

« Do-It-Yourself »: aider les professionnels spécialistes de la déficience visuelle à créer leurs propres supports pédagogiques interactifs

Stephanie Giraud
IRIT
CNRS, Université de Toulouse
Toulouse, France
Stephanie.Giraud@irit.fr

Christophe Jouffrais
IRIT
CNRS, Université de Toulouse
Toulouse, France
Christophe.Jouffrais@irit.fr

Résumé— Les professionnels qui interviennent dans le cadre de l'éducation adaptée à la déficience visuelle sont confrontés à de nombreuses difficultés dans le processus de création ou d'adaptation de leurs supports pédagogiques. Ce processus consiste à transcrire des représentations visuelles (cartes, concepts, etc.) vers des représentations tactiles (cartes tactiles, modèles 3D, objets, etc.). Ce processus prend du temps et est, au final, coûteux. Les nouveaux outils de prototypage rapide (notamment l'impression 3D et les cartes microcontrôleurs) associés aux méthodes du « Do-It-Yourself » peuvent permettre à ces personnes de créer facilement et rapidement des supports pédagogiques parfaitement adaptés à leurs besoins. Dans cette étude, nous avons analysé les besoins d'un ensemble de spécialistes de la déficience visuelle présents dans un centre spécialisé. Dans le cadre d'une conception participative, nous avons construit plusieurs prototypes d'outils 3D interactifs, à faible coût, répondant à ces différents besoins. Par la suite, nous nous sommes focalisés sur quatre prototypes spécifiques et nous avons observé comment ils ont été utilisés lors de sessions d'apprentissage avec les enfants. En conclusion, la méthode "Do-It-Yourself" incluant les technologies récentes semble être une solution très pertinente pour permettre aux professionnels de la déficience visuelle de fabriquer leurs propres supports pédagogiques adaptés. Ensemble, nous avons mis en place un site web spécialisé qui permet de partager les besoins identifiés mais aussi les solutions possibles avec leurs tutoriels.

Keywords—prototypage rapide; impression 3D; matériel pédagogique; technologies d'assistance, éducation spécialisée

I. INTRODUCTION

De nombreux supports pédagogiques utilisés dans les centres éducatifs spécialisés sont adaptés ou spécialement conçus pour les élèves déficients visuels. Cette adaptation, obligatoire, dépend des besoins spécifiques de chaque élève (vision résiduelle, mais aussi troubles associés à la déficience visuelle, qu'ils soient auditifs, moteurs ou cognitifs, etc.), mais également des besoins de chaque professionnel spécialisé (enseignant, éducateur, instructeur de locomotion, psychomotricien, etc.). Chaque activité peut nécessiter une représentation tactile de différents types de contenus visuels (cartes, schémas, plan, etc.) ou éventuellement une mise à jour d'une représentation tactile précédente (Cf. Figures 1 et 2). Par exemple, les enseignants utilisent des planches de liège ou de

bois pour réaliser des graphiques et des tableaux mathématiques. Ils doivent également fréquemment transformer des cartes visuelles en cartes tactiles. Pour cela, ils utilisent un papier spécial qui fait apparaître des reliefs lorsqu'il est chauffé (technique du thermogonflage). D'autres utilisent des maquettes en bois ou des tableaux aimantés afin de travailler sur la représentation d'un quartier. Dans tous ces cas, pour une seule leçon, il peut être nécessaire de créer plusieurs supports différents pour représenter la même information à plusieurs échelles ou avec plusieurs niveaux de détails. Dans d'autres cas, la mise à jour des informations est impossible. Ils n'ont alors d'autre choix que de refaire un support dans sa totalité pour changer une seule information. Par conséquent, il apparaît que la transcription et l'adaptation des supports pédagogiques sont des processus long et coûteux. Dans certains cas, les supports pédagogiques adaptés n'existent même pas, ou alors sont spécifiques à un seul besoin très précis. De plus, quand les outils sont trop représentatifs d'un handicap particulier, les utilisateurs peuvent ressentir un sentiment de stigmatisation [1] et refuser de les utiliser comme il devrait.

Le « Do-It-Yourself » (DIY) décrit un ensemble de méthodes et d'outils permettant à chaque personne de concevoir ses propres objets. Depuis peu, le DIY s'appuie beaucoup sur des outils de prototypage rapide comme les imprimantes 3D et les cartes microcontrôleurs à très bas coût. Cette approche, si elle était maîtrisée, pourrait permettre aux professionnels de la déficience visuelle de concevoir des représentations et objets physiques (cartes 2D ou 3D, plans, modèles, etc.) interactifs qui correspondent parfaitement à leur besoins pédagogiques. Elle pourrait aussi permettre d'améliorer (accélérer, mais aussi rendre moins coûteux) les processus d'adaptation du matériel pédagogique.

Dans cette étude, notre objectif consistait tout d'abord à vérifier que les outils récents du DIY correspondaient bien aux besoins des professionnels de la déficience visuelle. Nous avons introduit une série d'objets 3D interactifs lors de sessions de conception participative afin de montrer aux professionnels la potentialité de ces nouveaux objets et des outils de prototypage rapide qui permettent de les créer. Ces prototypes ont servi d'aide à la créativité et ont permis d'identifier de nombreux besoins et projets propres à chaque professionnel.

Nous avons alors co-conçu quatre prototypes correspondant à quatre activités pédagogiques différentes et nous avons observé leurs usages dans des sessions avec les enfants. Notre objectif final consistait cependant à rendre les professionnels de la déficience visuelle autonomes dans la pratique du DIY. Pour cela, nous avons créé un blog spécialisé dans lequel ils peuvent partager des fichiers numériques (par exemple des modèles 3D, des fichiers audio, etc.) mais aussi des tutoriels ou des informations pour imprimer en 3D ou pour rendre une partie d'un objet interactive. De cette façon, chaque enseignant, chaque éducateur, chaque formateur, etc., devrait pouvoir créer son propre matériel pédagogique, à un coût très modéré, grâce au prototypage rapide. Pour finir, nous discutons de l'intérêt de ces nouvelles technologies de prototypage rapide dans le cadre des apprentissages spécialisés avec des enfants déficients visuels, ayant dans certains cas des déficiences cognitives associées.

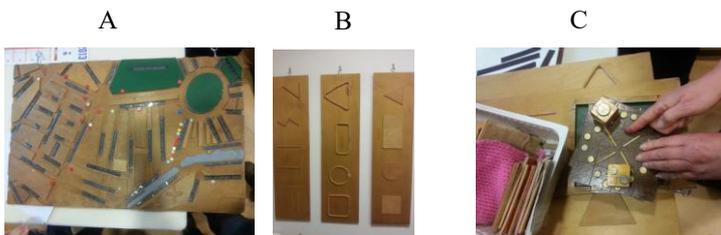


Fig. 1. A. Maquette d'un quartier de ville réalisé en bois. La maquette doit être une représentation adaptée de la réalité et contient de nombreux points d'intérêts (batiments spécifiques, passages piétons, etc.) B. Formes géométriques représentées en bois. Il faut multiplier les objets pour représenter les memes formes pleines ou évidées, de plusieurs tailles. C. « Boite à outils » et exemples d'objets réalisés en bois utilisés par un formateur.

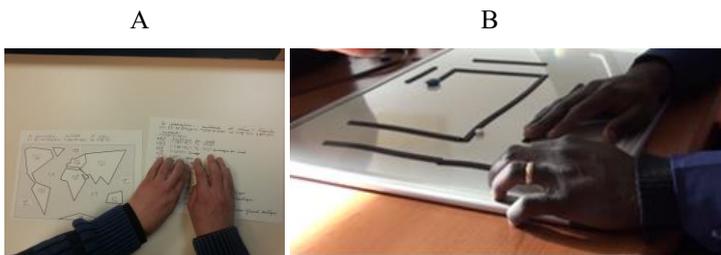


Fig. 2. A. Exemple d'une carte en relief thermogonflée représentant les différents continents du monde. Les légendes prennent beaucoup de place et doivent être affichées sur un autre document. B. Utilisation du tableau aimanté pour représenter un quartier lors d'une séance collaborative (élève, enseignant) de formation en locomotion

II. LE PROTOTYPAGE RAPIDE POUR LA CREATION DE MATERIEL PEDAGOGIQUE ADAPTE AUX DEFICIENTS VISUELS

Plusieurs auteurs ont montré que le prototypage rapide, notamment grâce à l'impression 3D, était une méthode prometteuse pour créer des représentations tactiles pour les enfants déficients visuels [2][3]. L'impression 3D peut également être utilisée pour adapter des expositions de musée accessibles aux personnes déficientes visuelles [4]. MacDonald

et al. [5] ont créé dix aides tactiles pour les élèves déficients visuels à partir d'une découpeuse laser et d'une imprimante 3D. Ils ont observé que ces aides améliorent la compréhension du matériel pédagogique ainsi que la satisfaction des élèves. Buehler et al. [6] encouragent également cette approche en créant des outils adaptés à des élèves déficients visuels, moteurs et cognitifs. Dans leur étude, ils ont montré que l'impression 3D favorise l'engagement STEM (Science, Technologie, Ingénierie et Mathématiques) des élèves, mais permet également la création du matériel pédagogique accessible par les professionnels.

Bien que les logiciels de modélisation 3D, tel que Blender ou Rhino, sont relativement difficiles à utiliser pour des utilisateurs novices, le processus de conception peut être facilité par l'utilisation de modèles déjà réalisés, disponibles sur l'Internet (cf. la base Thingiverse.com par exemple). En effet, Buehler et al. [7] ont énuméré un grand nombre de modèles 3D disponibles dans cette base pour imprimer des objets spécifiques pour les personnes en situation de handicap ou pour imprimer des technologies d'assistance. Ils observent notamment que plusieurs modèles ont été créés par les utilisateurs finaux eux-mêmes ou par leurs amis, qui n'ont souvent aucune formation ou expertise dans la création de technologies d'assistance. En effet, de nouveaux logiciels de modélisation 3D tels que Tinkercad ou 3D Slash ont été créés pour un public novice, et s'avèrent très simples d'utilisation [8]. Hurst et al. ([9], [10]), illustrent plusieurs exemples d'outils qui peuvent être conçus par des « non-ingénieurs ». De façon intéressante, ces auteurs ont montré une augmentation du processus d'adoption de ces outils grâce au meilleur contrôle que les utilisateurs finaux ont sur la conception et le coût. Évidemment, l'impression 3D doit permettre aux enseignants spécialisés de créer ou de modifier leurs propres supports pédagogiques, en répondant de façon très spécifique à chacun de leurs besoins en termes de représentation tactile d'objets, d'espaces ou de concepts.

En sus de l'impression 3D, de nombreuses cartes microcontrôleurs bon marché (environ 50 euros), tels que Makey Makey® (JoyLabz LLC), Touch Board® (Bare Conductive Ltd), Raspberry Pi® (Raspberry Pi foundation), Arduino® (Arduino LLC), ou Lilypad (Arduino LLC) permettent de concevoir des objets interactifs. Par exemple, le « Makey Makey » permet de concevoir des prototypes de manière flexible, en incluant des matériaux organiques et vivants (une fleur ou le corps humain par ex), et sans compétences techniques. Il est compatible avec tous les logiciels et ne nécessite pas de programmation ou d'assemblage de pièces électroniques. Il est ainsi conçu pour un large public, des débutants aux experts [11]. Différentes études ont montré qu'il était possible d'utiliser cet outil lors d'activités avec des personnes retraitées [12] ou avec des enfants handicapés [13], et ont mis en évidence les bénéfices apportés par celui-ci. Les autres types de cartes, tels que la "Touch Board", "Arduino", ou "Raspberry Pi", exigent davantage de compétences. Cependant, elles possèdent un processeur, une batterie, et de nombreux connecteurs d'entrée-sortie, qui permettent de concevoir des applications mobiles [14]. Ainsi, les « créateurs » peuvent choisir la carte la plus appropriée en fonction de leurs compétences et objectifs. Le

tableau 1 résume les avantages de chacune des cartes citées, actuellement sur le marché.

TABLE I. AVANTAGES DES CARTES MICROCONTROLEURS ET MICRO-ORDINATEURS BON MARCHÉ

	Makey Makey	Touch Board	Raspberry Pi	Arduino	Lilypad
Prise en main rapide	Oui	Oui	Non	Non	Non
Compatible avec tous les logiciels	Oui	Non	Oui	Non	Non
Utilisation permise de matériaux organiques	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Programmation non requise	Oui	Oui	Non	Non	Non
Soudure non requise	Oui	Oui	Non	Oui	Oui

III. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Notre objectif principal était de donner les moyens aux professionnels de la déficience visuelle de créer eux-mêmes leurs supports pédagogiques pour répondre pleinement à leurs besoins. Nous avons proposé d'appliquer la méthode DIY avec des outils d'impression 3D et de prototypage rapide bon marché pour concevoir ces supports facilement et rapidement. Néanmoins, ces technologies peuvent générer certaines réticences et préjugés de la part des professionnels spécialisés, qu'ils n'arrivent pas toujours à surmonter.

Afin de bien comprendre les besoins mais aussi les réticences potentielles des professionnels, nous avons travaillé en collaboration avec un centre d'éducation spécialisé pour déficients visuels (CESDV). Le centre accueille des enfants et jeunes adultes déficients visuels âgés de trois à vingt ans. Certains d'entre eux sont sujets à des troubles associés tels que des troubles auditifs, des troubles du comportement, ou des troubles envahissants du développement. Différents types de professionnels spécialisés travaillent à l'institut, tels que les enseignants spécialisés, les éducateurs, les instructeurs de locomotion, les ergothérapeutes, les adaptateurs-transcripteurs de documents, etc. Nous avons réalisé plusieurs sessions de conception participative avec les professionnels et les enfants de l'institut, ce qui nous a permis d'identifier un grand nombre de projets différents qui reposent sur ces nouvelles technologies et qui permettent d'animer des activités pédagogiques avec les enfants déficients visuels. Finalement, nous avons sélectionné et développé ensemble quatre prototypes différents, puis observé comment ils ont été utilisés avec les enfants.

Parce que certains professionnels craignent de ne pas pouvoir mettre en œuvre la méthode DIY, nous avons décidé de fournir un moyen simple et efficace d'agrèger et partager de l'information sur l'utilisation de ces technologies. Nous avons mis en place un blog dédié à la création de matériel pédagogique pour les enfants déficients visuels à partir de ces nouvelles technologies, en s'appuyant sur les méthodes du

DIY¹. Ce blog fournit des articles, des vidéos et tutoriels pour permettre aux professionnels de créer leurs propres supports pédagogiques, et il offre également la possibilité d'échanger entre professionnels afin de s'entraider.

IV. CONCEPTION PARTICIPATIVE & SCÉNARIOS

Suite à une analyse des besoins des professionnels spécialisés et des élèves du centre [15], nous avons mis en place trois sessions de conception participative. Au total, quatre enseignants spécialisés, trois éducateurs, deux instructeurs de locomotion, un transcripteur, et vingt-trois enfants âgés de huit à vingt ans, ont participé à cette étude.

Afin de montrer la potentialité des outils de prototypage rapide, nous avons organisé deux sessions de conception participative avec les professionnels et les enfants du centre au cours desquelles des objets 3D, imprimés ou non, (papillon, voiture, polygone, Tour Eiffel, et fruits), ainsi que des cartes microcontrôleurs (« Makey Makey » et « Touch Board ») étaient présentés [15]. La figure 2 présente deux exemples d'objets imprimés en 3D présentés lors de ces sessions.



Fig. 3. Exemples d'objets imprimés en 3D présentés lors des sessions de conception participative.

Ces différents objets ont été utilisés au cours des sessions de conception participative comme aide à la créativité [16]. Certains d'entre eux ont été rendus interactifs et ont permis de décrire des cas d'usage fictifs proposées par les professionnels. Plusieurs scénarios ont alors été identifiés. Par exemple, un enseignant d'Histoire-Géographie souhaitait rendre une carte de Paris interactive afin qu'elle procure des informations historiques concernant des points d'intérêt spécifiques. Ces points d'intérêt correspondent à des bâtiments ou des remparts historiques de la ville. Ils peuvent être imprimés en 3D et rendus interactifs afin de créer un modèle 3D permettant d'expliquer l'évolution de Paris. Un autre enseignant d'Histoire-Géographie souhaitait créer une frise chronologique 3D interactive pour apprendre les périodes importantes de l'histoire de France ou apprendre les différents courants littéraires d'une époque donnée. Une transcriptrice souhaitait concevoir un conte sensoriel sur un livre cousu afin d'associer des expériences tactiles et sonores au conte par le toucher d'objets 3D et/ou d'éléments en relief interactifs. Un éducateur souhaitait créer une boîte à rythme corporelle afin d'associer certaines parties du buste des enfants à un son précisant le nom de la partie touchée (par exemple l'épaule). L'objectif était de permettre à des enfants déficients visuels avec déficience cognitive associée d'apprendre les différentes parties du corps humain, mais aussi de prendre conscience de leur propre anatomie. Pour aller plus loin, l'éducateur souhaitait apprendre aux enfants une chorégraphie en touchant les différentes parties

¹ <http://cherchonspourvoir.org/faislepourvoir>

du buste pour qu'ils apprennent la synchronisation. Un instructeur de locomotion souhaitait imprimer en 3D les éléments repères importants d'une rue (par exemple, la chaussée, les places de parking, le trottoir, etc.) et les rendre interactifs pour donner de façon dynamique l'intitulé de chaque objet. L'objectif consistait à permettre aux enfants de comprendre et représenter facilement et avec une meilleure affordance un quartier dans lequel ils sont susceptibles de faire une session d'apprentissage. Cette liste n'étant pas exhaustive, d'autres scénarios existent à ce jour (voir sur le blog dédié).

Une dernière session a été organisée dans laquelle nous avons aidé les professionnels à concevoir les prototypes pour leurs activités pédagogiques. Lors du débriefing final, tous les enseignants ont apprécié les prototypes qui ont été réalisés, notamment en raison de l'interactivité qu'offrent ces prototypes. Ils ont également exprimé avoir un grand intérêt pour le prototypage rapide, spécialement parce qu'ils peuvent concevoir une activité simplement et rapidement avec des outils peu onéreux. La méthode DIY a ainsi séduit de nombreux enseignants qui souhaitent l'appliquer par la suite pour créer leurs propres outils pédagogiques. Pour finir, nous avons sélectionné quatre prototypes différents et observé comment ils ont été utilisés lors de séances avec les enfants.

V. OBSERVATION DES ACTIVITES PEDAGOGIQUES AVEC LES ENFANTS DEFICIENTS VISUELS

Le premier scénario impliquait cinq enfants déficients visuels de 12 à 18 ans avec des troubles du comportement et des troubles envahissants du développement. Ce scénario visait à encourager les enfants à manger différents fruits qui sont souvent jugés comme désagréables au toucher (par exemple, l'orange ou le kiwi). A partir du « Makey Makey » et du logiciel de programmation « Scratch », les fruits ont été connectés à une chanson que chaque enfant aimait bien. L'éducateur a insisté sur la nécessité de jouer et arrêter précisément le morceau lorsque les enfants touchaient et relâchaient le fruit. Lors de l'activité, nous avons observé que le prototype suscitait une grande curiosité de la part des enfants, et qu'ils touchaient des fruits qu'ils refusaient de toucher auparavant. La Figure 3 présente une partie du prototype dans les mains d'un des enfants.



Fig. 4. Utilisation d'un fruit connecté dans le scénario « diversification alimentaire ».

Le second scénario concernait une activité d'apprentissage de l'alphabet Braille impliquant un enfant déficient visuel de 8 ans atteint de troubles cognitifs. Les lettres Braille ont été imprimées sur un carré en bois et rendues interactives avec une « Touch Board » et le logiciel de programmation « Arduino ».

L'élève a choisi et enregistré les sons associés à chaque lettre. Son activité consistait à apprendre à reconnaître rapidement des lettres Braille. Ici aussi, nous avons observé que le prototype a favorisé l'engagement de l'enfant et sa motivation pour l'activité. Celui-ci attend d'ailleurs les séances suivantes avec impatience selon l'enseignante. La Figure 4 présente l'élève en train d'utiliser le prototype pour apprendre l'alphabet Braille.

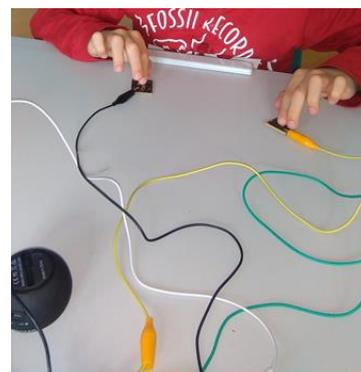


Fig. 5. Alphabet Braille connecté au cours d'une séance d'apprentissage du Braille.

Le troisième scénario était basé sur une leçon de géométrie avec des enfants déficients visuels de 16 à 18 ans atteints de troubles d'apprentissage et de troubles du comportement mineurs. Différentes parties des formes géométriques (tels que les côtés et les angles) ont été rendues interactives avec une « Touch Board » et le logiciel de programmation « Arduino ». Lorsque les élèves touchaient ces parties, des descriptions verbales sur la valeur de l'angle, la longueur ou la largeur, étaient déclenchées. Dans ce scénario, l'enseignant a observé une bien meilleure participation des élèves lors de la résolution d'un problème géométrique. La Figure 5 présente un élève en train d'utiliser le prototype lors de la résolution du problème géométrique.



Fig. 6. Formes géométriques connectées lors d'une séance de mathématiques.

Le quatrième scénario concernait une séance de locomotion avec un enfant déficient visuel de 8 ans atteint de troubles cognitifs. Au cours de la séance, l'enfant devait explorer un modèle physique d'un quartier situé à proximité du centre afin d'apprendre à s'y déplacer. Ce quartier contient deux ponts, l'un avec un chemin de fer et l'autre avec un chemin pour piétons traversant le canal. L'instructeur a défini cette situation comme difficile à comprendre pour cet enfant, mais aussi pour beaucoup d'autres enfants déficients visuels. Le prototype fournissait une représentation (de type maquette) de l'ensemble de la zone avec les deux ponts (un pont en bois découpé au laser et un pont imprimé en 3D) disposés sur une carte

thermogonflée. Une « Touch Board » et le logiciel de programmation « Arduino » ont été utilisés pour créer les zones interactives qui déclenchaient des sons enregistrés par l'enfant lors d'une promenade préparatoire dans ce quartier. Deux types de sons avaient été enregistrés : le son d'un train qui passe sur le pont et le son de pierres jetées par l'enfant dans le canal (ce qu'il faisait systématiquement quand il traversait le pont). L'enfant avait également à disposition un train miniature et une figurine. Ainsi, lorsque le train touchait le pont en bois, le son du train qui passe était joué. Lorsque la figurine touchait le pont pédestre, le son des chutes de pierres dans l'eau était joué. L'enfant s'est montré particulièrement curieux et assidu au cours de la session avec le dispositif. De son côté, l'institutrice était vraiment satisfaite par le prototype, et a considéré le prototype comme un outil efficace pour aider cet élève en particulier, mais aussi les élèves déficients visuels en général, à comprendre un quartier difficile. La Figure 6 présente l'institutrice de locomotion et l'élève en pleine session d'apprentissage de la configuration du quartier avec le prototype.



Fig. 7. Modèle physique connecté d'un quartier lors d'une séance d'apprentissage à la locomotion.

VI. DIFFUSION DE LA METHODE DIY AU SEIN DE LA COMMUNAUTE DES PROFESSIONNELS DE LA DEFICIENCE VISUELLE

En raison du succès observé dans le centre, nous souhaitons promouvoir cette méthode à l'échelle nationale. Par conséquent, nous avons créé un blog dédié² permettant de partager des conseils très spécifiques et des tutoriaux sous forme de vidéos. Afin d'accélérer la production de contenus, nous avons lancé un « Hackathon » sur les objets interactifs. L'objectif de ce « Hackathon » est de réunir les professionnels de la déficience visuelle avec leurs idées de création de supports pédagogiques et des passionnés de l'informatique et de l'électronique. Lors de cet événement, les participants doivent former des équipes pour créer un prototype répondant aux besoins d'une activité pédagogique avec les enfants déficients visuels. A l'issue de leur projet, les participants devront décrire le besoin identifié et le prototype réalisé en incluant les solutions techniques retenues. Ils devront aussi poster des tutoriaux sous forme de vidéos sur le blog dédié. Les meilleures réalisations seront récompensées à la fin du « Hackathon ».

² <http://cherchonspourvoir.org/faislepourvoir>

VII. CONCLUSION

Dans cette étude, nous avons mis en évidence l'intérêt de la méthode DIY sur les processus de création de leur propre matériel pédagogique par les professionnels de la déficience visuelle. Différents prototypes ont été conçus grâce aux outils de prototypage rapide, et ont été utilisés pendant des activités avec des enfants déficients visuels. Bien que les observations finales nécessitent une méthode plus rigoureuse, nous pouvons d'ores et déjà souligner l'adéquation de la méthode avec les besoins des professionnels concernant la création et l'adaptation de leurs supports pédagogiques. En effet, cette méthode permet un haut niveau de personnalisation du matériel pédagogique, qui dépend fortement de l'activité enseignée et de la progression pédagogique, mais aussi des capacités sensorielles et cognitives des élèves. Sur la base des scénarios identifiés, il apparaît clairement que ce n'est pas la complexité des prototypes réalisés qui était remarquable mais la très grande souplesse de la méthode pour produire de façon autonome, rapidement, et à bas coût, un ou plusieurs prototypes parfaitement adaptés à un objectif pédagogique. En somme, les professionnels étaient très satisfaits de cette méthode qu'ils ont jugée peu chère, simple et rapide. Ils ont particulièrement apprécié la flexibilité des prototypes qu'ils peuvent modifier en fonction du contenu des sessions ou de la progression de l'activité de semaine en semaine.

En outre, le prototypage rapide permet d'inclure les enfants dans le processus de création [17]. Par exemple, dans notre étude, les enfants pouvaient choisir, créer et enregistrer les sons qui ont été déclenchés dans les prototypes. Indépendamment du prototype et de l'activité dans laquelle ils ont été impliqués, les élèves étaient très motivés et engagés. Ils ont déclaré avoir beaucoup apprécié d'être inclus dans le processus de conception. Les enseignants ont eux-mêmes souligné l'intérêt de l'implication des enfants lors de la conception car cela augmente leur motivation au cours des sessions d'apprentissage ultérieures.

Pour conclure, la méthode "Do-It-Yourself" fournit aux professionnels des moyens simples, rapides et bon marché pour créer du matériel pédagogique adapté, mais améliore également l'engagement et la satisfaction des élèves. Ainsi, l'application de cette méthode dans de nombreux contextes éducatifs (leçons de locomotion, de géographie, de mathématiques, etc.) mais aussi ludiques semble judicieuse.

REMERCIEMENTS

Nous remercions sincèrement tous les professionnels et les élèves qui nous ont accordé du temps, et tout spécialement Nathalie Bédouin de l'Institut des Jeunes Aveugles. Projet subventionné par la FIRAH en 2014.

REFERENCES

- [1] J.-A. Bichard, R. Coleman, and P. Langdon, "Does My Stigma Look Big in This Considering Acceptability and Desirability in the Inclusive Design of Technology Products," in *Universal Access in Human Computer Interaction. Coping with Diversity*, 2007, vol.

- 4554, pp. 622–631.
- [2] J. Kim and T. Yeh, “Toward 3D-Printed Movable Tactile Pictures for Children al Impairments with Visual Impairments,” in *Proc. CHI '15*, 2015, pp. 2815–2824.
- [3] A. Stangl, J. Kim, and T. Yeh, “3D printed tactile picture books for children with visual impairments,” in *Proceedings of the 2014 conference on Interaction design and children - IDC '14*, 2014, pp. 321–324.
- [4] M. Salgado and A. Salmi, “Ideas for Future Museums by the Visually Impaired,” in *PDC-06 Proceedings of the Participatory Design Conference*, 2006, pp. 105–108.
- [5] S. McDonald, J. Dutterer, A. Abdolrahmani, S. K. Kane, and A. Hurst, “Tactile aids for visually impaired graphical design education,” in *Proceedings of the 16th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility - ASSETS '14*, 2014, pp. 275–276.
- [6] E. Buehler, S. K. Kane, and A. Hurst, “ABC and 3D: opportunities and obstacles to 3D printing in special education environments,” in *Proceedings of the 16th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility - ASSETS '14*, 2014, pp. 107–114.
- [7] E. Buehler, S. Branham, A. Ali, J. J. Chang, M. K. Hofmann, A. Hurst, and S. K. Kane, “Sharing is Caring: Assistive Technology Designs on Thingiverse,” in *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '15*, 2015, pp. 525–534.
- [8] P. Carrington, S. Hosmer, T. Yeh, A. Hurst, and S. K. Kane, “‘Like This, But Better’: Supporting Novices’ Design and Fabrication of 3D Models Using Existing Objects,” in *Proc. iConference 2015.*, 2015.
- [9] A. Hurst and S. Kane, “Making ‘making’ accessible,” in *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '13*, 2013, p. 635.
- [10] A. Hurst and J. Tobias, “Empowering individuals with do-it-yourself assistive technology,” in *The proceedings of the 13th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility - ASSETS '11*, 2011, p. 11.
- [11] J. Silver, E. Rosenbaum, and D. Shaw, “Makey Makey : Improvising Tangible and Nature-Based User Interfaces,” in *TEI '12*, 2012, p. 5.
- [12] Y. Rogers, J. Paay, M. Brereton, K. L. Vaisutis, G. Marsden, and F. Vetere, “Never too old: Engaging Retired People Inventing the Future with MaKey MaKey,” in *Proceedings of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems - CHI '14*, 2014, pp. 3913–3922.
- [13] B. Leduc-Mills, J. Dec, and J. Schimmel, “Evaluating accessibility in fabrication tools for children,” in *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '13*, 2013, p. 617.
- [14] F. Hamidi, M. Baljko, T. Kunic, and R. Feraday, “Do-It-Yourself (DIY) assistive technology: A communication board case study,” in *ICCHP 2014*, 2014, vol. 8548 LNCS, no. PART 2, pp. 287–294.
- [15] S. Giraud and C. Jouffrais, “Empowering Low-Vision Rehabilitation Professionals with ‘ Do-It-Yourself ’ Methods,” in *ICCHP 2016*.
- [16] E. Brule, G. Bailly, A. Brock, F. Valentin, G. Denis, and C. Jouffrais, “MapSense: Design and Field Study of Interactive Maps for Children Living with Visual Impairments,” in *International Conference for Human-Computer Interaction (CHI 2016)*, 2016.
- [17] A. Druin, “The role of children in the design of new technology,” *Behav. Inf. Technol.*, vol. 21, no. 1, pp. 1–25, 2002.