (Duchesne et al., 2009). Si certains présentent de bonnes performances dans tous les domaines langagiers, trois autres profils d'enfants se dégagent : (1) ceux qui présentent un retard de langage global, avec des scores en dessous de la norme dans toutes les modalités (lexique et syntaxe, en production comme en réception) ; (2) ceux qui possèdent de bonnes capacités lexicales, mais un retard sur le plan grammatical ; et (3) ceux avec des profils pathologiques atypiques sur le plan langagier.

Afin de comprendre la diversité des profils observés, certaines études ont investigué la relation entre les performances langagières et de possibles prédicteurs (Boons et al., 2012). Ces prédicteurs peuvent être divisés en 3 catégories principales : (1) les facteurs auditifs (âge d'implantation, âge au moment du diagnostic, niveau auditif préimplantation, présence ou non d'une stimulation bilatérale) ; (2) les facteurs liés à l'enfant (sexe, handicaps associés, performances cognitives non verbales, étiologie de la surdité) ; et (3) les facteurs environnementaux (multilinguisme, taille de la famille, mode de communication orale ou totale, type de scolarisation, niveau socio-économique familial, implication des parents dans la réhabilitation).

Parmi les facteurs dont l'effet a été démontré par Boons et al., on retrouve l'âge d'implantation, la présence ou non d'une stimulation bilatérale, la présence ou non de handicap associé, le multilinguisme, et l'implication des parents dans la réhabilitation.

C'est sur ce dernier facteur que nous souhaitons agir à l'aide de notre jeu vidéo pédagogique. En effet, il a été montré (Spencer, 2004) que le niveau d'implication des

parents avait un effet à long terme sur le développement langagier. Or ce niveau d'implication dépend lui-même de nombreux facteurs (Couto & Carvalho, 2013) dont ceux des trois catégories évoquées auparavant, mais également des facteurs liés à la décision d'implantation (connaissances préalables sur les implants, attentes, qualité et quantité d'informations, aspects éthiques et biomédicaux, inclusion dans la réhabilitation, contact avec d'autres parents, support social et coûts) ainsi que leur degré de satisfaction concernant la qualité de vie avec leur enfant.

Il apparaît donc comme crucial de proposer des programmes performants de soutien aux familles et aux personnes impliquées dans la réhabilitation des enfants implantés cochléaires. On retrouve ainsi par exemple le Muenster Parental Programme (Reichmuth, Embacher, Matulat, am Zehnhoff-Dinnesen, & Glanemann, 2013) proposé aux Etats-Unis à certaines familles d'enfants après le diagnostic de surdité profonde. Ce programme a pour objectif de donner les clés aux parents pour communiquer avec leur enfant préverbal, et de leur (re)donner confiance dans leurs compétences éducatives. Le programme leur permet également d'échanger avec d'autres parents, et d'acquérir des connaissances théoriques sur la surdité, l'audition et le développement du langage.

Par ailleurs, l'une des difficultés rencontrées par les parents d'enfants souffrant de handicap langagier lors des séances d'entraînement à domicile, est leur manque d'expertise concernant le langage. Les parents ne disposent pas d'une oreille suffisamment entraînée pour repérer les progrès subtils de leur enfant, et préciser de façon adéquate les paramètres à travailler (Rubin, 2017). Il en résulte souvent un manque de motivation pour les enfants dans la réalisation des exercices de rééducation, et donc une stagnation de la progression entre les différents rendez-vous avec le logopédiste.

II. LOGOPÉDIE ASSISTÉE PAR ORDINATEUR (COMPUTER-BASED SPEECH THERAPY)

Comme nous l'avons vu précédemment, la remédiation logopédique est indispensable suite à la mise en place d'un implant cochléaire chez une personne atteinte de surdité. Or le travail effectué lors des séances de remédiation doit également être prolongé à domicile, avec toutes les limitations dont nous venons de parler.

Pour pallier à ces difficultés, les logopédistes ont rapidement cherché des outils à proposer aux parents, et en particulier des outils numériques. Les effets recherchés de

ces outils sont une augmentation de la motivation à la réalisation des exercices, une amélioration de l'engagement du patient pendant et entre les séances de logopédie, mais aussi un contrôle possible de la part des thérapeutes sur les exercices réalisés à domicile (L. M. Furlong, Morris, Erickson, & Serry, 2016; Orehovački, Plantak Vukovac, Stapić, & Novosel-Herceg, 2017). Tous ces éléments devant bien entendu mener à des progrès plus rapides et durables au niveau du langage.

Ainsi, Nordness et Beukelman (2010) ont comparé deux types d'entraînement à domicile pour des enfants souffrants de troubles sévères de la parole : l'un mené par un parent, et le second informatisé. Leurs résultats ont montré que le temps d'entraînement moyen était supérieur pour les sessions informatisées que pour les sessions menées par les parents. Les commentaires effectués par les parents des participants ont mentionné une augmentation de la confiance en soi et de l'indépendance des enfants dans la condition informatisée, ainsi qu'une augmentation de la motivation.

En 2012, Bétrancourt et Bozelle se sont également penchés sur les caractéristiques intéressantes des « Médias, Images et Technologies de l'Information et de la Communication » (MITIC), en particulier en ce qui concerne la pédagogie spécialisée. Parmi les éléments mentionnés, plusieurs nous semblent intéressants à analyser sous le spectre de la pédagogie spécialisée et donc de la logopédie : l'interactivité, le sentiment de contrôle et l'utilisation d'interfaces tactiles.

Les applications interactives par exemple sont particulièrement pertinentes pour la pédagogie spécialisée. En effet, elles incitent à un entraînement répété tout en s'adaptant au rythme et au niveau de chaque apprenant. Elles donnent aussi souvent à l'utilisateur la possibilité de personnaliser son parcours, lui fournissant ainsi un sentiment de contrôle qui lui permet d'augmenter sa motivation.

Par ailleurs, Bétrancourt et Bozelle soulignent le fait que les interfaces tactiles réintroduisent la coordination œil-main, permettant un gain de ressources attentionnelles et cognitives non négligeable pour les populations souffrant de handicap.

1. Définitions

Shriberg, Kwiatkowski et Snyder (1989) ont il y a plusieurs années proposé la définition suivante de la logopédie assistée par ordinateur : « a computer-based speech therapy (CBST) program is a software offering predefined therapy tasks inclusive of

instructional features (e.g. an animated talking tutor, the use of synthesised speech to provide models or instructions), motivational features (e.g. the use of animations, game-based activities) and quantitative features (e.g. tracking of performance within and across therapy sessions), operating from a personal computer. » (cités par L. Furlong, Erickson, & Morris, 2017, p. 4).

D'autres auteurs comme Chen et al. (2016) parlent également de Virtual Speech Therapist (VST). Ils définissent un VST comme « An interactive computer program that targets a specific speech deficit based on a predefined therapy program, but not a program designed to facilitate improvement in speech or language skills in learning a non-native language, in the absence of a diagnosed speech or language deficit, or to tutor individuals whose abilities are already within the normal range. » (Chen et al., 2016, p. 100).

2. Exemples de programmes ayant montré leur efficacité

Dans leur revue de littérature, Chen et al. (2016) ont recensé l'ensemble des VSTs dont l'efficacité a été mesurée dans le cadre de la prise en charge des troubles d'articulation et troubles phonologiques. D'après la littérature qu'ils ont étudiée, les VSTs développés pour les personnes souffrant de troubles auditifs se concentraient principalement sur l'articulation, à partir de l'analyse de petits échantillons de parole. Les technologies majoritairement utilisées étaient la reconnaissance automatique de la parole, la synthèse vocale, les avatars animés et les corpus de parole. La plupart de ces VSTs utilisaient une base ludifiée.

Furlong et al. (2017) ont également effectué une revue descriptive avec une recherche systématique et un processus de sélection d'articles, afin d'évaluer l'efficacité des programmes de CBST pour les enfants souffrants de troubles de la parole ou de l'articulation. Parmi les études sélectionnées, quatre d'entre elles s'intéressaient à des enfants sourds, et trois reportaient des gains significatifs au niveau de la précision articulatoire. Selon Furlong et al., l'avantage de ces outils numériques est la possibilité de fournir de l'information visuelle relative à la production de la parole, et donc de donner un biofeedback immédiat, précis et cohérent aux enfants. Or ces éléments sont difficiles à répliquer lors des séances classiques de remédiation sur table.

Bozelle (2015) a également créé un logiciel de remédiation à destination d'une population d'enfants sourds porteurs d'implants cochléaires. Ce logiciel, AudioRehab, avait pour objectif de stimuler la compréhension langagière sous forme ludique. Les résultats des différentes études menées autour d'AudioRehab ont amené l'auteur à penser qu'il pouvait effectivement être un moyen favorisant la compréhension langagière de jeunes enfants implantés.

Parmi d'autres exemples de CBSTs, il est possible de présenter sPeAK-MAN (Tan, Johnston, Ballard, Ferguson, & Perera-Schulz, 2013) une sorte de jeu de Pac-Man qui utilise la reconnaissance vocale pour détruire des monstres. Les résultats de l'étude à son propos ont montré que sa mécanique de jeu était très engageante, mais que la rapidité à laquelle les monstres avançaient n'était pas vraiment compatible avec le délai nécessaire à la machine pour effectuer le traitement du signal sonore.

Enfin, Talking to Teo (Navarro-Newball et al., 2014) est un autre jeu vidéo pédagogique faisant appel à la reconnaissance vocale au travers de mini-jeux. Les résultats de l'étude concernant ce logiciel ont permis de montrer sa pertinence pour stimuler l'intérêt et l'engagement des enfants lors d'un travail répétitif d'articulation et de parole.

III. PRINCIPES SOUS-TENDANT LA CREATION D'UNE APPLICATION MOBILE DE JEU PEDAGOGIQUE

Les programmes de logopédie assistée par ordinateur ainsi que les jeux vidéo pédagogiques sur support mobile à destination des logopédistes et de leurs patients sont de plus en plus nombreux. Or, il paraît intéressant de se pencher plus précisément sur les principes et critères qui permettent de créer un programme pertinent dans ce cadre-là, aussi bien au niveau pédagogique qu'au niveau ergonomique.

1. Principes pédagogiques

Hirsh-Pasek et al. (2015) ont proposé dans leur article un cadre d'analyse permettant de mettre en avant le caractère éducatif des applications.

Dans cet article sont présentés des principes de base issus des sciences de l'apprentissage et permettant à la fois d'analyser des applications du point de vue des utilisateurs (parents, éducateurs...) et de réfléchir à la conception d'applications éducatives du point de vue des développeurs.

Quatre piliers de l'apprentissage ont été définis par les auteurs : l'apprentissage actif, l'engagement, l'apprentissage signifiant, et l'interaction sociale. Par ailleurs, ils rajoutent à ces quatre piliers le fait qu'une application éducative doit proposer une exploration progressive d'un contenu en vue d'un objectif d'apprentissage précis.

1.1. Apprentissage actif

En ce qui concerne l'apprentissage actif, on considère que celui-ci est atteint à partir du moment où l'apprenant est engagé dans une action physique ou cognitive. Cependant, il ne suffit pas de devoir effectuer un geste sur l'écran par exemple, mais les auteurs parlent de « mettre les cerveaux en marche », c'est-à-dire qu'il faut que l'action effectuée soit une action volontaire qui ait un sens. Dans la littérature on retrouve par exemple l'acronyme REALs, pour Rich Environments for Active Learning, que Grabinger et Durlap définissent comme tels : « [providing] learning activities that engage students in a continuous collaborative process of building and reshaping understanding as a natural consequence of their experiences and interactions within learning environments that authentically reflect the world around them » (1995, cités par Hirsh-Pasek et al., 2015, p. 5).

1.2. Engagement

Le deuxième aspect concerne l'engagement de l'apprenant, c'est-à-dire sa capacité à rester engagé sur une tâche pendant une longue période de temps. Ceci est bien entendu mis en péril par tous les distracteurs qui peuvent être inclus directement dans l'environnement d'apprentissage, ou dans l'environnement de l'apprenant.

En ce qui concerne l'environnement d'apprentissage, il a été montré que les effets sonores, les pop-up et autres éléments interactifs qui n'apportent pas de plus-value à la narration de l'application peuvent être considérés comme des « seductive details » et empêchent donc l'utilisateur d'être pleinement engagé dans son apprentissage. Les effets délétères des « seductive details » sur l'apprentissage en général ont été décrits depuis plusieurs années, en particulier par Harp et Mayer (1998).

Par contre, trois types de leviers peuvent être utilisés pour favoriser l'engagement de l'apprenant : proposer des interactions opportunes, utiliser des feedbacks pour augmenter la motivation extrinsèque, et proposer des activités qui vont solliciter la

motivation intrinsèque de l'enfant, comme sa motivation à apprendre de nouveaux contenus.

En ce qui concerne les feedbacks, Hirsh-Pasek et al. (2015) rapportent des travaux de Gunderson et al. (2013) qui ont montré que des feedbacks faisant mention aux efforts effectués par l'enfant étaient plus pertinents que ceux faisant mention à son intelligence. Gray, Bulat, et Jaynes (2009) proposent quant à eux un autre moyen d'augmenter l'engagement de l'enfant, en ajoutant des éléments personnels aux feedbacks (ex. : son prénom).

Enfin, il faut également trouver le juste équilibre dans la difficulté de la tâche demandée, qui doit être à la fois accessible et exigeante.

1.3. Meaningful Learning

Le troisième pilier de l'apprentissage est celui appelé « meaningful learning », que l'on pourrait traduire par « apprentissage signifiant ».

Par « meaningful learning », les chercheurs en sciences de l'apprentissage comme Mayer et Moreno (2003) parlent d'un apprentissage qui permet d'intégrer les éléments importants d'un matériel, tout en les organisant mentalement en des structures cognitives cohérentes et en les mettant en lien avec des connaissances préexistantes.

Selon Hirsh-Pasek et al. (2015), cet apprentissage est sollicité via trois éléments. Tout d'abord, il est important de faire en sorte qu'il ait une raison d'être, c'est-à-dire un objectif. Par ailleurs, un apprentissage signifiant sera encouragé si l'on utilise un matériel qui est pertinent au niveau personnel pour l'apprenant. Par exemple, il est possible d'utiliser un environnement proche de celui de la vie quotidienne pour des applications qui s'adressent à de jeunes enfants. Enfin, cet élément est également sollicité lorsque l'on permet à l'apprenant de faire le lien entre ses nouveaux apprentissages et des connaissances plus anciennes.

1.4. Interaction sociale

Le dernier pilier de l'apprentissage décrit par les auteurs est l'interaction sociale. Les effets de l'interaction sociale sur l'apprentissage ont été largement décrits dans la littérature, en particulier en ce qui concerne l'apprentissage du langage (qui est le sujet qui nous intéresse ici).

Trois approches peuvent être employées pour introduire de l'interaction sociale dans les applications : (1) plusieurs utilisateurs manipulent l'application ensemble, en agissant simultanément ou à tour de rôle sur l'écran ; (2) l'application permet des interactions médiatisées entre deux utilisateurs ou plus ; (3) l'utilisateur a des relations parasociales avec un ou plusieurs personnages à l'écran.

1.5. Objectif pédagogique

Pour conclure, au-delà de ces quatre piliers que sont l'apprentissage actif, l'engagement, l'apprentissage signifiant, et l'interaction sociale, les auteurs insistent aussi sur le fait qu'une application ne peut être considérée comme éducative que si elle a un objectif pédagogique précis, et qu'elle dirige l'utilisateur vers l'atteinte de cet objectif.

Cet objectif clair peut se matérialiser par le choix du matériel à explorer, ou encore par les guidances qui sont fournies par un accompagnateur.

2. Principes ergonomiques

Au-delà des aspects pédagogiques, il est également important de respecter certaines recommandations au niveau ergonomique concernant la création de contenus éducatifs mobiles pour les jeunes enfants. En effet, les Interfaces Hommes Machines (IHM) ont besoin d'être accessibles et la manière d'interagir avec les écrans des jeunes enfants n'est pas la même que celle des adultes.

Nous allons donc décrire ici une série de recommandations, telles que proposées dans le « Pre-MEGA Framework » (Shoukry, Sturm, & Galal-Edeen, 2015). Ce cadre de design et d'analyse s'intéresse aux jeux éducatifs mobiles. Il a été créé à partir de résultats de recherches scientifiques publiées, mais également d'autres systèmes d'analyses préexistants. Il concerne la population des enfants d'âge préscolaire. Il contient 15 catégories allant du screen design au game design en passant par des éléments de sécurité. Nous allons nous concentrer ici sur les catégories concernant les aspects ergonomiques que nous allons décrire plus précisément, mais de manière non exhaustive.

2.1. Screen Design

Tout d'abord, concernant le screen design, Shoukry et al. (2015) ont identifié trois sous-catégories : les menus, les icônes, et les spécificités dues aux écrans tactiles mobiles. Pour ce qui est des menus, ils recommandent entre autres des menus imagés clairs, sans texte et avec un design consistant. Les icônes doivent être visuellement significatives, larges, et faciles à sélectionner. Les contrôles doivent être également consistants et suivre les conventions standards. Il est déconseillé de placer des boutons près des bords de l'écran. Les écrans doivent être simplifiés et adaptés à différentes tailles. Enfin, il est recommandé de faire en sorte que les sessions de jeux puissent être démarrées rapidement.

2.2. Navigation

Sur le plan de la navigation, on retrouve les conseils suivants : avoir des menus avec accès direct, prévoir des sorties claires pour les jeux, avoir un menu principal accessible de partout. Il est également important de faire en sorte que les enfants sachent où ils sont, et que l'interface retienne les éléments déjà choisis. Enfin, les erreurs de navigation effectuées ne doivent pas être irréversibles.

2.3. Facilité d'utilisation

Pour ce qui est de la facilité d'utilisation, on retiendra le fait qu'il faille prévoir des zones plus grandes que celles pour les adultes en ce qui concerne la sélection, les actions de déplacement et de tracé. Il est crucial que l'application puisse être utilisée en autonomie après une première utilisation accompagnée, et que les réponses aux actions des utilisateurs soient consistantes. Enfin, il est nécessaire de prévoir des interactions qui requièrent des habiletés adaptées à l'âge des enfants ciblés. A ce sujet, Nacher, Jaen, Catala, Navarro, et Gonzalez (2014) ont montré que des enfants âgés de 2-3 ans étaient capables d'utiliser plusieurs types de gestes pour interagir avec l'écran tactile : faire un tapotement, déplacer un objet du doigt (drag), mais également effectuer une rotation à un doigt ou faire des zooms avant et arrière à deux mains.

Travnjak (2014), dans son étude d'utilisabilité d'un jeu mobile éducatif, a par contre trouvé que les enfants âgés de moins de 3 ans présentaient des difficultés à utiliser les gestes de drag and drop, en particulier au moment de lâcher l'élément à sa destination.

Nacher, Jaen, et Catala (2017) ont par ailleurs étudié la meilleure manière de montrer à des enfants d'âge préscolaire les interactions tactiles à effectuer à l'écran. Ils ont

comparé trois langages sémiotiques différents : l'utilisation de mains animées, d'objets animés, ou d'icônes. Leurs résultats ont montré que les deux premiers langages étaient les plus adaptés pour transmettre les gestes dynamiques, mais que les gestes statiques (ex. : tapotement) ne réussissaient pas à être transmis via aucun de ces trois langages chez des enfants aussi jeunes. De même, Hiniker et al., (2015) ont également montré que le plus efficace en dessous de trois ans restait la démonstration par un adulte assistant l'enfant.

2.4. Réactivité de l'application

La réactivité de l'application est une autre catégorie du « Pre-MEGa Framework ». Ici, les auteurs ont mis l'accent sur la rapidité de réponse au toucher. Les éventuelles animations doivent être courtes, et si besoin être arrêtées facilement. Enfin, ils suggèrent de permettre aux enfants d'obtenir une réussite dans les 30 premières secondes de jeu.

2.5. Instructions

Du côté des instructions, elles doivent être appropriées à l'âge, et simples à comprendre comme à retenir. Elles doivent être intégrées au contexte du problème.

2.6. Feedbacks

Les feedbacks doivent être fréquents, variables, adaptés à l'âge et au contexte. Ils doivent être visuellement significatifs et utiliser les capacités audio de la tablette. Enfin, ils doivent être descriptifs et non pas évaluatifs. Les feedbacks positifs doivent être motivants, drôles et attractifs. Les feedbacks négatifs doivent permettre à l'enfant de savoir s'il a fait une erreur et proposer des indices pour corriger son action.

2.7. Niveaux de difficulté

Concernant les niveaux de difficulté, certains auteurs proposent d'inclure des activités qui ressemblent à celles des adultes et ont donc l'air « difficiles ». Il est important selon eux d'inclure du suspense et du « danger », sans pour autant générer de la peur ou de la frustration. Il faut offrir plusieurs niveaux de difficulté ou une complexité évolutive dans le jeu. Enfin, il ne faut pas sous-estimer ou infantiliser les joueurs.

Bozelle (2015) avait par ailleurs noté lors de son étude un effet du degré de difficulté sur la fréquence à laquelle les enfants jouaient à son jeu. Plus le degré de difficulté

augmentait, plus la fréquence d'utilisation du jeu baissait. Il est donc important de proposer un niveau de difficulté accessible afin de conserver l'engagement des joueurs.

2.8. Présentation et diffusion du contenu

En matière de présentation et de diffusion du contenu, Shoukry et al. (2015) ont rassemblé un nombre important de recommandations.

Tout d'abord, ils suggèrent d'utiliser un thème qui fasse sens pour les enfants, dans un contexte fantastique ou basé sur des expériences de la vie réelle. Bozelle (2015) avait d'ailleurs noté un effet positif du contexte sur la fréquence moyenne d'utilisation de son jeu.

Les concepts doivent être introduits via plusieurs points d'entrée et l'information doit être divisée en petits éléments.

Il est important que les éléments graphiques ne distraient pas du contenu éducatif envisagé. Au contraire, les éléments multimédias doivent être des supports à l'apprentissage.

Les auteurs proposent également d'utiliser de la musique et des chansons. Les personnages « cartoons » doivent ressembler à l'enfant ou être issus de sa propre culture. Il est possible de donner aux enfants des pouvoirs inhabituels ou exagérés. L'humour et les paradoxes sont intéressants, de même que l'emploi de surprises qui peuvent être générées aléatoirement. Enfin, il est important de varier les activités durant les sessions de jeu pour éviter l'ennui et pour encourager la curiosité.

2.9. Agent pédagogique

La catégorie concernant l'agent pédagogique est également intéressante et regroupe trois sous-catégories : l'interaction, le message et les caractéristiques.

Pour ce qui est de l'interaction avec l'agent pédagogique, les auteurs préconisent de la réactivité aux demandes d'aide. Les interactions doivent être redondantes. L'agent pédagogique doit demander des feedbacks au joueur, et l'équilibre entre une communication pendant la tâche et en dehors de la tâche doit être respecté.

Il faut que le message soit approprié aux capacités de l'interlocuteur, à ses expériences et à son cadre de référence. Les informations verbales et non verbales doivent être concordantes. Le message doit être complet et spécifique. L'agent pédagogique doit être clairement identifié comme l'émetteur du message.

Enfin, concernant les caractéristiques de cet agent pédagogique, les recommandations suivantes sont faites : le personnage doit établir la crédibilité et confiance, être poli et positif. Sa représentation visuelle doit être appropriée au contexte et attractive. Il ne doit pas y avoir de biais de genre ou d'ethnie. Enfin, il doit avoir un rôle clair faisant la relation entre l'utilisateur et la tâche.

2.10. Personnalisation

La dernière catégorie du « Pre-MEGa Framework » dont nous allons parler ici concerne la personnalisation. L'un des aspects évoqués est de permettre la personnalisation de l'expérience du joueur via sa propre voix ou via un avatar. L'expérience doit pouvoir être adaptée au genre du joueur, ou bien être neutre. D'autres éléments de personnalisation comme la disponibilité en plusieurs langues ou la possibilité de sauver les créations de l'enfant peuvent également être proposés. Les éléments audio doivent pouvoir être personnalisés (volume, activation/désactivation). Pour finir, l'accent est à nouveau mis sur la difficulté progressive des différents niveaux.

En conclusion, de nombreuses recherches se sont intéressées à la fois aux aspects pédagogiques et ergonomiques des jeux vidéo pédagogiques pour les jeunes enfants. Il paraît indispensable de mettre à profit ces résultats de recherche afin de maximiser les effets du jeu que nous souhaitons réaliser. Nous avons également vu que la question de la logopédie assistée par ordinateur est une question contemporaine, et nous nous sommes donc interrogés sur l'existence ou non d'un jeu vidéo pédagogique similaire à celui que nous souhaiterions utiliser.

Chapitre III

ANALYSE CONCURRENTIELLE

I. DESCRIPTION DE LA DEMANDE

La demande initiale était de faire une revue de l'existant concernant des logiciels ou applications permettant de stimuler la production sonore chez de jeunes enfants. Cette revue devrait nous permettre de savoir si la création d'un nouvel outil est pertinente ou non.

Dans l'idéal, nous souhaiterions une application pour tablette tactile avec une interface ludique adaptée au jeune enfant sourd implanté. Cette application devrait permettre la stimulation de la production sonore en permettant de travailler sur les différents paramètres du son, tout en visualisant les effets de cette production. Elle devrait également encourager le jeune enfant à produire ses premières syllabes, voire ses premiers mots. Nous avons besoin d'une application qui puisse être simple d'utilisation pour pouvoir être manipulée en contexte quotidien à domicile. L'interface doit être en français, ou multilingue. Par ailleurs, l'application doit recueillir des données cliniques, afin que le thérapeute qui suit l'enfant puisse analyser ses progrès, et que l'équipe de recherche puisse extraire les données concernant l'utilisation du jeu.

L'équipe du CHURIC avait notamment comme référence un logiciel qu'ils ont utilisé à cet effet il y a quelques années : SpeechViewer, développé par la société IBM, mais qui est devenu désormais obsolète et n'est donc plus édité actuellement. Plusieurs études avaient été effectuées sur l'efficacité de l'utilisation de ce logiciel dans la prise en charge de différents patients souffrant de troubles du langage ou de la parole (Bernard-Opitz, Sriram, & Sapuan, 1999; Clendon, Flynn, & Coombes, 2003; Romand, 1999; Stenson, Downing, Smith, & Smith, 1992).

II. DESCRIPTION DE L'EXISTANT

Notre recherche de l'existant nous a permis d'identifier plusieurs programmes présentant des similarités avec SpeechViewer et permettant de stimuler la production langagière grâce à l'utilisation de techniques de reconnaissance automatique de la parole (voir Tableau 1). A noter que la revue de littérature effectuée sur les programmes de CBSTs a permis de mettre en évidence l'existence d'autres logiciels ou programmes qui pourraient être appropriés. Mais, ces derniers n'étant pas commercialisés nous ne les avons pas inclus dans cette revue de l'existant.

Nom du logiciel	Editeur	Prix	Langue	Format		Destinataires		Visualisation		Composantes visées													
Speechviewer	IBM	-	Français	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Vocalab	Gerip	334 €	Français	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LingWaves TheraVox	Wevosys	490 €	Anglais	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dr. Speech 5	TigerDRS Inc.	\$695	Anglais	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
VoxGames	CTS Informatica	R\$ 620	portugais	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
VoxTraining	CTS Informatica	R\$ 493	portugais	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Je Joue avec ma voix	Génération5	29,90 €	Français	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Diverses applications VoxTraining	CTS Informatica	CHF 15,00	anglais/portugais	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SpeechPrompts	Handhold adaptative	CHF 20,00	Anglais	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Club Caveman	Ben Sweat	CHF 1.00	Anglais	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tableau 1 : Liste de programmes utilisant la reconnaissance vocale pour stimuler la production de la parole

Notre grille d'analyse reprend les différents paramètres qui nous semblaient importants au vu de la demande : la langue de l'interface, le format du logiciel (PC ou tablette tactile), la destination du logiciel (professionnels ou grand public), les composantes visées, et le type de visualisation des sons proposée (soit une visualisation « classique » sous forme de spectre, soit une visualisation ludifiée à destination de jeunes enfants). Nous avons également ajouté à ce tableau des éléments comme le nom du logiciel, son éditeur, et son prix de vente.

Les différents programmes identifiés lors de cette revue de l'existant vont être décrits par la suite.

1. Programmes à destination des professionnels

Tout d'abord, il semblerait qu'il existe actuellement un logiciel ressemblant fortement à SpeechViewer : TheraVox. TheraVox est en réalité un module extrait d'une suite logicielle plus complète : LingWaves par l'éditeur Wevosys. Parmi les points positifs, on retrouve le choix entre une visualisation ludique pour les enfants ou une visualisation sous forme de spectre, la possibilité de travailler sur les différents paramètres du son (fréquence, intensité, voisement, durée, attaque) et d'amorcer un travail sur les syllabes, mots et phrases. Les points négatifs par contre concernent son prix (490€), et son support (fonctionne uniquement sur ordinateur).

Parmi les logiciels professionnels, nous avons également identifié le programme Vocalab (Gérip). Ce dernier permet également de travailler sur les différents paramètres du son et de visualiser le spectre. Son interface est en français. Par contre, le contenu ludique est pauvre (récompense visuelle différée si le thérapeute valide la réponse comme correcte), le logiciel ne fonctionne que sur ordinateur et son prix est relativement élevé (334€).

Le logiciel suivant, Speech Therapy Standard Version, version 5 par DrSpeech est lui clairement destiné aux logopédistes ayant des patients d'âge pédiatrique. Il propose près de 70 jeux réagissant à la voix, et en particulier aux paramètres de fréquence, d'intensité, de voisement, d'attaque vocale, de temps maximal de phonation et d'identification de phonèmes. Il permet donc aux enfants d'obtenir un feedback immédiat sur leur production, et aux thérapeutes d'obtenir des statistiques sur les performances de l'enfant. Parmi les points négatifs, on notera une interface en anglais uniquement, un prix élevé (\$695), et un fonctionnement uniquement sur PC.

Enfin, toujours concernant les logiciels destinés aux professionnels nous avons trouvé deux programmes créés par une société brésilienne : CTS Informática. VoxGames et VoxTraining comprennent respectivement 25 et 11 jeux différents permettant de travailler les différents paramètres de la voix. Leur interface est exclusivement en portugais. Ces deux logiciels permettent également de récupérer des statistiques d'utilisation. Ils coûtent respectivement R\$620 et R\$493 (soit environ CHF 182.00 et CHF 145.00). La même société informatique propose également des applications pour iPhone et iPad, issues d'une partie de ses jeux. Chaque application reprend le principe de l'un des jeux (donc travaille uniquement l'un des paramètres de la parole). Les applications sont vendues sur l'AppStore au prix de CHF 15.00. Les principaux points négatifs de ces applications en ce qui nous concerne sont les graphismes et les types de jeux plutôt adaptés à des grands enfants ou adolescents, ainsi que l'interface uniquement en anglais ou en portugais.

Pour iOS toujours et pour les professionnels, il existe l'application SpeechPrompts par la société Handhold Adaptive, LLC. SpeechPrompts est vendue au prix de CHF 20.00. Avec cette application, il est possible de visualiser l'intensité sonore (sonomètre) de manière ludique, ou encore de visualiser et reproduire un signal sonore grâce à un spectre visuel. Il est possible de créer ses propres modèles sonores, ou d'utiliser des modèles existants. Par contre son interface est en anglais, et il n'est pas possible de travailler d'autres paramètres de la parole de manière ciblée et ludique.

2. Programmes à destination du grand public

Parmi les logiciels destinés au grand public, nous avons identifié le logiciel « Je joue avec ma voix » de l'éditeur Génération 5. Ce logiciel propose diverses activités : un « magnétophone » pour s'enregistrer, un karaoké pour s'exercer à reproduire des rythmes et des intonations, mais également des jeux qui réagissent aux modulations de la voix, des histoires à bruiteur, et une interface ludique modifiant la voix. Le logiciel coûte 29,90€ et fonctionne uniquement sur PC. Il ne permet pas de créer ses propres modèles, et ne propose pas de statistiques d'utilisation.

Parmi les applications mobiles iOS pour le grand public, le jeu « Club Caveman » utilise également la reconnaissance vocale. Dans un univers de dessin animé, l'enfant peut donner des ordres à un homme préhistorique qui les exécute (manger des fleurs, courir, s'asseoir...). Le personnage est animé en 3D de manière très réaliste. Cette application

coûte CHF 1.00 et est développée par Ben Sweat. Par contre, elle n'est disponible qu'en anglais.

Enfin, que ce soit pour iOS ou pour Android, il existe de nombreuses applications permettant de changer sa voix lors d'un appel vocal, de la faire répéter en étant modifiée, de contrôler le saut d'un personnage d'arcade à l'aide de l'intensité vocale, ou encore de visualiser des intensités sonores trop élevées (sonomètres).

Au vu de cet état de l'art, il nous a semblé qu'il n'existait pas à l'heure actuelle d'outil numérique mobile commercialisé qui réunisse tous les critères nous intéressant. C'est pourquoi nous avons décidé de lancer le projet « FunSpeech », et donc de créer nous-mêmes cet outil. L'étape suivante de ce travail a donc été l'analyse précise des besoins des différents acteurs, afin de définir exactement les objectifs et contraintes du projet.

Chapitre IV
ANALYSE DES BESOINS

I. PUBLIC CIBLE

Initialement, quatre groupes de personnes peuvent être distingués concernant notre application : les enfants/joueurs, leurs parents, les professionnels des centres d'implantation cochléaire et les membres de l'équipe de recherche.

Les utilisateurs principaux de « FunSpeech » seront des enfants souffrant de surdité prélinguale, âgés entre 18 mois et 3 ans, ayant reçu un (ou deux) implant(s) cochléaire(s), et commençant seulement à entrer dans le langage oral, en particulier au niveau de la production. Ce sont eux qui auront la tablette entre les mains et qui vont interagir directement avec le jeu.

On peut également ajouter les parents de ces enfants dans notre public cible, puisque ce seront les aidants principaux des joueurs au quotidien. Ce sont les parents qui vont devoir s'occuper de la tablette (recharge, sécurisation) et encourager leur enfant à faire des séquences de jeu. A noter que les familles peuvent être monolingues ou multilingues, et qu'il est important que l'interface du jeu puisse refléter cette diversité.

Un troisième groupe d'utilisateurs peut être identifié en la présence des professionnels des centres d'implantation cochléaire. Ce sont eux qui sont les prescripteurs de l'utilisation du jeu, et qui vont recevoir les enfants et leurs parents pour les visites de contrôle/réglage de l'implant. Ils auront besoin d'accéder à des statistiques d'utilisation visuellement simples afin de savoir comment a été fait l'entraînement à domicile et de pouvoir tracer les progrès de l'enfant.

Enfin le quatrième groupe d'utilisateurs concerne l'équipe de recherche travaillant autour de ce projet. En effet, cette application ayant été créée dans le cadre de travaux scientifiques, son efficacité fera l'objet d'une analyse précise suivie de publications. Les besoins spécifiques de ce groupe sont principalement la récolte d'informations détaillées sur les conditions d'utilisation de l'application.

Par la suite, l'application sera mise à disposition du grand public et les groupes d'utilisateurs évolueront certainement. Ainsi, d'autres populations d'enfants pourraient bénéficier de l'utilisation de l'application, comme des enfants atteints de surdité moyenne et porteurs de prothèses auditives par exemple. Ceci pourrait mener d'autres professionnels à s'intéresser à l'application (comme des logopédistes en pratique privée).

II. CARACTERISTIQUES LINGUISTIQUES

Les contenus linguistiques à travailler dans l'application ont été répertoriés à l'aide de l'une des logopédistes du CHURIC. En effet, les logopédistes sont les experts dans la remédiation langagière qui est proposée aux jeunes enfants implantés. Ce sont eux qui suivent la progression de l'enfant, d'une séance à une autre.

Les premières compétences à travailler dans l'application sont des paramètres vocaux suprasegmentaux : présence/absence de son, intensité, hauteur, durée et rythme des sons. C'est le versant « production » de ces paramètres que nous cherchons à stimuler ici.

L'application créée doit aussi permettre de travailler la précision de la production de phonèmes vocaliques et consonantiques. Ces phonèmes devront être manipulés isolément et en alternance de deux ou trois phonèmes.

Enfin les derniers éléments à inclure dans l'application sont des paramètres langagiers : la production d'onomatopées et des premiers mots est à encourager.

Même si l'objectif du jeu est de s'intéresser à la production langagière, les enfants implantés travaillent en parallèle la compréhension langagière. Il est donc important que les consignes orales fournies dans le jeu soient produites par plusieurs locuteurs différents (hommes/femmes/enfants), afin que les enfants s'entraînent à comprendre plusieurs timbres de voix différents.

Par ailleurs, compte tenu du cosmopolitisme de Genève, l'application devra être disponible en plusieurs langues : français, allemand, espagnol, anglais, portugais, italien, et arabe. Cela signifie que les instructions écrites et orales devront être disponibles dans ces langues, et que la partie concernant les onomatopées et les premiers mots devra être adaptée également. Par contre, les parties du jeu concernant les paramètres suprasegmentaux ne sont pas dépendantes de la langue, et n'auront pas besoin d'être adaptées. Les parties du jeu travaillant la précision phonémique devront être adaptées à minima, certains phonèmes se retrouvant dans plusieurs langues, et d'autres étant spécifiques.

III. CARACTERISTIQUES PEDAGOGIQUES

L'application créée aura un objectif pédagogique précis : stimuler la production sonore des jeunes enfants sourds juste après implantation cochléaire.

Pour atteindre cet objectif, il paraît intéressant de suivre les quatre piliers de l'apprentissage décrits par Hirsh-Pasek et al. (2015), à savoir l'apprentissage actif, l'engagement, l'apprentissage signifiant, et l'interaction sociale.

En ce qui concerne l'apprentissage actif, l'application doit encourager les productions sonores de l'enfant. Elle doit lui permettre de comprendre les effets de sa voix, et des modulations qu'il en fait.

Pour le maintenir engagé sur cette tâche, ses productions sonores devront avoir un sens au sein de la narration du jeu. Des animations visuelles et sonores en cohérence avec les tâches demandées devront être proposées et habilement distillées durant le jeu, sans pour autant être distrayantes.

Des feedbacks sont à intégrer obligatoirement dans l'application. L'enfant doit pouvoir obtenir un retour visuel et sonore sur ses productions. Les feedbacks devront également être formatifs et inclure des conseils sur comment améliorer les productions. Par ailleurs, un système de récompense devra être mis en place, pour permettre à l'enfant de savoir qu'il a réussi la tâche demandée, et de « collectionner » ses réussites. Cela lui permettra également de visualiser sa progression dans le jeu.

Toujours en ce qui concerne l'engagement, il est important que la difficulté du jeu puisse être adaptée aux capacités de l'enfant. Par exemple, il est inutile de lui proposer de prononcer des mots s'il ne sait pas encore produire de phonèmes de manière fiable. Ceci pourra se traduire par un déblocage progressif des différentes parties du jeu en fonction des réussites précédentes de l'enfant.

L'aspect signifiant de l'apprentissage doit être encouragé également. Dans cette optique, les graphismes devront être adaptés à l'âge des enfants, de même que l'environnement narratif choisi. Ainsi, un environnement ludique proche de situations de la vie courante permettra à l'enfant de remobiliser ses nouvelles compétences plus facilement.

Le dernier pilier concerne l'interaction sociale. Dans l'application « FunSpeech », cet aspect devra être présent au travers de relations parasociales avec des personnages du jeu. Les personnages devront interpeller directement l'enfant, soit pour lui expliquer ce qu'il doit faire, soit pour lui en faire la démonstration.

IV. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Les critères techniques ont été répertoriés à l'aide de l'un des professeurs de l'HEPIA, qui travaillera par la suite au développement de l'application.

1. Choix des supports

L'objectif de ce jeu est d'aider les enfants à améliorer leur production de la parole grâce à un entraînement fréquent, à domicile. C'est tout naturellement que le support informatique choisi est donc celui de la tablette tactile. En effet, ce type d'interface tactile est particulièrement mobile, et adapté aux capacités motrices des jeunes enfants (nul besoin d'apprendre à utiliser une souris et/ou un clavier) (Hiniker et al., 2015; Nacher et al., 2014; Travnjak, 2014).

Par ailleurs, le taux d'équipement en tablettes dans la population étant élevé, cela permettra une meilleure diffusion du jeu une fois qu'il sera mis à disposition du grand public.

2. Framework de développement

Le framework choisi pour le développement de l'application est Unity 3D et l'application réalisée sera multi-plateforme.

Basé sur le langage C#, Unity fournit les outils et composants nécessaires à la gestion et la réalisation d'un jeu. Il permet notamment de gérer la logique du jeu, l'affichage graphique (2D ou 3D), l'audio, les collisions, les modèles physiques, et bien d'autres aspects encore.

En plus de permettre l'accès aux périphériques des dispositifs mobiles (caméra, microphone, capteurs, etc.), Unity propose de nombreuses bibliothèques (gratuites et payantes) d'éléments de jeu tels que des animations, des personnages, des décors, etc. Il est aussi possible d'intégrer des ressources (modèles 2D/3D, textures, audio...) provenant de bibliothèques tierces ou réalisées à l'aide de logiciels appropriés.

Le framework permet de facilement écrire des scripts afin de gérer l'interaction avec l'utilisateur, les déplacements des personnages, ou encore les animations.

3. Traitement du signal

L'exigence de feedbacks ajustés et d'utilisation du jeu en autonomie impose d'effectuer un traitement du signal sonore. Ainsi, les productions de l'enfant devront pouvoir être captées et traitées afin d'en analyser la pertinence.

Plusieurs auteurs se sont déjà intéressés à cette problématique de la reconnaissance automatique de la parole chez des enfants sourds ou souffrant d'un handicap langagier (Campbell, Assaleh, & Brown, 1999; Ganzeboom, Yilmaz, Cucchiarini, & Strik, 2016; Hsieh et al., 2015; Huang, Wu, & Song, 2009; Navarro-Newball et al., 2014; Pentiu, Schipor, Danubianu, & Schipor, 2010; Rubin, 2017; Tan et al., 2013; Vaquero, Saz, Lleida, & Rodriguez, 2008; Yilmaz, Ganzeboom, Cucchiarini, & Strik, 2017). Selon l'objectif linguistique, ce traitement du signal peut être plus ou moins complexe. Ainsi, pour ce qui concerne les aspects suprasegmentaux il s'agit seulement de déterminer la présence ou l'absence de son, ainsi que la hauteur du volume. La détermination de la fréquence du son implique une analyse spectrale relativement simple. Par contre, en ce qui concerne la production de phonèmes, onomatopées et mots, le traitement de signal est basé sur une analyse spectrale plus élaborée suivie d'une étape de classification.

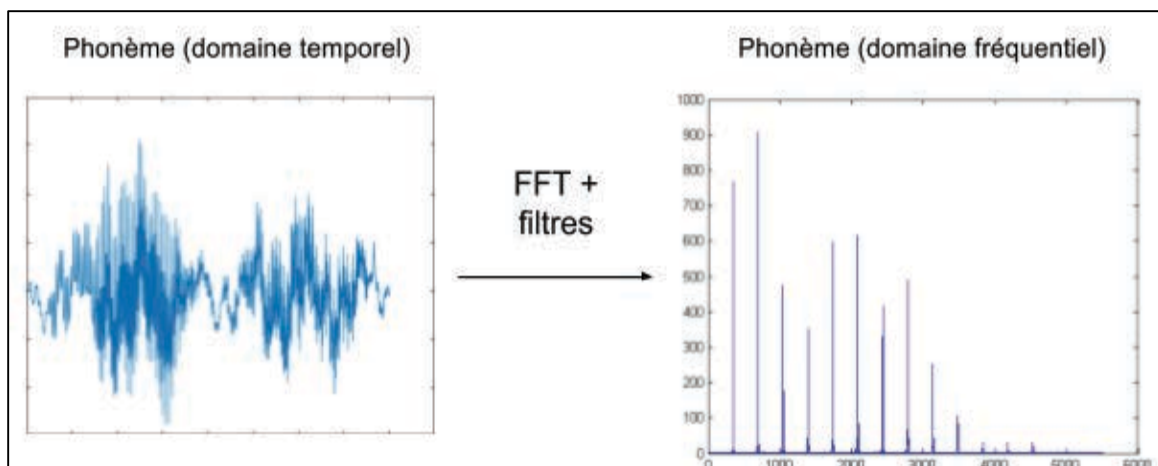


Figure 2 : Calcul de la signature d'un phonème, celle-ci deviendra le spectre « candidat ».

Le principe envisagé est le suivant. Les sons produits sont analysés afin d'en déterminer une signature (fréquence, magnitude) telle qu'illustrée en Figure 2. La signature, appelée « spectre candidat », est ensuite classifiée en utilisant plusieurs spectres de référence stockés dans une base de données comme illustrée en Figure 3. Le résultat de cette classification devrait permettre d'identifier le phonème ou le mot prononcé par l'enfant. En cas de besoin, plusieurs méthodes de classifications seront explorées et la plus adaptée sera retenue.

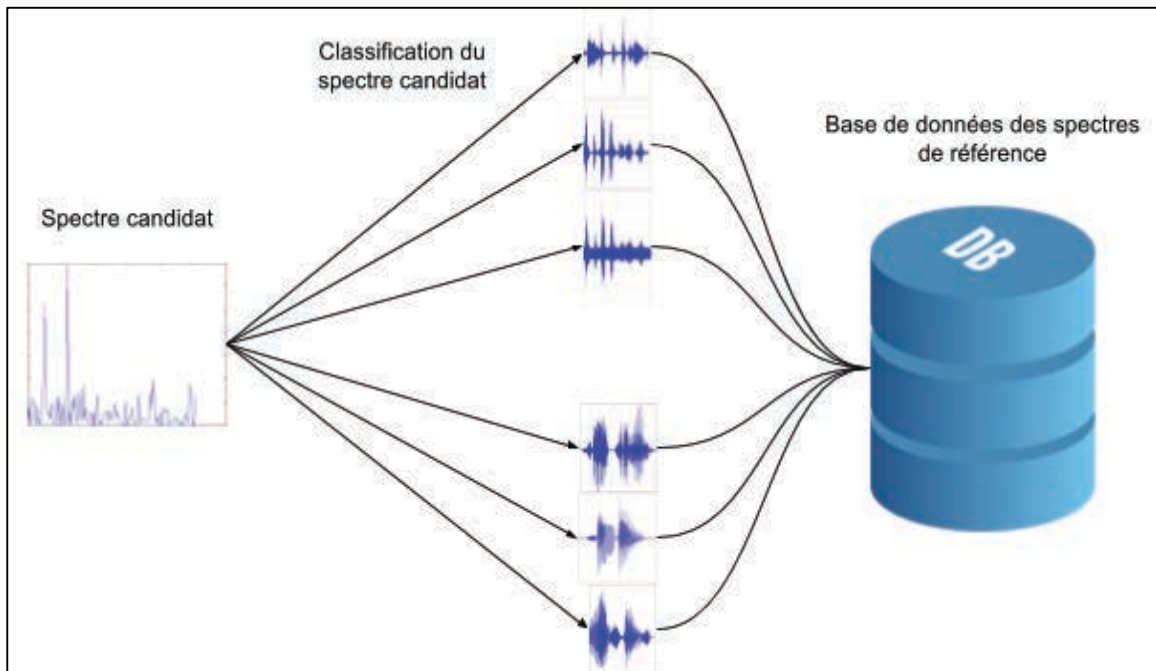


Figure 3 : Le spectre candidat est classifié en utilisant un ensemble de spectres de référence contenus dans une base de données.

V. CARACTERISTIQUES ERGONOMIQUES

Concernant les critères à respecter au niveau ergonomique nous nous appuyerons principalement sur les recommandations du « PreMEGa Framework » décrites dans la partie théorique. Nous reprenons dans cette analyse des besoins les éléments qui nous paraissent les plus cruciaux dans notre cas et en fonction de nos utilisateurs. Nous ajouterons également d'autres éléments importants.

1. Navigation

Tout d'abord, étant donné l'âge des enfants ciblés, les aspects concernant la simplicité de navigation (menus à accès direct, sans texte, icônes visuellement significatives, larges et

faciles à sélectionner) paraissent indispensables à respecter. Le menu principal devra être accessible à tout moment, et la sortie de chaque jeu devra être claire.

Le début d'une session de jeu doit pouvoir être très rapide. L'application étant destinée à être utilisée par un seul enfant, son profil (créé lors du premier lancement du jeu) sera automatiquement chargé lors de l'ouverture de l'application.

Les interactions se feront avec des gestes simples (tapotement), ou grâce à la reconnaissance vocale. Les aides à la compréhension du geste à effectuer se feront à l'aide d'une consigne audio et d'une animation des éléments.

Les zones tactiles des menus se situeront plutôt en haut d'écran, alors que les éventuels éléments à sélectionner durant les jeux se situeront dans la moitié inférieure de l'écran. Les côtés de l'écran seront évités pour maximiser la visibilité des différents éléments, et afin de prévenir tout risque d'appui accidentel lors de la tenue de la tablette.

Une zone dédiée aux adultes sera accessible de manière protégée à partir du menu principal, et contiendra les menus de création/sélection de joueurs, ainsi que l'accès aux paramètres et aux statistiques simplifiées concernant le joueur, à savoir un graphique reprenant sous forme visuelle le nombre de sessions effectuées dans chaque module du jeu, ainsi que le temps total passé dans chacun de ces modules.

2. Aspects graphiques et personnalisation

Les éléments graphiques utilisés devront être un support à l'apprentissage, tout en étant attractifs et cohérents sur tous les écrans. Des animations visuelles et sonores courtes seront proposées afin de stimuler et maintenir l'engagement de l'enfant.

La personnalisation du jeu se fera de plusieurs manières. Tout d'abord, le joueur pourra choisir son avatar lorsqu'il crée son profil de joueur. Il pourra également choisir parmi plusieurs propositions le personnage-ami qui l'accompagnera dans le jeu.

3. Feedbacks et récompenses

Des feedbacks visuels devront être proposés afin que l'enfant sache si sa production sonore a bien été prise en compte par l'application, et si elle est adaptée à la consigne.

Deux types d'agents pédagogiques différents seront proposés au joueur : des personnages « adultes » qui donneront les instructions pour chaque jeu, et un personnage « enfant » qui accompagnera le joueur tout au long de son aventure, qui modélisera les actions à effectuer, et qui donnera les feedbacks formatifs. C'est avec cet enfant que le joueur sera amené à avoir des relations parasociales. La présence des agents adultes et enfants, hommes et femmes, permettra au joueur d'être confronté à des modèles sonores variés, entraînant par là même ses capacités de reconnaissance de la parole.

Par ailleurs, le principe de récompense se fera sur la base de photos à collectionner, récoltées lors de chaque jeu. Certaines d'entre elles pourront comprendre le propre visage du joueur, capté via l'optique frontale de la tablette. La collection de photos sera accessible depuis le menu principal du jeu.

VI. BESOINS SPECIFIQUES POUR LA RECHERCHE ET LA CLINIQUE

Comme nous l'avons vu dans la partie concernant le public cible, l'application doit pouvoir également recueillir des données dans le cadre de suivis cliniques et de recherches scientifiques.

Il nous paraît donc pertinent d'envisager deux versions de l'application : une version « grand public » et une version « clinique ».

Concernant cette dernière, quelques spécificités sont à prendre en compte. En effet, les données à recueillir sont plus nombreuses, et devront pouvoir être exportées à des fins statistiques.

Les éléments à recueillir sont les suivants : (1) identifiant anonymisé du joueur, (2) date de la session de jeu, heure de début, heure de fin, (3) modules utilisés, durée de jeu par module. Pour chaque module, des données devront également être recueillies concernant les réussites de l'enfant en fonction de la consigne linguistique.

Chapitre V
CONCEPTION DETAILLEE

I. DESCRIPTION RAPIDE DE LA SOLUTION RETENUE

La solution retenue est un jeu que nous avons appelé « FunSpeech ».

L'univers du jeu est la fête foraine « FunSpeech » qui est visitée par l'enfant. Durant sa promenade, il est accompagné d'un personnage ami, et participe à plusieurs attractions.

Chaque attraction se présente sous la forme d'un mini-jeu fonctionnant avec commande vocale. Chaque mini-jeu utilise sa propre mécanique, et, sous couvert ludique, encourage les productions sonores de l'enfant en travaillant l'un des paramètres de production de la parole suivants : bruit/silence, intensité sonore, fréquence sonore et durée du son, rythme, production de phonèmes isolés, production de phonèmes en alternance, production d'onomatopées et finalement production des premiers mots.

De par le déblocage progressif des mini-jeux, la difficulté augmente au fur et à mesure de l'utilisation. De même, certaines attractions présentent un niveau de difficulté qui s'adapte aux performances de l'enfant.

Les consignes pour chaque attraction sont données par le forain qui en est responsable (homme ou femme, mais par souci de praticité le forain sera toujours décrit au masculin dans ce document), et l'ami du joueur commence par jouer pour donner le modèle. Le joueur peut à tout moment redemander de l'aide soit au forain soit à son ami.

Lorsqu'il a participé à une attraction, le joueur gagne une ou plusieurs photos-souvenirs. Il peut ensuite revoir sa collection de photos au sein de l'interface du jeu.

Deux versions de l'application existent : une version « grand public » et une version « clinique ». Ces deux versions diffèrent par la quantité de statistiques récoltées quant à l'utilisation de l'application par le joueur. Les différences seront spécifiées au fur et à mesure de la description du jeu.

II. ACCUEIL DU JEU

Avant d'entamer la description du jeu, il est important de préciser que lors du premier lancement du jeu, l'enfant est accompagné d'un ou plusieurs adultes (dans l'idéal le logopédiste du centre d'implantation et l'un de ses parents).

Au premier lancement de l'application, un écran de paramétrage apparaît, demandant à un adulte de sélectionner la langue de l'application, puis de renseigner le prénom de l'enfant, son sexe, ainsi que de le prendre en photo afin de créer son profil.

Une fois le profil du joueur créé, une animation de début du jeu est proposée. Celle-ci se déroule de la manière suivante : deux enfants arrivent à l'écran. Ils sont dans un petit train. L'un des personnages prononce la phrase suivante : « Bonjour, nous allons à la fête foraine "FunSpeech", veux-tu venir avec nous ? Il y a plein d'attractions rigolotes là-bas ! » L'autre enfant ajoute : « Par contre il n'y a que deux places dans ce train, avec qui veux-tu aller à la fête foraine ? ».

Les images des deux enfants sont alors proposées en grand à l'écran. Le joueur doit sélectionner l'un ou l'autre en tapotant son image à l'écran. Pour des questions de commodité, le personnage choisi à cette étape sera appelé « l'ami du joueur » dans la suite de la description du jeu.

Une fois le choix effectué, l'ami du joueur remonte à l'arrière du train, et la photo de profil du joueur apparaît à l'avant du train. Le train avance et l'écran d'accueil du jeu s'affiche (voir figure 4).

L'ami du joueur prononce la phrase suivante : « Ça y est, nous voilà arrivés à la fête foraine ! On va bien s'amuser !! Je vais t'expliquer comment cela fonctionne ici. Tu vois, nous allons prendre notre train pour visiter les attractions. Tu pourras tapoter sur les images des attractions éclairées en jaune pour choisir celle que tu veux faire. Les autres sont encore fermées. Si tu tapotes sur l'image de l'album photo alors tu pourras regarder toutes les photos-souvenirs que tu as gagnées. Enfin, le petit cadenas en haut est un endroit réservé aux adultes. » En parallèle de ses paroles, les icônes du Palais des Glaces, de l'album photo et du cadenas s'illuminent puis s'éteignent successivement.

Une fois le message terminé, l'icône du Palais des Glaces s'illumine à nouveau, et une musique de fête foraine commence à être entendue. La musique n'est audible que lorsque le joueur est sur l'écran d'accueil, dans l'album photo, ou lors des animations de fin d'un mini-jeu.

Lors des lancements suivants du jeu, le joueur arrive directement sur l'écran d'accueil, sans passer par la création du profil ni par le choix du personnage-ami. L'ami du joueur prononce simplement la phrase suivante : « Je suis content de te revoir. Où veux-tu aller ? ».

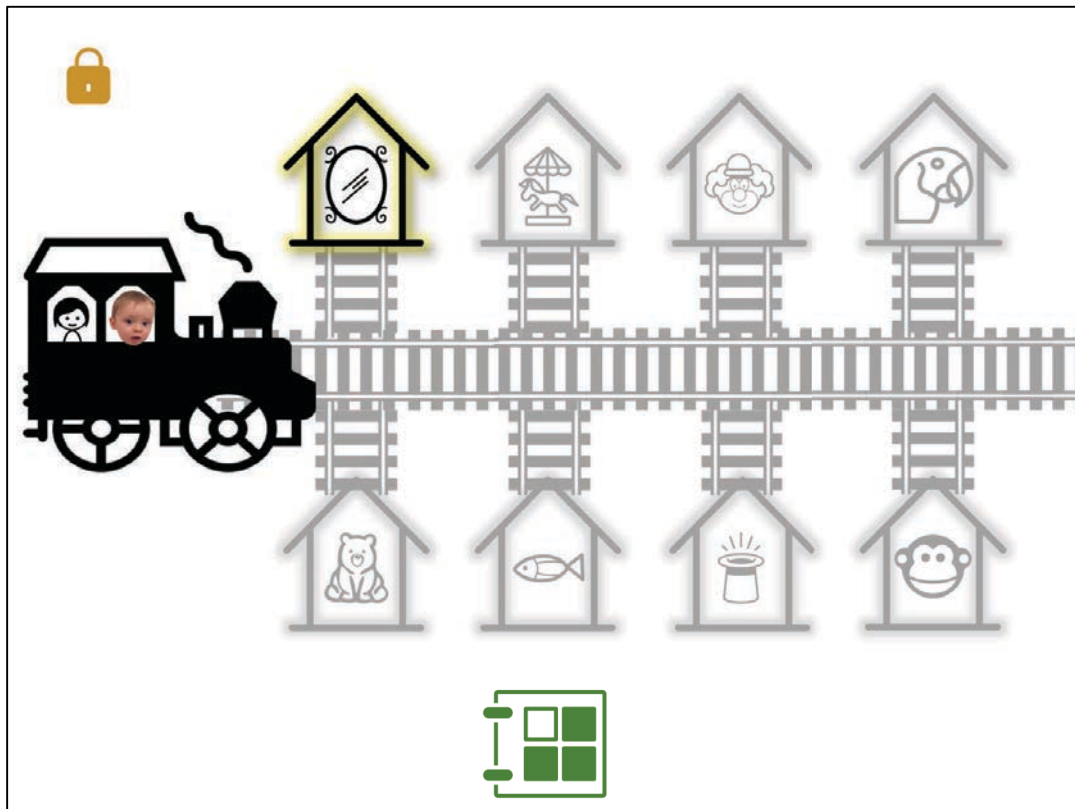


Figure 4 : Maquette de l'écran d'accueil de « FunSpeech ».

III. STORYBOARD POUR LA NAVIGATION

La navigation au sein de l’application est schématisée dans la figure 5.

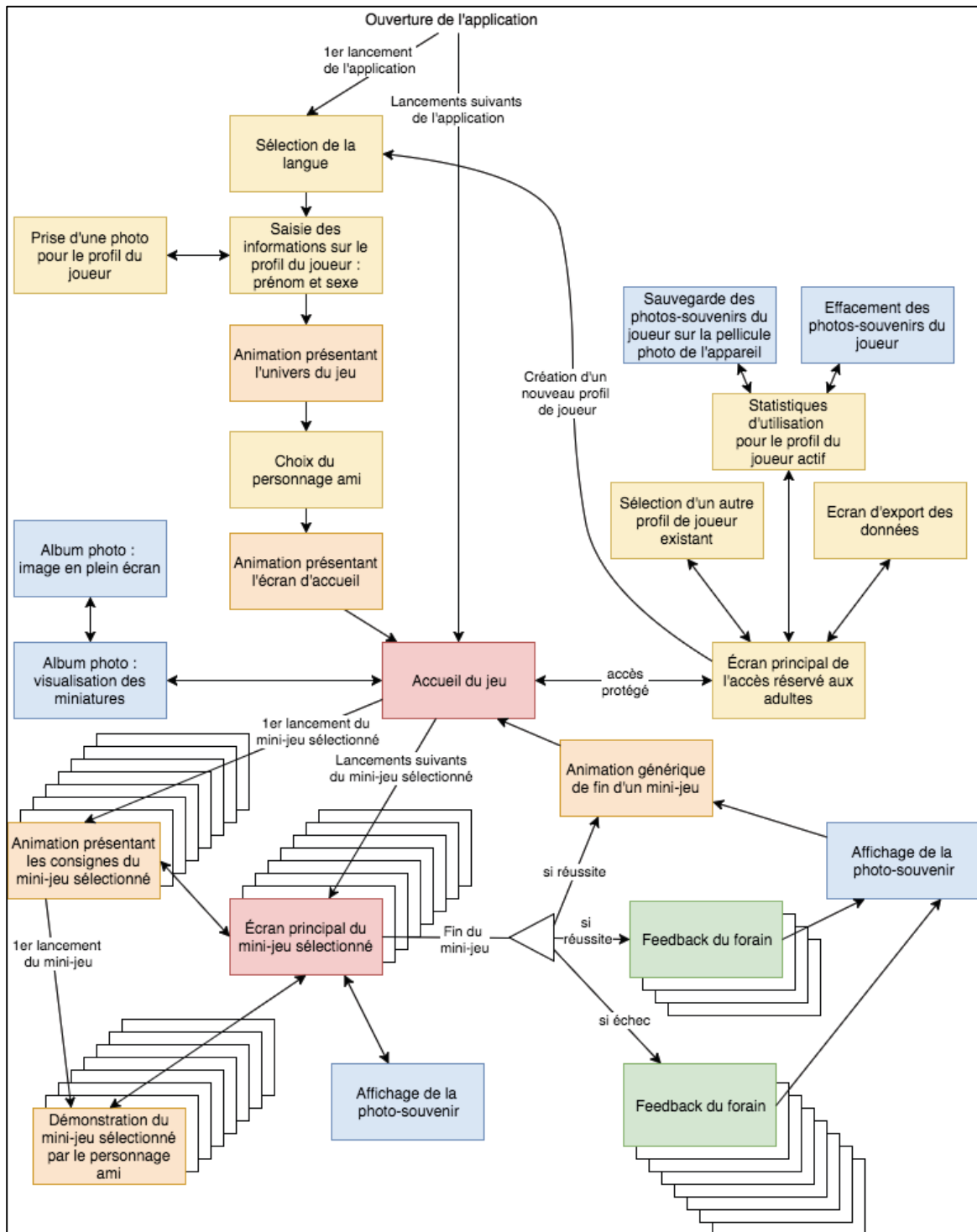


Figure 5 : Schéma présentant la navigation dans l’application « FunSpeech ».

IV. MECANIQUE DU JEU

1. Ecrans des mini-jeux

Les écrans des mini-jeux contiennent quatre ou cinq éléments principaux (voir figure 6) :

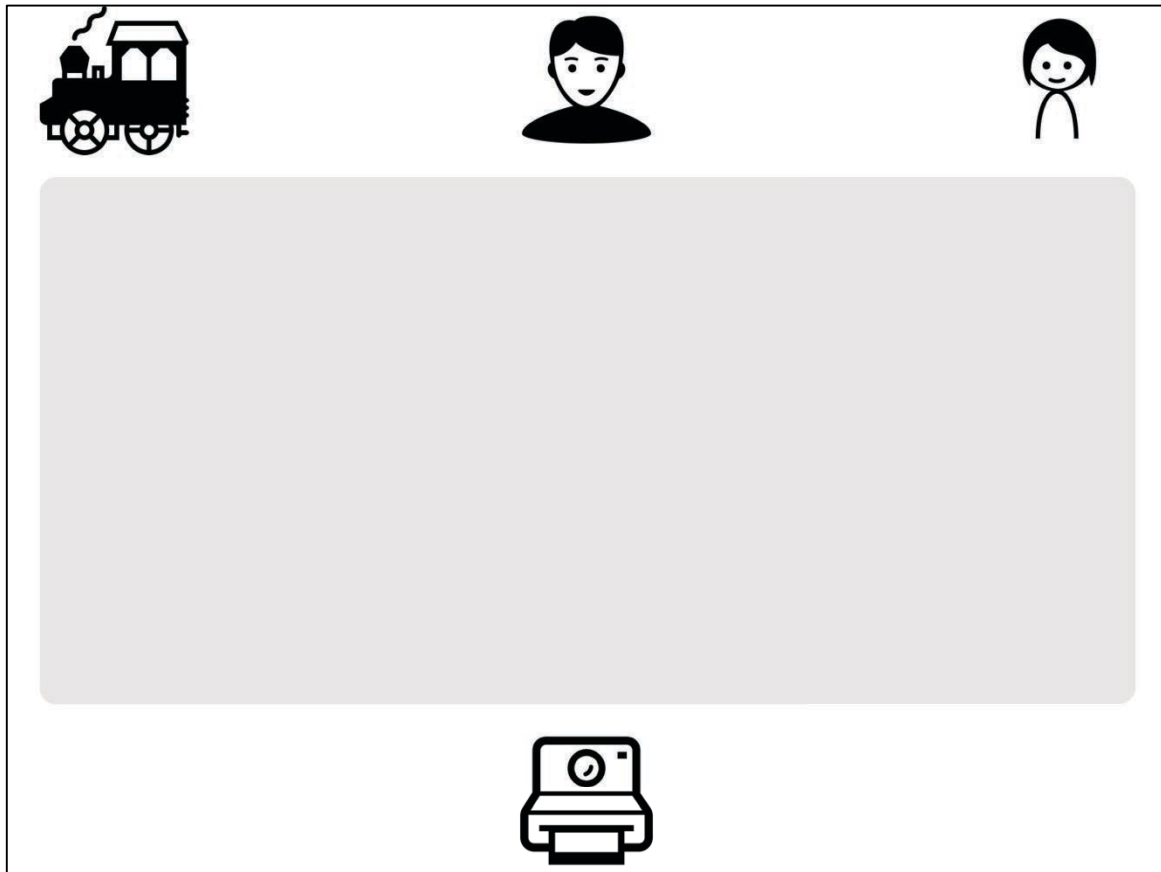


Figure 6 : Maquette générique des écrans de mini-jeux dans « FunSpeech ».

- la zone centrale spécifique à chaque attraction,
- une icône en forme de train située en haut à gauche de l'écran et permettant de revenir à l'accueil du jeu,
- un personnage en haut au centre de l'écran représentant le forain responsable de l'attraction et permettant de réentendre les consignes,
- l'ami du joueur en haut à droite de l'écran permettant de revoir la démonstration,
- et, dans certains mini-jeux uniquement, une icône en forme d'appareil photo permettant de prendre une photo-souvenir.

2. Compétences linguistiques travaillées

Huit mini-jeux sont proposés au sein de « FunSpeech », travaillant chacun une compétence linguistique différente (voir tableau 2).

Titre du mini-jeu	Compétence linguistique travaillée
Le Palais des Glaces	Présence/absence de son
L'Enclos des Ours	Intensité vocale
Le Manège	Fréquence vocale
La Pêche à la Ligne	Rythme
Le Clown	Production de phonèmes isolés
Le Magicien	Production de phonèmes en alternance
La Cage des Perroquets	Production d'onomatopées
Le Singe Savant	Production des premiers mots

Tableau 2 : Liste des mini-jeux de « FunSpeech » et des compétences linguistiques travaillées.

3. Mécanique des mini-jeux

Dans cette partie, nous allons décrire intégralement la mécanique du premier mini-jeu (le Palais des Glaces), puis de manière rapide la mécanique de chacun des sept autres mini-jeux. La description détaillée de la mécanique de tous les mini-jeux se trouve en annexe I.

3.1. Le Palais des Glaces

Le paramètre linguistique travaillé est la présence ou l'absence de production sonore. L'objectif est d'inciter l'enfant à produire un son, quel qu'il soit.

3.1.1. Introduction par le forain

Lors de la première session de jeu, l'animation présentant l'introduction par le forain est déclenchée automatiquement à l'arrivée dans le mini-jeu. Ensuite, elle est accessible à tout moment via un tapotement sur l'icône représentant le forain (ce sera le même fonctionnement pour tous les mini-jeux). Le forain apparaît en surimpression au milieu

de l'écran et prononce le message suivant : « Bonjour et bienvenue au Palais des Glaces. Ici, tu peux te regarder dans un miroir un peu spécial : il change ton reflet si tu fais du bruit ! » Puis l'image du forain rétrécit et se déplace vers son emplacement en haut au centre de l'écran.

3.1.2. Démonstration par l'ami

Lors de la première session de jeu, l'animation proposant la démonstration par l'ami du joueur est déclenchée automatiquement après l'introduction par le forain. Ensuite, elle est accessible à tout moment via un tapotement sur l'icône représentant l'ami (ce sera le même fonctionnement pour tous les mini-jeux). L'image de l'ami apparaît à l'écran, incrustée dans l'image d'un cadre de miroir. Il prononce le message suivant et son image se déforme en même temps dans le miroir : « Ooooooooooooo.... Oh regarde mon reflet se déforme, c'est drôlement chouette !! ».

Puis son image rétrécit et se déplace vers son emplacement en haut à droite de l'écran. Il prononce alors le message suivant (qui sera le même message « tutoriel » dans tous les mini-jeux) : « Si tu veux revoir comment fonctionne ce jeu, tapote sur l'image du forain ou sur mon image. Quand tu auras fini ce jeu, tapote sur l'image du train. A toi de jouer ! » En parallèle de ses paroles, les icônes du forain, la sienne et celle du train s'illuminent puis s'éteignent successivement. L'enfant est alors confronté à l'écran principal du mini-jeu.

3.1.3. Mini-jeu

L'image de l'enfant est récupérée via la caméra frontale de la tablette, et projetée à l'écran en direct, incrustée dans l'image d'un cadre de miroir (voir figure 7). Le micro de la tablette capte l'environnement sonore et l'enfant doit prononcer un son. Un traitement du signal est effectué, et si un son supérieur au bruit ambiant est détecté, alors l'image projetée en direct est déformée grâce à l'application d'un algorithme de traitement de l'image. Les déformations sont aléatoires, quels que soient les sons détectés (un même son ne donnera pas toujours la même déformation).

3.1.4. Récompense

Lors de la première utilisation du mini-jeu, une récompense est attribuée automatiquement. Au bout de deux secondes de détection de son (et donc de déformation), une capture d'écran est effectuée figeant le reflet déformé de l'enfant. Un

bruit d'obturateur est joué simultanément. La photo-souvenir apparaît en grand à l'écran (voir plus bas la description détaillée de ce principe de photo-souvenir). Par la suite, l'enfant a accès à la création de photos-souvenirs via l'icône d'appareil photo. Cette icône est désactivée si aucune détection de son (et donc aucune déformation) n'est en cours, et activée lorsqu'un son est détecté.

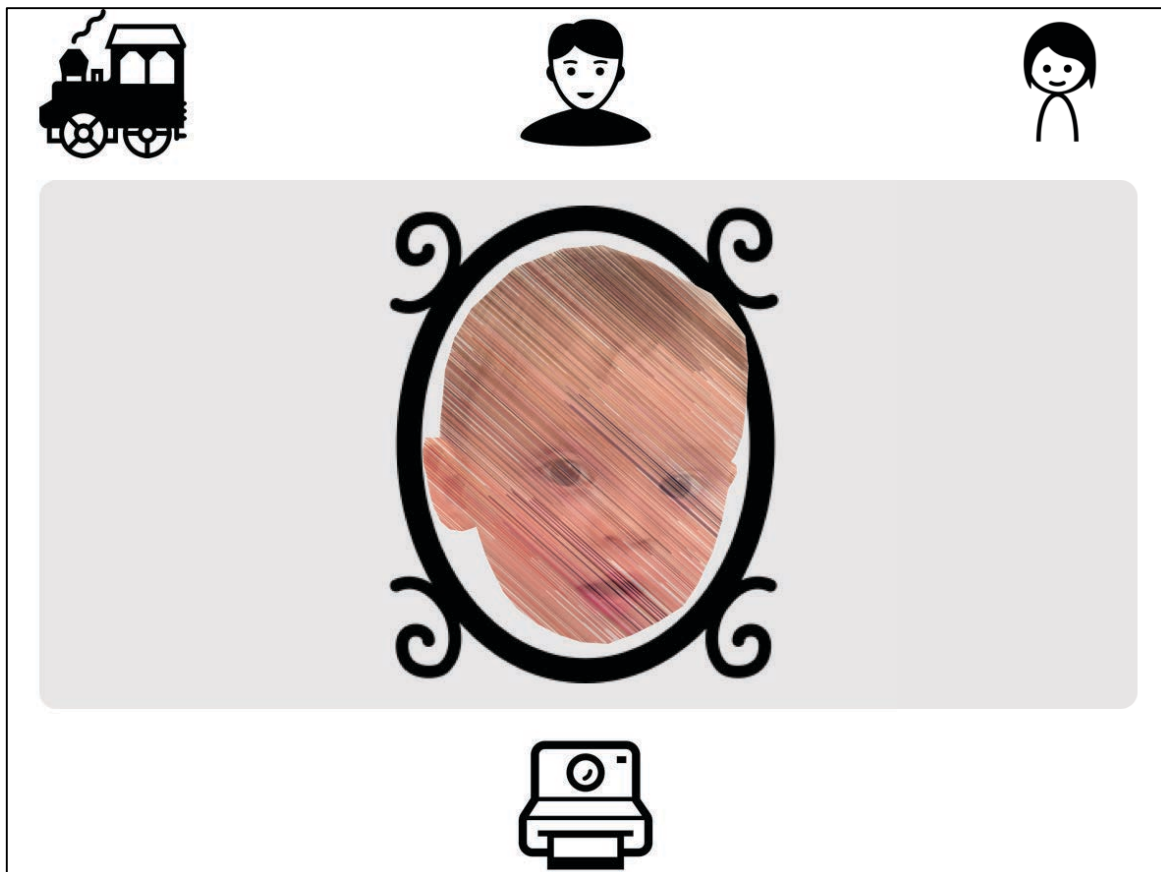


Figure 7 : Maquette du mini-jeu « Le Palais des Glaces ».

3.1.5. Feedbacks

Plusieurs types de feedbacks sont proposés à l'enfant : des feedbacks visuels et des feedbacks sonores. En ce qui concerne l'aspect visuel, dès qu'il réussit à produire un son, son reflet se déforme dans le miroir, et le bouton de l'appareil photo s'active (passe de grisé à noir). Par ailleurs, la récompense en elle-même (la photo-souvenir) est aussi un feedback.

S'il ne produit pas de son, le reflet reste à son état normal, et il n'a pas la possibilité de prendre de photo. Au bout de quelques secondes sans détection de son, l'ami du joueur

prononce la phrase suivante : « Veux-tu jouer avec moi ? Essaie de faire du bruit pour changer ton reflet ». La détection de son est désactivée pendant l'émission de ce message, puis réactivée lorsqu'il est terminé (ce sera le cas systématiquement dans tous les mini-jeux pour les messages des forains ou de l'ami du joueur). Huit secondes plus tard, s'il n'y a toujours pas eu de détection de son, un second message est prononcé par l'ami du joueur : « Vas-y après moi : "aaaaaaaaaaaa" ».

3.1.6. Fin du mini jeu

A la fin du mini-jeu (c'est-à-dire lorsque le joueur sélectionne l'icône du train), si aucun son n'a été détecté, alors le forain prononce la phrase suivante : « Je n'ai pas vu ton reflet changer dans le miroir pour cette fois, reviens me voir très vite pour essayer à nouveau ! Voici tout de même une photo-souvenir de ton passage ici. » En effet, une photo-souvenir de l'image du joueur sans déformation est acquise au moment de l'appui sur l'icône du train. Aucun son n'est joué. Après visualisation de la photo-souvenir, l'animation de fin de jeu est proposée, c'est-à-dire que le joueur voit le petit train repartir avec à son bord sa propre photo ainsi que l'image de son ami. Puis le joueur se retrouve à l'accueil du jeu. Le nombre de mini-jeux actifs sur l'écran d'accueil ne change pas.

Une « réussite » dans le Palais des Glaces implique qu'au moins un son ait été détecté dans la session qui vient de se terminer. Si c'est le cas, alors le retour à l'accueil se fait uniquement via l'animation de fin de jeu. Aucune photo-souvenir supplémentaire n'est donnée. Par ailleurs, s'il n'est pas déjà actif au niveau du menu d'accueil, le mini-jeu de l'Enclos des Ours le devient.

3.1.7. Données récoltées

- Durée de la session du mini-jeu,
- Nombre d'occurrences de sons détectées au total dans cette session (version clinique uniquement).

3.2. L'Enclos des Ours

Le paramètre linguistique travaillé est l'intensité vocale. L'objectif est d'inciter l'enfant à gérer l'intensité de sa voix afin d'arriver à produire des sons d'intensité faible, moyenne ou forte.

A l'écran, quatre ours sont visibles (voir figure 8). Au premier plan, une maman ourse est en train de dormir, à côté de son bébé qui joue avec une pomme de pin. Au second plan, un ours de couleur caramel se frotte le dos contre un tronc d'arbre, et au dernier plan un ours de couleur plus foncée plonge la patte dans un petit plan d'eau. Le micro de la tablette capte l'environnement sonore et l'enfant doit prononcer un son. Un traitement du signal est effectué pour connaître l'intensité sonore de cette production. En fonction de l'intensité moyenne du son détecté, la production est classifiée comme « faible », « moyenne » ou « forte ».

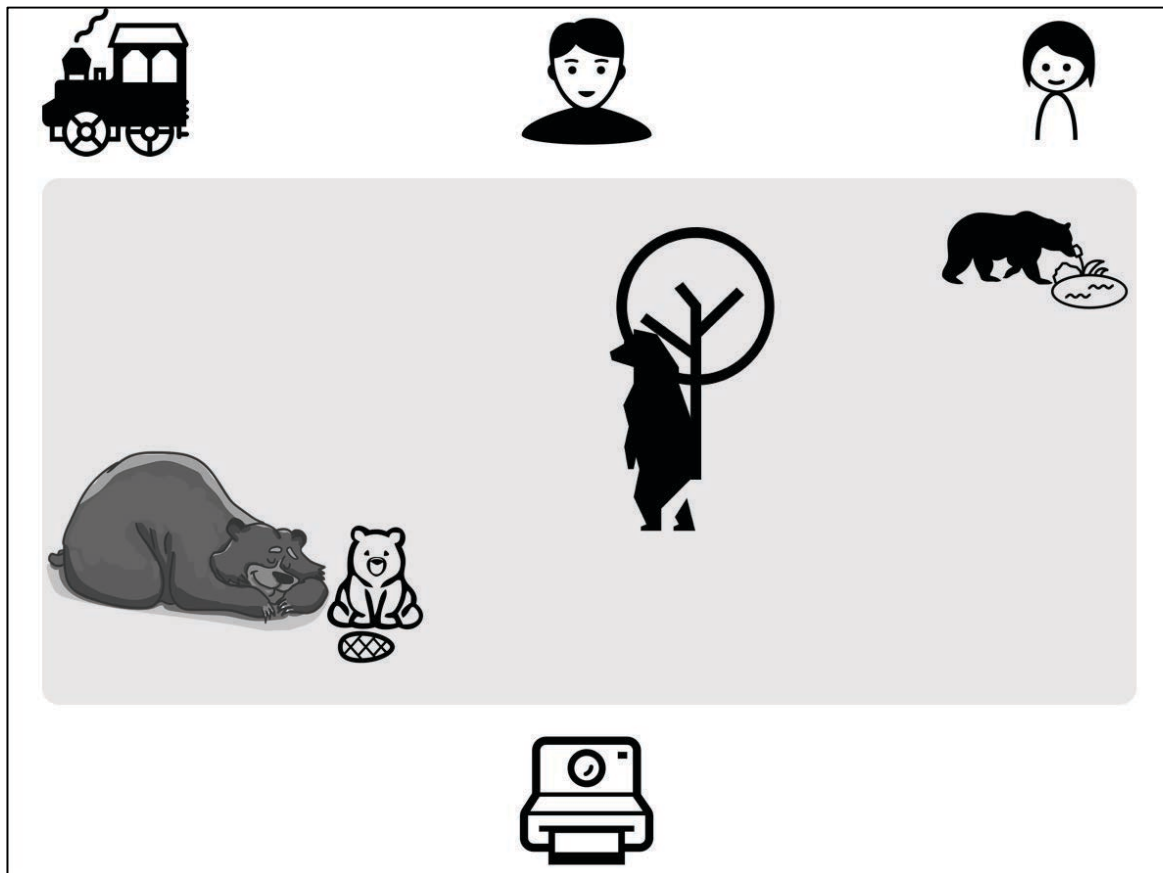


Figure 8 : Maquette du mini-jeu « L'Enclos des Ours ».

Pour un son d'intensité « faible », les éléments suivants se produisent à l'écran : la maman ourse continue à dormir et les deux ours du fond de l'écran continuent leurs activités. Le bébé ours par contre se rapproche pour apparaître en « gros plan ». Il reste là quelques secondes, puis repart jouer auprès de sa mère.

Pour un son d'intensité « moyenne », les éléments suivants se produisent à l'écran : l'ours de l'arrière-plan continue à tremper sa patte dans l'eau. La maman ourse se réveille, et attrape son bébé pour le coller à elle. L'ours de couleur caramel par contre se

rapproche pour apparaître en « gros plan ». Il reste là quelques secondes, puis repart se frotter le dos contre le tronc d'arbre. La maman ourse se rendort et relâche son bébé qui recommence à jouer.

Pour un son d'intensité « forte », les éléments suivants se produisent à l'écran : l'ours de couleur caramel met ses pattes sur ses oreilles, car le bruit le dérange. La maman ourse se réveille, et attrape son bébé pour le coller à elle. L'ours qui était au dernier plan par contre se rapproche pour apparaître en « gros plan ». Il reste là quelques secondes, puis repart tremper sa patte dans le plan d'eau. La maman ourse se rendort et relâche son bébé qui recommence à jouer. L'ours couleur caramel se débouche les oreilles et recommence à se frotter le dos contre le tronc d'arbre.

Les autres éléments de la mécanique de jeu sont décrits en annexe I.

3.3. Le Manège

Le paramètre linguistique travaillé est la fréquence vocale. L'objectif est d'inciter l'enfant à gérer sa fréquence vocale afin d'arriver à produire des sons graves ou aigus.

A l'écran se trouve un manège avec un cheval en bois sur lequel est installé notre joueur (avec sa photo de profil) (voir figure 9). Le cheval est à mi-hauteur du manège qui est en train de tourner. Un pompon est généré aléatoirement par le système, soit en haut du manège, soit en bas. Chaque pompon a une couleur différente, générée aléatoirement aussi. Le micro de la tablette capte l'environnement sonore et l'enfant doit prononcer un son. Un traitement du signal est effectué pour connaître la fréquence de ce son. En fonction de la fréquence moyenne du son détecté, la production est classifiée comme « grave » ou « aiguë ».

Pour un son « grave », le cheval en bois descend le long de son axe pendant que le manège continue de tourner. Il fait un tour complet de manège puis remonte à sa position initiale.

Pour un son « aigu », le cheval en bois monte le long de son axe pendant que le manège continue de tourner. Il fait un tour complet de manège puis redescend à sa position initiale.

Dans tous les cas, si l'itinéraire du cheval et de son cavalier croise un pompon, alors ce dernier est « attrapé » par le cavalier. Une image du pompon apparaît en bas au centre

de l'écran. Si d'autres pompons sont attrapés lors de la session alors ils s'accumulent également à cet endroit. Le compteur de pompons repart à zéro lors de chaque nouvelle session de jeu.

Les autres éléments de la mécanique de jeu sont décrits en annexe I.

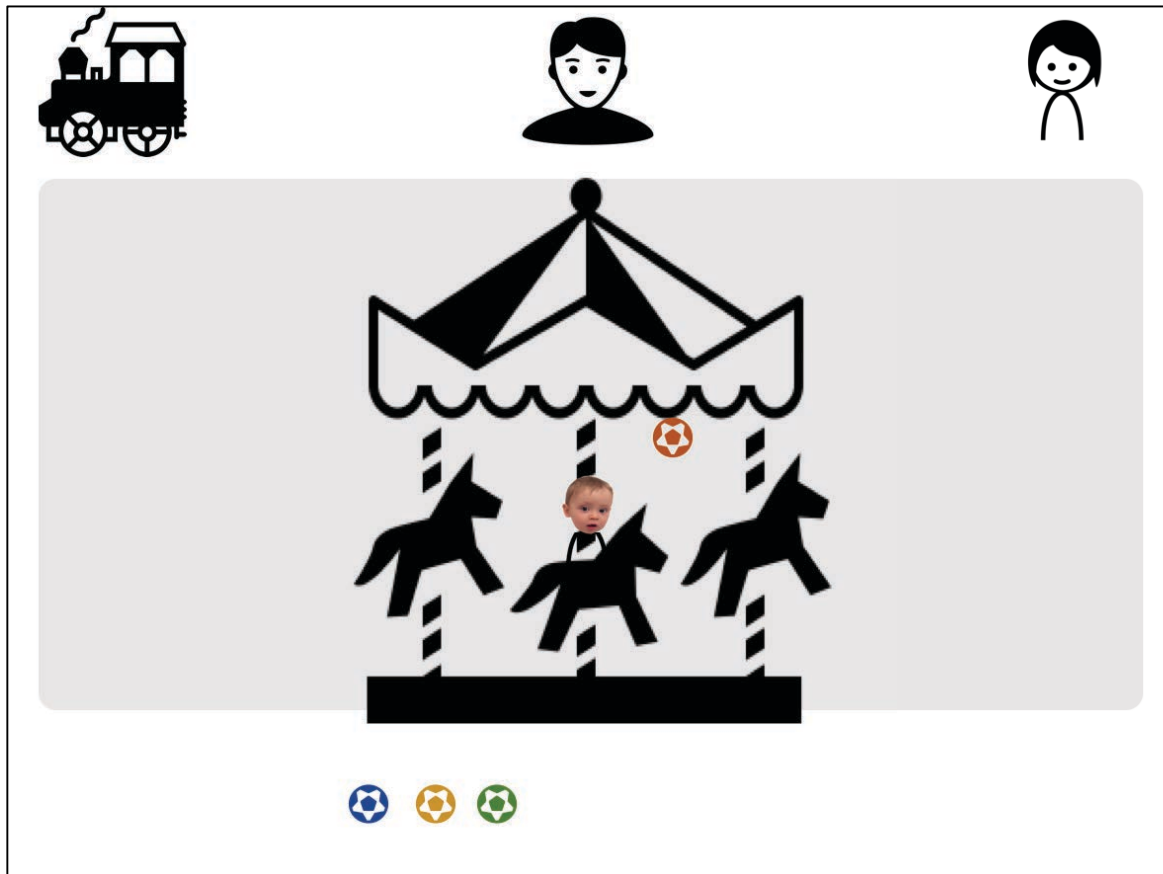


Figure 9 : Maquette du mini-jeu « Le Manège ».

3.4. La Pêche à la Ligne

Le paramètre linguistique travaillé est le rythme. L'objectif est d'inciter l'enfant à enchaîner la production de sons (quels qu'ils soient) à un rythme défini.

A l'écran se trouve un pêcheur avec un bandeau sur les yeux. Il tient une canne à pêche dont la ligne surplombe un petit ruisseau. Dans le ruisseau, des poissons en plastique circulent de droite à gauche (voir figure 10). Les poissons sont générés aléatoirement par le système. Ils ont tous la même vitesse de nage, mais des couleurs différentes générées aléatoirement. Un seul poisson passe à un instant t sous la ligne du pêcheur,

mais plusieurs poissons sont visibles à l'écran, il est ainsi possible d'anticiper l'arrivée des prochains poissons.

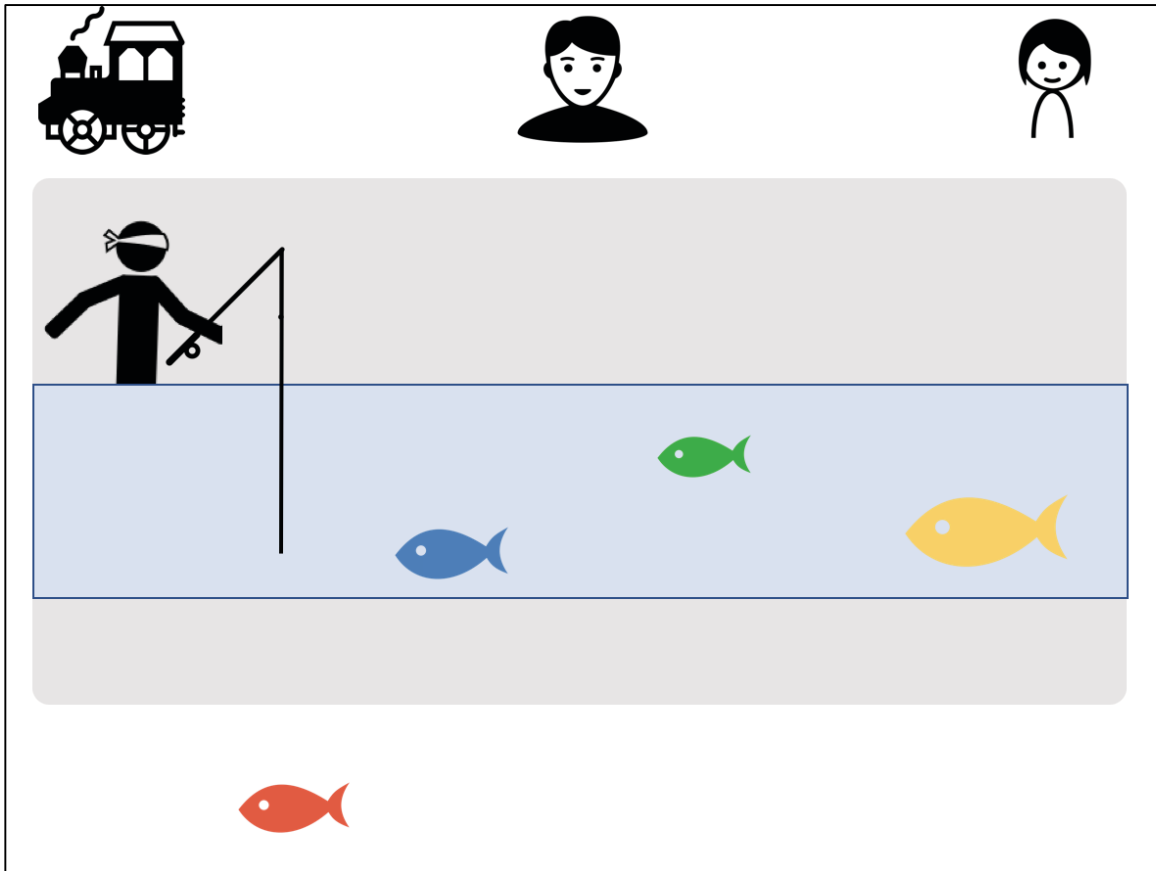


Figure 10 : Maquette du mini-jeu « La Pêche à la Ligne ».

Le micro de la tablette capte l'environnement sonore et l'enfant doit prononcer un son quand il voit un poisson sous la ligne du pêcheur. Un traitement du signal est effectué et si un son supérieur au bruit ambiant est détecté, alors le pêcheur baisse sa ligne pour essayer d'attraper le poisson.

Si un poisson est effectivement sous la ligne à ce moment-là, le pêcheur arrive à l'attraper et une image du poisson apparaît en bas au centre de l'écran. Si d'autres poissons sont attrapés lors de la session alors ils s'accumulent également à cet endroit. Le compteur de poissons repart à zéro lors de chaque nouvelle session de jeu.

S'il n'y a pas de poisson sous la ligne au moment où le son est détecté, alors le pêcheur remonte sa ligne vide.

Les poissons s'enchainent à un rythme variable, obligeant le joueur s'il souhaite attraper tous les poissons à enchaîner également les sons. Si cinq poissons de suite ont bien été attrapés par le joueur, alors la vitesse de nage des poissons est accélérée par le système. Si trois poissons de suite sont ratés par le joueur, alors la vitesse de nage des poissons est décélérée par le système. La vitesse de nage est conservée d'une session à une autre de ce mini-jeu.

Les autres éléments de la mécanique de jeu sont décrits en annexe I.

3.5. Le Clown

Le paramètre linguistique travaillé est la production de phonèmes isolés. L'objectif est d'inciter l'enfant à reproduire des phonèmes isolés de manière la plus précise possible.

L'image de l'enfant est récupérée via la caméra frontale de la tablette, et projetée à l'écran en direct dans la partie de droite. Sur le côté gauche de l'écran se trouve le visage d'un clown maquillé (voir figure 11).

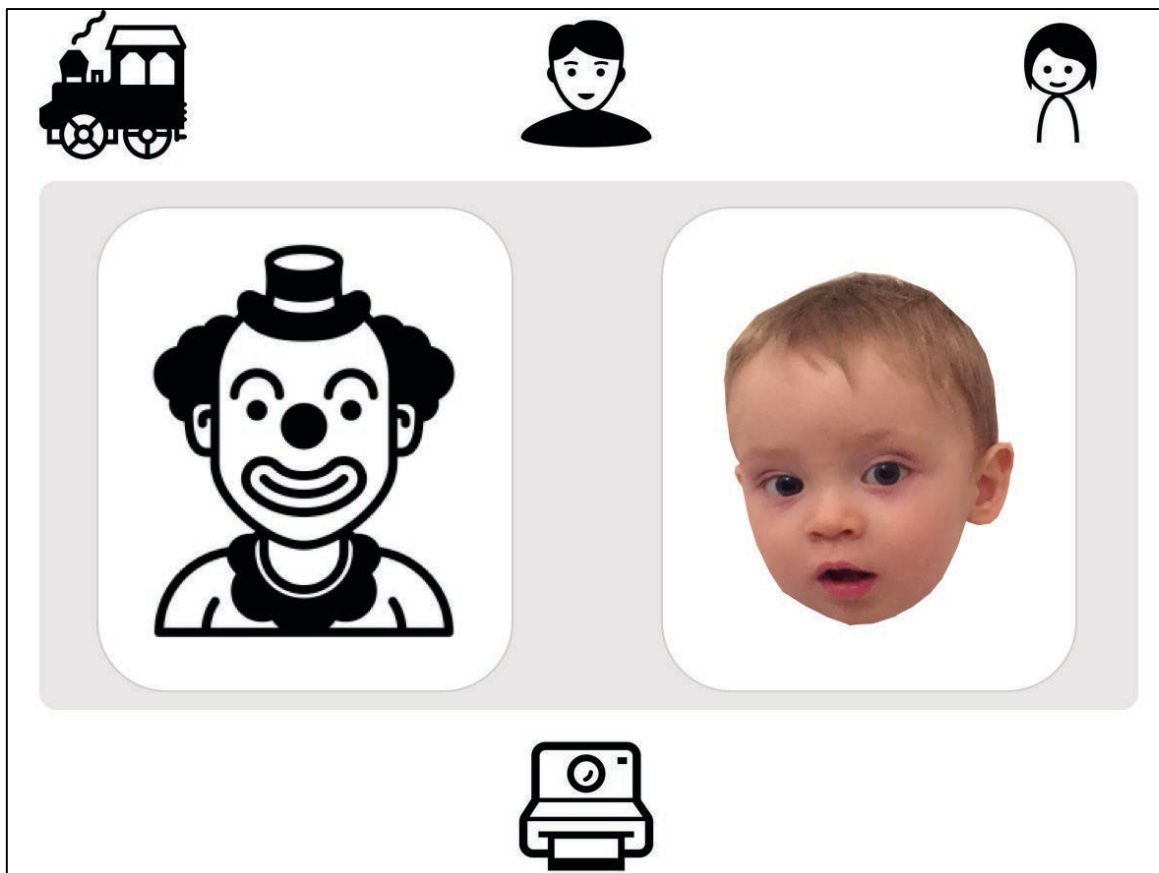


Figure 11 : Maquette du mini-jeu « Le Clown ».

Le clown prononce la phrase suivante : « Pour gagner une grimace, fais pareil que moi. » Ensuite, le clown exagère l'articulation d'un son déterminé par le système. Après cela, le micro de la tablette capte l'environnement sonore et l'enfant doit prononcer le même son. En parallèle, il voit son image en direct à l'écran pour pouvoir vérifier la position de ses articulateurs. Un traitement du signal est effectué et si le son prononcé correspond à celui qui est attendu alors l'analyse sonore s'arrête et le clown prononce la phrase suivante : « Tu as réussi à faire pareil que moi, voici une grimace pour toi. ». Il fait une grimace qui dure plusieurs secondes. La grimace est générée aléatoirement par le système afin qu'il y en ait un grand nombre et donc afin d'augmenter la rejouabilité. Puis un autre son est proposé par le clown selon le même protocole.

La progression des sons à travailler doit encore être finalisée avec la logopédiste du CHURIC, mais pourrait suivre les niveaux suivants :

- 1) D'abord les voyelles situées aux extrémités du triangle vocalique : /a/, /i/, /ou/,
- 2) Puis les voyelles /eau/, /é/, /u/,
- 3) Puis les syllabes suivantes reprenant une consonne accompagnée de la voyelle /a/ : /fa/, /pa/, /ta/, /sa/, /cha/,
- 4) Ensuite les voyelles /è/, /o/, /œ/,
- 5) Puis les syllabes suivantes reprenant une consonne accompagnée de la voyelle /a/ : /va/, /ba/, /da/, /za/, /ja/,
- 6) Enfin les syllabes suivantes reprenant une consonne accompagnée de la voyelle /a/ : /ra/, /la/, /ka/, /ga/.

Le système ne passe au niveau suivant que lorsque tous les sons du niveau précédent ont été correctement prononcés au moins trois fois. Par exemple, lorsque l'enfant a été capable de produire trois fois les sons /a/, /i/ et /ou/, le système débloque les voyelles /eau/, /é/ et /u/. Les six sons provenant des niveaux 1) et 2) sont alors proposés aléatoirement par le système. Un même son ne doit pas être proposé deux fois de suite par le système. Le niveau maximum atteint est conservé d'une session à une autre de ce mini-jeu.

Les autres éléments de la mécanique de jeu sont décrits en annexe I.

3.6. Le Magicien

Le paramètre linguistique travaillé est la production de phonèmes en alternance. L'objectif est d'inciter l'enfant à enchaîner la production des phonèmes qu'il connaît. Ce sont les débuts de la coarticulation.

La mécanique de ce mini-jeu est relativement similaire à celle décrite pour le mini-jeu du Clown : l'image de l'enfant est récupérée via la caméra frontale de la tablette, et projetée à l'écran en direct dans la partie de droite. Sur le côté gauche de l'écran se trouve un magicien qui tient sa baguette au-dessus de son chapeau (voir figure 12).

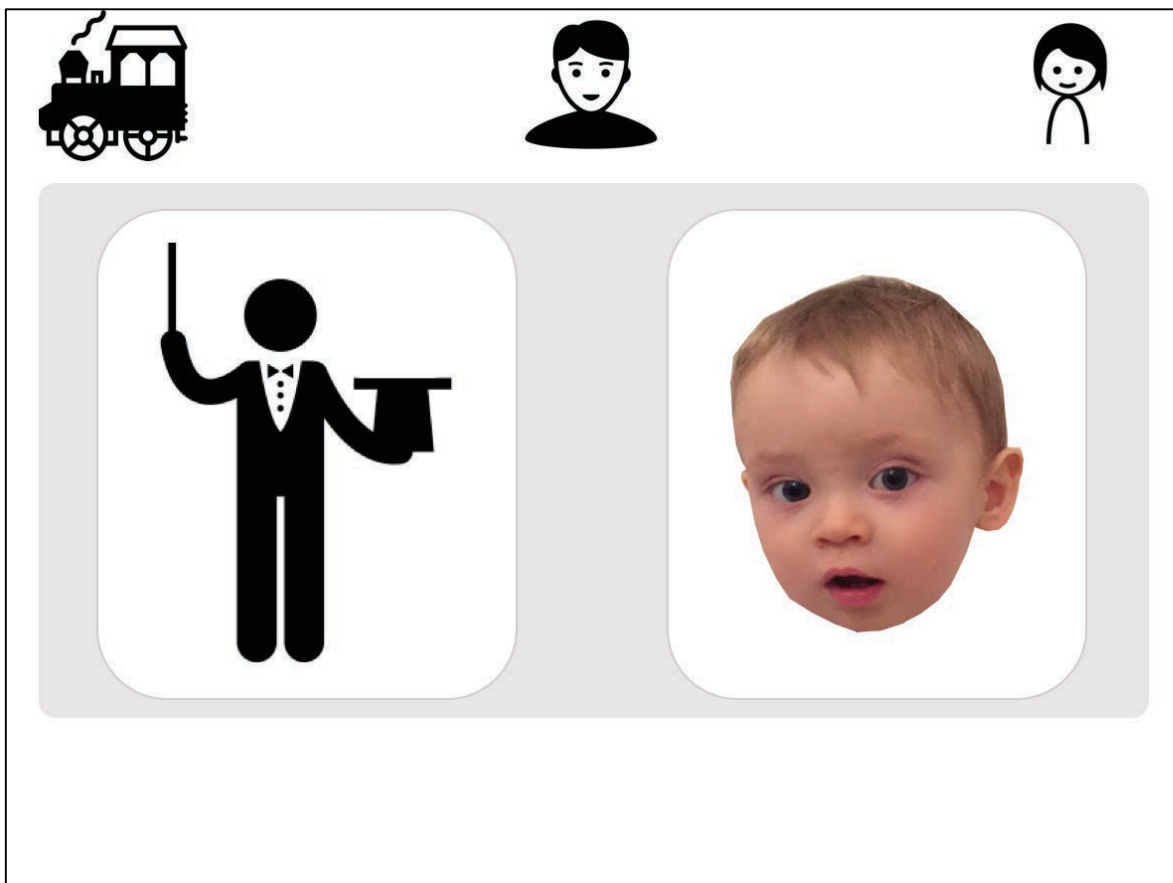


Figure 12 : Maquette du mini-jeu « Le Magicien ».

Le magicien prononce la phrase suivante : « Pour savoir ce qui est caché dans mon chapeau, répète la formule magique après moi. » Ensuite, le magicien prononce un ensemble de phonèmes déterminé par le système. Après cela, le micro de la tablette capte l'environnement sonore et l'enfant doit prononcer la même séquence. En parallèle, il voit son image en direct à l'écran pour pouvoir vérifier la position de ses articulateurs.

Le magicien bouge sa baguette au-dessus du chapeau tout le temps qu'un signal sonore est capté. Un traitement du signal est effectué et si la séquence prononcée correspond à celle qui est attendue alors l'analyse sonore s'arrête, un objet sort du chapeau et vient se placer en bas au centre de l'écran. Le magicien prononce la phrase suivante : « Bravo, tu as bien prononcé la formule magique ! » Un grand nombre d'objets différents sont disponibles afin d'augmenter la rejouabilité. Puis une autre séquence de sons est proposée par le magicien selon le même protocole.

La progression des séquences à travailler doit encore être finalisée avec la logopédiste du CHURIC, mais pourrait suivre les niveaux suivants :

- 1) alternance entre deux phonèmes éloignés sur le triangle vocalique (ex : a/i ; i/ou)
- 2) alternance entre deux phonèmes vocaliques
- 3) alternance entre trois phonèmes vocaliques
- 4) logatomes aléatoires de deux syllabes canoniques
- 5) logatomes aléatoires de trois syllabes canoniques
- 6) logatomes aléatoires de quatre syllabes canoniques

Le système ne passe au niveau suivant que lorsque cinq séquences du niveau précédent ont été correctement répétées. Comme pour le mini-jeu précédent, les niveaux se cumulent, c'est-à-dire que lorsque le niveau 3 est atteint par exemple, des séquences issues des niveaux 1, 2 et 3 sont proposées indifféremment. Le niveau maximum atteint est conservé d'une session à une autre de ce mini-jeu.

Les autres éléments de la mécanique de jeu sont décrits en annexe I.

3.7. La Cage des Perroquets

Le paramètre linguistique travaillé est la production d'onomatopées. L'objectif est d'inciter l'enfant à produire des ensembles de sons, même s'ils ne sont pas signifiants. Cependant, contrairement aux mini-jeux précédents, celui-ci fonctionne sur le principe du jeu libre.

A l'écran, quatre perroquets de couleurs différentes sont installés sur une branche (voir figure 13). Le joueur doit en sélectionner un avec un tapotement. Le perroquet sélectionné s'approche et apparaît en gros plan. Le micro de la tablette commence alors

à capter l'environnement sonore. L'enfant peut prononcer ce qu'il veut, et le perroquet le répète avec une voix déformée grâce à un traitement du signal.

Chacun des quatre perroquets propose une déformation différente : accélération de la voix, ralentissement de la voix, écho et voix de robot.



Figure 13 : Maquette du mini-jeu « La Cage des Perroquets ».

Les autres éléments de la mécanique de jeu sont décrits en annexe I.

3.8. Le Singe Savant

Le paramètre linguistique travaillé est la production des premiers mots. L'objectif est d'inciter l'enfant à produire du vocabulaire simple de la vie courante.

Dans ce mini-jeu, un personnage de singe est présent au centre de l'écran (voir figure 14). Il réagit aux ordres qui lui sont donnés par le joueur.

Le micro de la tablette capte l'environnement sonore et un traitement du signal est effectué. Si l'un des mots faisant partie du vocabulaire « cible » du singe est détecté, alors le singe effectue l'action demandée.

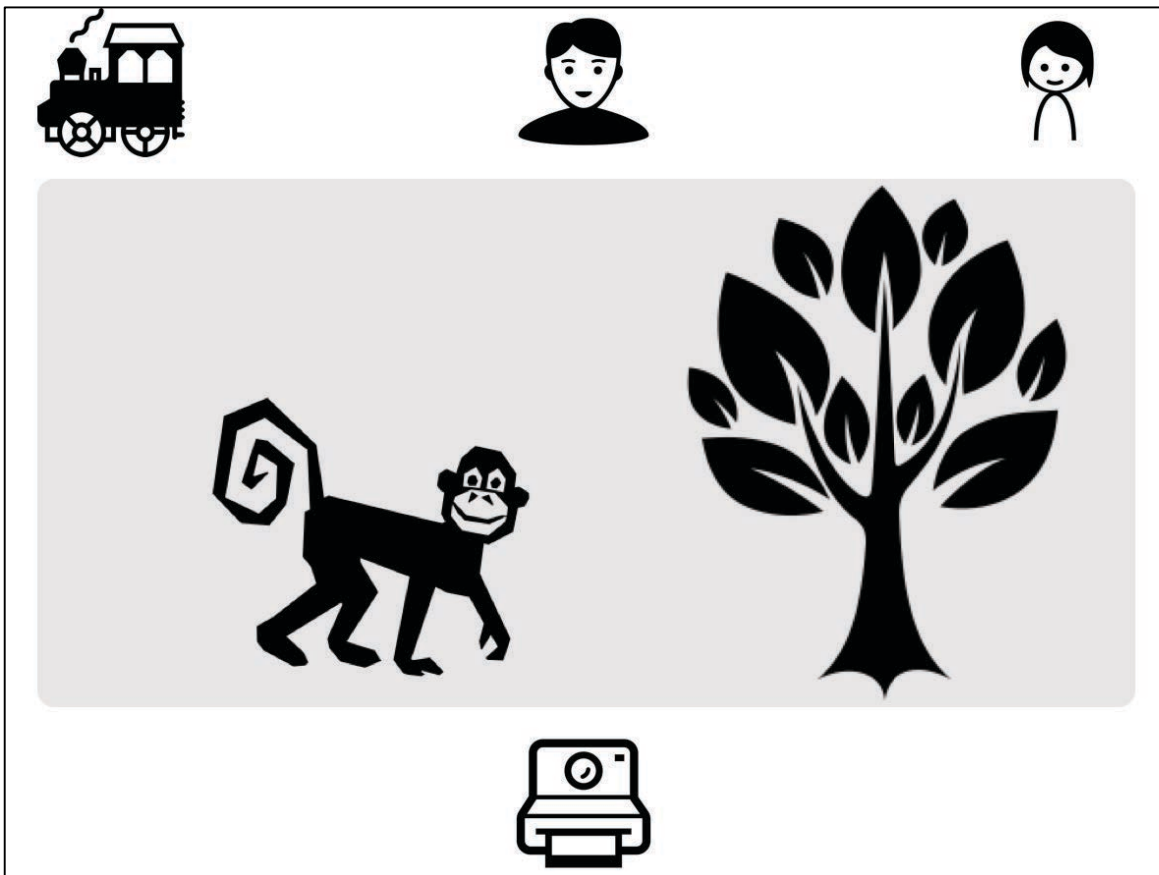


Figure 14 : Maquette du mini-jeu « Le Singe Savant ».

Le répertoire d’actions possibles est limité (et reste à déterminer précisément avec l’aide de la logopédiste du CHURIC). Dans l’idée, des mots de la vie courante correspondants à des actions simples seront privilégiés (ex. : dodo, coucou, saute...)

Les autres éléments de la mécanique de jeu sont décrits en annexe I.

4. Progression dans le jeu

Les huit mini-jeux de « FunSpeech » sont organisés selon une difficulté progressive en ce qui concerne leur contenu linguistique. C’est pourquoi l’ensemble des jeux n’est pas proposé immédiatement à l’enfant. Pour autant, il ne semble pas pertinent de « bloquer » pendant trop longtemps l’accès à un jeu, sous peine de diminuer la motivation du joueur. Pour cette raison, le déblocage d’un mini-jeu se fait lorsque l’enfant a une « petite » réussite dans le mini-jeu précédent. Par ailleurs, les premiers mini-jeux sont plus faciles à déblocquer que les derniers étant donnés les prérequis linguistiques nécessaires (ex. : pour accéder au jeu du magicien dans lequel plusieurs

phonèmes sont enchainés, une réussite au jeu du clown est demandée, c'est-à-dire la capacité de produire un phonème isolément).

L'enchainement des différents mini-jeux est schématisé au niveau de la figure 15.

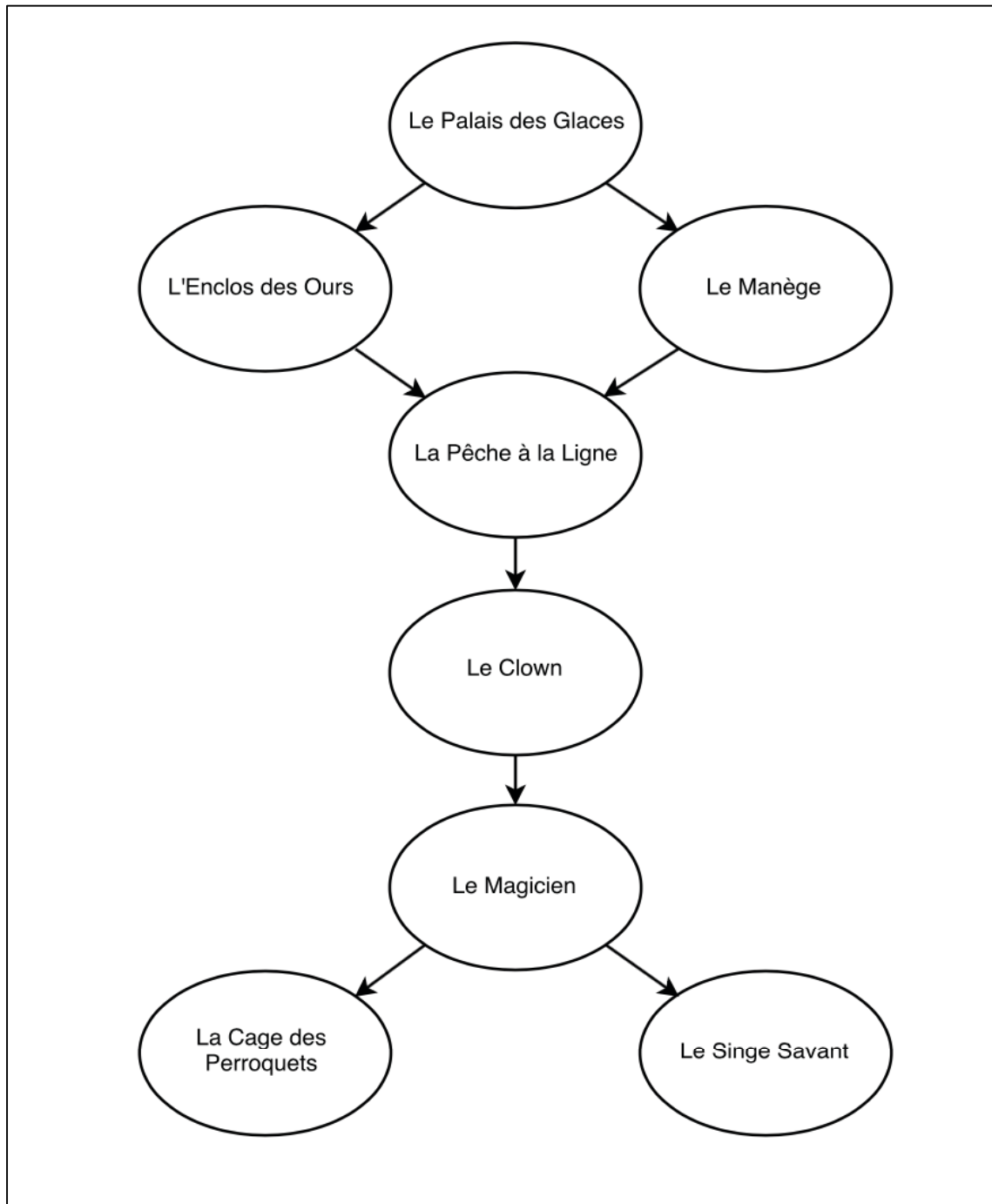


Figure 15 : Progression des différents mini-jeux.

5. Fonctionnement des photos-souvenirs

5.1. Affichage des photos-souvenirs

Les photos-souvenirs s'affichent au sein des mini-jeux dans deux situations : soit dans les mini-jeux où le joueur a accès à un appareil photo, soit en fin de mini-jeux. Le fonctionnement est similaire pour ces deux types d'affichage, seuls les commentaires audio sont différents.

A l'écran se trouve la photo-souvenir du joueur (voir figure 16). Le commentaire fait par l'ami du joueur est le suivant : « Voici une photo-souvenir pour toi. Tu pourras la revoir plus tard dans ton album photo. »

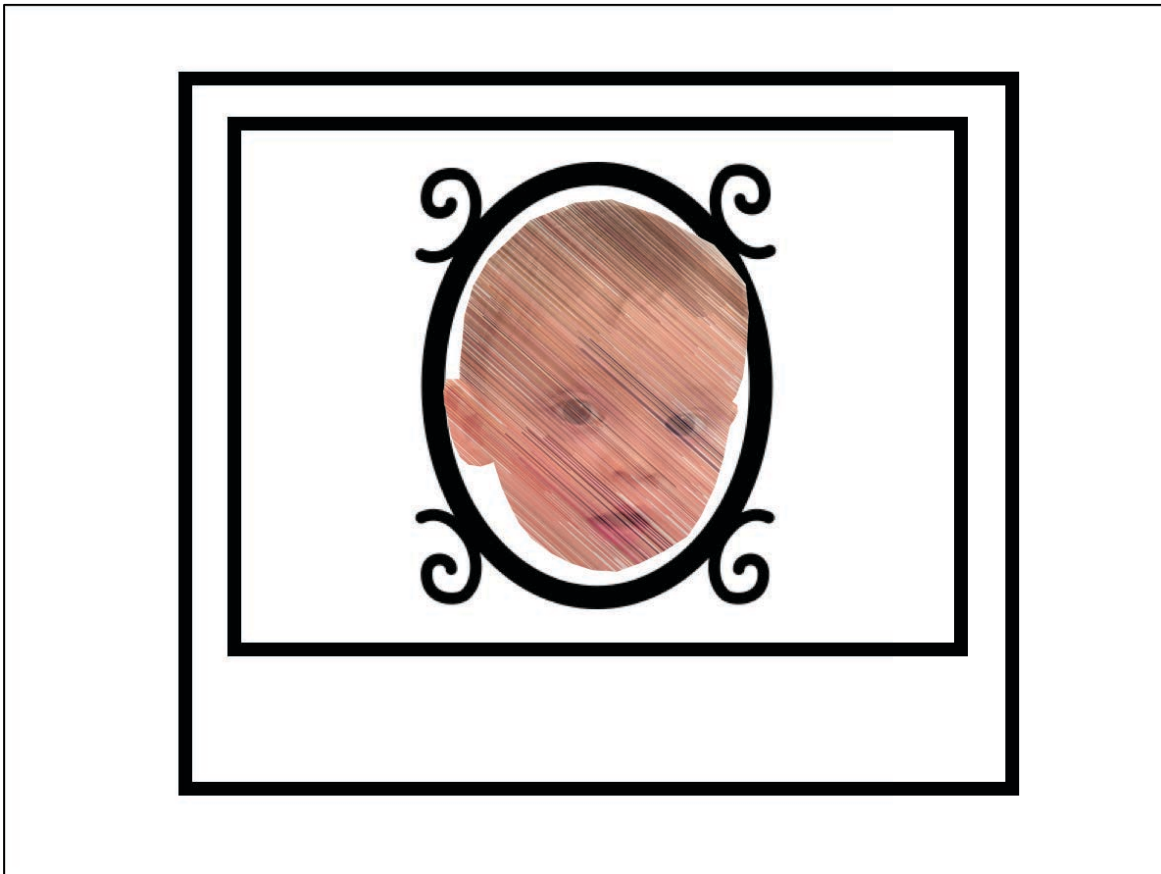


Figure 16 : Maquette de l'écran des photos.

Pour la version de l'écran qui est proposée au sein des mini-jeux dans lesquels le joueur a accès à l'appareil photo, l'ami ajoute ce commentaire ensuite : « Maintenant, tu peux faire de nouvelles photos dans ce jeu en appuyant sur l'image de l'appareil photo. Tapote sur la photo pour continuer à jouer ».

Pour la version de l'écran qui est proposée en fin de mini-jeux (photos-souvenirs de « consolation » ou photos-souvenirs récapitulatives des objets récoltés dans les mini-jeux), l'ami ajoute ce commentaire : « Super, reprenons le train maintenant ! Tapote sur la photo pour continuer à jouer. »

5.2. Album photo

L'album photo du joueur est accessible depuis l'accueil du jeu. Un tapotement sur l'icône de l'album photo située en bas au centre de l'écran permet d'ouvrir l'album.

A l'écran s'affiche l'album photo ouvert en mode paysage. On peut voir les miniatures des photos déjà acquises par le joueur, à raison de quatre miniatures par page. Une flèche dirigée vers la droite permet d'accéder à la page suivante, une flèche dirigée vers la gauche permet d'accéder à la page précédente. L'icône du petit train située en haut à gauche de l'écran permet de revenir à l'écran d'accueil du jeu. Par défaut, l'album photo s'ouvre sur la dernière page, c'est-à-dire celle contenant la dernière photo-souvenir récoltée.

Un tapotement sur une image permet de la faire apparaître en plein écran. Un nouveau tapotement sur l'image permet de revenir à l'affichage de l'album.

Les photos-souvenirs récoltées pendant le jeu peuvent être sauvegardées via la zone réservée aux adultes.

6. Paramétrages

6.1. Sélection de la langue de l'application

La sélection de la langue de l'application a lieu lors du premier lancement du jeu, et à chaque création d'un nouveau joueur. L'utilisateur doit sélectionner la langue choisie dans un menu déroulant. Les langues disponibles sont le français, l'allemand, l'espagnol, l'anglais, le portugais, l'italien, et l'arabe. Par défaut, la langue française est sélectionnée.

Le choix effectué influence la langue parlée par les différents personnages, ainsi que les textes écrits dans la zone réservée aux adultes. Par ailleurs, il influence également les mots utilisés dans le mini-jeu du Singe Savant, ainsi que les phonèmes travaillés dans le jeu du Clown et du Magicien. Le contenu linguistique travaillé dans les quatre premiers

mini-jeux (présence/absence de son, intensité, fréquence, rythme) n'est pas dépendant de la langue et n'a donc pas besoin d'être adapté. Par ailleurs, le travail des onomatopées se faisant sous forme de jeu libre dans le mini-jeu de La Cage des Perroquets, il n'y a nul besoin d'adapter le contenu linguistique.

6.2. Profils de joueurs

La création du profil du joueur principal se fait lors du premier lancement du jeu. Par la suite, de nouveaux profils peuvent être créés en passant par la zone réservée aux adultes.

Un profil de joueur contient le prénom du joueur, son sexe, ainsi qu'une photo. Un personnage ami est également rattaché à chaque profil de joueur. Par ailleurs, le profil s'enrichit lors de l'utilisation du jeu avec les données statistiques récoltées au fur et à mesure, ainsi que par les photos-souvenirs obtenues.

6.3. Zone réservée aux adultes

La zone réservée aux adultes est accessible via le menu d'accueil du jeu, plus précisément via la petite icône de cadenas qui se situe en haut à gauche de l'écran d'accueil. Son accès est protégé par une action compliquée à effectuer pour un enfant de l'âge des joueurs.

Plusieurs actions sont possibles via cette zone réservée : la sélection d'un autre joueur existant, la création d'un nouveau joueur, l'accès aux informations du joueur actuellement sélectionné, la sauvegarde des photos-souvenirs de ce joueur (ou leur effacement) et l'export des données.

Les parties « sélection d'un autre joueur » et « création d'un nouveau joueur » ne sont pas décrites ici, car leurs interfaces ne posent pas de souci particulier.

L'écran des informations du joueur permet d'accéder aux statistiques résumées de son utilisation du jeu, à savoir le nombre de sessions effectuées pour chaque mini jeu, le temps passé au total dans chaque mini-jeu, et le niveau maximum atteint pour les mini-jeux concernés. Ces informations sont présentées sous forme de tableau. A partir de cet écran, il est également possible de sauvegarder les photos-souvenirs du joueur sur la pellicule photo de la tablette, ou de supprimer l'ensemble des photos du joueur afin de libérer de l'espace sur la tablette.

Enfin, sur l'écran principal de la zone réservée, une icône permet de choisir l'export des données de l'application. Le détail de toutes les données à exporter est décrit à l'annexe II. Cette option pour l'export des données n'est nécessaire que dans la version « clinique » de l'application. Les modalités exactes de l'export seront à déterminer ultérieurement avec l'équipe technique.

Chapitre VI
DISCUSSION

I. CHOIX DE CONCEPTION

Lors de la conception de « FunSpeech », plusieurs éléments ont fait débat.

Tout d’abord, selon notre analyse des besoins, l’application créée doit pouvoir être utilisée en autonomie par l’enfant, à domicile. Or, la tranche d’âge ciblée permet déjà de savoir que les enfants âgés de 18 mois seront bien moins autonomes que ceux de 3 ans dans la manipulation de la tablette. Les plus jeunes seront donc dans les faits bien souvent accompagnés de leurs parents.

Cela pose par la suite la question du rôle des parents dans cet accompagnement. Il est probable que le jeu sur la tablette ne soit pas le seul « travail » à effectuer à la maison entre deux séances de logopédie. « FunSpeech » pourrait donc être envisagé comme un support permettant aux parents de savoir sur quels éléments de production ils doivent axer le travail complémentaire, sans attendre la prochaine séance avec la logopédiste.

En ce qui concerne la logopédie justement, il aurait pu être judicieux de faire de « FunSpeech » un outil qui puisse être utilisé lors des séances de remédiation. Cependant, afin que le jeu soit plus pertinent pour la clinique, un nombre de paramètres plus important aurait dû être proposé. Par exemple, il aurait fallu prévoir un réglage plus fin de l’intensité à cibler (avec un seuil en dB) dans le jeu de l’Enclos des Ours. Cependant, en ajoutant des paramètres nous aurions perdu la simplicité d’utilisation qui était notre objectif initial. Nous avons donc choisi volontairement de limiter les options disponibles.

Enfin, il reste un défaut majeur de notre jeu que nous devons régler. En effet, étant donné que cette application sera utilisée à domicile, il sera difficile de savoir qui a réellement utilisé le jeu. Cela peut être l’enfant, mais également l’un des membres de son entourage (parent, frère ou sœur, ami...). Plusieurs solutions sont envisagées pour éviter ce biais. La première solution serait d’obtenir l’engagement de la part des parents que l’enfant sera le seul à utiliser le jeu. Cependant, cela ne nous paraît pas réaliste si l’enfant fait partie d’une fratrie avec des frères et sœurs plus âgés par exemple, qui auraient vite fait d’utiliser le jeu sans que les parents ne s’en rendent compte. Dans ce cas, la proposition de navigation qui a été faite n’est peut-être pas adaptée. En effet, le changement de profil de joueur ne peut se faire que par la zone d’accès réservée aux adultes, ce qui ne permet pas une grande flexibilité au lancement du jeu. Cela avait été

prévu pour permettre une utilisation autonome de l'enfant, avec un minimum d'écran à passer au lancement du jeu. Une solution intermédiaire pourrait être l'ajout d'un écran de sélection du joueur au démarrage, dans lequel l'enfant devrait simplement tapoter sur sa photo de profil. Ainsi, les autres utilisateurs pourraient accéder facilement à leur propre session de jeu, dont nous n'analyserions pas les résultats. De plus, l'enfant concerné par notre étude pourrait bénéficier d'une modélisation supplémentaire en regardant d'autres personnes jouer.

II. SUITE DU PROJET

Le présent mémoire concerne la première étape du projet « FunSpeech ». Pour terminer cette étape, les différents éléments de conception devront encore être validés et complétés avec les autres membres du projet. En particulier, la progression linguistique des trois derniers mini-jeux reste à déterminer avec la logopédiste du CHURIC ; et la faisabilité technique reste à valider avec l'équipe de l'HEPIA.

Nous commencerons ensuite la deuxième étape du projet, à savoir l'étape de prototypage. Cette étape devrait être finalisée au printemps 2018 et l'équipe de développement devrait commencer par coder l'interface principale du jeu, ainsi que trois des mini-jeux : l'Enclos des Ours, la Pêche à la Ligne et le Magicien.

Enfin, une validation scientifique en deux phases sera menée pour perfectionner le logiciel ainsi que pour évaluer son efficacité. En tant que doctorante TECFA, je mènerai le projet avec l'équipe d'ingénieurs d'HEPIA, supervisés et assistés par l'équipe du CHURIC (ingénieurs cliniques et logopédistes spécialisés en audiologie, implantation cochléaire et surdité).

La première phase de cette validation sera composée d'une étude portant sur la version prototype du jeu. Elle sera effectuée auprès d'une population d'une dizaine d'enfants accueillis en crèche et portera sur trois dimensions d'usage (facilité d'utilisation, utilité perçue, acceptabilité). Cette étude permettra de tester l'ergonomie de l'application auprès d'un public de même âge que notre public cible. C'est-à-dire qu'elle nous permettra de vérifier que les enfants comprennent bien ce qu'ils doivent faire et qu'ils y arrivent. Les résultats de cette étude permettront d'améliorer l'application dans le cadre d'une conception itérative centrée sur les utilisateurs.

Une fois que l'ensemble de l'application sera développée, une seconde étude sera réalisée chez 10-15 enfants de moins de 3 ans récemment implantés et sans capacités significatives de production langagière, selon une approche expérimentale quantitative de type cas unique où chaque participant est son propre contrôle (mesures baseline et à différents moments de l'apprentissage). Cette étude aura pour objectif l'évaluation de l'efficacité de « FunSpeech » comme complément à l'entraînement auditif pour la production du langage oral. Chacun des participants recevra une tablette avec « FunSpeech », avec la consigne d'utiliser le jeu régulièrement (base indicative de 15 min/jour). L'enfant gardera la tablette et pourra utiliser le jeu durant une période de 12 mois. Le protocole clinique comprendra des évaluations périodiques, effectuées au début de l'étude, ainsi que 3, 6 et 12 mois après le début d'utilisation du jeu. Nous prévoyons une batterie de tests cliniques incluant des mesures des compétences langagières (batterie de tests EVALO – EVALuation du développement du Langage Oral ; <https://www.evalo.fr>), des évaluations de production spontanée du langage (maison « Fisher Price ») et des évaluations de la précision dans la production du langage (analyse spectrale des phonèmes, notamment des voyelles ouvertes du triangle vocalique). Comme complément, nous investiguerons aussi les différents paramètres enregistrés par l'application. Ces informations nous permettront d'évaluer avec précision l'efficacité du jeu ainsi que d'émettre des recommandations précises concernant la mise en place de stratégies particulières pour l'entraînement auditif.

À ces investigations cliniques s'ajouteront des données recueillies chez les familles sous forme de questionnaires complétés lors de chacune des visites de l'étude clinique. Le but de ces investigations sera, d'une part, d'améliorer l'application au travers de cycles de développements itératifs. D'autre part, ceci nous fournira des données objectives quant à l'ergonomie de l'application et aussi sur l'impact de « FunSpeech » dans la vie de tous les jours.

III. PERSPECTIVES

Concernant la conception de FunSpeech, nous nous sommes appuyés pour l'instant sur des modèles issus des sciences de l'apprentissage, ainsi que sur des études concernant l'ergonomie des applications de jeux vidéo pédagogiques. Deux autres pistes pourraient cependant être suivies.

Tout d'abord, des modèles issus de l'ingénierie pédagogique mériteraient d'être approfondis, afin de justifier plus précisément les choix de conception. Par ailleurs, il

aurait pu être judicieux d'utiliser une méthodologie de conception comme celle proposée au sein de l'environnement informatique d'aide à la conception LEGADEE (LEarning GAME DEsign Environment) (Marfisi-Schottman, 2012). L'utilisation d'un tel outil aurait permis d'obtenir un document de conception plus complet, et surtout plus lisible pour l'équipe en charge de la production du jeu. Ceci étant, la phase de prototypage n'ayant pas encore commencé, il est toujours possible d'intégrer de tels outils dans notre procédure.

Pour ce qui est de la validation scientifique de FunSpeech, un outil découvert lors de notre travail nous paraîtrait intéressant à explorer : le protocole MonPage (Lévêque et al., 2016). Ce protocole informatisé d'évaluation de la parole pathologique en langue française contient deux modules qui, selon leur description, pourraient nous permettre d'évaluer finement les progrès de nos patients : le module « pseudo-mots » et le module « diadococinésies ». Il reste à déterminer si l'interface de MonPage et de ses épreuves est adaptée aux jeunes enfants. De plus, ce protocole étant actuellement en cours de développement, il sera nécessaire de contacter les membres de l'équipe de recherche (dont certains travaillent à l'UNIGE et/ou aux HUG) afin d'obtenir leur autorisation.

CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons cherché à concevoir un jeu vidéo pédagogique sur tablette tactile permettant de stimuler la production de la parole chez de jeunes enfants sourds venant de bénéficier d'un ou deux implants cochléaires.

Pour cela, nous nous sommes d'abord intéressés aux particularités du langage des enfants implantés, et plus spécifiquement aux facteurs prédictifs d'un bon développement langagier. Parmi ces facteurs, nous avons pu identifier le niveau d'implication des parents dans la réhabilitation, qui dépend lui-même en partie de la quantité et de la qualité des informations qu'ils reçoivent. C'est pourquoi nous avons décidé que notre jeu vidéo pédagogique « FunSpeech » serait à destination des familles, pour une stimulation langagière à domicile entre les séances de logopédie.

Par ailleurs, nous avons étudié les différents éléments ergonomiques à prendre en compte pour un jeu vidéo pédagogique sur tablette tactile, à destination d'un très jeune public (entre 18 mois et 3 ans). Nous avons également détaillé les différents piliers de l'apprentissage à respecter dans ce cadre, à savoir l'apprentissage actif, l'engagement, l'apprentissage signifiant et l'interaction sociale. Ces quatre piliers sont à mettre en lien avec l'objectif d'apprentissage de l'application.

Par la suite, nous avons effectué une analyse concurrentielle des différents logiciels actuellement commercialisés dans ce domaine, ce qui nous a permis de mettre en avant le manque de solution adaptée à nos besoins. Nous avons aussi décrit en détail les besoins des différents acteurs qui seront confrontés à notre jeu.

Avec tous ces éléments en main, il nous a été possible de concevoir le jeu vidéo pédagogique « FunSpeech ». Dans ce jeu, l'enfant visite une fête foraine, accompagné de l'un de ses amis. Il participe à différentes attractions qui, sous couvert ludique, encouragent ses productions sonores et en particulier certains paramètres suprasegmentaux ou segmentaux de la parole. Au fur et à mesure de son exploration, il récolte des « photos-souvenirs » qu'il peut ensuite consulter à tout moment dans le jeu.

Cependant, la conception de « FunSpeech », et donc ce mémoire, n'est que la première étape du projet. En effet, le jeu vidéo pédagogique va par la suite être développé de manière itérative. Une phase de test est également prévue, aussi bien sur le plan de l'ergonomie de l'application, que de l'efficacité de son utilisation comme complément à l'entraînement auditif pour la production du langage oral.

BIBLIOGRAPHIE

- Bernard-Opitz, V., Sriram, N., & Sapuan, S. (1999). Enhancing Vocal Imitations in Children with Autism Using the IBM Speech Viewer. *Autism*, 3(2), 131-147.
- Bétrancourt, M., & Bozelle, C. (2012). Les MITIC au service de la pédagogie spécialisée : mieux connaître leur spécificité pour développer des usages éducatifs pertinents. *Revue Suisse de Pédagogie Spécialisée*, 4, 15-23.
- Boons, T., Brokx, J. P. L., Dhooge, I., Frijns, J. H. M., Peeraer, L., Vermeulen, A., ... Van Wieringen, A. (2012). Predictors of Spoken Language Development Following Pediatric Cochlear Implantation. *Ear and Hearing*, 33(5), 617-639.
- Bozelle, C. (2015). *Evaluation d'un environnement informatisé pour la réhabilitation d'enfants porteurs d'implants cochléaires. Utilisation du jeu comme outil d'apprentissage*. (Thèse de doctorat). Université de Genève.
- Bureau International d'Audiophonologie. (1997). Classification audiométrique des déficiences auditives. Consulté le 26 juin 2017, à l'adresse <https://www.biap.org/en/component/content/article/65-recommendations/ct-2-classification/5-biap-recommendation-021-bis>
- Campbell, W. M., Assaleh, K. T., & Brown, C. C. (1999). Low-complexity small-vocabulary speech recognition for portable devices. In *ISSPA '99. Proceedings of the Fifth International Symposium on Signal Processing and its Applications (IEEE Cat. No.99EX359)* (Vol. 2, p. 619-622). Queensland Univ. Technol.
- Cao-Nguyễn, M. H., & Vischer, M. (1999). Programme national de dépistage systématique néonatal de la surdité par les oto-émissions acoustiques. *Paediatrica*, 10(5), 11-14.
- Centre Hospitalo-Universitaire Romand d'Implants Cochléaires. (2015). Activités médicales. Consulté le 26 juin 2017, à l'adresse <http://www.curic.ch/activites-medicales>
- Chen, Y.-P. P., Johnson, C., Lalbakhsh, P., Caelli, T., Deng, G., Tay, D., ... Morris, M. E. (2016). Systematic review of virtual speech therapists for speech disorders. *Computer Speech & Language*, 37, 98-128.
- Clendon, S., Flynn, M. C., & Coombes, T. (2003). Facilitating speech and language development in children with cochlear implants using computer technology. *Cochlear Implants International*, 4(3), 119-136.
- Couto, M. I. V., & Carvalho, A. C. M. (2013). Factors that influence the participation of parents in the oral rehabilitation process of children with cochlear implants: a systematic review. *CoDAS*, 25(1), 84-91.
- Devevey, A. (2013). Langue, langages et évaluation. In A. Devevey & L. Kunz (Éd.), *Les troubles spécifiques du langage pathologies ou variations ? : modes d'intervention* (p. 1-30). De Boeck-Solal.
- Duchesne, L., Sutton, A., & Bergeron, F. (2009). Language Achievement in Children Who Received Cochlear Implants Between 1 and 2 Years of Age: Group Trends and Individual Patterns. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 14(4), 465-485.
-

-
- Furlong, L., Erickson, S., & Morris, M. E. (2017). Computer-based speech therapy for childhood speech sound disorders. *Journal of Communication Disorders*, 68, 50-69.
- Furlong, L. M., Morris, M. E., Erickson, S., & Serry, T. A. (2016). Quality of Mobile Phone and Tablet Mobile Apps for Speech Sound Disorders: Protocol for an Evidence-Based Appraisal. *JMIR research protocols*, 5(4), e233.
- Ganzeboom, M., Yilmaz, E., Cucchiarini, C., & Strik, H. (2016). On the Development of an ASR-based Multimedia Game for Speech Therapy: Preliminary Results. In *MMHealth'16* (p. 3-8).
- Geers, A. E., Nicholas, J., Tobey, E., & Davidson, L. (2016). Persistent Language Delay Versus Late Language Emergence in Children With Early Cochlear Implantation. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 59(1), 155-70.
- Gray, J., Bulat, J., & Jaynes, C. (2009). LeapFrog Learning Design: Playful Approaches to Literacy, from LeapPad to the Tag Reading System. In A. Druin (Éd.), *Mobile technology for children: Designing for interaction and learning* (p. 175-198). Morgan Kaufmann Publishers.
- Harp, S. F., & Mayer, R. E. (1998). How Seductive Details Do Their Damage : A Theory of Cognitive Interest in Science Learning. *Journal of Educational Psychology*, 90(3), 414-434.
- Hiniker, A., Sobel, K., Hong, S. R., Suh, H., Irish, I., Kim, D., & Kientz, J. A. (2015). Touchscreen prompts for preschoolers. In *Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '15* (p. 109-118). New York, New York, USA: ACM Press.
- Hirsh-Pasek, K., Zosh, J. M., Golinkoff, R. M., Gray, J. H., Robb, M. B., & Kaufman, J. (2015). Putting Education in « Educational » Apps. *Psychological Science in the Public Interest*, 16(1), 3-34.
- Hsieh, T.-Y., Funamura, J. L., Roth, C., Rubin, Z., Kurniawan, S., & Tollefson, T. T. (2015). Developing a Novel Speech Intervention iPad Game for Children With Cleft Palate. *JAMA Facial Plastic Surgery*, 17(4), 309.
- Huang, N., Wu, H., & Song, Y. (2009). A Nios II Based English Speech Training System for Hearing-Impaired Children. In *2009 International Conference on Computer Engineering and Technology* (p. 452-456). IEEE.
- Lévêque, N., Laganaro, M., Fougeron, C., Delvaux, V., Pernon, M., Borel, S., & Catalano, S. (2016). MonPaGe : un protocole informatisé d'évaluation de la parole pathologique en langue française. *Revue Neurologique*, 172, A162-A163.
- Lina-Granade, G., & Truy, E. (2005). Conduite à tenir devant une surdité de l'enfant. *EMC - Oto-rhino-laryngologie*, 2(3), 290-300.
- Marfisi-Schottman, I. (2012). *Méthodologie, modèles et outils pour la conception de Learning Games*. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43-52.
- McKinney, S. (2017). Cochlear implantation in children under 12 months of age. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*.
-

-
- Monteiro, C. G., Cordeiro, A. A. de A., Silva, H. J. Da, & Queiroga, B. A. M. De. (2016). Children's language development after cochlear implantation: a literature review. *CoDAS*, 28(3), 319-325.
- Nacher, V., Jaen, J., & Catala, A. (2017). Evaluating Multitouch Semiotics to Empower Prekindergarten Instruction with Interactive Surfaces. *Interacting with Computers*, 29(2), 97-116.
- Nacher, V., Jaen, J., Catala, A., Navarro, E., & Gonzalez, P. (2014). Improving Pre-Kindergarten Touch Performance. In *Proceedings of the Ninth ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces - ITS '14* (p. 163-166). New York, New York, USA: ACM Press.
- Navarro-Newball, A. A., Loaiza, D., Oviedo, C., Castillo, A., Portilla, A., Linares, D., & Álvarez, G. (2014). Talking to Teo: Video game supported speech therapy. *Entertainment Computing*, 5(4), 401-412.
- Nordness, A. S., & Beukelman, D. R. (2010). Speech practice patterns of children with speech sound disorders: the impact of parental record keeping and computer-led practice. *Journal of Medical Speech - Language Pathology*, 18(4), 104-108.
- Orehovački, T., Plantak Vukovac, D., Stapić, Z., & Novosel-Herceg, T. (2017). Features and Quality of a Mobile Application Employed in a Speech-Language Therapy. In *International Conference on Human-Computer Interaction* (Vol. 10272, p. 250-262).
- Pentiuc, S.-G., Schipor, O.-A., Danubianu, M., & Schipor, D.-M. (2010). Speech Therapy Programs for a Computer Aided Therapy System. *Elektronika ir Elektrotechnika*, 7(103), 87-90.
- Reichmuth, K., Embacher, A. J., Matulat, P., am Zehnhoff-Dinnesen, A., & Glanemann, R. (2013). Responsive parenting intervention after identification of hearing loss by Universal Newborn Hearing Screening: The concept of the Muenster Parental Programme. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 77(12), 2030-2039.
- Romand, C. (1999). Utilisation de Speechviewer dans le traitement des aspects segmentaux et suprasegmentaux de la parole chez des enfants sourds profonds. *Glossa*, 68, 28-35.
- Rondal, J.-A. (1997). *L'évaluation du langage*. Editions Mardaga.
- Rubin, Z. (2017). *Development and Evaluation of Software Tools for Speech Therapy*. (Thèse de doctorat). University of California Santa Cruz.
- Shoukry, L., Sturm, C., & Galal-Edeen, G. H. (2015). Pre-MEGa: A Proposed Framework for the Design and Evaluation of Preschoolers' Mobile Educational Games. In T. Sobh & K. Elleithy (Éd.), *Innovations and Advances in Computing, Informatics, Systems Sciences, Networking and Engineering* (p. 385-390). Springer, Cham.
- Spencer, P. E. (2004). Individual Differences in Language Performance after Cochlear Implantation at One to Three Years of Age: Child, Family, and Linguistic Factors. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 9(4), 395-412.
- Stenson, N., Downing, B., Smith, J., & Smith, K. (1992). The Effectiveness of
-

- Computer Assisted Pronunciation Training. *Calico Journal*, 9(4), 5-19.
- Tan, C. T., Johnston, A., Ballard, K., Ferguson, S., & Perera-Schulz, D. (2013). sPeAK-MAN. In *Proceedings of The 9th Australasian Conference on Interactive Entertainment Matters of Life and Death - IE '13* (p. 1-4). New York, New York, USA: ACM Press.
- Travnjak, J. (2014). *Adaptation sur tablette tactile d'un logiciel éducatif pour enfants en âge préscolaire*. (Mémoire de maitrise). Université de Genève.
- Vaquero, C., Saz, O., Lleida, E., & Rodriguez, W.-R. (2008). E-inclusion technologies for the speech handicapped. In *2008 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing* (p. 4509-4512). IEEE.
- Yilmaz, E., Ganzeboom, M., Cucchiarini, C., & Strik, H. (2017). Multi-stage DNN training for Automatic Recognition of Dysarthric Speech. In *Proceedings InterSpeech 2017* (p. 2685-2689).

ANNEXES

ANNEXE I : DESCRIPTION DETAILLEE DES MINI-JEUX

L'Enclos des Ours

Introduction par le forain

Le forain apparait en surimpression au milieu de l'écran et prononce le message suivant : « Bonjour et bienvenue dans l'Enclos des Ours ! Si tu les appelles, ils se rapprocheront de toi et tu pourras les prendre en photo. Attention cependant à ne pas réveiller la maman ourse en criant trop fort sinon tu ne pourras pas voir son bébé. » Puis l'image du forain rétrécit et se déplace vers son emplacement en haut au centre de l'écran.

Démonstration par l'ami

L'image de l'ami apparait à l'écran, devant une scène où l'on voit quatre ours plus ou moins au loin. Il crie très fort : « Hou-hou ». L'ours brun qui est le plus lointain s'approche et l'ami prononce la phrase suivante « Oh regarde, il vient vers moi si je l'appelle très fort ! ». Il crie ensuite moyennement fort : « Hou-hou ». L'ours de couleur caramel qui est à mi-chemin s'approche et l'ami prononce la phrase suivante « Oh regarde, il vient vers moi si je l'appelle moyennement fort ! ». Enfin il appelle doucement « Hou-hou ». Le bébé ours qui est déjà relativement proche vient vers lui. L'ami prononce la phrase suivante : « Et le bébé vient vers moi si je l'appelle tout doucement... ».

Puis son image rétrécit et se déplace vers son emplacement en haut à droite de l'écran. Il prononce alors le message tutoriel, puis l'écran principal du mini-jeu s'affiche.

Mini-jeu

A l'écran, quatre ours sont visibles. Au premier plan, une maman ourse est en train de dormir, à côté de son bébé qui joue avec une pomme de pin. Au second plan, un ours de couleur caramel se frotte le dos contre un tronc d'arbre, et au dernier plan un ours de couleur plus foncée plonge la patte dans un petit plan d'eau. Le micro de la tablette capte l'environnement sonore et l'enfant doit prononcer un son. Un traitement du signal est effectué pour connaître l'intensité sonore de cette production. En fonction de

l'intensité moyenne du son détecté, la production est classifiée comme « faible », « moyenne » ou « forte ».

Pour un son d'intensité « faible », les éléments suivants se produisent à l'écran : la maman ourse continue à dormir et les deux ours du fond de l'écran continuent leurs activités. Le bébé ours par contre se rapproche pour apparaître en « gros plan ». Il reste là quelques secondes, puis repart jouer auprès de sa mère.

Pour un son d'intensité « moyenne », les éléments suivants se produisent à l'écran : l'ours de l'arrière-plan continue à tremper sa patte dans l'eau. La maman ourse se réveille, et attrape son bébé pour le coller à elle. L'ours de couleur caramel par contre se rapproche pour apparaître en « gros plan ». Il reste là quelques secondes, puis repart se frotter le dos contre le tronc d'arbre. La maman ourse se rendort et relâche son bébé qui recommence à jouer.

Pour un son d'intensité « forte », les éléments suivants se produisent à l'écran : l'ours de couleur caramel met ses pattes sur ses oreilles, car le bruit le dérange. La maman ourse se réveille, et attrape son bébé pour le coller à elle. L'ours qui était au dernier plan par contre se rapproche pour apparaître en « gros plan ». Il reste là quelques secondes, puis repart tremper sa patte dans le plan d'eau. La maman ourse se rendort et relâche son bébé qui recommence à jouer. L'ours couleur caramel se débouche les oreilles et recommence à se frotter le dos contre le tronc d'arbre.

Récompense

Lors de la première utilisation du mini-jeu, une récompense est attribuée automatiquement. Lorsque le premier ours apparaît en gros plan, une capture d'écran est effectuée, figeant cette image. Un bruit d'obturateur est joué simultanément. La photo-souvenir apparaît en grand à l'écran (voir plus bas la description détaillée de ce principe de photo-souvenir). Par la suite, l'enfant a accès à la création de photos-souvenirs via l'icône d'appareil photo. Cette icône n'est activée que lorsqu'un ours est en gros plan à l'écran.

Feedbacks

Plusieurs types de feedbacks sont proposés à l'enfant : des feedbacks visuels et des feedbacks sonores. En ce qui concerne l'aspect visuel, le changement de comportement des ours lui permet de comprendre quelle était l'intensité du son qu'il vient de produire.

S'il ne produit pas de son, rien ne se passe à l'écran, et il n'a pas la possibilité de prendre de photos. Au bout de huit secondes sans détection de son, l'ami du joueur prononce la phrase suivante : « Veux-tu jouer avec moi ? Essaie d'appeler les ours pour les faire venir ». Huit secondes plus tard, s'il n'y a toujours pas eu de détection de son, un second message est prononcé par l'ami du joueur : « Si tu appelles tout doucement, tu pourras faire venir le bébé ours. Essaie ! » Huit secondes plus tard, s'il n'y a toujours pas eu de détection de son, un troisième message est prononcé par l'ami du joueur : « Si tu appelles fort, tu pourras faire venir l'un des gros ours. Essaie ! »

Fin du mini-jeu

A la fin du mini-jeu, si aucun son n'a été détecté, alors le forain prononce la phrase suivante : « Je n'ai pas vu les ours s'approcher de toi cette fois-ci, reviens très vite pour essayer à nouveau ! Voici tout de même une photo-souvenir de ton passage ici. » En effet, une photo-souvenir de la scène avec les ours est acquise au moment de l'appui sur l'icône du train. Aucun son n'est joué. Après visualisation de la photo-souvenir, l'animation de fin de jeu est proposée, puis le joueur se retrouve à l'accueil du jeu. Le nombre de mini-jeux actifs sur l'écran d'accueil ne change pas.

Une « réussite » dans l'Enclos des Ours implique qu'au moins un son ait été détecté dans la session qui vient de se terminer. Si c'est le cas, alors le retour à l'accueil se fait uniquement via l'animation de fin de jeu. Aucune photo-souvenir supplémentaire n'est donnée. Par ailleurs, s'il n'est pas déjà actif au niveau du menu d'accueil, le mini-jeu de la Pêche à la Ligne le devient.

Données récoltées

- Durée de la session du mini-jeu,
- Nombre de sons détectés par catégorie (faible, moyenne, forte) dans cette session (version clinique uniquement).

Le Manège

Introduction par le forain

Le forain apparaît en surimpression au milieu de l'écran et prononce le message suivant : « Bonjour et bienvenue dans le Manège ! Sur ton cheval, tu vas pouvoir attraper des pompons. Ton cheval réagit à la voix : avec un son grave, il descend, avec

un son aigu, il monte. Amuse-toi bien ! » Puis l'image du forain rétrécit et se déplace vers son emplacement en haut au centre de l'écran.

Démonstration par l'ami

L'image de l'ami apparaît à l'écran, celui-ci est assis à califourchon sur un cheval en bois dans un manège. Le cheval est à mi-hauteur du manège. Le manège tourne, et un pompon apparaît en hauteur. L'ami produit alors un son aigu et le cheval en bois monte le long de son axe. L'ami attrape le pompon et prononce la phrase suivante : « Super, avec un son aigu j'ai pu faire monter mon cheval ». Le cheval en bois revient à sa hauteur initiale. Ensuite, un pompon apparaît en bas du manège. L'ami produit un son grave et le cheval en bois descend le long de son axe. L'ami attrape le pompon et prononce la phrase suivante : « Génial, avec un son grave j'ai pu faire descendre mon cheval ».

Puis son image rétrécit et se déplace vers son emplacement en haut à droite de l'écran. Il prononce alors le message tutoriel puis l'écran principal du mini-jeu s'affiche.

Mini-jeu

A l'écran se trouve un manège avec un cheval en bois sur lequel est installé notre joueur (avec sa photo de profil). Le cheval est à mi-hauteur du manège qui est en train de tourner. Un pompon est généré aléatoirement par le système, soit en haut du manège, soit en bas. Chaque pompon a une couleur différente, générée aléatoirement aussi. Le micro de la tablette capte l'environnement sonore et l'enfant doit prononcer un son. Un traitement du signal est effectué pour connaître la fréquence de ce son. En fonction de la fréquence moyenne du son détecté, la production est classifiée comme « grave » ou « aiguë ».

Pour un son « grave », le cheval en bois descend le long de son axe pendant que le manège continue de tourner. Il fait un tour complet de manège puis remonte à sa position initiale.

Pour un son « aigu », le cheval en bois monte le long de son axe pendant que le manège continue de tourner. Il fait un tour complet de manège puis redescend à sa position initiale.

Dans tous les cas, si l'itinéraire du cheval et de son cavalier croise un pompon, alors ce dernier est « attrapé » par le cavalier. Une image du pompon apparaît en bas au centre

de l'écran. Si d'autres pompons sont attrapés lors de la session alors ils s'accumulent également à cet endroit. Le compteur de pompons repart à zéro lors de chaque nouvelle session de jeu.

Récompense

S'il a gagné des pompons, le joueur obtient à la fin du mini-jeu une photo-souvenir de lui avec son cheval et son panier de pompons. Cette image est générée par le système.

Feedbacks

Plusieurs types de feedbacks sont proposés à l'enfant : des feedbacks visuels et des feedbacks sonores. En ce qui concerne l'aspect visuel, le déplacement de son cheval sur l'axe vertical lui permet de comprendre quelle était la fréquence du son qu'il vient de produire.

S'il produit un son adapté à celui qui était attendu, alors le feedback visuel correspond également à l'ajout du pompon en bas de l'écran. Par ailleurs, son ami prononce la phrase suivante : « Bravo, tu as gagné un pompon ! »

S'il ne produit pas de son, le manège continue à tourner, mais le cheval ne change pas de hauteur. Au bout de huit secondes sans détection de son, l'ami du joueur prononce la phrase suivante : « J'ai vu un pompon en haut [en bas], essaye de faire un son aigu [grave] pour l'attraper ». Huit secondes plus tard, s'il n'y a toujours pas eu de détection de son, un second message est prononcé par l'ami du joueur : « Je te montre, un son aigu [grave] comme cela : "aaaa" ». Huit secondes plus tard, s'il n'y a toujours pas eu de détection de son, le pompon disparaît, puis un autre pompon est généré par le système.

Si l'enfant produit un son grave alors qu'il devait faire un son aigu (ou vice-versa), son ami prononce la phrase suivante : « Bravo, je vois que tu sais faire un son grave [aigu] pour faire descendre [monter] ton cheval, essaye de faire un son aigu [grave], pour le faire monter [descendre] ». Au bout de deux essais échoués (c'est-à-dire que l'enfant prononce deux fois de suite un son grave alors qu'il devrait prononcer un son aigu), le pompon disparaît et un autre pompon est généré par le système.

Fin du mini-jeu

A la fin du mini-jeu, si aucun pompon n'a été gagné, alors le forain prononce la phrase suivante : « Je vois que tu n'as pas réussi à attraper de pompon cette fois-ci ! Ce n'est pas grave, voici tout de même une photo-souvenir de ton passage ici. A bientôt. »

Une photo-souvenir de l'enfant et son cheval est générée par le système. Après visualisation de la photo-souvenir, l'animation de fin de jeu est proposée, puis le joueur se retrouve à l'accueil du jeu. Le nombre de mini-jeux actifs sur l'écran d'accueil ne change pas.

Une « réussite » dans le Manège implique qu'au moins un pompon ait été gagné dans la session qui vient de se terminer. Si c'est le cas, alors le forain prononce la phrase suivante : « Je vois que tu as réussi à remplir ton panier, bravo ! Voici une photo-souvenir de ton passage ici. A bientôt. » La photo-souvenir correspond à ce qui a été précisé au paragraphe 2.3.4. Le retour à l'accueil se fait via l'animation de fin de jeu. Par ailleurs, s'il n'est pas déjà actif au niveau du menu d'accueil, le mini-jeu de la Pêche à la Ligne le devient.

Données récoltées

- Durée de la session du mini-jeu,
- Nombre de sons détectés par catégorie (grave, aigu) dans cette session (version clinique uniquement),
- Nombre de pompons gagnés dans cette session (version clinique uniquement).

La Pêche à la Ligne

Introduction par le forain

Le forain apparaît en surimpression au milieu de l'écran et prononce le message suivant : « Bonjour et bienvenue à la Pêche à la Ligne ! Surveille bien les poissons qui passent sous l'hameçon du pêcheur, et préviens-le dès que tu en vois afin qu'il puisse les attraper. Amuse-toi bien ! » Puis l'image du forain rétrécit et se déplace vers son emplacement en haut au centre de l'écran.

Démonstration par l'ami

L'image de l'ami apparait en bas à droite de l'écran, il surveille un « ruisseau » dans lequel circulent des poissons en plastique. En face de lui, vers la gauche de l'écran, un pêcheur avec un bandeau sur les yeux tient une canne à pêche. Quand un poisson passe sous sa ligne, l'ami prononce un son, et le pêcheur pêche le poisson. Il continue ainsi afin de pêcher deux autres poissons. L'ami prononce la phrase suivante : « Super, grâce à moi le pêcheur a pu attraper trois poissons. Il suffit que je prononce un son pour qu'il comprenne qu'il doit pêcher. »

Puis son image rétrécit et se déplace vers son emplacement en haut à droite de l'écran. Il prononce alors le message tutoriel puis l'écran principal du mini-jeu s'affiche.

Mini-jeu

A l'écran se trouve un pêcheur avec un bandeau sur les yeux. Il tient une canne à pêche dont la ligne surplombe un petit ruisseau. Dans le ruisseau, des poissons en plastique circulent de droite à gauche. Les poissons sont générés aléatoirement par le système. Ils ont tous la même vitesse de nage, mais des couleurs différentes générées aléatoirement. Un seul poisson passe à un instant t sous la ligne du pêcheur, mais plusieurs poissons sont visibles à l'écran, il est ainsi possible d'anticiper l'arrivée des prochains poissons.

Le micro de la tablette capte l'environnement sonore et l'enfant doit prononcer un son quand il voit un poisson sous la ligne du pêcheur. Un traitement du signal est effectué et si un son supérieur au bruit ambiant est détecté, alors le pêcheur baisse sa ligne pour essayer d'attraper le poisson.

Si un poisson est effectivement sous la ligne à ce moment-là, le pêcheur arrive à l'attraper et une image du poisson apparait en bas au centre de l'écran. Si d'autres poissons sont attrapés lors de la session alors ils s'accumulent également à cet endroit. Le compteur de poissons repart à zéro lors de chaque nouvelle session de jeu.

S'il n'y a pas de poisson sous la ligne au moment où le son est détecté, alors le pêcheur remonte sa ligne vide.

Les poissons s'enchainent à un rythme variable, obligeant le joueur s'il souhaite attraper tous les poissons à enchaîner également les sons. Si cinq poissons de suite ont bien été attrapés par le joueur, alors la vitesse de nage des poissons est accélérée par le système. Si trois poissons de suite sont ratés par le joueur, alors la vitesse de nage des poissons

est décélérée par le système. La vitesse de nage est conservée d'une session à une autre de ce mini-jeu.

Récompense

S'il a gagné des poissons, le joueur obtient à la fin du mini-jeu une photo-souvenir de lui avec son panier de poissons. Cette image est générée par le système.

Feedbacks

Plusieurs types de feedbacks sont proposés à l'enfant : des feedbacks visuels et des feedbacks sonores. En ce qui concerne l'aspect visuel, le mouvement de la canne à pêche du pêcheur lui permet de comprendre à quel rythme il a prononcé les sons.

S'il produit un son au bon moment, alors le feedback visuel correspond à l'ajout d'un nouveau poisson en bas de l'écran. Un son est également joué par le système (et la détection de son est désactivée pendant une seconde). Etant donné l'enchaînement « rapide » des sons à produire, aucun feedback parlé n'est proposé.

Si l'enfant ne produit pas de son, les poissons continuent à défiler sous la ligne du pêcheur. Ils ralentissent au fur et à mesure (voir plus haut). Au bout de huit secondes, l'ami du joueur prononce la phrase suivante : « J'ai vu plein de poissons passer, essaye de faire un son pour dire au pêcheur de les attraper ». Huit secondes plus tard, s'il n'y a toujours pas eu de détection de son, un second message est prononcé par l'ami du joueur : « Je te montre, un son comme cela : "go" ».

Si l'enfant produit un son à un moment où il n'y a pas de poisson sous la ligne du pêcheur, alors celui-ci plonge sa ligne sous l'eau, mais la ressort vide. Au bout de deux essais échoués d'affilée, l'ami du joueur prononce la phrase suivante : « Je pense que tu fais ton son à un mauvais moment. Essaye de faire un son juste quand le poisson arrive sous la canne à pêche ». Par ailleurs, les poissons ralentissent au fur et à mesure (voir plus haut).

Fin du mini-jeu

A la fin du mini-jeu, si aucun poisson n'a été gagné, alors le forain prononce la phrase suivante : « Tu n'as pas réussi à attraper de poisson cette fois-ci ? Ce n'est pas grave, voici tout de même une photo-souvenir de ton passage ici. A bientôt. » En effet, une photo-souvenir de la scène de pêche est acquise au moment de l'appui sur l'icône du

train. Aucun son n'est joué. Après visualisation de la photo-souvenir, l'animation de fin de jeu est proposée, puis le joueur se retrouve à l'accueil du jeu. Le nombre de mini-jeux actifs sur l'écran d'accueil ne change pas.

Une « réussite » dans la Pêche à la Ligne implique qu'au moins un poisson ait été gagné dans la session qui vient de se terminer. Si c'est le cas, alors le forain prononce la phrase suivante : « Je vois que tu as réussi à remplir ton panier, bravo ! Voici une photo-souvenir de ta pêche. A bientôt. » La photo-souvenir correspond à ce qui a été précisé au paragraphe 2.4.4. Le retour à l'accueil se fait via l'animation de fin de jeu. Par ailleurs, s'il n'est pas déjà actif au niveau du menu d'accueil, le mini-jeu du Clown le devient.

Données récoltées

- Durée de la session du mini-jeu,
- Nombre de sons détectés dans cette session (version clinique uniquement),
- Nombre de poissons gagnés dans cette session (version clinique uniquement),
- Vitesse maximum atteinte dans cette session.

Le Clown

Introduction par le forain

Le forain apparaît en surimpression au milieu de l'écran et prononce le message suivant : « Bonjour et bienvenue chez le Clown ! Il va te proposer plein de grimaces et de sons à refaire. Concentre-toi bien, et tu pourras récolter des photos de grimaces pour ton album ». Puis l'image du forain rétrécit et se déplace vers son emplacement en haut au centre de l'écran.

Démonstration par l'ami

L'image de l'ami apparaît à droite de l'écran. A côté de lui, sur la gauche de l'écran, un clown maquillé exagère l'articulation d'un « o ». L'ami reproduit le geste et le son, alors le clown prononce la phrase suivante : « Tu as réussi à faire pareil que moi, voici une grimace pour toi. » Il fait alors une grimace bizarre et l'ami éclate de rire et prononce la phrase suivante : « Je pense qu'on va bien rigoler avec ce clown, il suffit de faire pareil que lui pour gagner des grimaces ».

Puis l'image de l'ami rétrécit et se déplace vers son emplacement en haut à droite de l'écran. Il prononce alors le message tutoriel puis l'écran principal du mini-jeu s'affiche.

Mini-jeu

L'image de l'enfant est récupérée via la caméra frontale de la tablette, et projetée à l'écran en direct dans la partie de droite. Sur le côté gauche de l'écran se trouve le visage d'un clown maquillé. Le clown prononce la phrase suivante : « Pour gagner une grimace, fait pareil que moi. » Ensuite, le clown exagère l'articulation d'un son déterminé par le système. Après cela, le micro de la tablette capte l'environnement sonore et l'enfant doit prononcer le même son. En parallèle, il voit son image en direct à l'écran pour pouvoir vérifier la position de ses articulateurs. Un traitement du signal est effectué et si le son prononcé correspond à celui qui est attendu alors l'analyse sonore s'arrête et le clown prononce la phrase suivante : « Tu as réussi à faire pareil que moi, voici une grimace pour toi. ». Il fait une grimace qui dure plusieurs secondes. La grimace est générée aléatoirement par le système afin qu'il y en ait un grand nombre et donc afin d'augmenter la jouabilité. Puis un autre son est proposé par le clown selon le même protocole.

La progression des sons à travailler doit encore être finalisée avec la logopédiste du CHURIC, mais pourrait suivre les niveaux suivants :

- 1) D'abord les voyelles situées aux extrémités du triangle vocalique : /a/, /i/, /ou/,
- 2) Puis les voyelles /eau/, /é/, /u/,
- 3) Puis les syllabes suivantes reprenant une consonne accompagnée de la voyelle /a/ : /fa/, /pa/, /ta/, /sa/, /cha/,
- 4) Ensuite les voyelles /è/, /o/, /œ/,
- 5) Puis les syllabes suivantes reprenant une consonne accompagnée de la voyelle /a/ : /va/, /ba/, /da/, /za/, /ja/,
- 6) Enfin les syllabes suivantes reprenant une consonne accompagnée de la voyelle /a/ : /ra/, /la/, /ka/, /ga/.

Le système ne passe au niveau suivant que lorsque tous les sons du niveau précédent ont été correctement prononcés au moins trois fois. Par exemple, lorsque l'enfant a été capable de produire trois fois les sons /a/, /i/ et /ou/, le système débloque les voyelles /eau/, /é/ et /u/. Les six sons provenant des niveaux 1) et 2) sont alors proposés aléatoirement par le système. Un même son ne doit pas être proposé deux fois de suite

par le système. Le niveau maximum atteint est conservé d'une session à une autre de ce mini-jeu.

Récompense

Une photo-souvenir de la première grimace gagnée est prise automatiquement. Un bruit d'obturateur est joué simultanément. La photo-souvenir apparaît en grand à l'écran (voir plus bas la description détaillée de ce principe de photo-souvenir). Par la suite, l'enfant a accès à la création de photos-souvenirs via l'icône d'appareil photo. Cette icône n'est activée que pendant que le clown est en train de faire une grimace (c'est-à-dire après une réussite de l'enfant).

Feedbacks

Plusieurs types de feedbacks sont proposés à l'enfant : des feedbacks visuels et des feedbacks sonores. En ce qui concerne l'aspect visuel, dès qu'il réussit à imiter un son produit par le clown, ce dernier effectue une grimace, il a aussi un feedback sonore par le clown. Par ailleurs, la récompense en elle-même (la photo-souvenir) est aussi un feedback.

Au bout de huit secondes, si l'enfant ne produit pas de son, l'ami du joueur prononce la phrase suivante : « Veux-tu jouer avec moi ? Essaie de faire pareil que le clown », et le clown propose à nouveau l'exagération de l'articulation du même son. Huit secondes plus tard, s'il n'y a toujours pas eu de détection de son, l'ami du joueur prononce la phrase suivante : « J'ai l'impression que tu n'as pas envie de faire ce son ou qu'il est trop difficile pour toi, et si le clown t'en proposait un autre ? », et le clown propose un autre son.

Si l'enfant produit un son qui n'est pas celui attendu, alors l'ami du joueur prononce la phrase suivante : « Je pense que tu ne fais pas exactement comme le clown, essaie encore », et le clown propose à nouveau l'exagération de l'articulation du même son. Si l'enfant se trompe à nouveau, l'ami du joueur prononce la phrase suivante : « C'est bien, tu es persévérant, mais ce n'est pas encore exactement ça, essaie encore », et le clown propose à nouveau l'exagération de l'articulation du même son. Après la troisième erreur, l'ami du joueur prononce la phrase suivante : « Tu as fait de gros efforts, mais ce n'est pas encore exactement ça. J'ai l'impression que pour l'instant ce son est trop difficile pour toi, et si le clown t'en proposait un autre ? », et le clown propose un autre son.

Fin du mini-jeu

A la fin du mini-jeu, si aucune grimace n'a été gagnée, alors le forain prononce la phrase suivante : « Tu n'as pas réussi à gagner une grimace ? Ce n'est pas grave, voici tout de même une photo-souvenir de ton passage ici. A bientôt. » En effet, une photo-souvenir de la scène avec le clown d'un côté et le visage de l'enfant de l'autre est acquise au moment de l'appui sur l'icône du train. Aucun son n'est joué. Après visualisation de la photo-souvenir, l'animation de fin de jeu est proposée, puis le joueur se retrouve à l'accueil du jeu. Le nombre de mini-jeux actifs sur l'écran d'accueil ne change pas.

Une « réussite » dans l'attraction du Clown implique qu'au moins une grimace ait été obtenue dans la session qui vient de se terminer. Si c'est le cas, alors le retour à l'accueil se fait uniquement via l'animation de fin de jeu. Aucune photo-souvenir supplémentaire n'est donnée. Par ailleurs, s'il n'est pas déjà actif au niveau du menu d'accueil, le mini-jeu du Magicien le devient.

Données récoltées

- Durée de la session du mini-jeu,
- Nombre de sons détectés dans cette session (version clinique uniquement),
- Pour chaque son, nombre de réussites et nombre d'échecs (y compris les non-réponses) (version clinique uniquement),
- Niveau maximum débloqué dans cette session

Le Magicien

Introduction par le forain

Le forain apparaît en surimpression au milieu de l'écran et prononce le message suivant : « Bonjour et bienvenue chez le Magicien ! Si tu répètes les formules magiques après lui, tu découvriras les surprises cachées dans son chapeau. » Puis l'image du forain rétrécit et se déplace vers son emplacement en haut au centre de l'écran.

Démonstration par l'ami

L'image de l'ami apparaît à droite de l'écran. A côté de lui, sur la gauche de l'écran, un magicien tient sa baguette magique au-dessus de son chapeau. Il prononce une suite de

phonèmes. L'ami reproduit la séquence sonore pendant que le magicien remue sa baguette au-dessus de son chapeau. Soudain, un lapin sort du chapeau. L'ami prononce alors la phrase suivante : « Oh, un lapin était caché dans le chapeau du magicien ! Grâce à la formule magique que j'ai répétée, on a pu le faire sortir, c'est génial ! »

Puis l'image de l'ami rétrécit et se déplace vers son emplacement en haut à droite de l'écran. Il prononce alors le message tutoriel puis l'écran principal du mini-jeu s'affiche.

Mini-jeu

La mécanique de ce mini-jeu est relativement similaire à celle décrite pour le mini-jeu du Clown : l'image de l'enfant est récupérée via la caméra frontale de la tablette, et projetée à l'écran en direct dans la partie de droite. Sur le côté gauche de l'écran se trouve le visage d'un magicien qui tient sa baguette au-dessus de son chapeau. Le magicien prononce la phrase suivante : « Pour savoir ce qui est caché dans mon chapeau, répète la formule magique après moi. » Ensuite, le magicien prononce un ensemble de phonèmes déterminé par le système. Après cela, le micro de la tablette capte l'environnement sonore et l'enfant doit prononcer la même séquence. En parallèle, il voit son image en direct à l'écran pour pouvoir vérifier la position de ses articulatoires. Le magicien bouge sa baguette au-dessus du chapeau tout le temps qu'un signal sonore est capté. Un traitement du signal est effectué et si la séquence prononcée correspond à celle qui est attendue alors l'analyse sonore s'arrête, un objet sort du chapeau et vient se placer en bas au centre de l'écran. Le magicien prononce la phrase suivante : « Bravo, tu as bien prononcé la formule magique ! » Un grand nombre d'objets différents sont disponibles afin d'augmenter la rejouabilité. Puis une autre séquence de sons est proposée par le magicien selon le même protocole.

La progression des séquences à travailler doit encore être finalisée avec la logopédiste du CHURIC, mais pourrait suivre les niveaux suivants :

- 1) alternance entre deux phonèmes éloignés sur le triangle vocalique (ex : a/i ; i/ou)
- 2) alternance entre deux phonèmes vocaliques
- 3) alternance entre trois phonèmes vocaliques
- 4) logatomes aléatoires de deux syllabes canoniques
- 5) logatomes aléatoires de trois syllabes canoniques
- 6) logatomes aléatoires de quatre syllabes canoniques

Le système ne passe au niveau de séquences suivant que lorsque cinq séquences du niveau précédent ont été correctement répétées. Comme pour le mini-jeu précédent, les niveaux se cumulent, c'est-à-dire que lorsque le niveau 3 est atteint par exemple, des séquences issues des niveaux 1, 2 et 3 sont proposées indifféremment. Le niveau maximum atteint est conservé d'une session à une autre de ce mini-jeu.

Récompense

S'il a gagné des objets, le joueur obtient à la fin du mini-jeu une photo-souvenir de lui avec ses objets. Cette image est générée par le système.

Feedbacks

Plusieurs types de feedbacks sont proposés à l'enfant : des feedbacks visuels et des feedbacks sonores. En ce qui concerne l'aspect visuel, dès qu'il réussit à imiter une séquence produite par le magicien, un objet sort du chapeau, il a aussi un feedback sonore par le magicien. Par ailleurs, la récompense en elle-même (la photo-souvenir) est aussi un feedback.

Au bout de huit secondes, si l'enfant ne produit pas de son, l'ami du joueur prononce la phrase suivante : « Veux-tu jouer avec moi ? Essaie de répéter la formule magique du magicien », et le magicien propose à nouveau la même séquence de sons. Huit secondes plus tard, s'il n'y a toujours pas eu de détection de son, l'ami du joueur prononce la phrase suivante : « J'ai l'impression que tu n'as pas envie de répéter cette formule magique ou qu'elle est trop difficile pour toi, et si le magicien t'en proposait un autre ? », et le magicien propose une autre séquence.

Si l'enfant produit une séquence qui n'est pas celle attendue, alors l'ami du joueur prononce la phrase suivante : « Je pense que tu ne fais pas exactement comme le magicien, essaie encore », et le magicien propose à nouveau la même séquence de sons. Si l'enfant se trompe à nouveau, l'ami du joueur prononce la phrase suivante : « C'est bien, tu es persévérant, mais ce n'est pas encore exactement ça, essaie encore », et le magicien propose à nouveau la même séquence de sons. Après la troisième erreur, l'ami du joueur prononce la phrase suivante : « Tu as fait de gros efforts, mais ce n'est pas encore exactement ça. J'ai l'impression que pour l'instant cette formule magique est trop difficile pour toi, et si le magicien t'en proposait un autre ? », et le magicien propose une autre séquence.

Fin du mini-jeu

A la fin du mini-jeu, si aucun objet n'a été gagné, alors le forain prononce la phrase suivante : « Tu n'as pas pu découvrir les surprises cachées dans le chapeau du magicien ? Ce n'est pas grave, voici tout de même une photo-souvenir de ton passage ici. A bientôt. » En effet, une photo-souvenir de la scène avec le magicien d'un côté et le visage de l'enfant de l'autre est acquise au moment de l'appui sur l'icône du train. Aucun son n'est joué. Après visualisation de la photo-souvenir, l'animation de fin de jeu est proposée, puis le joueur se retrouve à l'accueil du jeu. Le nombre de mini-jeux actifs sur l'écran d'accueil ne change pas.

Une « réussite » dans le jeu du Magicien implique qu'au moins un objet ait été gagné dans la session qui vient de se terminer. Si c'est le cas, alors le forain prononce la phrase suivante : « Je vois que tu as découvert ce qui se cache dans le chapeau du magicien, bravo ! Voici une photo-souvenir de tes découvertes. A bientôt. » La photo-souvenir correspond à ce qui a été précisé au paragraphe 2.6.4. Le retour à l'accueil se fait via l'animation de fin de jeu. Par ailleurs, s'ils ne sont pas déjà actifs au niveau du menu d'accueil, les mini-jeux de la Cage des Perroquets et du Singe Savant le deviennent.

Données récoltées

- Durée de la session du mini-jeu,
- Nombre de séquences détectées dans cette session (version clinique uniquement),
- Liste de chaque séquence proposée et résultat du patient (réussite, échec, non-réponse) (version clinique uniquement),
- Niveau maximum débloqué dans cette session.

La Cage des Perroquets

Introduction par le forain

Le forain apparaît en surimpression au milieu de l'écran et prononce le message suivant : « Bonjour et bienvenue dans la Cage des Perroquets ! Choisis le perroquet avec lequel tu veux jouer, et il répètera tout ce que tu dis de manière rigolote ! » Puis l'image du forain rétrécit et se déplace vers son emplacement en haut au centre de l'écran.

Démonstration par l'ami

L'image de l'ami apparaît en surimpression à l'écran. Derrière lui, quatre perroquets sont installés sur une branche. Il prononce la phrase suivante « Je crois que je vais choisir le perroquet jaune ». Le perroquet jaune s'approche et apparaît en gros plan.

L'ami prononce alors ceci : « Boum ! » et le perroquet répète « Boum ! » d'une voix très aiguë. L'ami dit « coucou » et le perroquet répète « coucou » toujours d'une voix très aiguë.

Puis l'image de l'ami rétrécit et se déplace vers son emplacement en haut à droite de l'écran. Le perroquet reprend également sa position initiale. L'ami prononce alors le message tutoriel, puis l'écran principal du mini-jeu s'affiche.

Mini-jeu

Contrairement aux mini-jeux précédents, celui-ci fonctionne sur le principe du jeu libre.

A l'écran, quatre perroquets de couleurs différentes sont installés sur une branche. Le joueur doit en sélectionner un avec un tapotement. Le perroquet sélectionné s'approche et apparaît en gros plan. Le micro de la tablette commence alors à capter l'environnement sonore. L'enfant peut prononcer ce qu'il veut, et le perroquet le répète avec une voix déformée grâce à un traitement du signal.

Chacun des quatre perroquets propose une déformation différente : accélération de la voix, ralentissement de la voix, écho et voix de robot.

Récompense

Une photo-souvenir de la première interaction avec le perroquet est prise automatiquement. Un bruit d'obturateur est joué simultanément. La photo-souvenir apparaît en grand à l'écran (voir plus bas la description détaillée de ce principe de photo-souvenir). Par la suite, l'enfant a accès à la création de photos-souvenirs via l'icône d'appareil photo. Cette icône n'est activée que pendant qu'un perroquet est actif au premier plan.

Feedbacks

Seul un feedback sonore est proposé dans ce mini-jeu : chaque production de l'enfant est reproduite (de manière déformée) par l'un des perroquets.

Lorsque l'un des perroquets est actif, si l'enfant ne produit pas de son au bout de huit secondes, l'ami du joueur prononce la phrase suivante : « Veux-tu jouer avec moi ? Essaye de dire “coucou” au perroquet ». Huit secondes plus tard, s'il n'y a toujours pas eu de détection de son, l'ami du joueur prononce la phrase suivante : « Essaye de dire “hop hop” au perroquet ». Huit secondes plus tard, s'il n'y a toujours pas eu de détection de son, l'ami dit au joueur « Tu es sûr que tu veux jouer avec le perroquet ? Tu peux lui raconter ce que tu veux, tu sais, il répètera tout avec une voix rigolote ».

Fin du mini-jeu

A la fin du mini-jeu, si rien n'a été répété par les perroquets, alors le forain prononce la phrase suivante : « J'ai l'impression que tu n'avais pas envie de jouer avec les perroquets aujourd'hui. Ce n'est pas grave, voici tout de même une photo-souvenir de ton passage ici. A bientôt. » En effet, une photo-souvenir de la scène avec les quatre perroquets sur la branche est acquise au moment de l'appui sur l'icône du train. Aucun son n'est joué. Après passage par l'écran de validation de la photo-souvenir, l'animation de fin de jeu est proposée, puis le joueur se retrouve à l'accueil du jeu. Le nombre de mini-jeux actifs sur l'écran d'accueil ne change pas.

Une « réussite » dans l'attraction de la Cage des Perroquets implique qu'au moins une séquence ait été répétée par l'un des perroquets durant la session qui vient de se terminer. Si c'est le cas, alors le retour à l'accueil se fait uniquement via l'animation de fin de jeu. Aucune photo-souvenir supplémentaire n'est donnée. Le nombre de mini-jeux actifs sur l'écran d'accueil ne change pas.

Données récoltées

- Durée de la session du mini-jeu,
- Nombre de séquences sonores répétées dans cette session (version clinique uniquement).

Le Singe Savant

Introduction par le forain

Le forain apparaît en surimpression au milieu de l'écran et prononce le message suivant : « Bonjour et bienvenue chez le Singe Savant ! Tu peux lui donner des ordres et

il fera ce que tu lui demandes ! » Puis l'image du forain rétrécit et se déplace vers son emplacement en haut au centre de l'écran.

Démonstration par l'ami

L'image de l'ami apparaît en surimpression à l'écran. Derrière lui, un singe est assis au pied d'un arbre.

L'ami prononce alors la phrase suivante : « On peut demander plein de choses à ce singe. Par exemple, je peux lui dire “dodo” ». Le singe s'allonge alors sur le sol pour se reposer.

Puis l'image de l'ami rétrécit et se déplace vers son emplacement en haut à droite de l'écran. Le perroquet reprend également sa position initiale. L'ami prononce alors le message tutoriel, puis l'écran principal du mini-jeu s'affiche.

Mini-jeu

Dans ce mini-jeu, le personnage du singe réagit aux ordres qui lui sont donnés par le joueur.

Le singe est présent au centre de l'écran, assis sur le sol. Le micro de la tablette capte l'environnement sonore et un traitement du signal est effectué. Si l'un des mots faisant partie du vocabulaire « cible » du singe est détecté, alors le singe effectue l'action demandée.

Le répertoire d'actions possible est limité (et reste à déterminer précisément avec l'aide de la logopédiste du CHURIC). Dans l'idée, des mots de la vie courante correspondants à des actions simples seront privilégiés (ex. : dodo, coucou, saute...)

Récompense

Une photo-souvenir de la première action effectuée par le singe est prise automatiquement. Un bruit d'obturateur est joué simultanément. La photo-souvenir apparaît en grand à l'écran (voir plus bas la description détaillée de ce principe de photo-souvenir). Par la suite, l'enfant a accès à la création de photos-souvenirs via l'icône d'appareil photo. Cette icône n'est activée que pendant que le singe effectue une action.

Feedbacks

Plusieurs types de feedbacks sont proposés à l'enfant : des feedbacks visuels et des feedbacks sonores. En ce qui concerne l'aspect visuel, dès qu'il réussit à produire un mot que le singe connaît, celui-ci effectue l'action demandée. Par ailleurs, la récompense en elle-même (la photo-souvenir) est aussi un feedback.

Au bout de huit secondes, si l'enfant ne produit pas de son, l'ami du joueur prononce la phrase suivante : « Veux-tu jouer avec le singe ? Dis-lui “dodo” ». Huit secondes plus tard, s'il n'y a toujours pas eu de détection de son, l'ami du joueur prononce la phrase suivante : « Tu peux aussi lui dire “saute” ».

Si l'enfant produit une séquence qui ne fait pas partie de celles attendues, alors son ami prononce ceci : « Je crois que le singe n'a pas compris ce que tu lui demandes, tu peux lui dire “dodo”, “coucou”, “saute”... Il ne comprend pas les autres mots. » Si l'enfant se trompe à nouveau, l'ami du joueur prononce la phrase suivante : « Le singe ne te comprend pas. Choisis si tu veux lui dire “dodo”, “coucou”, “saute”... »

Fin du mini-jeu

A la fin du mini-jeu, si aucune action n'a été effectuée par le singe, alors le forain prononce la phrase suivante : « Tu ne voulais pas jouer avec le singe aujourd'hui ? Ou c'est lui qui ne t'a pas compris ? Dans tous les cas, ce n'est pas bien grave, voici tout de même une photo-souvenir de ton passage ici. A bientôt. » En effet, une photo-souvenir de la scène avec le singe assis au sol est acquise au moment de l'appui sur l'icône du train. Aucun son n'est joué. Après visualisation de la photo-souvenir, l'animation de fin de jeu est proposée, puis le joueur se retrouve à l'accueil du jeu. Le nombre de mini-jeux actifs sur l'écran d'accueil ne change pas.

Une « réussite » dans l'attraction du Singe Savant implique qu'au moins une action ait été effectuée par le singe durant la session qui vient de se terminer. Si c'est le cas, alors le retour à l'accueil se fait uniquement via l'animation de fin de jeu. Aucune photo-souvenir supplémentaire n'est donnée. Le nombre de mini-jeux actifs sur l'écran d'accueil ne change pas.

Données récoltées

- Durée de la session du mini-jeu,

- Nombre de réalisations de chaque action du répertoire par le singe dans cette session (version clinique uniquement),
- Nombre de productions « non-attendues » prononcées par l'enfant dans cette session (version clinique uniquement).

ANNEXE II : RECAPITULATIF DES DONNEES A RECUPERER

Pour chaque partie, des informations génériques sont à récupérer : 1) identifiant de l'utilisateur ; 2) identifiant de la partie ; 3) date de la partie ; et 4) durée totale de la partie.

Puis, le tableau 3 récapitule l'ensemble des données à récupérer lors des sessions de chaque mini-jeu :

Mini-jeu concerné	Données à récupérer dans la version « grand public »	Données supplémentaires à récupérer dans la version « clinique »
Le Palais des Glaces	Durée de la session du mini-jeu	Nombre de sons détectés dans cette session
L'Enclos des Ours	Durée de la session du mini-jeu	Nombre de sons détectés par catégorie (faible, moyenne, forte) dans cette session
Le Manège	Durée de la session du mini-jeu	Nombre de sons détectés par catégorie (grave, aigu) dans cette session, Nombre de pompons gagnés dans cette session
La Pêche à la Ligne	Durée de la session du mini-jeu Vitesse maximum atteinte dans cette session.	Nombre de sons détectés dans cette session, Nombre de poissons gagnés dans cette session
Le Clown	Durée de la session du mini-jeu Niveau maximum débloqué dans cette	Nombre de sons détectés dans cette session, Pour chaque son, nombre de réussites et nombre d'échecs (y

	session	compris les non-réponses)
Le Magicien	Durée de la session du mini-jeu Niveau maximum débloqué dans cette session	Nombre de séquences détectées dans cette session, Liste de chaque séquence proposée et résultat du patient (réussite, échec, non-réponse),
La Cage des Perroquets	Durée de la session du mini-jeu	Nombre de séquences sonores répétées dans cette session
Le Singe Savant	Durée de la session du mini-jeu	Nombre de réalisations de chaque action du répertoire par le singe dans cette session, Nombre de productions « non-attendues » prononcées par l'enfant dans cette session.

Tableau 3 : Liste des données à récupérer dans chaque mini-jeu.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

1. Liste des Tableaux

Tableau 1 : Liste de programmes utilisant la reconnaissance vocale pour stimuler la production de la parole.....	32
Tableau 2 : Liste des mini-jeux de « FunSpeech » et des compétences linguistiques travaillées. .	51
Tableau 3 : Liste des données à récupérer dans chaque mini-jeu.	102

2. Liste des Figures

Figure 1 : Schéma d'un implant cochléaire (CURIC, 2015)	12
Figure 2 : Calcul de la signature d'un phonème, celle-ci deviendra le spectre « candidat ».	41
Figure 3 : Le spectre candidat est classifié en utilisant un ensemble de spectres de référence contenus dans une base de données.....	42
Figure 4 : Maquette de l'écran d'accueil de « FunSpeech ».	48
Figure 5 : Schéma présentant la navigation dans l'application « FunSpeech ».	49
Figure 6 : Maquette générique des écrans de mini-jeux dans « FunSpeech ».	50
Figure 7 : Maquette du mini-jeu « Le Palais des Glaces ».	53
Figure 8 : Maquette du mini-jeu « L'Enclos des Ours ».	55
Figure 9 : Maquette du mini-jeu « Le Manège ».	57
Figure 10 : Maquette du mini-jeu « La Pêche à la Ligne ».	58
Figure 11 : Maquette du mini-jeu « Le Clown ».	59
Figure 12 : Maquette du mini-jeu « Le Magicien ».	61
Figure 13 : Maquette du mini-jeu « La Cage des Perroquets ».	63

Figure 14 : Maquette du mini-jeu « Le Singe Savant ».....	64
Figure 15 : Progression des différents mini-jeux.....	65
Figure 16 : Maquette de l'écran des photos.....	66

TABLE DES MATIERES

RESUME	2
REMERCIEMENTS	3
SOMMAIRE	4
INTRODUCTION	7
CONTEXTE	9
I. PARTENAIRES DU PROJET	10
II. LA SURDITE ET LES IMPLANTS COCHLEAIRES	10
1. LA SURDITE	10
2. LES IMPLANTS COCHLEAIRES	11
3. PROTOCOLE D'IMPLANTATION AU CHURIC	14
PARTIE THEORIQUE	16
I. DEVELOPPEMENT DU LANGAGE	17
1. MODULARITE DU LANGAGE.....	17
2. PARTICULARITES DU DEVELOPPEMENT DU LANGAGE CHEZ LES ENFANTS IMPLANTES	18
II. LOGOPEDIE ASSISTEE PAR ORDINATEUR (COMPUTER-BASED SPEECH THERAPY)	19
1. DEFINITIONS	20
2. EXEMPLES DE PROGRAMMES AYANT MONTRE LEUR EFFICACITE	21
III. PRINCIPES SOUS-TENDANT LA CREATION D'UNE APPLICATION MOBILE DE JEU PEDAGOGIQUE	22
1. PRINCIPES PEDAGOGIQUES	22
1.1. Apprentissage actif.....	23
1.2. Engagement.....	23
1.3. Meaningful Learning	24
1.4. Interaction sociale	24
1.5. Objectif pédagogique	25
2. PRINCIPES ERGONOMIQUES	25
2.1. Screen Design	25
2.2. Navigation.....	26
2.3. Facilité d'utilisation	26
2.4. Réactivité de l'application	27
2.5. Instructions.....	27
2.6. Feedbacks.....	27

2.7.	Niveaux de difficulté.....	27
2.8.	Présentation et diffusion du contenu.....	28
2.9.	Agent pédagogique	28
2.10.	Personnalisation	29
ANALYSE CONCURRENTIELLE		30
I.	DESCRIPTION DE LA DEMANDE	31
II.	DESCRIPTION DE L’EXISTANT	31
1.	PROGRAMMES A DESTINATION DES PROFESSIONNELS	33
2.	PROGRAMMES A DESTINATION DU GRAND PUBLIC	34
ANALYSE DES BESOINS		36
I.	PUBLIC CIBLE	37
II.	CARACTERISTIQUES LINGUISTIQUES	38
III.	CARACTERISTIQUES PEDAGOGIQUES.....	38
IV.	CARACTERISTIQUES TECHNIQUES.....	40
1.	CHOIX DES SUPPORTS	40
2.	FRAMEWORK DE DEVELOPPEMENT.....	40
3.	TRAITEMENT DU SIGNAL	41
V.	CARACTERISTIQUES ERGONOMIQUES	42
1.	NAVIGATION.....	42
2.	ASPECTS GRAPHIQUES ET PERSONNALISATION	43
3.	FEEDBACKS ET RECOMPENSES	43
VI.	BESOINS SPECIFIQUES POUR LA RECHERCHE ET LA CLINIQUE	44
CONCEPTION DETAILLEE		45
I.	DESCRIPTION RAPIDE DE LA SOLUTION RETENUE	46
II.	ACCUEIL DU JEU	46
III.	STORYBOARD POUR LA NAVIGATION.....	49
IV.	MECANIQUE DU JEU	50
1.	ECRANS DES MINI-JEUX.....	50
2.	COMPETENCES LINGUISTIQUES TRAVAILLEES	51
3.	MECANIQUE DES MINI-JEUX	51

3.1.	Le Palais des Glaces.....	51
3.1.1.	Introduction par le forain	51
3.1.2.	Démonstration par l'ami	52
3.1.3.	Mini-jeu.....	52
3.1.4.	Récompense	52
3.1.5.	Feedbacks.....	53
3.1.6.	Fin du mini jeu	54
3.1.7.	Données récoltées	54
3.2.	L'Enclos des Ours.....	54
3.3.	Le Manège	56
3.4.	La Pêche à la Ligne.....	57
3.5.	Le Clown.....	59
3.6.	Le Magicien	61
3.7.	La Cage des Perroquets.....	62
3.8.	Le Singe Savant	63
4.	PROGRESSION DANS LE JEU	64
5.	FONCTIONNEMENT DES PHOTOS-SOUVENIRS	66
5.1.	Affichage des photos-souvenirs.....	66
5.2.	Album photo	67
6.	PARAMETRAGES.....	67
6.1.	Sélection de la langue de l'application	67
6.2.	Profils de joueurs	68
6.3.	Zone réservée aux adultes	68
	DISCUSSION	70
	I. CHOIX DE CONCEPTION.....	71
	II. SUITE DU PROJET	72
	III. PERSPECTIVES.....	73
	CONCLUSION	75
	BIBLIOGRAPHIE.....	76
	ANNEXES	80
	ANNEXE I : DESCRIPTION DETAILLEE DES MINI-JEUX	81
	L'Enclos des Ours	81
	Introduction par le forain.....	81
	Démonstration par l'ami	81
	Mini-jeu	81
	Récompense	82
	Feedbacks	82
	Fin du mini-jeu.....	83
	Données récoltées.....	83
	Le Manège	83
	Introduction par le forain.....	83
	Démonstration par l'ami	84
	Mini-jeu	84
	Récompense	85
	Feedbacks	85
	Fin du mini-jeu.....	86

Données récoltées.....	86
La Pêche à la Ligne.....	86
Introduction par le forain.....	86
Démonstration par l'ami.....	87
Mini-jeu.....	87
Récompense.....	88
Feedbacks.....	88
Fin du mini-jeu.....	88
Données récoltées.....	89
Le Clown.....	89
Introduction par le forain.....	89
Démonstration par l'ami.....	89
Mini-jeu.....	90
Récompense.....	91
Feedbacks.....	91
Fin du mini-jeu.....	92
Données récoltées.....	92
Le Magicien.....	92
Introduction par le forain.....	92
Démonstration par l'ami.....	92
Mini-jeu.....	93
Récompense.....	94
Feedbacks.....	94
Fin du mini-jeu.....	95
Données récoltées.....	95
La Cage des Perroquets.....	95
Introduction par le forain.....	95
Démonstration par l'ami.....	96
Mini-jeu.....	96
Récompense.....	96
Feedbacks.....	96
Fin du mini-jeu.....	97
Données récoltées.....	97
Le Singe Savant.....	97
Introduction par le forain.....	97
Démonstration par l'ami.....	98
Mini-jeu.....	98
Récompense.....	98
Feedbacks.....	99
Fin du mini-jeu.....	99
Données récoltées.....	99
 ANNEXE II : RECAPITULATIF DES DONNEES A RECUPERER.....	 101
 TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	 103
1. LISTE DES TABLEAUX.....	103
2. LISTE DES FIGURES.....	103
 TABLE DES MATIERES.....	 105
