

Étude des usages et des publics

Livres Tactiles Augmentés

Étude rédigée par :

Dominique Archambault, Université Paris 8 Saint-Denis

Sophie Blain, Les Doigts Qui Rêvent

Dannyelle Valente, Université Lumière Lyon 2 et Université de Genève

Soutenu
par



**MINISTÈRE
DE LA CULTURE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Les Doigts
Qui Rêvent...

Les Doigts Qui Rêvent

Université Paris 8 Saint-Denis
Université Lumière Lyon 2

Laboratoire CHArt Laboratoire DIPHE

Université partenaire pour la conduite
des tests avec les enfants : Université de Genève

SOMMAIRE

1 IDENTITÉ DU PROJET ET CADRE DE L'EXPÉRIMENTATION	3
1.1 Projet.....	3
1.2 Expérimentation.....	3
2 DESCRIPTION DE LA MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE ET DES INDICATEURS RETENUS.....	5
2.1 Préparation du test	5
Les pré-prototypes	5
Le prototype final multisensoriel et multimedia « Kapi Capitaine »	11
2.2 Test printemps 2021	22
2.3 Interprétation.....	25
3 RETOURS D'EXPÉRIENCES, du point de vue du développement technique	27
Les différents conducteurs testés lors des 2 pré-prototypes (+ mix sur un même livre)	27
4 PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT DES SERVICES	32
4.1 Caractéristiques répliquables	32
4.2 Facteurs clés de succès et freins	32
4.3 Thèse en cours à la suite du projet	32
Bibliographie	33
Documents en ligne en lien avec le projet.....	34
Annexes des études réalisées	36
Questionnaire – Petite main se promène	36
Questionnaire - Kapi capitaine	40

1 IDENTITÉ DU PROJET ET CADRE DE L'EXPÉRIMENTATION

1.1 Projet

Notre projet consiste à créer et à évaluer des livres tactiles augmentés destinés à de jeunes enfants aveugles et malvoyants sévères, dans le but de leur offrir une expérience plus adaptée à son expérience perceptive et plus immersive. En effet la notion de plaisir immédiat d'un enfant voyant qui découvre une illustration visuelle n'est pas comparable à celle d'un enfant aveugle qui découvre une image tactile (Valente & Gentaz, 2019 ; Valente, 2015) puisque la modalité tactile nécessite un travail séquentiel et analytique. En effet, le lecteur doit reconstituer mentalement chaque partie touchée pour avoir une représentation de l'ensemble. Il s'agit d'un effort cognitif considérable. Nos livres augmentés permettront d'associer à l'illustration tactile des éléments interactifs rendant la découverte tactile plus intuitive et les contenus illustrés plus facilement reconnaissables par l'enfant, nécessitant ainsi moins de médiation de la part de l'adulte, et moins de surcharge cognitive. Les pages de ces livres tactiles comporteront des éléments de textiles connectés et des capteurs, et seront pilotées par un appareil doté d'enceintes audio, fournissant un enrichissement sonore, ainsi que des consignes et des retours audios selon les interactions entre le lecteur et la page. Cet appareil sera capable de charger plusieurs scénarii pour piloter différents livres tactiles augmentés.

Il ne s'agit pas simplement d'adapter en relief une illustration visuelle en ajoutant des sons, mais de l'augmenter en proposant de nouveaux modèles numériques d'interaction originaux, qui explorent la gestuelle et les expériences sensorimotrices du lecteur. Les scénarii implémentés permettront d'engager le jeune lecteur dans des manipulations et d'expérimenter le corps à travers deux doigts. Cette procédure d'exploration a été testée et validée récemment par les chercheurs en psychologie, partenaires de ce projet (Valente, Palama & Gentaz, 2021; Valente, Palama, Malsert, Bolens, & Gentaz, 2019; Valente & Gentaz, 2019;). Cette procédure permet de dialoguer davantage avec l'expérience perceptive de l'enfant aveugle. En outre, elle permet de créer de nouveaux espaces de partage entre voyants et aveugles.

1.2 Expérimentation

Un nouveau prototype basé sur les résultats de travaux précédents, testé dans un établissement accueillant des enfants déficients visuels, a été réalisé à une dizaine d'exemplaires afin de mener une étude des usages au sein du public prioritairement visé, ainsi que vers des enfants présentant d'autres types de déficiences dues à des troubles auditifs, cognitifs ou intellectuels.

L'objectif final est de développer une boîte à outils de scénarii d'interaction de base qui pourront être exploités avec des ressources numériques variées (images tactiles, sons, formes, etc.) dans le cadre d'une grande variété de contenus éditoriaux comme des albums pour les tout petits, des ouvrages scolaires, etc.

D'un point de vue opérationnel, notre travail a débuté en avril 2019, par une étude exploratoire de l'utilisation de textiles connectés et de différents types de capteurs dans la réalisation de livres interactifs multimodaux (audio, tactiles et gestuels), financé par un budget obtenu lors de l'appel à projets interne de Paris 8 (TICLIT). Cette phase est elle-même basée, sur les aspects techniques,

sur un prototype réalisé par notre partenaire culturel, Les Doigts Qui Rêvent (LDQR) en collaboration avec la PME FaberNovel, qui a montré la faisabilité technique d'une page incluant un tissu connecté et un capteur. Ensuite il a s'agit de construire un modèle de représentation de page et des prototypes illustrant différents scénarii dans lesquels l'enfant déclenche par sa gestuelle (ex. deux doigts qui montent les escaliers, sautent dans des flaques d'eau) des éléments sonores verbaux (textes enregistrés, lus par un comédien) ou non verbaux (musique, bruitages). Cette phase était basée sur la sélection des procédures exploratoires gestuelles mises au point par Valente et collaborateurs (2021, 2019). Dix-huit gestuelles avaient été déjà élaborées et testées lors d'une première phase d'étude avec des adultes aveugles et voyants (Valente et al., 2019). Sept modules 3D engageant 7 gestuelles prototypiques ont été testés avec les enfants aveugles et voyants (Valente et al., 2021).

Ces pages sont pilotées par un appareil programmable, permettant à terme d'implémenter des contenus divers et variés. Cet appareil pouvait être un boîtier connecté développé spécifiquement ou un smartphone selon les usages. Il permet d'associer un scénario et des ressources multimédias à chaque page, à chaque livre.

Un cahier des charges artistiques, permettant d'exploiter ces différents scénarii fonctionnels de page, a été rédigé et proposé à une autrice illustratrice, afin qu'elle crée une histoire jeunesse à partir du scénario gestuel et tactile de base issu de la recherche et correspondant à la fois à nos besoins techniques et artistiques (en effet avec notre public particulier, il nous faut une histoire complète, intéressante pour les enfants, de façon à ce que la qualité du texte ne constitue pas un biais à l'expérience). Nous avons alors réalisé un prototype complet de livre tactile augmenté destiné à être évalué au cours de l'étude des usages (voir plus loin). Ce premier prototype a été évalué (y compris en cours de développement) par des prescripteurs (éducateurs et enseignants spécialisés, spécialistes). Une fois aboutis, nous avons réalisé une dizaine d'exemplaires afin de pouvoir faire des tests d'usages à différents endroits et dans des contextes de lecture divers.

2 DESCRIPTION DE LA MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE ET DES INDICATEURS RETENUS

2.1 Préparation du test

Les pré-prototypes

Deux pré-prototypes ont été conçus et fabriqués par l'équipe projet en collaboration avec successivement deux étudiants du master *Advanced Electronic Systems Engineering* à l'Université de Bourgogne, Umar Farooq (Farooq, 2019), puis Fantahun Kebede (Amene, 2020), sous la direction scientifique de Dominique Archambault. Le premier étudiant a pu travailler dans les ateliers de LDQR à Dijon, tandis que le second, lui aussi à Dijon a fait son stage pendant le confinement, ce qui a généré d'importantes difficultés dues à la nature du travail à effectuer (montages tangibles, avec éléments tactiles et électronique embarquée). Ces travaux ont été publiés dans Archambault et al. (2022).

Pré-prototype 1 — « Petite main se promène »

Présentation du scénario tactile et des composants électroniques

Le prototype de livre conçu par Umar Farooq était basé sur une histoire courte intitulée « Petite main se promène » inspirée de l'album « *Petite main petit pouce* » de Martine Perrin (éditeur original : Seuil Jeunesse, éditeur de la version tactile : LDQR) dans lequel l'enfant simule la marche avec deux doigts sur les quatre pages du livre. Solène Négrerie, designer tactile de LDQR et Dannyelle Valente ont décidé ensemble des pages et du choix du design. Les illustrations du prototype multimodal ont été conçues par LDQR avec des matériaux et un format spécifiques pour accueillir les composants électroniques.

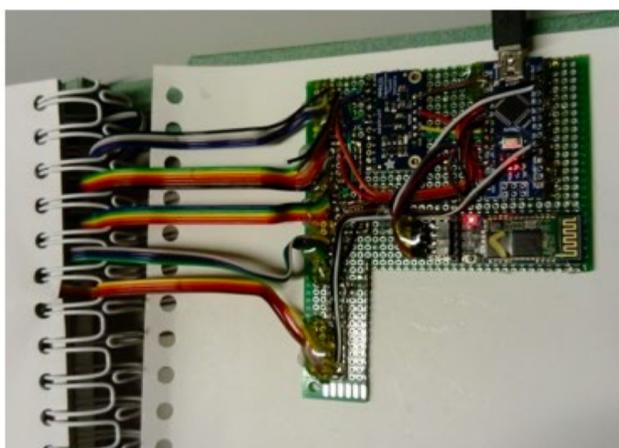


Fig. 1. Prototype 1 « Petite main se promène » : Couverture et carte électronique intégrée au 4e de couverture.

La Fig. 1 illustre la couverture du prototype, à gauche, montrant le geste de marche simulée avec deux doigts, et à droite, la carte électronique située sur la couverture du livre.

Les pages étaient faites de carton, les câbles étant collés à l'aide d'un ruban adhésif ; des composants actifs tels que des capteurs à effet Hall et, dans certains cas, des matériaux conducteurs comme du ruban de cuivre étaient également fixés sur la page. Tous les capteurs étaient reliés à un contrôleur Arduino Nano situé dans la couverture arrière du livre. Les câbles traversaient la reliure comme indiqué sur la figure 1 et étaient soudés sur une carte de circuit imprimé (PCB) sur laquelle le contrôleur et quelques composants électroniques nécessaires étaient également soudés. L'alimentation provenait du câble USB branché sur le contrôleur et relié à un ordinateur. En effet, dans ces premiers prototypes, le logiciel se trouvait sur un ordinateur, qui exécutait le scénario et jouait les sons en fonction des événements tactiles envoyés par le livre via le contrôleur. Dans les futurs prototypes, nous n'aurons plus besoin d'ordinateur, comme nous le verrons plus loin.

Sur la première double page, page de droite, un module miniature 3D d'un escalier peut être gravi par notre personnage représenté par deux doigts pour simuler la marche. Les marches sont recouvertes de cuivre et ont une hauteur d'environ 1 mm, car nous sommes limités en termes de hauteur des illustrations étant donné la nécessité de pouvoir tourner les pages. L'effet capacitif est utilisé et implémenté sur la carte Arduino, qui détecte le contact du doigt de l'enfant sur l'une des marches. Lorsque les enfants touchaient les marches de l'escalier avec leurs doigts, des bruits de pas étaient produits. En vis à vis, la page de gauche comprend le texte de consigne suivant « Toi aussi, monte l'escalier avec tes doigts ». Cette consigne sonore était annoncée également à l'enfant au moyen d'une voix off (une voix de femme).

La deuxième double page était composée sur la page de droite de plusieurs ensembles de tissus conducteurs formant deux grandes fleurs et une petite fleur. Sur la page de gauche, la consigne écrite exprimée par une voix off était « Caressez les fleurs du champ ». Lorsque le contact d'un doigt est détecté, un paysage sonore est diffusé (sons de printemps, du vent et des oiseaux).

La troisième double page comprend une petite porte en carton qui s'ouvre à l'aide d'une poignée sur la page de droite. Sur la page de gauche, la consigne écrite exprimée par une voix off était « frappez à la porte, toc, toc, toc et entrez ». Un grincement était produit lorsque la porte était ouverte et un claquement lorsqu'elle était fermée. La charnière est faite d'un tissu dont la résistance électrique change proportionnellement lorsqu'il est plié.

Enfin, la dernière double-page consistait en une petite souris en coton qui pouvait être accrochée à deux endroits à l'aide d'un velcro. On demande à l'enfant de la cacher du chat. La souris pouvait être accrochée dans sa position initiale en bas à droite de la page ou en haut à gauche, sous un tissu représentant un filet. Sur la page de gauche, la consigne exprimée par la voix off était « Oh, une petite souris ! Vite, cache-la pour que le chat ne la trouve pas ». Des sons de souris étaient émis lorsqu'elle était placée sous le filet et si elle était pressée vers le bas après avoir été cachée. Le système reconnaît si la souris se trouve sous le rideau grâce à un capteur à effet Hall et un petit aimant placé à l'intérieur.

Les capteurs à effet Hall sont également utilisés pour détecter quelle page est ouverte. Quatre aimants sont intégrés dans les quatre pages à des niveaux différents le long de la charnière du

livre, avec quatre capteurs correspondants dans la couverture arrière aux mêmes niveaux. Lorsqu'une page est fermée, son aimant est situé près du capteur correspondant, alors qu'il en est éloigné lorsque la page est ouverte. Les valeurs de ces capteurs indiquent donc quelle page est ouverte.

Les pages 1, 2 et 4 sont présentées en figure 2.

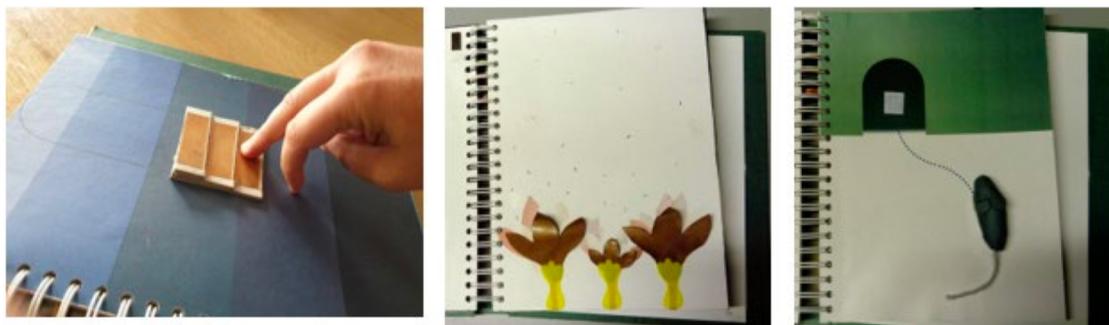


Fig. 2. Prototype 1 « Petite main se promène » : Page 1 (trois pas), page 2 (trois fleurs) et page 4 (la souris doit se cacher).

Étude de la compréhension du prototype par les enfants déficients visuels lors d'une expérience réelle de lecture

Le test du prototype « Petite Main se promène » a été pris en charge par le Laboratoire Développement, Individu, Processus, Handicap et Éducation (DIPHE) de l'Université Lumière Lyon 2. Deux étudiants de Master stagiaires ont effectué les passations. L'étude a résulté en deux mémoires de Master soutenus en juin 2020. Une analyse approfondie des résultats a été conduite par l'équipe du laboratoire DIPHE et l'équipe du laboratoire SMAS à l'Université de Genève. Les résultats de l'étude ont été publiés cette année dans le British journal of visual impairment (Valente et al., 2023) I. Ils ont également été présentés au colloque international Tactile Reading. Toutes les ressources et références utiles en lien avec cette étude sont présentées à la fin de ce document. Nous présentons ici une synthèse courte des résultats obtenus.

Participants

Au total, 11 enfants déficients visuels ont participé à l'étude. Le groupe d'enfants aveugles était composé d'une fille et de 4 garçons (Moyenne d'âge =9,4, Écart type =2,4) et le groupe d'enfants malvoyants était composé de 3 filles et de 3 garçons (Moyenne d'âge=8, Écart type=2,37). L'équipe de recherche s'est déplacée dans deux différentes structures spécialisées d'aide à la scolarisation : l'institut Montéclair d'Angers (49), et Le Phare d'Illzach (67). Les tests ont été réalisés au printemps 2020 et ont ensuite été interrompus à cause de la pandémie.

Méthodologie

L'expérimentateur a d'abord demandé à l'enfant s'il avait l'habitude des livres tactiles. Ensuite, l'expérimentateur présente le livre et explique à l'enfant qu'une voix lui dira ce qu'il doit faire. L'ensemble de la séance a été filmé (seule la main de l'enfant a été filmée). Deux assistants de recherche, ignorant le but de l'expérience, ont codé les vidéos.

Afin de mesurer la compréhension, deux variables ont été analysées pendant la découverte du livre (score de matching entre la consigne sonore et la production d'exploration manuelle attendue) et deux autres variables après la découverte (description de la manipulation effectuée et du son perçu). En particulier, pour le score de matching, les assistants ont codé si les enfants réalisent des explorations en réponse à la consigne (par exemple, si l'enfant essaie de monter les escaliers avec les doigts à la page 1 en réponse à la consigne « Toi aussi, monte les escaliers avec tes doigts »). Les assistants ont codé 1 en cas de correspondance et 0 en cas de non-correspondance. Ensuite, pour chaque page, les assistants notaient « 1 » si l'enfant avait effectué l'exploration manuelle attendue et « 0 » sinon (par exemple, si l'enfant utilise son index et son majeur pour monter les marches de la page 1 ou s'il effectue la procédure exploratoire de mouvement latéral. Enfin, l'expérimentateur a posé quelques questions supplémentaires afin de déterminer si les enfants avaient apprécié le livre.

Principaux résultats

L'objectif de cette étude était d'évaluer la compréhension d'un livre multimodal associant manipulation et sons par deux profils d'enfants déficients visuels. Nos résultats n'ont pas montré de différence significative entre les enfants aveugles et les enfants malvoyants sur le score d'appariement (matching), l'exploration manuelle attendue, la description des sons perçus et les manipulations effectuées. Pour le détail des calculs statistiques, on se référera à notre article récemment publié (Valente et al., 2023). Ces résultats pourraient indiquer que l'expérience visuelle ne serait pas nécessaire pour la compréhension de ce livre.

Les analyses qualitatives ont révélé que la plupart des enfants des deux groupes ont réussi l'appariement et ont produit l'exploration manuelle attendue pour les pages des fleurs, de la porte et de la souris. Les quelques enfants qui n'ont pas réussi ces trois pages n'ont pas osé manipuler les illustrations — même avec des instructions qui les guidaient. En effet, pour les pages de la porte et de la souris, certains enfants ont exprimé qu'ils avaient peur de casser les illustrations et avaient besoin de l'approbation de l'expérimentateur pour les manipuler. Cette constatation est importante pour les créateurs de livres (comme les maisons d'édition), car elle indique que pour certains enfants aveugles, l'accompagnement d'un adulte dans la découverte d'un livre serait essentiel pour qu'ils puissent l'explorer librement.

En ce qui concerne la première page avec des escaliers qui nécessitait une simulation de l'action de monter des escaliers par des gestes des doigts, les taux de correspondance et d'exploration manuelle attendue étaient plus faibles. Néanmoins, étant donné que la reconnaissance d'une miniature d'un escalier et la production des gestes des doigts ont été testées dans nos études précédentes (Valente et al., 2019 ; Valente, Palama & Gentaz 2021) et se sont révélées fructueuses, nous pensons que les faibles taux reflètent des difficultés de familiarisation avec les procédures du livre. En effet, nous supposons qu'une page d'introduction aux procédures du livre aurait permis aux enfants de se projeter plus facilement dans le livre dès la première page (par exemple, une page qui présente la démarche de simulation des actions du corps avec les deux doigts aux enfants et leur demande de simuler les jambes d'un personnage avec leurs deux doigts). De plus, le taux d'appariement et l'exploration manuelle attendus sur cette page d'escalier étaient non significativement plus faibles pour les enfants malvoyants que pour les enfants

aveugles. Cette observation s'appliquait à tous les taux sur les quatre pages, à l'exception de l'exploration manuelle attendue sur les pages des fleurs et de la porte et des sons perçus sur la page de la porte. Cela peut provenir de la nature de la tâche. L'exercice d'exploration tactile d'un livre sans l'utilisation de la vue résiduelle était quelque chose de nouveau et de spécial pour les enfants malvoyants, alors que les enfants aveugles exploraient un livre de la manière habituelle. Cependant, comme l'expérience visuelle et la pratique des livres tactiles n'étaient pas significatives sur le score d'appariement, les explorations manuelles attendues, la manipulation décrite et les sons perçus, les résultats suggèrent encore que la compréhension de ce livre ne dépendrait ni de l'expérience haptique ni de l'expérience visuelle du lecteur.

Les pages qui présentaient les taux les plus faibles d'explorations manuelles attendues étaient celles qui demandaient aux enfants d'imiter des gestes réels, soit les mêmes gestes qu'ils feraient pour ouvrir une porte, soit d'imiter avec leurs doigts les jambes d'un personnage montant des escaliers. Une hypothèse pourrait être que les enfants déficients visuels n'étaient pas habitués à découvrir des illustrations qui leur demandent d'incarner un personnage ou de simuler les gestes réels qu'ils effectueraient dans un certain contexte. En effet, certaines études ont montré que le jeu symbolique est moins familier aux enfants déficients visuels (Valente, Galiano & Balteneck, 2020 ; Valente et al., 2021). De plus, la page de la porte était la page préférée des enfants, tandis que la page de l'escalier était l'une de leurs moins favorites. On ne peut donc pas dire qu'ils ont moins bien réussi ces pages parce qu'ils les aimaient moins. En outre, ces pages présentaient des taux élevés de description des manipulations effectuées, ce qui signifie que les enfants comprenaient ce qu'ils devaient faire sur la page.

Enfin, la majorité des enfants ont réussi à décrire les sons perçus et les manipulations effectuées sur toutes les pages. Cependant, la page de la souris avait le taux le plus faible de sons perçus et avait également le taux le plus élevé de manipulation décrite. Ainsi, il semblerait que lorsque les enfants se concentrent sur les sons perçus, leurs réponses soient plus faibles pour les manipulations décrites. Néanmoins, cela ne remet pas en cause le choix d'un livre mobilisant le toucher et l'ouïe, puisque la majorité des enfants ont déclaré avoir apprécié le fait de pouvoir manipuler le livre et d'avoir un retour sonore correspondant.

Il est nécessaire de garder à l'esprit que nos résultats sont basés sur un échantillon de petite taille et que toute généralisation doit être prise avec précaution. Cette limitation s'explique par la grande hétérogénéité du profil de la déficience visuelle et donc le défi que représente la constitution de groupes homogènes de participants (Heller & Gentaz, 2014). Dans cette étude, nous avons dû sélectionner des participants sans troubles associés et avec une déficience visuelle congénitale, ce qui réduit encore la taille de l'échantillon.

Pour de futures recherches, il serait intéressant d'évaluer également un groupe d'enfants voyants pour définir si le livre est également compréhensible pour cette population. Le deuxième prototype « Kapi Capitaine » a été testé également avec un groupe d'enfants voyants.

Pré-prototype 2 — « Les chemins »

Présentation du scénario tactile et des composants électroniques

Un autre prototype de livre a été conçu par Umar Farooq pendant son Master pour explorer les possibilités techniques de la simulation de la marche avec les doigts comme le montre la couverture présentée à la Fig. 1. Le livre de quatre pages est intitulé « Mes chemins » et les personnages de l'histoire marchent le long d'un chemin. Le scénario original de ce livre a été créé par Solène Négrerie, designer tactile de LDQR et Danyelle Valente (chercheuse DIPHE et SMAS). Sur chaque page, le chemin est présenté verticalement, et le lecteur doit le parcourir avec les doigts. Sur la première page, seul le chemin est présenté ; le lecteur rencontre ensuite différents revêtements et des éléments supplémentaires (par exemple, une rivière à traverser). Les pages 1, 2 et 4 sont illustrées à la figure 3. Le système utilisé pour les pages était identique au prototype précédent, et le livre était également connecté à l'ordinateur pour lire l'histoire et jouer les sons. Le principal problème technique était le nombre limité de broches utilisables sur le microcontrôleur.

Si deux doigts touchent simultanément un matériau conducteur, le contrôleur ne détectera qu'une seule zone. Ainsi, lorsque l'enfant marche avec les doigts, un doigt doit être levé avant que le second doigt ne touche le livre. Cependant, ce n'est pas facile à faire, sinon, il donne l'impression de sauter ou de courir au lieu de marcher. Il a donc fallu réaliser de petites zones conductrices d'environ 24 mm de large sur 20 mm de long (espacées de 1 à 2 mm). Chaque zone devait être connectée à une broche du contrôleur, et dans ce cas, le chemin était de 4 cellules de large sur 10 cellules de long, avec un total de 40 cellules. Un Arduino Nano comporte 13 broches numériques. On pourrait utiliser un multiplexeur ou un Arduino Mega, mais cela entraînerait une carte électronique plus grande et un matériel plus coûteux, ce qui serait encore insuffisant si l'on voulait couvrir toute la page (environ 20 cm x 20 cm).

La solution choisie a été de connecter ensemble quelques zones conductrices et de faire en sorte que les zones contiguës ne soient pas reliées entre elles. Nous avons mis en place une disposition telle que la distance entre deux zones différentes soit d'au moins 20 mm (voir Fig. 3). Nous avons utilisé de l'encre conductrice pour ce test : les zones ont été peintes avec de l'encre conductrice, et du ruban de cuivre les a reliées aux fils de la page en carton.

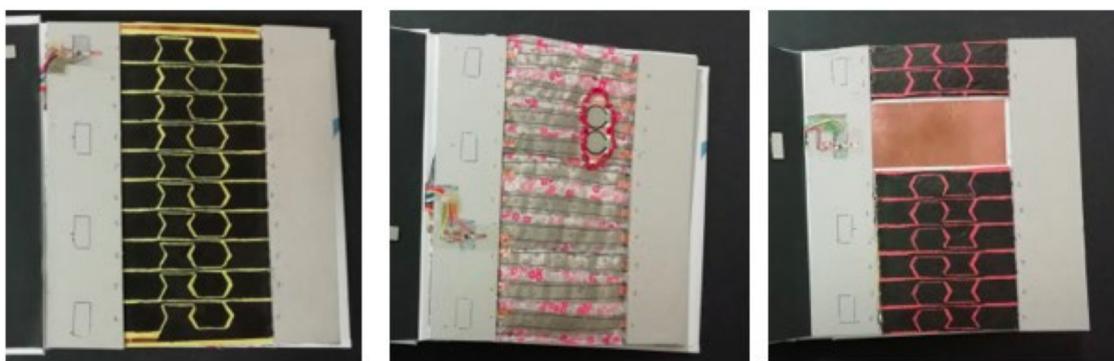


Fig. 3. Prototype 2 « Mes Chemins » : Page 1 (chemin simple), page 2 (chemin avec revêtement) et page 4 (chemin avec une rivière à traverser).

Les tests terrain

Ce livre n'a pas pu être testé avec les enfants, car il présentait des dysfonctionnements. Le son ne se déclenchait plus. L'emploi de la technique de l'encre conductrice s'est avéré trop fragile même s'il faut le reconnaître, nous n'avons pas testé différentes encres conductrices, donc d'autres tests pourraient être effectués.

Pré-prototype 3 — Ébauche de « Kapi Capitaine »

Ces 2 premiers prototypes ont été montrés à une autrice illustratrice de livres pour enfants, Lucie Félix, afin qu'elle identifie les types de gestes que nous étions capables de détecter. D'après l'idée de scénario haptique de Dannyelle Valente, Lucie Félix et Solène Négrerie et Dannyelle Valente, lors de différentes réunions de création, ont travaillé sur un scénario pour un nouveau prototype avec une histoire réelle. Fantahun Kebede a réalisé un dernier pré-prototype lors de sa recherche de Master. Sur la page 1, une planète tourne autour du soleil, et sur la page 2, le lecteur peut ouvrir la fenêtre et entendre le bruit des environs. Sur une page, on peut voir trois flaques d'eau, enfin sur une dernière page il y a une île entourée d'une plage. Ce prototype de livre a été créé en utilisant les mêmes techniques que les prototypes précédents (toucher capacitif, effet Hall, etc.).

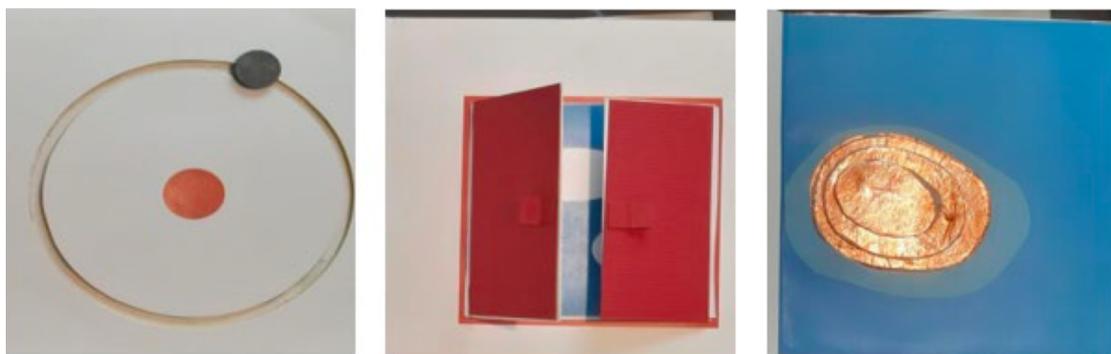


Fig. 4. Pré-prototype 3 : Page 1 (planète autour du soleil), page 2 (fenêtre) et page 4 (île).

Le prototype final multisensoriel et multimedia « Kapi Capitaine »

Le prototype final s'intitule « Kapi Capitaine ». C'est un album tactile inédit écrit et illustré par Lucie Félix d'après l'idée de scénario haptique de Dannyelle Valente. Cette dernière a également participé aux réunions de création du prototype avec Lucie Felix et Solène Négrerie. De nombreux contributeurs ont collaboré au contenu de ce prototype final ; la conception et design tactile du livre et des illustrations tactiles est de Solène Négrerie (LDQR), la création sonore de Damien Félix pour la musique et Ludovic Rocca (Benjamins media) pour les atmosphères sonores, la conception électronique et logicielle de Guillaume Bertrand.

Cet album intègre des tissus et mousses conducteurs associés à des circuits électroniques servant à déclencher des sons et atmosphères sonores selon la gestuelle des lecteurs. Les gestes mimant le mouvement du corps. Au fil des pages, l'enfant avance avec les deux doigts comme s'il s'agissait de ses jambes. Deux études ont permis de montrer que ces illustrations engageant l'expérience du corps via des gestes sont mieux reconnues que les illustrations tactiles

classiques et ce peu importe le statut visuel de l'enfant (voyant, déficient visuel ou aveugle) (Valente, et al, 2019 ; Valente, Palama & Gentaz, 2021).

Le livre « *Kapi Capitaine* » est composé de 6 pages illustrées, combinant des illustrations tactiles et des retours sonores. Un texte (en noir et en Braille) accompagne les illustrations pour chaque page.

Présentation de l'Album

Format : portrait 21x24, 5cm
Nombre de pages : 20 pages
Pages illustrations tactiles : 6

Reliure carnet
Texte gros caractère : Luciole 24pt
Braille embossé

Résumé de l'Album

Dans ce livre interactif, le personnage principal est joué par le lecteur accompagné par les aboiements du chien Kapi. Chaque page est une invitation pour le lecteur à être acteur par les gestes : par le texte, par les illustrations tactiles et par les retours sonores. Les retours sonores associés aux gestes permettent de contextualiser la situation, l'action.

Le lecteur aura besoin de ses oreilles, de ses mains, mais surtout de ses deux petits doigts, le majeur et l'index, qui deviendront deux petites jambes prêtes à vivre des aventures de page en page.



Fig. 5. Couverture et Page de garde de « Kapi Capitaine »

Page consigne

Le texte de l'album et sa page consigne (Fig. 6) ont été écrits à la première personne, permettant à l'utilisateur de comprendre qu'il est le personnage principal et l'incitant plus aisément à effectuer les gestes. Les consignes doivent être le plus instinctives possible.



Fig. 6. Page « Consigne »

Deux petits trous ont été placés en bas de chaque page comme repère pour démarrer l'expérience de simulations d'actions via les gestes des doigts (Fig. 7).

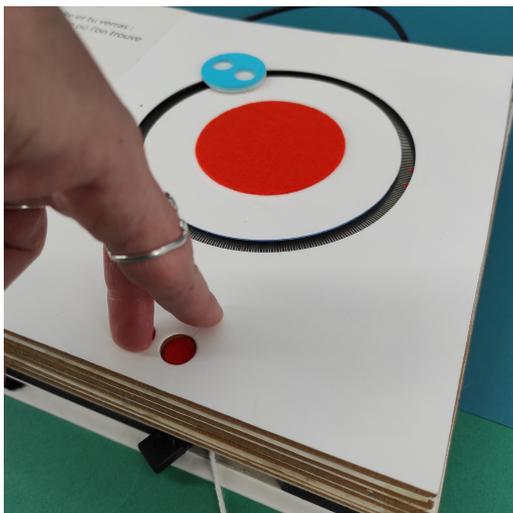


Fig. 7. Les trous-repères sur chaque page

Description des gestes, interaction usager livre, retours sonores et éventuelles modifications.

Page « Planète »

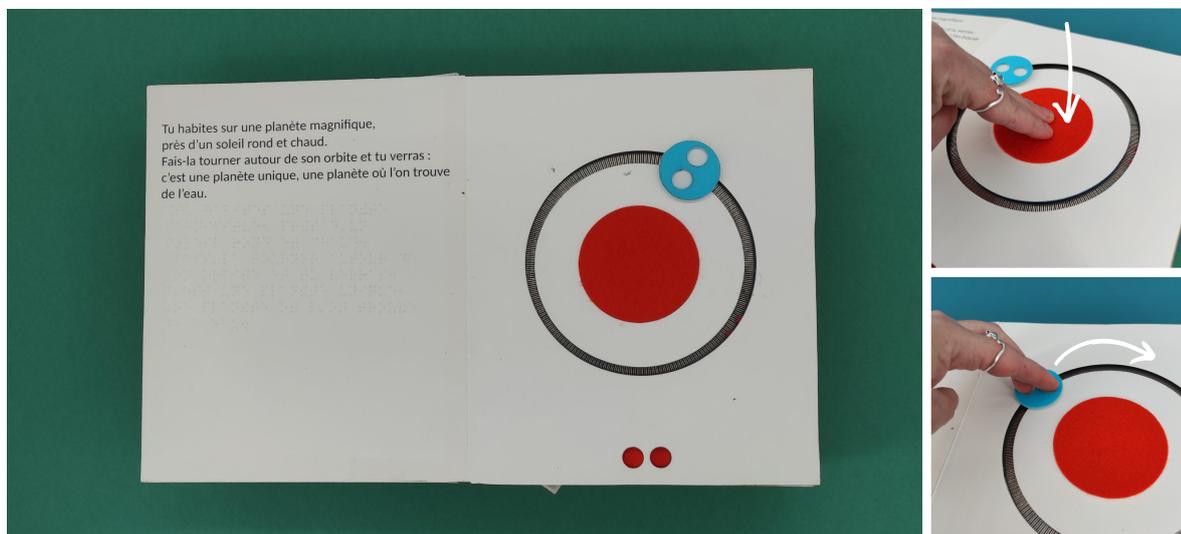


Fig 8. La page « faire tourner la planète »

Lorsque le rond bleu bouge (geste mouvement circulaire), le déplacement de l'axe lance un son d'écoulement d'eau. Lorsque l'on stoppe le mouvement, le son s'arrête crescendo.

La pression sur le rond rouge déclenche différents sons : battements, mélodie...

Le texte sera légèrement modifié, une différenciation de taille entre le grand soleil et la petite planète permettra une meilleure reconnaissance des éléments. Le son du soleil sera modifié pour ne laisser que le battement.

La Fig. 9 présente le scénario sonore conçu par Lucie Félix pour la page planète.

DOUBLE PAGE 1

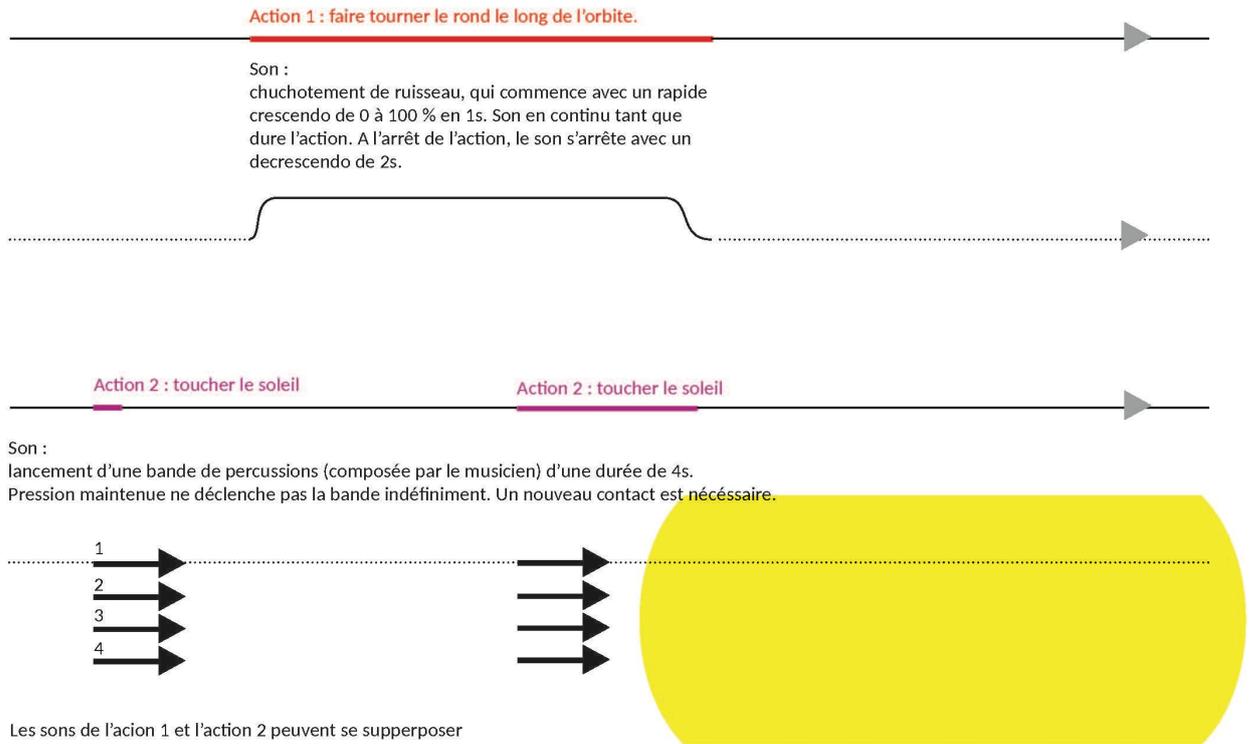


Fig. 9. Scénario sonore de la page planète

Page « Fenêtre »

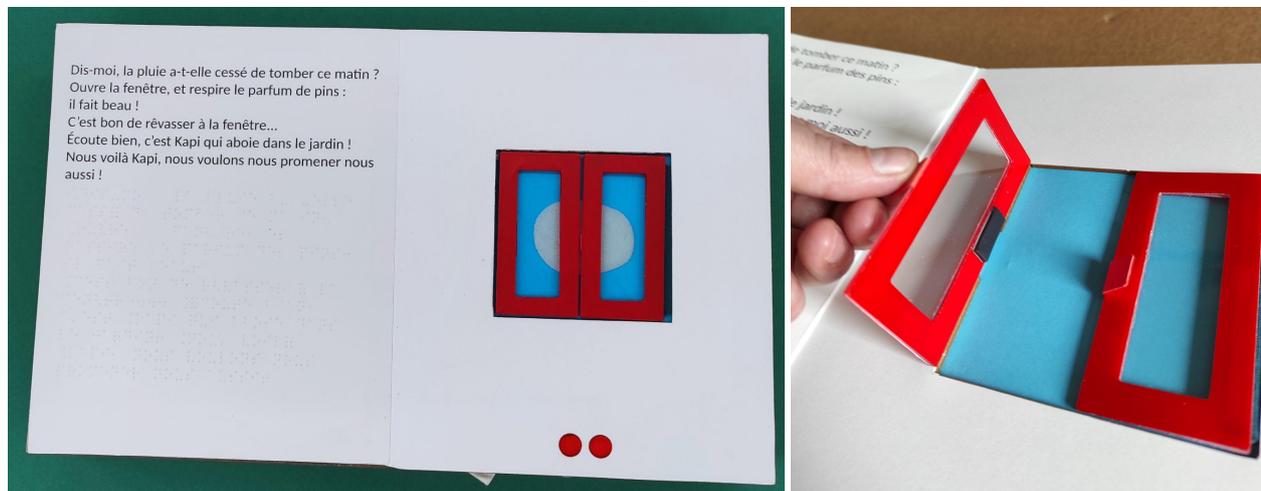


Fig. 10. La page « ouvrir la fenêtre »

L'ouverture de l'un des deux battants de la fenêtre déclenche un paysage sonore (bord de mer). La fermeture des battants arrête le son.

Page « Tapis »



Fig. 11. La page « danser sur le tapis »

La pression des doigts sur le tapis actionne les sons. Deux zones (à gauche et à droite) permettent de lancer des sons différents qui se superposent : instruments différents. Si les pressions s'arrêtent, le son baisse jusqu'à s'arrêter. Si les pressions reprennent le son augmente, incitant l'utilisateur à sautiller sur le tapis avec ses doigts.

Page « Flaques »

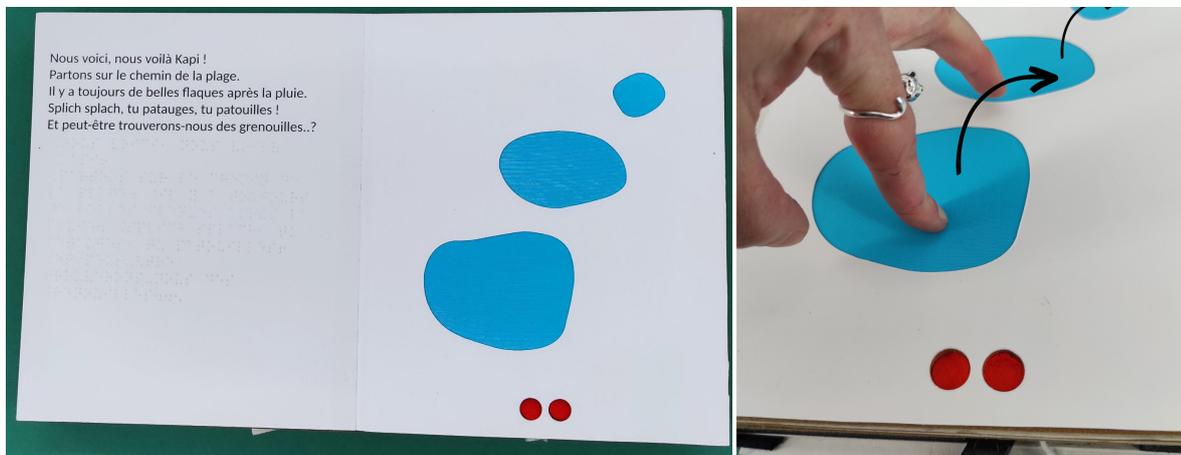


Fig. 12. La page « sauter dans les flaques »

La pression d'un seul doigt dans chacune des flaques permet de lancer le son « pas dans l'eau ». Le son « coassement » de la grenouille que l'on gêne lorsque l'on saute dans une flaques, de manière aléatoire à chaque ouverture de page ou au bout d'un certain temps.

Page « Île »

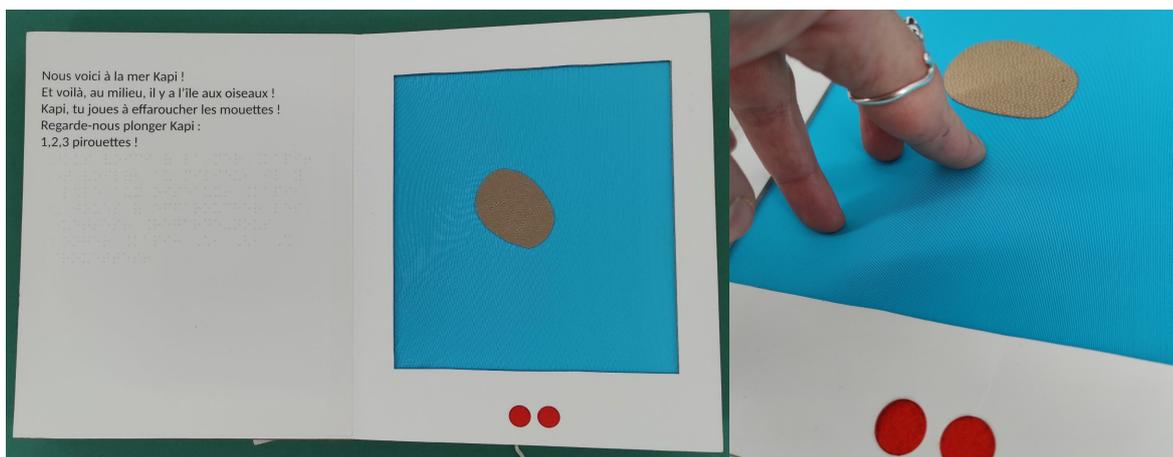


Fig. 13. La page marcher dans l'eau jusqu'à l'île

Même principe que pour l'eau des flaques, chaque pression effectuée avec le doigt lance un son « pas dans l'eau », donnant l'impression sonore de marcher dans l'eau. Le son des mouettes qui crient et du chien qui aboie se lance lorsque l'on grimpe sur l'île centrale.

Page bateau

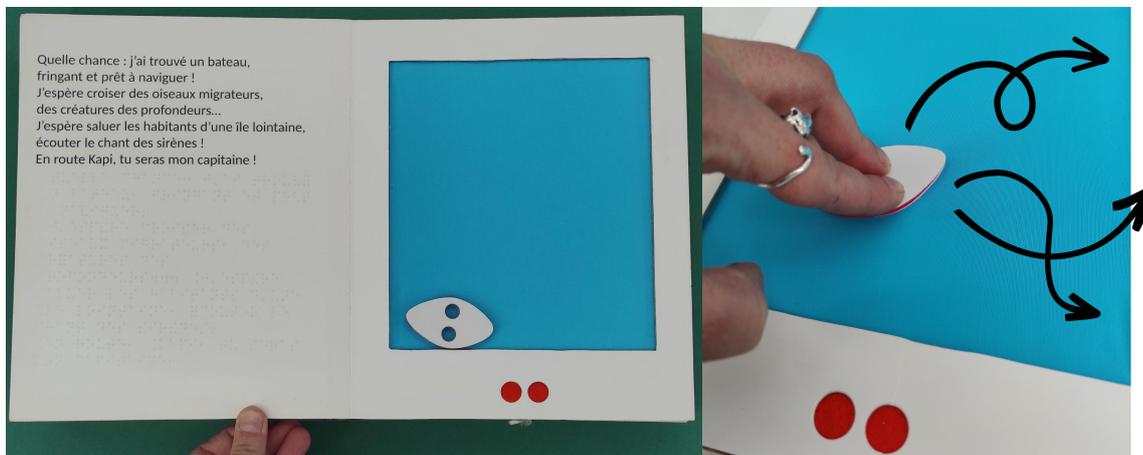


Fig. 14. La page bateau, parcours en mer

Le déplacement aléatoire du bateau sur la surface bleue lance différentes boucles sonores : clapotis des vagues, chant de baleine, cris de mouette, chant de marin, moteur de bateau... Créant différents paysages sonores. Les boucles sonores ne correspondent pas toujours aux mêmes zones pressées et elles changent de manière aléatoire.

Présentation de la conception électronique et logicielle

La conception électronique et logicielle du prototype « Kapi Capitaine » a été réalisée par Guillaume Bertrand.

Le livre « Kapi Capitaine » déclenche une série de sons lorsque l'utilisateur interagit avec certaines parties de ses 6 pages. Ces interactions sont détectées et envoyées de manière brute vers un dispositif (Raspberry Pi) qui les interprète pour tisser l'environnement sonore. Le livre agit donc uniquement comme un contrôleur. Ce choix technique permet d'externaliser la lecture des sons et ainsi d'en assurer la qualité. De plus, le scénario sonore peut être corrigé et modifié sans intervenir sur le micro-contrôleur inclus dans le 4e de couverture.

La détection des interactions est assurée suivant deux principes : deux pistes sont reliées (comme un interrupteur) par pression d'une matière conductrice (mousse chargée en carbone ou textile conducteur) -> un capteur à effet Hall détecte ou non un aimant

La détection par capteur à effet Hall est utilisée de manière systématique dans chaque page pour détecter quel chapitre est actuellement en cours de lecture. Il est également utilisé dans la page 2 pour détecter l'ouverture des volets. Le système par pression de matière conductrice est utilisé pour détecter un déplacement ou une pression sur une zone du livre.

Une PCB de 0,8 mm est donc incluse dans chaque page du livre, en sandwich entre deux couches de carton. Les matières conductrices, les aimants, les textiles sont également inclus dans ce mille-feuille. Chaque carte est dessinée avec une série d'onglets qui facilitent le calage et le placement.

La quatrième de couverture inclut une septième carte électronique, qui récupère les signaux de chaque page via une nappe dissimulée dans la reliure. Un microcontrôleur traite les événements et les envoie au dispositif sonore.

Principes techniques

RaspberryPi

Un Raspberry Pi 3 B+ enfermé dans une boîte sert de relais et de périphérique sonore. Des enceintes sont branchées en mini-jack, un transformateur 5V assure l'alimentation. Un petit DAC i2s basé sur une puce PCM5102 assure la qualité audio.

Une carte « hat » a été prototypée, pour assurer la solidité des connexions (rallonge USB, jack), la facilité d'allumage et d'extinction (interrupteur général), et l'ajout d'une LED, qui donne quelques informations à l'utilisateur.

LED bleue : elle clignote pour indiquer que le programme est lancé, elle s'allume de façon stable pour marquer la connexion avec le livre. La transposition du programme sonore depuis un PC x64 vers un Raspberry a demandé une réécriture et des optimisations. Chaque page tournée demande un léger temps de chargement des sons, dû aux limitations matérielles. Il reste cependant très inférieur en temps à la durée de lecture de la page de gauche.

L'allumage du Raspberry demande environ une minute. L'extinction peut se faire directement via l'interrupteur général. Le système de fichiers est verrouillé via l'outil raspi-config, ce qui évite la corruption de la carte SD et permet une coupure « sauvage ».

Le Raspberry se connecte de manière automatique au réseau créé par l'ESP, avec l'adresse IP 192.168.4.2.

Le programme est écrit en Java via Processing (<https://processing.org/>), et fait usage de la bibliothèque Beads (<http://www.beadsproject.net/>) pour jouer les sons.

Problèmes rencontrés

- **Fragilité** de la connectique de chargement. Corrigé sur la Deuxième série par l'usage d'une rallonge micro-USB de 15 cm.
- **Pénurie de composants** : les connecteurs de nappes initialement prévus sont devenus indisponibles pour plusieurs mois. Ils avaient l'avantage de fonctionner dans les deux sens (haut/bas) et de pouvoir être solidement soudés à la carte. Ils avaient l'inconvénient d'être durs à l'insertion. Ils ont été remplacés par différents modèles sur les cartes de la série 2, plus faciles à utiliser, mais a priori plus fragiles et surtout ne pouvant lire la nappe que dans un seul sens.
- Sur le modèle envoyé à Lola Chenaz : **décollement du scotch conducteur** de la pièce métallique. Nappe de la page 1 endommagée (3 pistes HS).
- **L'adhésif double face**, massivement utilisé pour l'assemblage du livre, est **conducteur**, il faut prendre garde de ne pas en déposer sur les pistes non recouvertes de vernis d'épargne.
- Avant l'utilisation du Raspberry Pi, la gestion des IP et des ports des PC sous Windows a rendu parfois compliquée la connexion livre/ordinateur.
- Le Raspberry Pi zéro envisagé dans un premier temps pour la lecture des sons a montré ses limites de puissance pour la lecture de plusieurs sons simultanément (en Java, en tous cas).
- La deuxième série de cartes a rencontré de sérieux problèmes de fabrication de la part de JLCPCB (pistes en contact, éclaboussures d'étain à gratter).

Pistes d'amélioration

Électronique

- **Fabrication des PCB** : maîtriser mieux l'épaisseur pour éviter la torsion de certaines cartes ;
- Page 1, remplacer les mcp3008 par des multiplexeurs moins coûteux ;
- Page 2, le doublement « par sécurité » des capteurs à effet Hall n'est sans doute pas nécessaire ;
- Page 6 et 7, peut-être est-il possible de fusionner ces deux cartes en utilisant un microcontrôleur non traversant au verso des pistes ;
- Page 7, carte mère, intégration de l'étage d'alimentation et choix d'un microcontrôleur plus adapté ;
- **Liaison radio 2,4 GHz** plutôt que Wifi (plus robuste et plus léger).

Logiciel

- Pour la gestion sonore, peut-être existe-t-il un microcontrôleur assez puissant pour gérer **la lecture et la modulation multipiste de nombreux fichiers audio**. Cela permettrait de s'affranchir du Raspberry et de son OS. Cela permettrait de baisser les coûts de fabrication.
- Une **gestion externalisée des sons** et du code permettrait d'utiliser le module sonore pour plusieurs projets (1 clé USB Kapi, 1 clé USB projet 2, etc.). La déconnexion d'internet reste à mon sens une valeur ajoutée d'accessibilité et de simplicité (pas de gestion de sécurité, de logins, etc.).
- Une **réécriture du logiciel en C++ ou en Python** permettrait sans doute une plus grande fluidité sonore.

Série suivante

Concernant la place du prestataire chargé d'assurer la création des 50 prototypes de la série suivante, voici mes suggestions.

- Optimisation du dessin des cartes pour en réduire le coût, la complexité de fabrication (savoir-faire électronique), la facilité de montage et d'intégration dans le livre (à voir avec Solène Négrerie).
- Optimisation du module sonore Raspberry Pi : solution technique plus intégrée et moins coûteuse, peut être à base de Raspberry Pico + DAC + SD de stockage ?
- Réflexion sur la notion de « collection » et de possibilité de mise à jour pour une série d'ouvrages (changement de carte SD, par exemple).
- Étape post fabrication électronique : jusqu'où ira la prestation dans la fabrication de « Kapi Capitaine » : livrer des sous-ensembles ou aller plus loin ? Intégration de sous-ensembles prêts à être intégrés dans les cadres cartonnés sans retouche + modules sonores (en remplacement des raspberry) prêts à l'emploi.
- Composant avec une certaine tolérance, savoir où l'on va dans étalonnage ? Dans la conception actuelle, aucun composant n'a besoin d'être étalonné, les seuils de détection sont francs. À revoir dans le détail dans une discussion technique, car à mon avis c'est un sujet qu'il n'est pas nécessaire d'aborder.
- Ajouts de LEDs sur la quatrième de couverture pour vérifier l'allumage du livre et la charge de la batterie

En 2021, le prototype final fabriqué en 8 exemplaires a été testé avec des enfants déficients visuels. Le premier volet a porté sur l'évaluation de la compréhension du prototype lors d'une expérience réelle de lecture.

2.2 Test printemps 2021

Deux laboratoires de recherche ont collaboré avec Les Doigts Qui Rêvent pour la mise en place des tests : le Laboratoire Développement, Individu, Processus, Handicap et Éducation (DIPHE) de l'Université Lumière Lyon 2 en France et le laboratoire du Développement sensori-moteur, affectif et social (SMAS) de l'Université de Genève en Suisse. Deux étudiants de Master du laboratoire DIPHE ainsi qu'un, Ingénieur d'étude et une étudiante de Master du laboratoire SMAS ont travaillé sur ce projet (conception des protocoles, récolte et l'analyse des données). Nous présentons ici une courte synthèse des résultats obtenus avec les enfants déficients visuels. Une analyse comparative des résultats avec des nouveaux tests effectués avec les enfants voyants (15 enfants) est en cours par une étudiante de Master en Suisse. Sa soutenance est prévue en janvier 2023. Par la suite, un article scientifique sera rédigé avec l'ensemble des résultats. Pour un approfondissement, nous invitons le lecteur à consulter les documents en annexe :

- Annexe 1 : Mémoire de recherche de Camille Richard (Master 2 de Psychologie de l'Éducation et de la Formation – PEF, Université Lumière Lyon 2)
- Annexe 2 : Mémoire de recherche de Thomas Trivier (Master 2 de Psychologie de l'Éducation et de la Formation – PEF, Université Lumière Lyon 2)
- Annexe 3 : Présentation PowerPoint des recherches de Camille Richard et Thomas Trivier (soutenance de Master 2).

2.2.1 : Étude de la compréhension du prototype par les enfants déficients visuels lors d'une expérience réelle de lecture

Participants

22 enfants déficients visuels (6 filles et 16 garçons) âgés de 3 à 13 ans ont participé aux séances de lecture du livre « Kapi Capitaine ». Parmi ces enfants, 15 sont aveugles et 7 malvoyants (malvoyance sévère ou profonde). Afin d'être en contact avec ces enfants, l'équipe de recherche s'est déplacée dans les différentes structures spécialisées d'aide à la scolarisation suivantes : l'institut Montéclair d'Angers (49), Institut national des jeunes aveugles de Paris (75) et Le Phare d'Illzach (67).

Méthodologie

Les enfants ont lu le livre en présence de l'expérimentateur. Les séances ont été filmées pour permettre par la suite l'analyse de la séquence d'exploration tactile de chaque page. Pour chaque lecture individuelle, l'expérimentateur a relevé les manipulations effectuées par l'enfant, les sons identifiés et les difficultés rencontrées à chaque page. À la fin de la séance, des questions ont été posées à l'enfant sur l'expérience de lecture et son ressenti sur le livre.

Principaux résultats

Les données ont été analysées par deux groupes d'âge (groupe 1 : enfants de moins de 10 ans, groupe 2 : enfants de plus de 10 ans). Les résultats suggèrent une bonne compréhension globale des gestes attendus à travers le livre. Cependant une différence significative entre les 2 groupes d'âge a été trouvée. Le groupe 2 des enfants plus âgés a effectué plus d'action correctement (80,36 %) que le groupe des enfants plus petits (60,71 %).

Les résultats révèlent également un taux de réussite inégal pour chaque page. Pour l'ensemble de participants, les pages ayant obtenu le taux de réussite le plus élevé sont les pages 1, 2 et 6. Il est intéressant de noter que les pages moins réussies sont les pages qui demandent aux enfants « d'incarner » le personnage avec le geste « deux doigts qui marchent » (page 3, 4 et 5). Là encore, les plus grands ont mieux réussi que les petits. Nous pouvons mettre en lien ce constat avec l'étude de Valente, Galiano & Baltenneck (2020) sur le développement du jeu chez les enfants déficients visuels. Les auteurs expliquent la notion de jeu symbolique, également nommé jeu de faire semblant ou jeu de fiction, qui inclut d'une part la création de situations imaginaires par l'enfant, mais aussi le détournement de la fonction primaire d'un objet, par exemple l'utilisation d'une brosse pour faire semblant de téléphoner. Dans l'environnement des enfants voyants, de nombreux jeux et comptines utilisent deux doigts pour remplacer un personnage, mais il est possible que ce jeu symbolique ne soit pas familier aux jeunes enfants aveugles. Parmi les enfants déficients visuels âgés de moins de 10 ans, un enfant de 5 ans a verbalisé durant la découverte du livre qu'il trouvait étrange le fait d'habiller ses deux doigts avec un pantalon, et que cela lui faisait penser à des gants qu'il enfle durant l'hiver pour se protéger du froid. Nous pouvons nous appuyer sur cet exemple pour constater une pensée symbolique dont la construction est en cours et qui, si nous reprenons les termes de Fraiberg & Adelson (1977) et Hatwell (2003) peut témoigner d'un réalisme sans vraie substitution.

D'autre part, lors de nos recherches précédentes nous avons montré qu'après une phase de familiarisation avec le jeu symbolique « mes deux doigts sont les jambes du personnage », les enfants aveugles apprentis lecteurs (6-8 ans) ont bien compris la démarche et exécuté sans difficulté les actions comme « glisser sur un toboggan » ou « monter des escaliers » (Valente, Palama & Gentaz, 2021). La page 3 du livre « Kapi Capitaine » a été justement conçue avec cette intention de familiariser l'enfant avec la gestuelle proposée. L'enfant est invité à enfiler un petit pantalon en miniature et danser sur un tapis. Cependant, nous avons noté que peu d'enfants ont enfilé le pantalon et exécuté l'action attendue. Il s'agit également de la page où les enfants ont plus eu besoin d'aide (voir figure 1 ci-dessous). Un changement du texte ou la mise en place d'une consigne plus claire au début du livre et dans cette page précisément pourrait favoriser la compréhension de la démarche et par conséquent, l'entrée dans le jeu symbolique « mes doigts ont les jambes du personnage » des pages suivantes.

Comme nous pouvons aussi voir dans le graphique, aucune aide n'a été demandée en page 5. Dans cette page, les enfants placent les deux doigts sur un bateau pour naviguer sur la mer. Cette page a également obtenu un taux de réussite élevé (90,91 %). Un effet d'apprentissage au fil des pages peut expliquer ce score. D'autre part, le fait de placer ses doigts sur le bateau pourrait être un facilitateur d'entrée de jeu. Ceci se confirme par le taux élevé de réussite de la page 1 (95,45 %) où l'enfant pose également ces doigts sur la planète avant de réaliser l'action attendue. Une piste d'amélioration pour favoriser l'exploration du livre avec les deux doigts serait d'insérer un point de départ à chaque page, avec deux petits trous où l'enfant place ces deux doigts avant de partir à l'aventure.

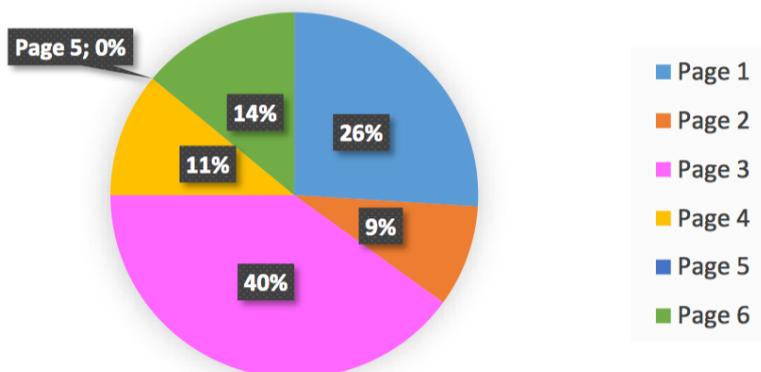


Fig. 15. Taux de demandes d'aide par page (N=22 enfants déficients visuels). Figure tirée du mémoire de Camille Richard (annexe 1) Figure 2. Page bateau (page 5) et page planète (page 1)

Un effet du groupe d'âge a été également trouvé lors de l'identification des sons déclenchés dans le livre. Les enfants plus âgés ont mieux identifié les sons (82,00 %) que les enfants plus jeunes (61,58 %). Les résultats ont également montré une différence du type de son. Les retours sonores dont les interprétations sont variantes correspondent aux sons issus d'un environnement sonore marin. Certains enfants ne connaissent pas l'environnement de la mer, ni les sons qui en découlent, et ont pu de ce fait proposer des réponses en lien avec les environnements sonores avec lesquels ils ont déjà été familiarisés. La pluie, l'orage et le vent ont par exemple été évoqués à la place de la mer ou des vagues (page 2).

Enfin, le livre a obtenu une excellente appréciation globale. Les participants ont à l'unanimité exprimé des retours positifs, la présence de retours sonores ayant été particulièrement appréciée. À partir de la retranscription des réponses à la question « Qu'est-ce que tu as fait dans ce livre ? », 45 % des participants rapportent un discours tourné à la 1^{re} personne du singulier (i.e. « Je suis parti à l'aventure, j'ai fait un voyage »), 32 % emploient un discours tourné à la première personne pour évoquer ce qu'ils ont fait (i.e. « J'ai appuyé sur des boutons, ça faisait du bruit »), et environ 18 % expriment à la 3^e personne du singulier pour évoquer l'histoire (« Le personnage a décidé de sortir, il va à la place »). Il serait intéressant de conduire une analyse par âge et par profil visuel du type de discours employé par l'enfant. Ces données seront analysées une fois les résultats des tests avec les sujets contrôles voyants seront disponibles.

2.2.2 : Étude de l'utilisabilité du livre par les professionnels accompagnants

L'enfant aveugle est rarement seul dans la découverte d'un livre tactile. Le deuxième volet d'évaluation du prototype « Kapi Capitaine » a porté sur l'analyse de son usage par les professionnels accompagnants. Les professionnels sont les usagers intermédiaires du livre et leur retour est aussi important à recueillir que celui des enfants.

Participants

Cette étude a été conduite en pleine période de pandémie. Les professionnels ont dû tester le livre et compléter les questionnaires à distance. Pour cette raison, nous avons obtenu très peu

d'engagements. Peu de professionnels ont complété la totalité des questionnaires à distance. Nous présentons ici les résultats préliminaires portant sur les réponses de seulement 6 professionnels, sachant que seulement 3 ont pu compléter la totalité des questionnaires.

Méthodologie

L'usage du livre « Kapi Capitaine » par les professionnels a été évalué à l'aide d'un questionnaire qu'ils devaient remplir après avoir lu le livre avec les enfants : la première partie du questionnaire portait sur l'expérience de lecture ainsi que sur la potentielle utilisabilité du livre dans leur activité professionnelle. En deuxième partie du questionnaire, les professionnels ont été invités à remplir le SUS Survey. Il s'agit d'une échelle de mesure d'utilisabilité d'un système que nous avons adapté à ce livre multisensoriel. Le SUS Survey comporte différents aspects liés à la désirabilité de l'outil, rapidité d'usage, sentiment de confiance pendant l'utilisation, etc.

Résultats préliminaires

L'échelle de mesure de SUS Survey donne un score de 0 à 100. Le score d'utilisabilité est estimé « bon » quand il est égal ou supérieur à 75 et reste correct entre 50 et 75. Cependant, un score en dessous de 50 indique des problèmes d'utilisabilité. Parmi les professionnels interrogés, le livre a obtenu un score moyen de 55/100, c'est-à-dire, un score qui reste correct, mais au-dessous de nos attentes. Pour une présentation détaillée des réponses données pour chaque item, nous vous renvoyons au rapport de recherche de Thomas Trivier (référence à la fin du document)

Parmi les points positifs, tous les professionnels ont relevé l'apport de l'expérience multisensorielle proposée qui permet une meilleure représentation mentale de l'histoire et une meilleure implication de l'enfant à la lecture. Concernant les points négatifs, certains professionnels ont mis en avant le côté encombrant du livre. Deux professionnels ont relevé des problèmes liés à la fragilité du prototype. Une professionnelle a questionné la fiabilité de l'outil. Elle a noté que le prototype n'a pas fonctionné à chaque utilisation et certains enfants n'ont pas eu accès aux sons.

Parmi les quatre réponses obtenues quand l'utilisation du livre dans la pratique professionnelle, un professionnel considère que le livre présente trop de contraintes pour être utilisé en classe due à sa fragilité. Les autres personnes interrogées s'accordent à dire que le livre peut être utile à différents niveaux (apprentissage de l'exploration tactile, développement des représentations mentales, etc.).

2.3 Interprétation

Les résultats ont montré qu'il existe un effet de l'âge dans la compréhension des gestes attendus à travers le livre, dans la réalisation de certains gestes faisant appel à l'incarnation d'un personnage par le geste des deux doigts, dans la manifestation de demandes d'aide lors de l'exploration du livre, et dans l'identification des sons déclenchés. Au-delà des différences significatives observées entre les deux groupes d'âge, nous avons également pu noter qu'une majeure partie des participants a difficilement intégré la démarche du geste des deux doigts qui était initialement attendue, avec l'usage d'une exploration davantage bi-manuelle. Ce même constat a pu être

effectué à travers les discours des participants, dont plus de la moitié témoignent d'une posture peu incarnée à la suite de la découverte du livre et de son expérience sensorielle.

Par ailleurs, nous avons relevé une identification des sons globalement cohérente, à l'exception de certains retours sonores en lien avec l'environnement marin, avec lequel les participants n'étaient pas nécessairement familiarisés.

Au vu de ces résultats, il serait intéressant de faire bénéficier à l'enfant d'un temps plus important pour qu'il puisse se familiariser avec le geste des deux doigts qui, comme nous l'avons évoqué précédemment, fait appel à une dimension symbolique qui peut être en cours de construction, et ce notamment chez les plus jeunes. Une autre piste d'amélioration du prototype serait d'insérer un point de départ à chaque page, avec deux petits trous où l'enfant place ces deux doigts. Un travail sur la consigne de départ et sur le texte pourrait également favoriser la compréhension et réalisation des gestes permettant ainsi à l'enfant de profiter pleinement de l'expérience immersive proposée. Le livre multisensoriel « Kapi Capitaine » peut par ailleurs représenter un support pédagogique pertinent dans la découverte de nouveaux environnements sonores, tels que l'environnement sonore de la mer.

À la suite des tests, nous avons modifié le texte introductif du livre comme suit :

« Voici un livre dont le personnage principal est joué par toi ! Tu auras besoin de tes oreilles, de tes mains, mais surtout de deux petits doigts, ton majeur et ton index, qui deviendront deux petites jambes prêtes à t'emmener de page en page. D'abord, écoute l'histoire, ou lis le texte en braille. Ensuite, explore la page d'en face avec tes mains. Il faut repérer deux petits trous, pour le bout de deux doigts, c'est-à-dire un pour chaque pied de ton petit bonhomme. Amuse-toi à chercher ceux qui sont sur cette page.

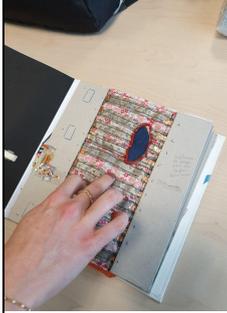
Ça y est, tu as trouvé ? Voilà, ça, c'est le point de départ de ton petit bonhomme. Il peut alors, pas à pas, partir à l'aventure ! »

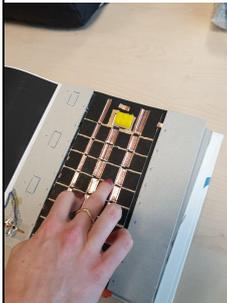
3 RETOURS D'EXPÉRIENCES, du point de vue du développement technique

Les différents conducteurs testés lors des 2 pré-prototypes (+ mix sur un même livre)

Conducteur	Prototype	Matière	Geste 1 :	Son 1	Geste 2 :	Son 2
tissus	La chasse à l'ours :	Lycra posé sur tissu connecté	plonger dans la rivière	Plouf d'un corps qui rentre dans l'eau	nager	bruit de l'eau autour de son corps lorsque l'on nage.
	Petite main se promène	Tissus doré conducteur (légèrement métallisé).	Caresser les fleurs, à saisir entre les doigts 	bruits campagne, le vent, les oiseaux...		
		tissus doré conducteur entre deux feuilles de plaqué bois sur double face (charnière porte)	ouvrir la porte 	grincement porte qui s'ouvre qui se ferme ; porte qui	refermer la porte	grincement porte qui se ferme / porte qui claque une fois totalement refermée.
	Mes chemins	Coton + point de colle + tissus doré	marcher avec ses doigts sur du gravier (sous le	bruits des pas dans le gravier.		

		conducteur.				
			coton des billes plastiques effet sensation gravier)			
Ruban de cuivre	Petite main se promène	ruban cuivre collé sur carton gris.	monter les marches d'un 	bruit de pas		
			escalier			
		lycra bleu posé sur ruban cuivre (sans colle)	marcher dans l'eau 	bruit d'un pas dans l'eau (plouf)		
Puce électronique (capteur sensitif)	Mes chemins	mousse satinée sur adhésif collé sur un capteur pression	faire un pas dans la boue.	bruit d'un pas dans la boue (Splichhh)		

						
	Mes chemins	lego silicone sur adhésif collé sur capteur pression	 faire un pas sur un jouet d'enfant.	bruit d'un pas sur un jouet d'enfant (Pouic)		
Magnétique (aimant) :	Petite main se promène	aimants entre les pages du livre	tourner les pages	Texte de l'histoire lu / indication si page pas complètement ouverte.		
		Aimants à l'intérieur de la souris en feutrine, sous le papier derrière le volet plastique. Les emplacements sont signalés par du velcro dur, les aimants sont situés en dessous	 déplacer la souris d'un endroit à un autre.	Souris qui couine avant de la toucher (pour la trouver), souris qui dit merci une fois qu'elle est placée sous le volet.		

encre conductrice :	mes chemins	encre conductrice sur papier	marcher avec ses doigts sur terrain neutre	bruit pas neutre		
		encre conductrice + ruban cuivre sur plaquage bois	 marcher avec ses doigts sur latte de parquet	bruit pas sur parquet qui grince		
		encre conductrice sur papier de soie	 marcher avec ses doigts sur un tapis de feuilles mortes	bruits pas sur feuilles mortes		

Les capteurs suivants n'ont pas été testés :

- capteur de luminance
- application de triangulation (petite caméra qui détecte les gestes et déclenche des sons selon les gestes. Problème le son se déclenche même si on ne touche pas la surface du livre)

Ce qu'on a appris sur les capteurs :

- on peut mixer les types de capteurs dans une même livre
- possibilité de repérer précisément (zonage des capteurs) où l'enfant touche la page pour déclencher des sons différents

Ce qu'on ne sait pas sur les capteurs :

- les différents tissus connectés qu'on peut utiliser efficacement (résistant, très conducteur pour une réponse sonore immédiate)
- leurs coûts
- tout ce que les tissus connectés permettent
- pourquoi dans le prototype « les chemins » il y avait un décalage entre le geste et le son ? en cause la conductivité des matériaux ? Branchement ? Stabilité du programme informatique ? (il faudrait aussi vérifier que cela ne venait pas d'un son qui se déclenche à 1 seconde et non à zéro)

À propos de l'apport du son, les tests nous ont permis de confirmer qu'il faut :

- plusieurs scénarii sonores sur une seule et même page (lorsqu'on relit l'histoire, avoir d'autres sons)
- des sons aléatoires (grenouilles dans la mare pas toujours sur le même nénuphar)
- des sons qui se superposent, sons d'ambiance et virgule sonores (des sons longs et des sons courts)
- du son sur toutes les pages, besoin d'une récurrence pour que l'enfant ne soit pas déçu/perdu sur l'utilisation du livre.

Sur l'écriture du scénario et la mise en page du livre, nous avons la confirmation des éléments suivants :

- une écriture très réfléchie du texte pour que l'enfant sache ce qu'il doit faire, donner un but pour un sentiment de satisfaction et une confirmation qu'ils ont bien fait ce qu'il y avait à faire lors des manipulations
- dans un même livre on peut mélanger la façon dont l'enfant utilise sa main : comme un personnage (avec le petit pantalon à doigts) ou comme une main

Par contre, le point suivant n'a pas été testé :

- une alternance « texte à gauche, illustration à droite » et inversement serait-elle gênante ?

4 PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT DES SERVICES

4.1 Caractéristiques répliquables

À partir des mêmes procédures exploratoires, d'autres scénarios d'histoires tactiles peuvent être conçus et développés avec les mêmes outils technologiques.

La technologie informatique pourra être réutilisée dans d'autres livres tactiles par LDQR, ou par d'autres acteurs culturels.

Le savoir-faire relatif aux images tactiles dites haptiques et à la gestuelle des doigts pourra se répandre. Sans pouvoir s'appliquer à tous les contenus illustrés, il peut s'appliquer à certains types d'histoire. La citation des travaux scientifiques de Dannyelle Valente sera demandée.

Un livret sera conçu pour communiquer sur les découvertes et choix opérés à chacune des étapes (éditoriale, pédagogique, technologique), mais aussi sur la méthodologie de conception. Pour les acteurs culturels souhaitant utiliser les résultats de ce projet, cela sera possible librement, car il n'y aura pas de dépôt de brevet. Toutefois, en termes de garantie de la réelle accessibilité de leur projet, on préconisera une méthodologie afin de s'assurer de l'accessibilité notamment par des tests utilisateurs un peu similaires à la charte européenne du Français Facile à lire et à comprendre (Easy to Read).

4.2 Facteurs clés de succès et freins

Pour une production en série, il faut trouver des solutions d'une part pour une meilleure robustesse des circuits électriques même si le livre est ouvert et manipulé des dizaines de fois, sinon cela génèrera des dysfonctionnements lors de la lecture et une désaffection des professionnels.

D'autre part, dans un but d'éco-conception, il faut prévoir un process pour changer la batterie du livre telle une trame à dévisser sans abîmer le livre en lui-même.

4.3 Thèse en cours à la suite du projet

Un financement de thèse a été obtenu dans l'École Doctorale 224 — CLI (Cognition, Langage, Interaction). Yassine Fadlaoui a commencé son travail de thèse, sous la direction de Dominique Archambault au sein du Laboratoire CHArt, en octobre 2022 sur le sujet : « Conception d'histoires tactiles augmentées par des auteurs "non — techniques" pour des lecteurs mal et non-voyants ».

L'objectif principal de son projet de thèse est de trouver des solutions pour que les auteurs puissent concevoir des livres tactiles augmentés en autonomie, selon les besoins des lecteurs. Pour cela nous devons développer un prototype d'application logicielle de création de livres tactiles augmentés, disposant d'une interface intuitive, et de l'évaluer avec un panel d'utilisateurs « non techniques » (c'est-à-dire n'ayant pas de compétences particulières en électronique ni en informatique) d'une part et d'autre part d'évaluer les ouvrages ainsi produits avec des enfants ayant des handicaps visuels et éventuellement d'autres handicaps. Cet éditeur d'histoires tactiles augmentées sera conçu dans une démarche centrée utilisateurs avec le panel « non technique » cité ci-dessus. Les objets manipulés par les auteurs pourront se situer à différents degrés

d'abstraction, le plus intéressant étant celui des gestuelles. Par exemple, l'auteur pourra placer sur la page une zone pour « marcher avec les doigts », sans avoir à connaître le type, la forme et la programmation des composants électroniques qui composeront cette zone. Ces objets « actions gestuelles » sont basés sur une typologie issue des travaux de (Valente et al., 2019), et confrontés aux utilisateurs. Parmi ces objets manipulés l'on peut citer les vibrations, leurs utilisations favorisent la mémorisation, et permettent de nouvelles interprétations haptiques. De plus, pour renforcer l'effet immersif et l'engagement des enfants, nous développerons un dispositif complémentaire, sous la forme d'un mini-gant, ressemblant à un petit pantalon à enfiler sur les 2 doigts représentant les jambes. Ce dernier, grâce à des micros capteurs permettra de savoir si les doigts sont pliés ou non, et d'autres effets, permettant ainsi d'augmenter le nombre de gestuelles proposées aux lecteurs. Il sera intéressant aussi d'introduire la notion de collection d'ouvrages tactiles augmentés, permettant de produire plusieurs livres sur des sujets cohérents entre eux.

Bibliographie

- Amene, F. (2020). Creation of an Augmented Touch Book prototype to perform usage tests with blind and visually impaired children. University of Burgundy. Master Thesis Report.
- Archambault, D., Negrierie, S., & Blain, S. (2022). Design of Augmented Tactile Books for Blind Children. *Journal on Technology and Persons with Disabilities*. Santiago, J. (Ed.) California State University, Northridge.
- Fadlaoui Y., & Archambault D. (2023). Augmented Tactile Book: Design of a Multisensory Page Prototype. *Stud Health Technol Inform*. 306:543-550.
<https://doi.org/10.3233/shti230675>
- Farooq, U. (2019). Exploratory Study Of The Use of Connected Textiles and Various Types Of Sensors for Creating Augmented Books. University of Burgundy. Master Thesis Report.
- Fraiberg, S., & Adelson, E. (1977). Self-representation in language and play. In S. Fraiberg (Ed.), *Insights from the blind* (pp. 248-270). Souvenir Press

- Hatwell, Y. (2003). *Psychologie cognitive de la cécité précoce*. Dunod
- Heller, M. A., & Gentaz, E. (2013). *Psychology of touch and blindness*. Psychology press.
- Valente, D., Chennaz, L., Archambault, D., Négrerie, S., Blain, S., Galiano, A. R., & Gentaz, E. (2023). Comprehension of a multimodal book by children with visual impairments. *British Journal of Visual Impairment*, <https://doi.org/10.1177/02646196231172071>
- Valente, D., Palama, A., & Gentaz, E. (2021). Exploring 3D miniatures with action simulations by finger gestures: Study of a new embodied design for blind and sighted children. *PloS one*, *16*(2), e0245472.
- Valente, D., Galiano, A. R., & Balteneck, N. (2020). Le développement du jeu chez les enfants déficients visuels. *ANAE*, *165*, 202-210.
- Valente, D., & Gentaz, É. (2019). La reconnaissance des illustrations dans le livre tactile par l'enfant aveugle. *ANAE*, *159*, 68-81.
- Valente, D., Palama, A., Malsert, J., Bolens, G., & Gentaz, E. (2019). Adults' visual recognition of actions simulations by finger gestures (ASFGs) produced by sighted and blind individuals. *PloS one*, *14*(3), e0214371.
- Valente, D. (2015). *Le dessin du bout des doigts : étude de la production et de la lecture de dessins tactiles par des personnes non-voyantes*. Éditions Les Doigts Qui Révent.

Documents en ligne en lien avec le projet

- PPT de présentation des résultats préliminaires par Thomas Trivier et Lauranne Féoux-Milan, étudiants de Master DIPHE (mai 2020) : <https://docs.google.com/presentation/d/1pC5A7VwFek2wwzvjV4gS2ZvYfJeMha0U/edit?usp=sharing&ouid=111889666086700562206&rtpof=true&sd=true>

- Vidéo de soutenance de mémoire de Thomas Trivier (juin 2020) :
https://drive.google.com/file/d/11s5GVXfZGQTDJHMTPuQ_RFVxACh_KPf/view?usp=sharing
- Mémoire de Thomas Trivier : https://drive.google.com/file/d/1Po6TgixfuMymtj1mz2JS-0YUHqNL05x2/view?usp=share_link

Annexes des études réalisées

Questionnaire – Petite main se promène

Protocole conçu par le laboratoire DIPHE Université Lumière 2 et laboratoire SMAS
Université de Genève¹

Informations

Participant :

Main dominante

🍏 Voyant

Âge :

🍏 Droite

🍏 Malvoyant

Classe :

🍏 Gauche

🍏 Aveugle

Connaissance des livres tactiles :

Fréquence d'utilisation :

Retranscription de la passation (ce que dit et fait l'enfant)

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Sons déclenchés :

Bruit des pas Paysage sonore (GF) Paysage sonore (PF)
Grincement de la porte Porte qui claque Bruit de la souris

1) Rappel libre, réponse de l'enfant :

- Question 1 : « Peux-tu me dire tout ce que tu as fait dans ce livre ? »

¹ Pour se référer à cette méthodologie : Valente, D., Chennaz, L., Archambault, D., Négrerie, S., Blain, S., Galiano, A. R., & Gentaz, E. (2024). Comprehension of a multimodal book by children with visual impairments. *British Journal of Visual Impairment*, 42(1), 276-286. <https://doi.org/10.1177/02646196231172071>

	Rappel item	
	Page 1	Marche ou escalier
Page 2	Grandes fleurs ou pétales	
	Petites fleurs ou pétales	
Page 3	La porte	
Page 4	La souris	
	Le cache	

2) Retour sur chaque page (rappel indiqué) :

Ici, on reprend les pages avec les éléments que l'enfant a cités. Par exemple, si l'enfant a parlé de la porte, on reprend la troisième page et on demande « Qu'est-ce que tu devais faire ici, peux-tu me montrer avec ta main ? Qu'est-ce que tu as entendu ? ».

	Action	Son
Page 1	Monter les marches	Bruit des pas
Page 2	Caresser ou toucher les fleurs	Paysage sonore (grande fleur)
		Paysage sonore (petite fleur)
Page 3	Taper à la porte	Grincement de la porte
	Ouvrir la porte	Porte qui claque
	Fermer la porte	
Page 4	Prendre la souris dans la main	Bruit de la souris
	Cacher la souris sous le cache	

3) Contrôle de lexique : pour les éléments que l'enfant n'a pas su rappeler

Par exemple : si l'enfant n'a pas rappelé d'éléments de la page 3, lui demander ce qu'est une porte pour lui.

« Peux-tu me dire ce que c'est pour toi... ? »

	Correct	Incorrect
Escaliers		

Fleurs		
Porte		
Souris		

4) Rappel pendant le contrôle de lexique :

« Qu'est-ce que tu devais faire ici, peux-tu me montrer avec ta main ? Qu'est-ce que tu as entendu ? ».

	Action		Son	
Page 1	Monter les marches		Bruit des pas	
Page 2	Caresser ou toucher les fleurs		Paysage sonore (grande fleur)	
			Paysage sonore (petite fleur)	
Page 3	Taper à la porte		Grincement de la porte	
	Ouvrir la porte		Porte qui claque	
	Fermer la porte			
Page 4	Prendre la souris dans la main		Bruit de la souris	
	Cacher la souris sous le cache			

5) Questions sur son ressenti :

1) Question 1 : Comment as-tu trouvé le livre ? Est-ce que tu l'as apprécié ?

.....

2) Question 2 : Qu'est-ce qui t'a semblé le plus facile parmi la page sur l'escalier, celle sur les fleurs, celle avec la porte et celle avec la petite souris ? Qu'est-ce qui t'a semblé plus compliqué ?

.....

.....
.....
3) Question 3 : Si tu devais refaire une partie du livre, laquelle ça serait ?

.....
.....
.....
.....
.....

4) Question 4 : As-tu compris toutes les consignes (tout ce que la dame t'a dit) ? Si non, laquelle n'as tu pas comprise ?

.....
.....
.....
.....
.....

Questionnaire - Kapi capitaine

Protocole conçu par le laboratoire DIPHE – Université Lumière Lyon 2 et le laboratoire SMAS – Université de Genève

Page Consigne

L'enfant a compris la consigne : Oui Non

Commentaires :

.....

.....

.....

.....

Page 1 : planète

Manipulations	<p>L'enfant fait tourner le disque avec ses deux doigts : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Est-ce que les trous semblent assez profonds ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Est-ce que le mouvement est fluide ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>L'enfant appuie sur le soleil : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Délai entre toucher et son : <input type="checkbox"/> Ok <input type="checkbox"/> Mauvais :.....</p> <p>Commentaires sur la matière :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
Son	<p>Sons déclenchés : <input type="checkbox"/> ruisseau <input type="checkbox"/> soleil</p> <p>Commentaires sur les sons :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
Difficultés /aide demandée	<p>Est-ce que l'enfant a demandé de l'aide/poser une question ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>A-t-il reconnu les sons ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

Questions (retour sur chaque page)	Qu'as-tu fait sur cette page ?

	Qu'as-tu entendu ?

	Est-ce que tu as trouvé difficile ?

Page 2 : fenêtre	
Manipulations	L'enfant ouvre la fenêtre : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
	Délai entre toucher et son : <input type="checkbox"/> Ok <input type="checkbox"/> Mauvais :.....
	Commentaires sur la matière :

	Sons déclenchés : <input type="checkbox"/> ouverture fenêtre <input type="checkbox"/> aboiements <input type="checkbox"/> chants d'oiseaux
Son	Commentaires sur les sons :

	<p>.....</p> <p>.....</p>
<p>Difficultés /aide demandée</p>	<p>Est-ce que l'enfant a demandé de l'aide/poser une question ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>A-t-il reconnu les sons ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>Questions (retour sur chaque page)</p>	<p>Qu'as-tu fait sur cette page ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>Qu'as-tu entendu ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>Est-ce que tu as trouvé difficile ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

Page 3 : pantalon

Manipulations	<p>L'enfant enfile le pantalon : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Le pantalon est de la bonne taille pour les doigts : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>L'enfant fait sauter le personnage : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>L'enfant fait danser le personnage : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Délai entre toucher et son : <input type="checkbox"/> Ok <input type="checkbox"/> Mauvais :.....</p> <p>Commentaires sur la matière :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
Son	<p>Sons déclenchés : <input type="checkbox"/> musique <input type="checkbox"/> différents instruments</p> <p>Commentaires sur les sons :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
Difficultés /aide demandée	<p>Est-ce que l'enfant a demandé de l'aide/poser une question ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>A-t-il reconnu les sons ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

Questions (retour sur chaque page)	Qu'as-tu fait sur cette page ?

	Qu'as-tu entendu ?

	Est-ce que tu as trouvé difficile ?

Page 4 : flaques	
Manipulations	L'enfant fait marcher le personnage : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
	L'enfant fait sauter le personnage : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
	L'enfant passe d'une flaque à l'autre : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
	Délai entre toucher et son : <input type="checkbox"/> Ok <input type="checkbox"/> Mauvais :.....
	Commentaires sur la matière :

Son	Sons déclenchés : <input type="checkbox"/> splatchs <input type="checkbox"/> grenouille <input type="checkbox"/> Kapi

	<p>Commentaires sur les sons :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>Difficultés/ aide demandée</p>	<p>Est-ce que l'enfant a demandé de l'aide/poser une question ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>A-t-il reconnu les sons ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>Questions (retour sur chaque page)</p>	<p>Qu'as-tu fait sur cette page ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>Qu'as-tu entendu ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>Est-ce que tu as trouvé difficile ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

Page 5 : île

Manipulations	<p>L'enfant fait marcher le personnage : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>L'enfant fait monter le personnage sur île : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>L'enfant fait plonger le personnage : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>L'enfant appuie sur deux endroits en même temps : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Délai entre toucher et son : <input type="checkbox"/> Ok <input type="checkbox"/> Mauvais :.....</p> <p>Commentaires sur la matière :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
Son	<p>Sons déclenchés : <input type="checkbox"/> eau profonde (zone extérieure) <input type="checkbox"/> pas dans le sable (autour de l'île) <input type="checkbox"/> oiseaux marins (sur l'île)</p> <p>Est-ce que les sons sont différents selon les zones ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Commentaires sur les sons :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
Difficultés /aide demandée	<p>Est-ce que l'enfant a demandé de l'aide/poser une question ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>A-t-il reconnu les sons ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

Questions (retour sur chaque page)	Qu'as-tu fait sur cette page ?

	Qu'as-tu entendu ?

	Est-ce que tu as trouvé difficile ?

Page 6 : bateau	
Manipulations	L'enfant place ses doigts sur le bateau : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
	L'enfant déplace facilement le bateau : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
	Le mouvement du bateau est fluide : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
	Délai entre toucher et son : <input type="checkbox"/> Ok <input type="checkbox"/> Mauvais :.....
	Commentaires sur la matière :

Son	Sons déclenchés : <input type="checkbox"/> baleine <input type="checkbox"/> vague <input type="checkbox"/> oiseau <input type="checkbox"/> aboiement <input type="checkbox"/> pirates <input type="checkbox"/> paquebot <input type="checkbox"/> marins <input type="checkbox"/> avion

	<p>Commentaires sur les sons :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>Difficultés/ Aide demandée</p>	<p>Est-ce que l'enfant a demandé de l'aide/poser une question ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>A-t-il reconnu les sons ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>Questions (retour sur chaque page)</p>	<p>Qu'as-tu fait sur cette page ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>Qu'as-tu entendu ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>Est-ce que tu as trouvé difficile ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

Questions après découverte du livre

1. Comment as-tu trouvé le livre ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Qu'est-ce que tu as fait dans ce livre ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Qu'est-ce qui t'a semblé le plus facile entre les pages (décrire les pages) ? Et le plus compliqué ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Si tu devais refaire une partie du livre, ce serait laquelle ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

