



**HAL**  
open science

## L'informatique, pour un monde plus accessible

Philippe Truillet

► **To cite this version:**

Philippe Truillet. L'informatique, pour un monde plus accessible. Dossier : Accessibilité informatique, 2020, numero15, Article 7, pp. 45-57. hal-03116648

**HAL Id: hal-03116648**

**<https://ut3-toulouseinp.hal.science/hal-03116648v1>**

Submitted on 22 Mar 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# L'informatique, pour un monde plus accessible

---

Philippe Truillet

---

## 1. Introduction

Dans les sociétés modernes, l'information et la communication inter-individuelles ont pris une grande importance et leur accès et partage par et pour tous représentent un enjeu de société considérable. Ne pas prendre en compte les besoins et les spécificités des personnes les plus fragiles (handicapés, personnes âgées...) revient à les exclure en leur fermant l'accès à l'éducation, au marché du travail, à la culture et à tout ce qui fait le ciment de nos sociétés. Il est à noter que dans de très nombreux pays, des lois ont été votées pour obliger les contributeurs d'information à proposer des solutions accessibles à tous. En France, la loi 2005-102 du 11 février 2005<sup>1</sup> « pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées » affirme dans son titre IV l'obligation pour les pouvoirs publics de rendre accessibles les services de communication « *quels que soient le moyen d'accès, les contenus et le mode de consultation* ».

L'informatique joue bien évidemment un rôle clé dans l'inclusion des personnes à besoin spécifique. Elle permet notamment l'accès à l'information au travers d'outils dédiés (synthèse vocale, plages braille, périphériques spécifiques, etc.). Néanmoins, malgré la résolution de l'Assemblée Générale des Nations Unies<sup>2</sup>, dont l'objectif est de « *permettre aux personnes handicapées de vivre de façon indépendante et de participer pleinement à tous les aspects de la vie* » (cf. article 9), il reste des situations pour lesquelles l'accessibilité reste délicate. Permettre un accès au poste de travail informatique pour tous n'est possible qu'en prenant en compte plusieurs paramètres : l'utilisateur dans ce qu'il est, ses capacités perceptives et cognitives, l'environnement dans lequel il vit, les performances technologiques utilisées, etc.

## 2. De multiples technologies pour l'autonomie

Il existe sur le marché un très grand nombre d'outils d'assistance (dites aussi *Assistive Technologies*) qui vont de systèmes de lecture d'écrans, de la chaise roulante à des bras robotisés en passant par les contacteurs *on-off*, joysticks, etc.

Ces aides ont des caractéristiques évidemment différentes suivant le niveau de handicap et/ou de la mobilité de la personne. Par exemple, pour celles qui ont des mouvements involontaires et mal coordonnés, un guide-doigt (grille posée sur un clavier physique) peut être suffisant afin d'éviter les appuis simultanés de plusieurs touches et de permettre de reposer les mains alors qu'une personne qui ne dispose plus d'aucune mobilité ni de ses membres supérieurs, on ne peut proposer que des dispositifs d'interaction comme un système de suivi du regard (*eye-tracker*) ou de suivi de tête (*head-tracker*).

Comme le souligne (Laffont, 2008), la possibilité de contrôler son environnement est déterminante pour la qualité de sa réinsertion sociale, familiale et professionnelle. (Verdonck, 2009) et (Pino, 2000) définissent en outre cinq thèmes liés à l'usage des technologies : l'autonomie, la liberté, la sécurité, du temps pour soi et les relations avec les autres. Ceci démontre que ces outils doivent surtout être vus comme un droit fondamental de la personne. Malheureusement, on constate que toutes ces aides peuvent être très onéreuses surtout lorsque le handicap est lourd alors qu'elles restent nécessaires pour briser la solitude dans laquelle beaucoup de personnes sont plongées.

D'un point de vue des usages, les résultats d'un questionnaire datant de 2004 (Brochard, 2008), montrent que la communication (e-mail, Internet, ...) constitue le premier usage de l'ordinateur (82,5 %) possédé par 69,5% des

---

<sup>1</sup> Légifrance, <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT00000809647>, dernier accès le 26 janvier 2020

<sup>2</sup> UN General Assembly, Convention on the Rights of Persons with Disabilities: resolution / adopted by the General Assembly, 24 January 2007, A/RES/61/106, available at: <http://www.refworld.org/docid/45f973632.html>, dernier accès le 26 janvier 2020

personnes. En outre, l'étude de (Kane, 2009) montre que de manière assez surprenante, les utilisateurs optent plutôt pour le choix de technologies répandues même si cela implique quelques difficultés d'usage.

Cependant, le simple fait d'avoir un accès aux technologies n'abolit pas forcément les barrières de l'accessibilité. (Phillips, 1993) et (de Boer, 2009) -dans un contexte légèrement différent- soulignent que le taux d'abandon des technologies d'assistance reste important (aux alentours de 30%) du fait d'utilisateurs non consultés, de difficultés à obtenir les périphériques, parfois de leur faible performance ou encore du fait de changement des priorités et des besoins. Cette difficulté à comprendre les usages de tous les jours est d'ailleurs souvent reprise dans la littérature.

C'est pour cela qu'il nous semble nécessaire de développer des stratégies et services qui augmentent l'engagement des utilisateurs et considérer les besoins à long-terme. Il semble que les technologies dites « *DIY* » (*Do-It-Yourself* – faites-le par vous-même) associées à une démarche de conception centrée sur l'utilisateur sont une solution intéressante pour résoudre ce problème. (Hurst, 2011) souligne par exemple que le « *DIY* » permet un accès plus aisé à la technologie récente, qu'il réduit les temps de décision et d'implémentation avec des coûts moindres par rapport aux solutions commerciales. De plus, le mouvement « *DIY* » permet une émulation de tous les acteurs concernés et de créer des communautés riches et imaginatives.

### **3. Une nécessité de concevoir avec et pour des personnes à besoin spécifique**

(Hurst 2011) fait de plus le parallèle entre le mouvement *DIY* et la théorie de la diffusion de l'information de (Rogers, 1995) concernant l'adoption des technologies. On retrouve peu ou prou ces étapes dans l'approche centrée utilisateur utilisée classiquement en IHM (Interaction Homme-Machine).

En effet, cette approche **se focalise sur les besoins de l'utilisateur plutôt que sur la technologie** ce qui permet de réduire a priori les problèmes d'utilisabilité. Beaucoup de travaux ont été menés sur cette méthodologie et il existe un grand nombre de méthodes et d'outils pour la mettre en œuvre. Quelques règles de base pour la mise en œuvre sont définies par la norme ISO 9241-210 (ISO, 2010) ». Selon cette norme, il est entre autres indispensable de réaliser une « *participation active des utilisateurs* » dans les quatre phases du processus de conception : l'analyse des besoins et d'activités des utilisateurs, la production d'idées, la conception et prototypage et l'évaluation par rapport aux exigences. Quelques méthodes utilisables pour la conception sont présentées par (Muller, 1993). Parmi celles-ci, la conception dite participative met en avant une collaboration tout au long du processus de conception entre différents acteurs : concepteurs, développeurs, décideurs, ... et les utilisateurs.

Comme nous l'avons vu précédemment, le handicap recouvre un large panel de situations individuelles différentes avec des capacités sensorielles ou actionnelles qui peuvent varier au cours du temps. Cela pose d'emblée au moins deux problèmes :

- le temps important à consacrer afin de concevoir une aide personnalisée
- et le travail « *artisanal* » requis pour répondre au mieux aux problèmes de handicap, ce qui exclut en outre la réutilisabilité du résultat.

Ce sont autant de raisons pour lesquelles nous plaillons nous aussi pour une démarche de conception d'aides techniques réellement centrée sur l'utilisateur.

Il y a de notre point de vue de nombreux avantages à utiliser cette méthode particulièrement pour des personnes à besoin spécifique d'abord parce que de nombreux outils qui leur sont destinés restent peu interopérables, assez rigides et compliqués à utiliser (Kemoun, 2002). Ensuite, il nous semble important de fournir très rapidement des outils d'aide sous forme de prototypes même s'ils ne sont pas complètement fonctionnels parce que cela peut générer un « *cercle vertueux* » permettant d'affiner à la fois les besoins ou en créer de nouveaux.

### **4. L'étape du prototypage et le "do-it yourself"**

Le prototypage est une étape essentielle à la fois pour réduire le coût de développement, pour tester l'utilisabilité d'un système ou d'une technologie, mais également pour améliorer la connaissance sur l'attitude, le comportement des utilisateurs et les fonctionnalités du système (en termes de modalités d'interaction utilisées, des stratégies d'utilisation, ...) (Arnowitz, 2007). De plus, le prototypage permet de tester à moindre frais un certain nombre de solutions innovantes pouvant être utiles aux utilisateurs dans le contexte envisagé. Le retour sur expérience peut alors être employé pour guider les développements ultérieurs.

Dans ce sillage, l'apparition récente de plusieurs plateformes électroniques simples, peu onéreuses, « ouvertes » et programmables comme arduino<sup>3</sup> et plus récemment microbit<sup>4</sup> a été une véritable révolution. Ces plateformes permettent à tout un chacun de s'appropriier les systèmes physiques et utiliser des capteurs ou effecteurs aussi facilement que de piloter son ordinateur.

Tout ceci ouvre donc de nombreuses perspectives dans le cadre du handicap notamment lorsque l'usage de capteurs physiques devient nécessaire pour piloter son ordinateur. En effet, l'adaptation de l'interface au regard des interacteurs adaptés (ensemble des périphériques et techniques d'entrée) et de l'évolution du handicap des patients reste souvent un problème majeur à résoudre.

## 5. Des exemples de systèmes développés et d'expérimentation

Depuis plus de vingt ans, notre équipe à l'IRIT<sup>5</sup> (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse) travaille sur ces domaines de l'accessibilité et la recherche de méthodes et de solutions. Nous allons illustrer ci-après quelques méthodes de conception centrée-utilisateur avec quelques projets développés à l'IRIT et au sein de l'université Toulouse 3 ces dernières années.

### 5.1 Clapoti : un clavier virtuel à entrée phonétique

Ce système a été développé en 2002 sur une durée d'un an pour M. R., personne tétraplégique avec une mobilité faible des bras, mal-voyant et aphasique suite à un accident de la route. Le système CLAPOTI (Vella, 2003) est une aide technique qui permet la communication orale au travers d'un dispositif de synthèse vocale. L'objectif est de permettre une production vocale rapide en utilisant la concaténation de phonèmes (plus petite unité de sons d'une langue). Ainsi, chaque touche du clavier est associée à un caractère phonétique IPA<sup>6</sup> (International Phonetic Alphabet).

Un des besoins exprimés par M. R. était que ce système devait être utilisable pour deux situations d'interaction : en face à face ou le plus souvent à distance au travers d'un téléphone. CLAPOTI a donc été conçu et développé en utilisant une approche participative. Nous avons débuté par l'analyse fonctionnelle du système existant utilisé par la personne. Cette analyse a mis en exergue certains problèmes cruciaux comme par exemple celui de la saisie des messages au clavier. L'ensemble des résultats a été utilisé pour prototyper une première version de CLAPOTI (cf. Figure 1) développée à l'aide de mbrola<sup>7</sup>, système libre de synthèse de phonèmes multilingues libre<sup>8</sup>.

Nous avons ensuite utilisé un scénario de travail correspondant à une des activités essentielles du système à savoir la prise de rendez-vous par téléphone à l'aide du système utilisé. L'usage de scénarios en IHM permet de se focaliser d'abord sur les problèmes d'usages et non des problèmes techniques. A l'issue de cette phase, nous avons ainsi pu identifier deux problèmes récurrents : la rupture de la communication par l'interlocuteur distant (qui ne comprend pas ce qui se passe – lenteur des messages tapés, ...) et la mauvaise intelligibilité de la synthèse utilisée (« voix de type robotique »). Ceci a conduit à deux propositions implémentées : l'ajout d'un message d'accueil en message pré-enregistré par une voix humaine afin d'expliquer la situation (« vous allez entrer en communication avec une personne s'exprimant au travers d'une voix de synthèse ... ») et l'ajout d'un feedback sonore reflétant l'activité d'écriture.

---

<sup>3</sup> <http://www.arduino.cc>, dernier accès le 25 janvier 2020

<sup>4</sup> <https://microbit.org/fr>, dernier accès le 25 janvier 2020

<sup>5</sup> <https://www.irit.fr>, dernier accès le 25 janvier 2020

<sup>6</sup> <http://www.phon.ucl.ac.uk/home/wells/ipa-unicode.htm>, dernier accès le 25 janvier 2020

<sup>7</sup> Mbrola Project, Faculté Polytechnique de Mons (Belgique) <http://tcts.fpms.ac.be/synthesis/mbrola.html>, dernier accès le 26 novembre 2012

<sup>8</sup> Pour des applications non commerciales

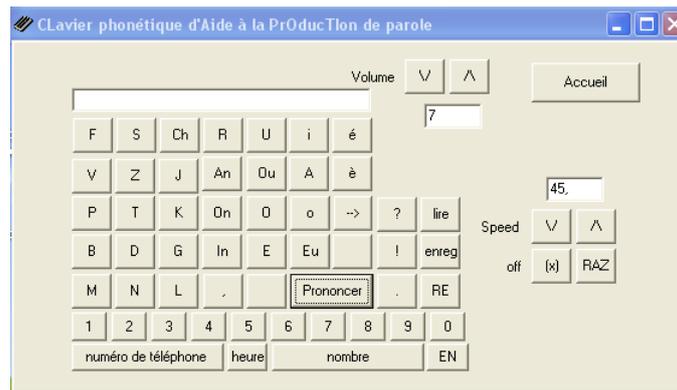


Figure 1 - Interface logicielle de Clapoti

Nous avons finalement évalué le prototype fonctionnel autour de deux objectifs : évaluer le type de rétroaction sonore et le message de bienvenue et évaluer le système CLAPOTI par un questionnaire.

Quinze personnes ont ainsi pris part à l'évaluation. Nous avons réutilisé le scénario conçu comme support à l'évaluation. En termes d'usage, il est apparu que la rétroaction « son phonétique » était intéressante car elle renseigne sur l'activité de l'utilisateur (quelle touche l'utilisateur du clavier saisit à un moment donné). Toutefois, ce retour sonore tend à faire perdre l'attention de l'interlocuteur qui demande souvent à répéter le message. Les résultats montrent aussi que si la perception du temps concernant la saisie varie en fonction de l'utilisateur, elle est considérée comme relativement longue. De manière globale, les objectifs ont été atteints dans la mesure où le dialogue n'a jamais été rompu et que les scénarios ont tous pu être menés au bout.

## 5.2 Prototypage et ... enseignement

L'interaction homme-machine est par essence un domaine privilégié pour une réflexion pluridisciplinaire. A contrario d'autres disciplines de l'informatique, celle-ci a l'avantage de pouvoir donner rapidement des résultats « tangibles » et palpables par les étudiants.

Malheureusement, l'enseignement de l'IHM au niveau Licence (1 à 3) reste trop souvent insatisfaisant. Les problèmes liés à la création et à la maintenance de travaux pratiques, les connaissances préalables à acquérir de la part des étudiants (langages, concepts, ...) et la réduction des volumes horaires d'enseignement amènent fréquemment les enseignants soit à renoncer à cette pratique soit à proposer des travaux pratiques en IHM centrés autour de la problématique des interfaces WIMP. Depuis quelques années, la technologie est suffisamment mûre et abordable du point de vue financier et permet d'appréhender une interaction « avancée ». Dans cet optique, nous avons tout d'abord expérimenté durant deux années (2015 et 2016) un enseignement « par projet » avec des étudiants de L1 volontaires. Depuis 2017, cet enseignement est intégré au cursus de L1 informatique comme unité d'enseignement optionnelle pour un groupe de TD (une quarantaine d'étudiants parmi 250 de 1<sup>ère</sup> année en informatique cette année).

Cet « enseignement » s'effectue en lien étroit avec le FabLab<sup>9</sup> de l'université qui met à disposition son matériel : imprimantes 3D, découpeuse laser et machines CNC d'une part et avec le laboratoire commun IRIT/IJA « Cherchons Pour Voir »<sup>10</sup> qui permet à des professionnels de l'institut (enseignants, transcripteurs, ergothérapeutes, ...) de proposer des projets à destination d'enfants en situation de handicap. Outre ces différents acteurs, les doctorants, ingénieurs et chercheurs de l'équipe ELIPSE<sup>11</sup> sont consultants techniques pour les différents groupes constitués. Enfin, les projets s'inscrivent dans le concours T'Hacka Voir<sup>12</sup> organisé par « Cherchons Pour Voir ».

L'enseignement s'étale entre janvier et fin mai à raison de deux heures par semaine avec la possibilité d'étendre à 4 heures (en autonomie) au FabLab suivant les besoins. Les cinq premières séances sont réservées à appréhender les outils et logiciels utiles à la réalisation des projets : arduino (avec un focus particulier sur les

<sup>9</sup> <http://campusfab.univ-tlse3.fr>, dernier accès le 25 janvier 2020

<sup>10</sup> <http://cherchonspourvoir.org>, dernier accès le 25 janvier 2020

<sup>11</sup> <https://www.irit.fr/departement/intelligence-collective-interaction/ellipse>, dernier accès le 25 janvier 2020

<sup>12</sup> <https://thackavoir.fr>, dernier accès le 25 janvier 2020

cartes Touch Board<sup>13</sup> et teensy<sup>14</sup>), OpenSCAD<sup>15</sup> et Autodesk Fusion 360<sup>16</sup>(pour les impressions 3D), Inkscape<sup>17</sup> (pour la découpe laser), etc. Dès la troisième séance, les projets pré-sélectionnés sont présentés aux étudiants par l'équipe d'animation ce qui permet d'adapter les outils et exercices aux besoins réels identifiés sur ces projets.

La suite des séances est dédiée au suivi et à l'avancement des projets et se termine par deux rendez-vous importants :

- une présentation formelle à destination des enseignants (dont l'objectif est de présenter le processus de conception et les aspects techniques)
- et une plus « festive » à l'IJA durant laquelle les projets sont présentés aux professionnels de l'institut et institutionnels (cf. Figure 3).

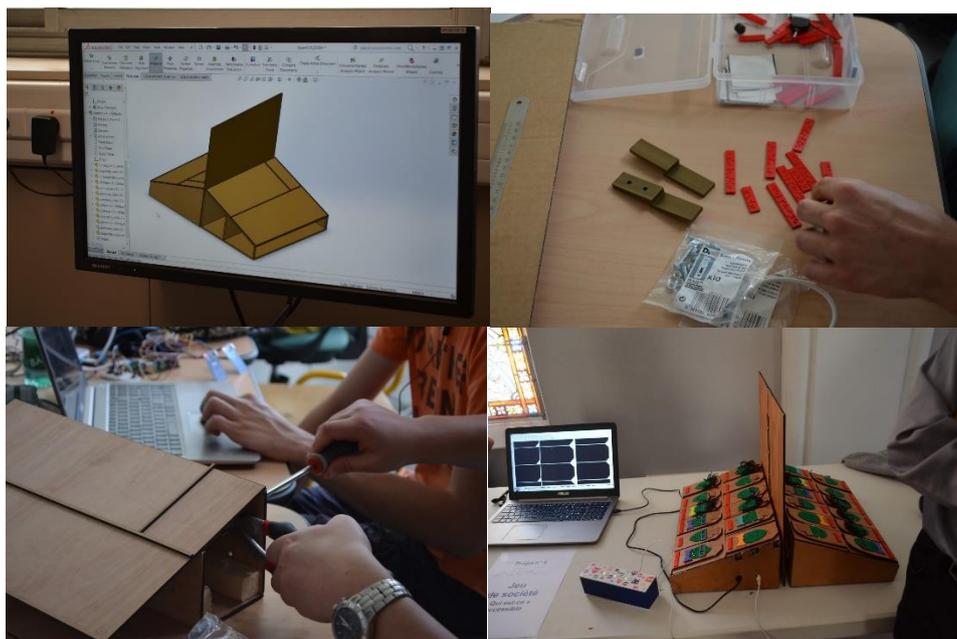


Figure 2 – Exemple de projet réalisé –  
« Qui est-ce » pour permettre aux enfants aveugles de jouer avec un voyant

Il ressort quelques éléments intéressants des retours étudiants. Sur l'organisation générale, il semble important de **capitaliser** le code produit d'une part et différencier le temps dédié au projet au long du semestre avec une montée en charge à la fin. Les étudiants s'avèrent très professionnels avec de bonnes interactions avec leurs conseillers et les professionnels de l'IJA.

Enfin, suivant les différents acteurs, le bilan reste contrasté :

- Pour les **étudiants**, il apparaît que de nombreux étudiants ont au départ choisi cet enseignement « par hasard » par méconnaissance mais sont « enchantés » de cette expérience tant à la fois technique, de gestion de projet et humaines. Il ressort qu'ils ont eu le sentiment « d'avoir été utiles » en apportant des solutions et ont pu pour la première fois comprendre les besoins utilisateurs et apporter des solutions pratiques.
- Pour les enseignants-chercheurs, chercheurs et ingénieurs animateurs et consultants, ces projets ont demandé énormément de travail en amont et durant le déroulement notamment à cause de la multiplicité et l'hétérogénéité des propositions. Néanmoins, certains résultats sont **immédiatement transférables** sur des projets de recherche et a permis d'ouvrir de nouveaux horizons.

<sup>13</sup> <https://www.bareconductive.com/shop/touch-board/> dernier accès le 25 janvier 2020

<sup>14</sup> <https://www.pjrc.com/teensy/>, dernier accès le 25 janvier 2020

<sup>15</sup> <http://www.openscad.org/>, dernier accès le 25 janvier 2020

<sup>16</sup> [https://www.autodesk.com/products/fusion-360/students-teachers-educators\\_](https://www.autodesk.com/products/fusion-360/students-teachers-educators_), dernier accès le 25 janvier 2020

<sup>17</sup> <https://inkscape.org/en/>, dernier accès le 25 janvier 2020

Enfin, nous avons pu constater que les résultats finaux dépendent fortement de l'implication plus ou moins forte des professionnels de l'IJA tout au long du projet.

Cette initiative suppose une forte mobilisation des enseignants, chercheurs et utilisateurs finaux ce qui reste forcément un frein à la généralisation de tels projets. Néanmoins, les retombées restent intéressantes tant du point utilisateur : l'innovation appelle l'innovation et les professionnels proposent des projets de plus en plus ambitieux, du point de vue recherche avec la réalisation de prototypes par les étudiants qui sont repris et validés expérimentalement et du point de vue pédagogique avec la proposition d'un enseignement qui permet d'explorer certes des aspects techniques nouveaux mais aussi une démarche de conception participative et d'initiation des méthodes de conception participative dès l'entrée en université.

### **5.3 CECI : des aides techniques pour des personnes en situation de poly-handicap**

Dans le contexte de la conception de systèmes de suppléance, les outils et les méthodes de la conception centrée utilisateur (CCU) peuvent s'avérer inadaptés pour la participation des personnes en situation de polyhandicap (déficiences sensorielles, motrices et/ou cognitives). Cependant, exprimer un besoin est loin d'être aisé pour un utilisateur avec des troubles de la communication associés parfois à des troubles attentionnels et cognitifs. La mise en œuvre des activités de la CCU se heurte donc souvent à des difficultés dans la participation des personnes présentant des troubles de la communication. Par exemple, comment adapter un questionnaire pour le rendre plus accessible à une personne ayant une déficience cognitive ? Enfin, quelles solutions peuvent être mises en œuvre pour permettre aux utilisateurs de participer aux phases de conception malgré leurs déficiences (Vella, 2015), (Benton, 2012) ?

Le système CECI - Contrôle d'environnement et Communication intégrée - (Vella, 2015, Baudet, 2019) vise à rendre autonomes les personnes en situation de handicap (tétraplégie, Locked-In Syndrom (LIS), myopathie) qui ne peuvent pas communiquer ou contrôler leur environnement. CECI est composé de deux éléments : un boîtier de contrôle d'environnement et une interface de communication composée de pictogrammes et/ou de caractères latins.

L'objectif du travail est de concevoir une **nouvelle méthodologie de conception centrée utilisateur** (CCU) dans le domaine de la conception de systèmes de suppléance pour des personnes polyhandicapées résidant dans des Maisons d'Accueil Spécialisée (MAS). Nous avons adopté une approche spécifique en intégrant des données cliniques interprétées des personnes en situation de polyhandicap par le personnel médico-social. C'est une nouvelle approche pour pallier leur difficulté à identifier et/ou à exprimer leurs besoins en matière d'outils de suppléance.

Une batterie d'outils d'observation a été mise en œuvre par des ergothérapeutes, des psychologues et une étudiante en psychologie avec comme objectifs de qualifier les capacités motrices, de communication, d'empan mnésique, d'attention visuelle, de capacités de raisonnement et d'apprentissage. Une grille d'analyse fonctionnelle vient compléter ces mesures. Elle vise à décrire les modalités de comportement de communication, à comprendre le contexte d'apparition d'un comportement de communication et/ou d'interaction du participant, de même que sa nature et modalité, puis les réponses apportées par son écosystème. De plus, la grille permet d'identifier ses activités quotidiennes, ses centres d'intérêts et permettra, à terme, de spécifier les fonctionnalités du prototype haute-fidélité CECI

Le véritable apport de ces sources de données est en cours de mesure lors de la phase d'appropriation de l'aide technique et de son adaptation aux exigences de la personne en situation de handicap.

### **5.4 TaBGo : une version du langage scratch**

Depuis la réforme du collège en 2016<sup>18</sup>, les outils de programmation visuelle par blocs (comme le langage Scratch<sup>19</sup>) sont préconisés pour permettre la découverte de la programmation. Il s'avère que ces outils sont peu,

---

<sup>18</sup> Bulletin Officiel spécial n°11 du 26 novembre 2015, [http://cache.media.education.gouv.fr/file/MEN\\_SPE\\_11/35/1/BO\\_SPE\\_11\\_26-11-2015\\_504351.pdf](http://cache.media.education.gouv.fr/file/MEN_SPE_11/35/1/BO_SPE_11_26-11-2015_504351.pdf), dernier accès le 25 janvier 2020

<sup>19</sup> <https://scratch.mit.edu>, dernier accès le 25 janvier 2020

voire pas du tout accessibles ce qui peut amener à l'exemption de l'épreuve d'algorithmique au Diplôme National du Brevet<sup>20</sup>.

Nous étudions (Marco, 2018) depuis 2018 une solution permettant de rendre accessible l'utilisation de ces langages par blocs pour des élèves non-voyants.

La solution globale comprend deux aspects. Il s'agit d'une part de proposer un système permettant la manipulation physique de briques en bois représentant les blocs de base du langage Scratch. Ces pièces, une fois assemblées, forment un algorithme qui est interprété par un ordinateur à l'aide d'outils de reconnaissance visuelle. D'autre part, le deuxième enjeu est d'intégrer ces outils d'interaction (robots, sorties tactiles ou sonores) rendant l'exécution des algorithmes compréhensibles pour un utilisateur non-voyant.

Plusieurs travaux de recherche se sont intéressés à l'apprentissage par objets tangibles de la programmation pour des étudiants non-voyants ou non. Ces solutions, quoiqu'intéressantes ne s'appliquent que peu à la programmation par blocs pour non-voyants. En effet, ces langages tels que Scratch offrent une interface visuelle particulière dont les instructions sont des blocs ayant une forme spécifique au langage. Les travaux évoqués précédemment proposent seulement des outils généraux d'apprentissage de l'algorithmique pour les déficients visuels et n'offrent pas, par exemple, la possibilité d'emboîter des blocs d'instructions pour concevoir un algorithme.

Quelques enseignants spécialisés en France (comme Boissel, 2017) se sont aussi penchés sur le problème de la construction des algorithmes de manière *débranchée* (c'est à dire programmer sans utiliser d'ordinateur). Cependant, ces adaptations comportent là encore des limites car elles n'ont pas été pensées de sorte que l'algorithme puisse être partagé et directement exécuté par un ordinateur rendant la pratique de la programmation restreinte à la conception.

Notre dispositif consiste donc en une version tangible du logiciel Scratch couplé avec une reconnaissance optique des blocs et des valeurs pouvant être contenues (cf. Figure 3).

Nous avons réalisé différents prototypes constitués d'un ensemble de blocs de bois par découpe laser. Ces pièces correspondent aux briques de base du langage Scratch. Nous avons notamment testé différentes tailles et différents matériaux pour la représentation physique des briques du simple carton à des blocs en plastique coloré avec description en braille du bloc.

Le processus de génération d'un projet Scratch à partir d'un algorithme assemblé avec des blocs se déroule de la manière suivante :

1. Reconnaissance des codes de réalité augmentée (ici, des TopCodes<sup>21</sup>)
2. Reconnaissance des informations des cubarithmes<sup>22</sup> (cubes algébriques braille). Le principe est de reconnaître l'emplacement des cubarithmes dans un premier temps avant de procéder à la reconnaissance des valeurs.
3. Connaissant l'emplacement des cubarithmes, nous pouvons alors appliquer l'algorithme de reconnaissance de caractères braille.
4. Création d'une liste contenant les TopCodes ainsi que les cubarithmes reconnus. Cette liste est ensuite triée relativement aux coordonnées spatiales des objets reconnus.
5. Génération du code JSON pour chaque élément de la liste obtenue, génération.
6. Sauvegarde du fichier généré exploitable directement par Scratch 3.0.

---

<sup>20</sup> Arrêté du 28 mars 2018, article 4, [https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?sessionId=A2396BAB1360E8551D4D85DEFFF0A658.tplgfr32s\\_2?cidTexte=JORFTEXT000036843926&dateTexte=&oldAction=rechJO&categorieLien=id&idJO=JORFCONT000036843607](https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?sessionId=A2396BAB1360E8551D4D85DEFFF0A658.tplgfr32s_2?cidTexte=JORFTEXT000036843926&dateTexte=&oldAction=rechJO&categorieLien=id&idJO=JORFCONT000036843607), dernier accès le 25 janvier 2020

<sup>21</sup> <http://users.eecs.northwestern.edu/~mhorn/topcodes/>, dernier accès le 25 janvier 2020

<sup>22</sup> <http://www.enfant-aveugle.com/spip.php?article265>, dernier accès le 25 janvier 2020



Figure 3 - Programme Scratch tangible et programme produit sur ordinateur

L'acceptation par les utilisateurs non-voyants d'un tel dispositif débranché a déjà été évaluée notamment par (Boissel, 2017). Notre proposition permet de les rendre autonomes par la génération et l'exécution automatique de leur programme.

Cependant, l'évaluation de l'efficacité pédagogique du dispositif proposé reste à évaluer mais ne sera possible que lorsque le retour non visuel du programme ainsi généré sera implémenté (par un robot ou via un feedback audio, etc.). L'apport par exemple en termes de collaboration avec des élèves voyants et d'inclusion reste aussi à évaluer.

## 6. Conclusion

Au travers de ces quelques exemples, nous avons souhaité montrer que l'informatique au sens large permettait d'explorer des solutions innovantes adaptées au plus près des besoins des personnes à besoin spécifiques. Il n'est pas non plus forcément nécessaire d'être un codeur expérimenté pour pouvoir apporter des solutions utiles et utilisables.

Nous pensons qu'il est essentiel de travailler sur ce point de manière pluridisciplinaire. Il reste bien évidemment de larges champs à explorer dans ce domaine. Enfin, nous soulignons que toutes les recherches menées dans le cadre du handicap, au-delà de leur aspect social et humain évidents, ont très souvent un fort impact sur l'innovation : la télécommande est un bel exemple de technologie développée pour les personnes handicapées moteurs et utilisée quotidiennement par toute la population.

## 7. Bibliographie

Arnowitz J., Arent M. & Berger N. (2007). *Effective Prototyping for Software Makers* (Interactive Technologies), San Francisco, Morgan Kaufmann.

Baudet R., Carrau X., Vella F., Truillet Ph, Camps J-F., Mercadier C., Gigaud K., Fourgous V., Blanchard M., Serpa A., Vigouroux N. (2019), Apports des données cliniques à la conception d'aide technique, In : IHM'19 Adjunct, December 10-13, 2019, Grenoble, pp. 12-19

Benton, L., Johnson, H., Ashwin, E., Brosnan, M., and Grawemeyer, B. (2012). Developing IDEAS: Supporting children with autism within a participatory design team. In: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, ACM, 2599-2608.

Boissel S. (2017), Mallette Accessi DV Scratch « Scratch débranché en braille et gros caractères », dans la nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation (N°77), pp 183-192, INSHEA, 2017

de Boer IG, Peeters AJ, Ronday HK, Mertens BJ, Huizinga TW, Vliet Vlietand TP (2009). Assistive devices: usage in patients with rheumatoid arthritis. *Clinical Rheumatology*, volume 28, issue 2, 119-128.

Brangier E. & Pino P. (2002). Approche ergonomique de la réhabilitation de personnes handicapées tétraplégiques et aphasiques : ergonomie de conception de systèmes prototypes dédiés à la fin de vie, Conférence Ergonomie et Informatique Avancée (pp. 217-231), Biarritz, France

Brochard S., Pedeluq J-P., Cormerais A., Thiebaut M. & Rémy-Néris O., (2007). Satisfaction with technological equipment in individuals with tetraplegia following spinal cord injury. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, March 2007, Vol. 50, Number 2, 78-84.

Hurst A. & Tobias J. (2011). Empowering Individuals with Do-It-Yourself Assistive Technology. 13<sup>th</sup> International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (pp. 11-18), Dundee, Scotland, ACM Press.

International Standard Organization (2010). Ergonomie de l'interaction homme-système -- Partie 210: Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs., Retrieved November 26, 2012, from: <http://www.boutique.afnor.org/norme/nf-en-iso-9241-210/ergonomie-de-l-interaction-homme-systeme-partie-210-conception-centree-sur-l-operateur-humain-pour-les-systemes-interactifs/article/774240/fa160301>

Kane S.K., Jayant C., Wobbrock J.O. & Ladner, R.E. (2009). Freedom to roam: A study of mobile device adoption and accessibility for people with visual and motor disabilities. Proceedings of the ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (pp. 115-122). ACM Press.

Kemoun G., Lefebvre-Donze AC. & Magnier E. (2002), Qualité de vie des personnes handicapées à domicile : impact de l'action d'une équipe pluridisciplinaire de soutien, Retrieved October 30, 2002, from: <http://www.moteurline.apf.asso.fr/epidemiostatsevaluation/etudeshp/csapf/qolkemmoun.htm>

Laffont I., Biard N., Bouteille J., Pouplin S., Guillon B., Bernuz B. & Rech, C. (2008). Tétraplégie : solutions technologiques de compensation des incapacités découlant de l'atteinte des membres supérieurs. La Lettre de Médecine Physique et de Réadaptation, 24(3), 113-121.

Mailhan L. & Genêt F. (2002). Evaluation des déficiences et incapacités : clinique, neurologique et orthopédique. Neurologies, Novembre 2002, 45, 413-417.

Marco J-B., Jessel N., Truillet Ph. (2018), TaBGO : Programmation par blocs tangibles, In : IHM'2018, Octobre 2018, Brest, France, pp. 179-186

Muller, M.J. & Kuhn, S. (1993). Participatory design. Communications of the ACM, 36(6), 24-28.

Phillips B. & Zhao H. (1993). Predictors of assistive technology abandonment. Assistive Technology Journal, 5, 36-45

Pino P. & Brangier E. (2000), Environnement Digital de Téléactions pour Handicapés : Adaptation automatique du temps de défilement aux caractéristiques et intentions de l'utilisateur. Conférence Handicap 2000, Paris, France.

Rogers E M. (1995). Diffusion of Innovations, Free Press

Vella F., Vigouroux N. & Truillet Ph., (2003), A User-Centered Approach for Designing CLAPOTI: an Assistive Technology Designed for Speech and Motor Disorders. AAATE Conference 2003 (pp. 289-293), Dublin: Ireland, IOS Press.

Vella, F., Sauzin, D., Truillet, Ph., Vial, A., Vigouroux, N. (2015). Co-design of the Medical Assistive and Transactional Technologies system. In: *Proceedings RITS*, 122-123.

Verdonck M., Steggle E. & Chard G., (2009), The meaning of living with or without environmental control systems for people with tetraplegia: An Irish focus group study. AAATE Conference 2009 (pp. 297-302), Florence: Italy, IOS Press.