



Le projet *GazePlay* : des jeux ouverts, gratuits et une communauté pour les personnes en situation de polyhandicap

Didier Schwab¹, Sébastien Riou¹, Amela Fejza²,
Loïc Vial¹, Johana Marku¹, Wafaa El Husseini¹,
Sannara Ek¹, Miles Bardon³, Yann Robert⁴

Afin de développer et d'améliorer une communication augmentée et alternative (CAA), le regard est souvent considéré comme l'un des moyens les plus naturels et les plus faciles à mettre en place pour permettre aux personnes en situation de polyhandicap d'interagir avec leur environnement. Bien entendu, pour des enfants qui partent par nature de zéro, qui de plus ont de telles difficultés, c'est déjà un grand défi d'acquérir et de soutenir les connaissances de base que cette communication requiert. Les jeux sont souvent considérés comme un bon moyen d'apprendre. Les jeux destinés à être utilisés avec des oculomètres (eye-trackers), c'est-à-dire des dispositifs électroniques capables d'estimer la position du regard, peuvent être un bon moyen d'améliorer les compétences requises comme la fixation et la poursuite oculaire, ainsi que des conventions comme les récompenses ou les interactions de fixation (dwell interaction) souvent utilisées dans les outils de CAA. Dans cet article, nous présentons le projet GazePlay dont la principale contribution est un logiciel libre et gratuit qui rassemble plusieurs mini-jeux compatibles avec tous les oculomètres, y compris les moins chers.

1. Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Inria, LIG, {prenom.nom}@univ-grenoble-alpes.fr.

2. amela.fejza@grenoble-inp.org.

3. Indépendant, milesbardon@gmail.com.

4. Anantaplex, yann.robert@anantaplex.fr.

Cet article est la version française augmentée et corrigée de [16]. Les auteurs tiennent à remercier leurs inspiratrices Tess, Isabel, Diane, Gabriella et Roxane. Nous faisons tout cela pour leur sourire et, bien sûr, leurs beaux yeux.

Introduction

Que feriez-vous si vous étiez privé de la parole et incapable de faire le moindre geste ? Cette situation peut arriver à tout le monde. Elle peut arriver simplement après une opération un peu fatigante ou un accident. Il est alors probable que le personnel de l'hôpital va vous montrer des images, des pictogrammes pour que vous lui indiquiez si vous avez mal, à quel endroit, si vous avez soif ou vous poser des questions sur d'autres besoins primaires. Cette situation peut être également plus longue, voire définitive, et le besoin de communication devient alors plus complexe et peut recouvrir l'ensemble des objectifs d'une communication classique. C'est la situation que peuvent connaître les personnes touchées par des maladies neurodégénératives, qu'elles soient liées à l'âge (syndrome d'Alzheimer) ou non (sclérose latérale amyotrophique – SLA – connue également sous le nom de maladie de Charcot). Une telle communication est appelée communication augmentée et alternative (CAA). Imaginez maintenant un enfant qui naît avec un polyhandicap parce qu'il a été victime d'une naissance prématurée, d'une anomalie chromosomique (syndrome de Rett, d'Angelman, de Prader-Willis...), d'infections ou d'accidents. Il va avoir un handicap physique sévère (difficultés pour utiliser ses bras et ses jambes) et un handicap intellectuel (désordre neuro-développemental), les deux étant généralement liés. Afin de développer et d'améliorer une CAA, le regard est souvent considéré comme l'un des moyens les plus naturels et des plus faciles à mettre en place pour aider les personnes en situation de polyhandicap à interagir avec leur environnement. Bien entendu, pour des enfants qui partent par nature de zéro, qui de plus ont de telles difficultés, c'est déjà un grand défi d'acquérir et de soutenir les connaissances de base que cette communication requiert. Ils doivent apprendre la puissance de leurs yeux, les conséquences des actions déclenchées par leur regard mais aussi travailler leurs muscles extraoculaires... Les jeux sont souvent considérés comme un bon moyen d'apprendre. Dans le cas du suivi visuel, les jeux vidéo pourraient être ainsi un bon moyen d'améliorer les compétences requises comme la fixation et la poursuite oculaire, ainsi que des conventions comme les récompenses ou les interactions de fixation (*dwell interaction*) souvent utilisées dans les outils de CAA.

Dans cet article, nous présentons le projet *GazePlay*⁵ dont les principales contributions sont :

— *GazePlay*⁶ est un logiciel gratuit et *open-source* qui regroupe plusieurs

5. *GazePlay* signifie jeux de regard en anglais.

6. <https://gazeplay.net>.

mini-jeux jouables avec tous les oculomètres, y compris les plus économiques. Il permet aux gens d'accéder à de tels jeux à un prix qui décroît de 2 000–3 000 € à 100–160 € hors prix de l'ordinateur/tablette numérique.

— *TobiiStreamEngineForJava*⁷ est une bibliothèque ouverte Java qui relie la bibliothèque C++ de Tobii à Java. Avec son aide, il est possible de développer des logiciels capables d'interagir avec les oculomètres peu coûteux de Tobii (Tobii EyeX, Tobii 4C).

— *GazePlay github*⁸ est un dépôt public hébergé par GitHub qui nous aide à gérer le développement de GazePlay. À ce jour, quatorze personnes ont contribué directement au code et des dizaines aux idées (y compris des thérapeutes et des parents).

La communication alternative et augmentée (CAA)

Selon l'ASHA (*American Speech-Language-Hearing Association*⁹), la communication alternative et augmentée répond aux besoins des individus avec des troubles de communication importants et complexes caractérisés par des déficiences de la parole, que ce soit en production ou en compréhension. On dit que la CAA est :

- augmentée lorsqu'elle est utilisée pour compléter un langage préexistant ;
- alternative lorsqu'elle est utilisée en remplacement d'un langage non existant ou dysfonctionnel ;
- temporaire lorsqu'elle est utilisée par les patients en postopératoire ou en soins intensifs ;
- permanente lorsqu'elle est utilisée par une personne qui aura besoin d'une forme quelconque de CAA tout au long de sa vie.

La CAA utilise une variété de techniques et d'outils :

- objets tangibles (boutons, claviers, images plastifiées...);
- gestes comme la langue des signes mais aussi des gestes associés au discours ou à des images comme pour le Makaton ;
- pictogrammes des images correspondant à un mot ;
- logiciels de synthèse vocale qui permettent de synthétiser la parole à partir de texte ou de pictogrammes ;
- oculomètres (*eye-trackers*) qui permettent aux personnes qui ne peuvent pas utiliser leurs membres d'interagir avec un ordinateur, c'est ce médium que nous intéressera plus particulièrement dans cet article.

7. <https://github.com/coylz/TobiiStreamEngineForJava>

8. <https://github.com/GazePlay/GazePlay>

9. <https://www.asha.org/practice-portal/professional-issues/augmentative-and-alternative-communication/>

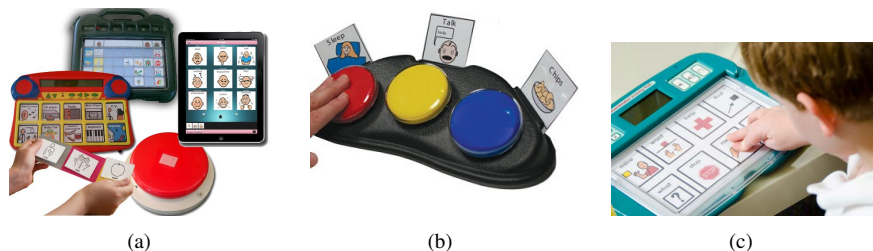


FIGURE 1. (a) Divers objets tangibles de la CAA, (b) association de boutons et de pictogrammes, (c) un enfant qui appuie sur un pictogramme, son appareil va synthétiser le nom du pictogramme afin que le message puisse être entendu par l'interlocuteur.

Le polyhandicap

Le terme « polyhandicap » a été utilisé pour la première fois dans un article scientifique en 1969 par Elisabeth Zucman, médecin en réhabilitation fonctionnelle. Elle a, par la suite, apporté une définition plus précise du polyhandicap en 1984 [22] en le décrivant comme « le handicap grave à expressions multiples avec restriction extrême de l'autonomie et déficience intellectuelle sévère ». Ce handicap, conjonction d'un handicap physique sévère (grandes difficultés, voire impossibilité, pour utiliser ses bras et ses jambes) et d'un handicap intellectuel (désordre neuro-développemental), les deux étant généralement liés, peut avoir des causes diverses : naissance prématurée, anomalies chromosomiques (syndrome de Rett, d'Angelman, de Prader-Willis...), infections, blessures dues à des accidents. Malgré un taux de prévalence qui s'élevait, d'après une étude de Salbreux, de 2 à 2,5 pour mille en 1979 en Île-de-France [2], les solutions actuellement apportées pour comprendre et améliorer la communication des personnes atteintes de ces handicaps restent minces. Les personnes qui ne parlent pas ou peu sont encore très mal intégrées dans notre société. Cette situation est encore plus vraie lorsque elle est associée à une déficience intellectuelle. Dès les années 1930, Lev Vygotski (1896-1934) identifiait un cercle vicieux pour les enfants avec surdité (voir figure 2) : « *L'éducation sociale s'arrête devant le langage insuffisamment développé, le langage insuffisamment développé entraîne la séparation de la collectivité, et la séparation de la collectivité freine en même temps l'éducation sociale et le développement du langage* » [13].

La sortie de ce cercle vicieux passe, d'après Vygotski, par une meilleure connaissance du potentiel de communication des personnes, et par le développement de ce

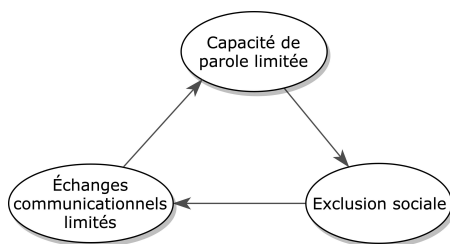


FIGURE 2. Cercle vicieux décrit par Vygotski

potentiel, via ce qu'il appelait déjà la polyglossie¹⁰ ; c'est-à-dire par la multiplication des formes de développement du langage.

À cause des limites extrêmes liées au polyhandicap, l'autonomie (déplacements, se nourrir et boire...), les relations avec les autres (communication, compréhension...), il reste très difficile d'évaluer exactement (tests peu adaptés) ce que ces personnes sont ou ne sont pas dans la capacité de comprendre. Cette situation rend la sortie de ce cercle vicieux d'autant plus difficile. Néanmoins, la polyglossie décrite par Vygotski s'est tout de même grandement enrichie ces trente dernières années avec le développement de la CAA. Cette dernière, évidemment largement perfectible, a pu faire ses preuves auprès des personnes en situation de polyhandicap, comme l'ont présenté les études de Chirvasiú [1, 17], allant même jusqu'à s'allier au pouvoir du regard, pour proposer des solutions encore plus efficaces comme celles montrées par Townend [5, 14], qui ont mis en place une CAA basée sur le regard, avec deux jeunes filles atteintes du syndrome de Rett. Enfin, notons l'initiative du C-BiLLT [4], un test destiné à évaluer la compréhension des enfants en situation de polyhandicap et mettant en jeux des oculomètres. Ce test n'a toutefois pas encore été porté en français.

Œil, regard et oculomètres

L'œil est l'organe sensoriel de la vision. Les yeux des humains permettent de voir des images en trois dimensions et en couleurs. Ils exécutent des mouvements spécifiques [21, 18] :

- Une saccade se produit lorsque les yeux se déplacent d'un point d'intérêt à un autre.
- Une poursuite se produit lorsque les yeux suivent une cible en mouvement.

10. Voir ce billet sur le blog d'Amélie Rochet-Capellan, chercheuse CNRS au Gipsa-Lab et maman : <https://adorabletoi.com/2019/02/23/vygotsky-un-petit-passage-dont-je-veux-garder-la-trace/>

- Une fixation se produit lorsque les yeux cessent de balayer la scène et que la vision se stabilise en un seul endroit afin de saisir des informations détaillées sur l'objet ou la scène sur laquelle elle est focalisée.
- Le clignement consiste en une fermeture suivie rapidement d'une ouverture de la paupière. De manière spontanée, le clignement sert à protéger l'œil en l'humidifiant ; de manière volontaire, il peut être utilisé pour rétablir une communication de base.

On peut faire remonter les études utilisant des mécanismes pour estimer les mouvements des yeux à la fin des années 1870 [20]. Chacun de leur côté, Ewald Hering (1834–1918) et Lamare¹¹ utilisent un dispositif posé sur la paupière pour mieux comprendre les mécanismes de la lecture. En plaçant un bout d'un tube de caoutchouc sur la paupière d'un sujet, il est possible d'entendre, à l'autre bout, le bruit des contractions musculaires actionnant l'œil [19]. Un observateur peut ainsi noter le nombre et la longueur des saccades pendant la lecture de textes écrits. Les premières expériences mettant en œuvre un oculomètre datent de 1898. Edmund Burke Delabarre (1863–1945) et Edmund Burke Huey (1870–1913) conçoivent chacun de leur côté un système similaire et très invasif pour estimer la position du regard, ici encore pour mieux comprendre les mécanismes de la lecture. Une sorte de lentille de contact en plâtre, trouée pour correspondre au centre de la pupille, sur laquelle on fixe un fil relié à une aiguille (un stylet) pour enregistrer les mouvements sur une feuille enfumée. L'expérience se déroule sans dommage pour l'œil préalablement anesthésié avec quelques gouttes de cocaïne. De nos jours, les oculomètres sont bien moins invasifs. Il s'agit généralement de caméras infrarouges qui fournissent des coordonnées brutes à partir desquelles il est possible d'estimer la fixation, les saccades et les poursuites oculaires [15, 8]. Plusieurs sociétés construisent des oculomètres pour le marketing, pour la réalité virtuelle ou augmentée, ou encore pour évaluer la vigilance des conducteurs [10].

Dans le monde du handicap, l'interaction basée sur le regard est utilisée depuis le début des années 1980 [3] mais la principale avancée sur l'interaction est proposée dans [7], où plusieurs solutions sont introduites et comparées, dont l'interaction par fixation (*dwell interaction*) qui est souvent utilisée pour sélectionner dans les logiciels de CAA. Le coût d'un oculomètre était encore très élevé et difficilement abordable pour la majorité des familles concernées il y a encore peu de temps. Par exemple, en France, le coût d'un oculomètre de base pour les personnes en situation de handicap est encore supérieur à 1200 € en mars 2018 ; le montant était approximativement le double un an avant.

11. Lamare faisait partie de l'équipe du célèbre ophtalmologiste français Louis Émile Javal (1839–1907). Ses travaux sont présentés et commentés dans [9, Chapitre XII]. Nous nous sommes révélés incapables de trouver plus d'information sur sa vie, y compris son prénom.

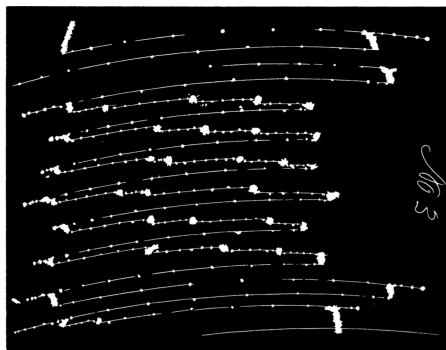


FIGURE 3. L'expérience de Huey (1900). On distingue clairement les saccades (les traits se terminant par un petit rond) et la forme globale du texte lu.

Dès 2013, l'entreprise Eye-Tribe est la première à créer des oculomètres plus abordables (≈ 100 €) avec une API Java élégante et compatible à la fois avec Windows et OS X. Tobii, l'entreprise numéro un mondiale des oculomètres, a suivi en sortant son EyeX (2014, ≈ 100 €), suivi du Tobii 4C (2016, ≈ 160 €), et leur bibliothèque C++. Alors que l'Eye-tribe a été vendue à Facebook pour sa division Oculus et n'est plus développée, Tobii continue à faire évoluer ses oculomètres bon marché et leurs outils associés (multiples utilisateurs, trace du regard sur l'écran, etc.). Ces trois oculomètres peuvent être utilisés avec GazePlay. Nous intégrons directement la bibliothèque Eye-Tribe tandis que notre équipe a développé une interface native Java (*Java Native Interface*) pour construire une bibliothèque Java exploitant la bibliothèque C++ de Tobii, *TobiiStreamEngineForJava*. Elle permet ainsi d'utiliser facilement le Tobii EyeX et le Tobii 4C avec Java.



FIGURE 4. Deux des oculomètres qui permettent de jouer avec GazePlay : l'Eye Tribe en haut, le Tobii 4C en bas.

GazePlay

Nous présentons dans cette section, GazePlay 1.7, la version de GazePlay publiée en janvier 2020. GazePlay est un logiciel libre et gratuit qui rassemble une soixantaine de mini-jeux jouables avec un oculomètre. Il est compatible avec tous les oculomètres pouvant contrôler le curseur de la souris et avec le Tobii EyeX et le Tobii 4C sur Windows et l'Eye Tribe Tracker sur Windows ou MacOS X. Pour augmenter la motivation des joueurs, il est très facile de modifier les images par défaut du jeu. En effet, certains joueurs préféreront jouer avec des images issues de Mickey Mouse tandis que d'autres voudront jouer avec des images issues de Princesse Sofia, de leur famille ou de leurs thérapeutes. Une autre façon d'aider à motiver les joueurs est de leur donner une récompense (un grand emoji heureux et des applaudissements). Les jeux et l'interface peuvent être affichés en français, anglais, allemand et néerlandais et sont également partiellement traduits dans une vingtaine d'autres langues.

Les jeux de GazePlay

GazePlay 1.7 rassemble 58 jeux¹², chacun proposant plusieurs variantes de difficulté, de taille, etc.. On compte ainsi 151 jeux et variantes. Pour chacun d'entre eux, nous visons à développer une ou plusieurs compétences chez les enfants. On peut actuellement considérer cinq grands types de compétences pouvant être développées grâce à GazePlay : les compétences d'action-réaction, de sélection, de mémorisation, de littératie et de logique & mathématiques.

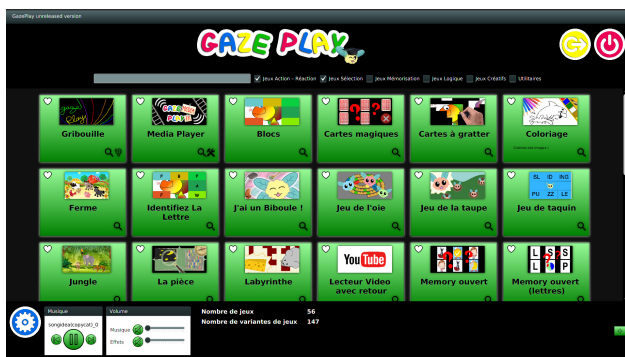


FIGURE 5. Capture du menu principal de GazePlay (version de développement du 10 janvier 2020). La version 1.7 comporte 58 jeux et 151 variantes.

12. Pour une description complète des jeux, voir <https://github.com/GazePlay/GazePlay/blob/master/Games-eng.md>.



FIGURE 6. Un enfant qui joue au jeu Tartes à la crème avec l'oculomètre d'Eye Tribe.

Compétence d'action-réaction

Dans ce genre de jeux, nous voulons apprendre aux enfants qu'un regard peut avoir diverses conséquences directes sur ce qui se passe à l'écran. Par exemple, dans le jeu Tartes à la crème (cf. figure 6), l'utilisateur lance une tarte à la crème sur la cible quand il la regarde dans *Block*, une grande image est cachée par des blocs colorés. Le joueur doit simplement regarder un bloc pour le faire disparaître. Lorsque tous les blocs ont disparu, la partie est terminée et la récompense est affichée. Dans le jeu Ninja, la cible explose dès que le joueur la regarde, et dans le jeu de Piano un son va être joué dès qu'il regarde une touche illuminée. De nombreux autres jeux tels que ceux-ci permettent ainsi de prendre conscience de l'éventail des nombreuses actions possibles, réalisables simplement en regardant l'écran, et de comprendre le lien direct avec les réactions que ces actions vont entraîner.

Compétence de sélection

Bien que dans ces jeux d'action-réaction l'interaction avec un objet à l'écran soit généralement directe (regarder un objet déclenche immédiatement la réaction), il est très important d'entraîner l'enfant à un autre système de sélection. Une sélection s'effectuant en un simple regard comme ici amène inévitablement au problème du toucher de Midas [11]. Comme le célèbre roi mythologique grec transformait tout ce qu'il touchait en or, n'importe quel objet regardé à l'écran est alors sélectionné, même si ce n'est pas l'intention de l'utilisateur. D'autres systèmes de sélection doivent ainsi être proposés et entraînés.

La sélection avec un oculomètre ne peut ainsi pas être aussi directe qu'avec une souris. Ce qui se rapprocherait le plus d'un clic de souris pourrait être le clignement d'œil mais il n'est pas facile à mettre en pratique car (1) le clignement volontaire n'est pas facile à distinguer du clignement involontaire, (2) il est souvent très difficile à réaliser pour un enfant souffrant de polyhandicap.

Dans les programmes de CAA, une façon habituelle de sélectionner un élément (photo, image, pictogramme, etc.) est de garder le regard sur cet élément. On l'appelle « une interaction d'occupation [7] » ou « par temps de fixation » (*Dwell-time* en anglais). Un retour visuel est donné à l'utilisateur sous la forme d'une barre de progression circulaire. Lorsqu'elle est pleine, après un temps configurable, l'élément est sélectionné [12]. Dans le jeu Cartes magiques de GazePlay, plusieurs cartes sont affichées. Quand le joueur regarde une carte, elle est retournée. Une des cartes cache une image, la récompense est offerte lorsque l'utilisateur trouve l'image. D'autres jeux comme Memory et Où est-ce ? permettent également de travailler la compétence de sélection en utilisant cette même interaction.

Compétence de mémorisation

Dans ces jeux, nous voulons travailler sur la mémoire à court terme comme dans Memory qui a les mêmes règles que le jeu classique. Plusieurs paires de cartes sont disposées face cachée. Le joueur avec une interaction de fixation (voir section précédente) retourne deux cartes. Si elles sont les mêmes, elles disparaissent, sinon, après quelques secondes pour permettre au joueur de s'en souvenir, elles se retournent. Quand toutes les paires ont été trouvées, la récompense est offerte.

Dans d'autres jeux, nous voulons travailler sur la mémoire à long terme. Dans le jeu Où est l'animal ?, une phrase est prononcée et écrite pour indiquer au joueur quel animal trouver (cheval, chien, crocodile...). Plusieurs photos d'animaux sont ensuite montrées (4 à 12 suivant le choix effectué). Le joueur sélectionne les photos jusqu'à ce qu'il trouve la photo correspondant à l'animal demandé. Des variantes de ce même jeu sont proposées pour apprendre les couleurs ou encore les nombres. Une dernière variante est complètement configurable, c'est-à-dire que les parents, les thérapeutes, peuvent construire leurs propres jeux avec leurs propres photos. La phrase peut être complétée par un pictogramme, par exemple pour les apprendre aux enfants (voir figure 7). Ce dernier jeu et l'utilisation des pictogrammes ont été inspirés par la communauté (voir la section Communauté).



FIGURE 7. Capture du jeu Où est-ce ? : la question posée est associée à un pictogramme issu du Makaton [6].

Compétence liées à la littératie

La littératie regroupe les connaissances fondamentales dans les domaines de la lecture et de l'écriture. Dans le cadre de la communication alternative et augmentée, il s'agit d'un objectif à long terme pour le public que nous visons. En ce qui concerne GazePlay, nous voyons les compétences actuelles visées comme un premier pas vers la littératie. Divers jeux sont proposés, comme le jeu de Memory avec des lettres, mais également le jeu Identifiez la lettre qui demande à l'enfant de sélectionner les blocs contenant une certaine lettre parmi un texte contenant des lettres différentes. À chaque bonne sélection la lettre est prononcée, aidant l'enfant à faire l'association entre la forme de la lettre et le son correspondant. De la même manière, d'autres jeux comme les jeux Où est cette couleur?, Où est cet animal?, Où est ce nombre? ... permettent également d'associer des concepts à leur prononciation, par le biais de la répétition des questions.

Compétences logiques et mathématiques

Dans le cas du polyhandicap, comme nous l'avons vu dans la section correspondante précédemment, l'accès à un enseignement scolaire « classique » est généralement impossible, l'importance des mathématiques et de la logique dans leur éducation ne peut pas être ignorée. Des jeux simples de question-réponse, avec un écran présentant peu de distracteurs visuels, comme dans la suite de jeux « Apprends les maths » peut permettre de comprendre l'association d'une opération à un résultat.

Pour ce qui est des compétences de logique, de nombreux jeux peuvent permettre à l'enfant de comprendre les logiques d'ordre ou de déplacement des objets. On retrouve, par exemple, le jeu de Gobelet Pass Pass, dans lequel il va devoir retrouver une balle cachée sous un verre, après que les verres aient été mélangés.

D'autres compétences encore, comme le fait de comparer ou de recréer un modèle, peuvent aussi être entraînées avec le jeu Trouver les différences dans lequel il va devoir trouver les différences entre deux images données, ou bien dans La fabrique à gâteaux, où il va devoir reproduire à l'identique le modèle d'un gâteau affiché à l'écran en sélectionnant les éléments qui lui correspondent.

Analyses

Lorsqu'un jeu est arrêté, plusieurs statistiques sont affichées et sauvegardées automatiquement (voir figure 8). Elles présentent, suivant le jeu, la durée de temps de jeu actif, la durée de temps de jeu réel, la durée de réaction, l'écart type, le nombre de bonnes réponses... Une carte de chaleur améliorée (figure 9) montre également les positions qui ont été regardées à l'écran et un tracé permet de connaître plus en détail le chemin qu'a emprunté le regard de l'utilisateur et les temps de fixation pour chacune des zones sur lesquelles son regard s'est arrêté. Ces zones sont appelées des zones d'intérêt et sont des données qui peuvent s'avérer très intéressantes pour

le suivi de l'enfant, par exemple, pour observer le fait qu'il soit bien dans la capacité d'observer l'entièreté de l'écran ou si, au contraire, certaines zones semblent plus difficiles d'accès. L'enregistrement vidéo de l'écran et du regard est également disponible pour chaque partie. Grâce à ces statistiques, l'entourage parental et thérapeutique peut obtenir des informations objectives pour évaluer l'évolution et/ou la motivation des enfants.

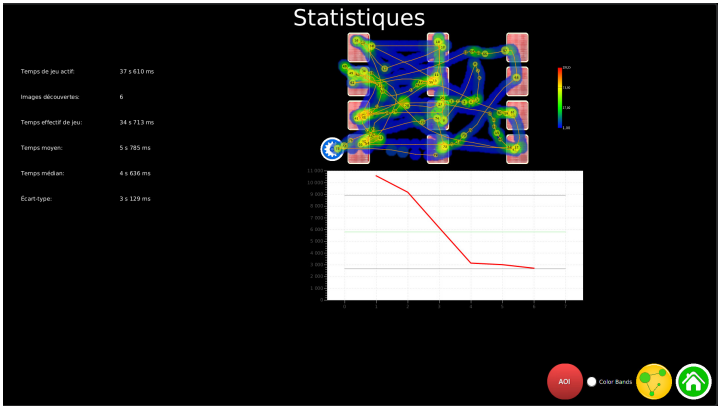


FIGURE 8. Capture des statistiques affichées à la suite du jeu Me-memory (compétence mémorisation).

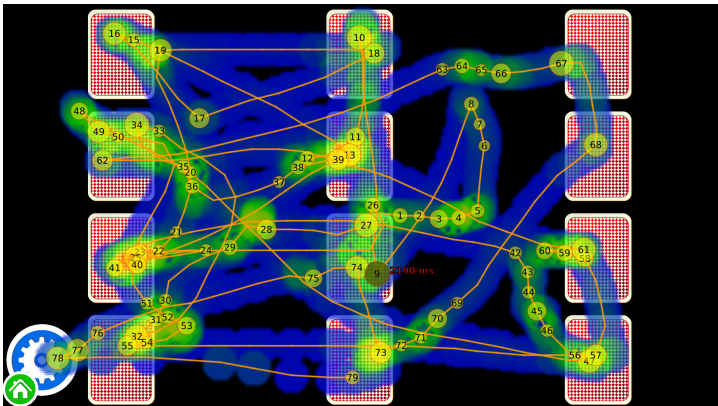


FIGURE 9. Capture de la carte de chaleur d'une partie de Memory (compétence mémorisation).

Communauté

Le logiciel est libre sous licence GNU General Public License v3.0¹³. Tout le monde peut le modifier mais doit distribuer le code dès lors qu'il diffuse une nouvelle version. Il est évidemment possible de vendre des versions spécifiques de GazePlay (du moment que l'on redistribue le code) ou des services utilisant GazePlay, y compris des thérapies ou des formations sans rétribuer les auteurs.

Le projet GazePlay a commencé sous l'initiative du premier auteur qui est à la fois maître de conférences en informatique et père d'une enfant en situation de polyhandicap. En partageant son expérience avec d'autres parents, en particulier ceux qui possèdent des oculomètres pour leur enfant et avec des thérapeutes, il a travaillé avec des étudiants en master et en doctorat (Amela Fejza et Loïc Vial) pour sortir les premières versions de GazePlay en juillet-octobre 2017. Chaque année, d'autres étudiants en master à Grenoble viennent régulièrement enrichir l'équipe durant plusieurs mois, pour leur stage de deuxième semestre (Johana Marku, Wafaa El Hussein, Sannara Ek et surtout Sébastien Riou qui est devenu, après son master, le premier développeur travaillant sur le projet).

Le code est hébergé sur GitHub. Le dépôt permet de partager le code, des informations pour les développeurs, des rapports (*issues*) pour poser une question, rapporter un *bug*, proposer une amélioration. GitHub permet également de trouver des projets en fonctions de leurs objectifs. Certaines personnes de la communauté *open source* (Miles Bardon, Yann Robert) nous ont ainsi aidés, en particulier du côté de l'ingénierie logicielle et de l'expérience utilisateur (intégration continue avec Travis, gestion et automatisation de production des projets avec Maven puis Gradle, installateur Windows, tests unitaires, interface...) et nous ont permis d'améliorer notre efficacité. De même, nous recevons des commentaires réguliers de thérapeutes qui ont utilisé GazePlay avec des enfants en situation de polyhandicap que nous essayons d'intégrer au mieux.

Références

- [1] Narcisa CHIRVASIU and Elena SIMION-BLÂNDĂ. Alternative and augmentative communication in support of persons with language development retardation. *Revista Romaneasca pentru Educatie Multidimensionala*, 10:28, 07 2018.
- [2] Collection expertise collective. *Handicaps rares. Contextes, enjeux et perspectives*. INSERM, 2013.
- [3] Mark B. Friedman, Gary Kiliany, and Mark Dzmura. The eyetracker communication system. *Johns Hopkins APL Technical Digest*, 3(3):250–252, 1982.
- [4] Joke J. Geytenbeek, Lidwine B. Mekkink, Dirk L. Knol, R. Jeroen Vermeulen, and Kim J. Oostrom. Reliability and validity of the c-billt : A new instrument to assess comprehension of spoken language in young children with cerebral palsy and complex communication needs. *Augmentative and Alternative Communication*, 30(3):252–266, 2014.

13. <https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.en.html>.

- [5] E. Smeets R. Van de Berg M. Van den Berg Leopold M.G. Curfs Gillian S. Townend, Peter B. Marshik. Eye gaze technology as a form of augmentative and alternative communication for individuals with rett syndrome : Experiences of families in the netherlands. 28(1):101–112, 2016.
- [6] Nicola Grove and Margaret Walker. The makaton vocabulary : Using manual signs and graphic symbols to develop interpersonal communication. *Augmentative and Alternative Communication*, 6(1):15–28, 1990.
- [7] Robert J. K. Jacob. What you look at is what you get : Eye movement-based interaction techniques. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '90, pages 11–18, New York, NY, USA, 1990. ACM.
- [8] Francis Jambon and Vanda Luengo. Analyse oculométrique ” on-line ” avec zones d’intérêt dynamiques : application aux environnements d’apprentissage sur simulateur. In Frédéric Vanderhaegen Régis Mollard, Franck Poirier, editor, *Ergo’IHM 2012 - Conférence sur les nouvelles interactions, créativité et usages*, page publication en cours, Biarritz, France, October 2012. Session plénière Ergo/IHM/IS.
- [9] Émile Javal. *Physiologie de la lecture et de l’écriture*. Félix Alcan, 1905.
- [10] A. Kar and P. Corcoran. A review and analysis of eye-gaze estimation systems, algorithms and performance evaluation methods in consumer platforms. *IEEE Access*, 5:16495–16519, 2017.
- [11] R. Bates M. Donegan, P. Majoranta. *The Universal Access Handbook*, chapter 36, pages 1–20. CRC Press, 2009.
- [12] Van Bao Nguyen, Francis Jambon, and Gaëlle Calvary. Gaze-Based Interaction : Evaluation of Progressive Feedback. pages 153–158. ACM, October 2014. Poster.
- [13] Geneviève Petitpierre and Koviljka Barisnikov. *Le Vygotskij que nous (ne) connaissons (pas). Les principaux travaux de Vygotskij et la chronologie de leur composition*. Delachaux et Niestlé, 1 edition, 1994.
- [14] N. Bahi-Buisson M. Voisin Université Pierre et Marie Curie (Paris) UFR de médecine Pierre et Marie Curie S. Patachon, M. Duclos. Syndrome de rett : instauration d’une communication alternative par commande oculaire : étude de cas unique. 2015. OCLC: 927105157.
- [15] Dario D. Salvucci and Joseph H. Goldberg. Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. In *Proceedings of the 2000 Symposium on Eye Tracking Research & Applications*, ETRA '00, pages 71–78, New York, NY, USA, 2000. ACM.
- [16] Didier Schwab, Amela Fejza, Loïc Vial, , and Yann Robert. The gazeplay project : Open and free eye-trackers games and a community for people with multiple disabilities. *Proceedings of 16th International Conference on Computers Helping People with Special Needs*, july 2018.
- [17] Jeff Sigafoos, Larah van der Meer, Ralf Schlosser, Giulio Lancioni, Mark O’Reilly, and Vanessa Green. *Augmentative and Alternative Communication (AAC) in Intellectual and Developmental Disabilities*, pages 255–285. 12 2016.
- [18] Benjamin W Tatler, Nicholas J Wade, Hoi Kwan, John M Findlay, and Boris M Velichkovsky. Yarnbus, eye movements, and vision. *i-Perception*, 1(1):7–27, 2010.
- [19] Nicholas J Wade. Pioneers of eye movement research. *i-Perception*, 1(2):33–68, 2010. PMID: 23396982.
- [20] Nicholas J. Wade and Benjamin W. Tatler. Did javal measure eye movements during reading? *Journal of Eye Movement Research*, 2(5), 2009.
- [21] A. L. Yarbus. *Eye Movements and Vision*. Plenum. New York., 1967.
- [22] Elisabeth Zucman and Jacqueline Spinga. *Les enfants atteints de handicaps associés : les multihandicapés : rapport d’un groupe d’étude du Centre technique national d’études et de recherches sur les handicaps et les adaptations (France)*. CTNERHI, 1985.