



Pertinence d'une composante sérieuse personnalisée dans un jeu vidéo d'action consacré à la rééducation en lecture de jeunes élèves présentant des symptômes dyslexiques

<https://doi.org/10.52358/mm.vi21.449>

François Lewis, doctorant
Université TÉLUQ, Canada
lewis.francois@univ.teluq.ca

Patrick Plante, professeur
Université TÉLUQ, Canada
patrick.plante@teluq.ca

Daniel Lemire, professeur
Université TÉLUQ, Canada
daniel.lemire@teluq.ca

RÉSUMÉ

L'utilisation des jeux vidéo d'action (JVA) peut apporter des bénéfices significatifs aux élèves dyslexiques en améliorant leur concentration et leur vitesse de lecture. De plus, l'ajout d'une méthode éprouvée en rééducation et personnalisée à l'apprenant augmente l'efficacité du transfert de compétence en lecture. Nous avons développé un jeu vidéo d'action sérieux (JVAS) visant à accroître les compétences des participants tout en maintenant leur motivation. Notre artefact est évalué sur quatre critères clés : la vitesse de lecture, la réduction des erreurs, le niveau d'attention et la motivation. Notre protocole expérimental, fondé sur une étude de cas multiple, intègre des données qualitatives et quantitatives, révélant une amélioration notable des compétences en lecture des sujets. Le maintien de la motivation reste difficile.

Mots-clés : intelligence artificielle, jeux sérieux, trace d'interaction, dyslexie, déficit d'attention



Introduction

Selon Billard et Delteil-Pinton (2010), la dyslexie est un trouble de l'acquisition de la lecture et cette pathologie est permanente. Or, l'apprentissage de la lecture est une activité complexe, mais indispensable dans le parcours scolaire d'un enfant (Lassault et Ziegler, 2018). De plus, comme l'indique Hernandez (2011), les élèves ayant des troubles de la lecture sont enclins à décrocher du système scolaire. À cet égard, les élèves qui présentent des symptômes dyslexiques bénéficient d'une prise en charge adéquate dès les premières années du primaire (Dehaene, 2007). En revanche, le manque de ressources spécialisées au Québec ne permet pas une prise en charge rapide des élèves rencontrant des difficultés d'apprentissage (Venne, 2021).

Étant donné que les ressources spécialisées en milieu scolaire ne répondent pas à la demande, nous nous sommes intéressés, dans un premier temps, aux différentes solutions technologiques. Nous avons découvert, lors d'une étude antérieure de Lewis (2018), que les JVA offrent une alternative intéressante. D'ailleurs, plusieurs études indiquent que les JVA améliorent la vitesse de lecture et l'attention (Cardoso-Liete et Bavelier, 2014; Dale *et al.*, 2020; Franceschini *et al.*, 2013; Momi *et al.*, 2019). À l'étape suivante, nous avons vérifié les programmes en rééducation susceptible d'être intégrée dans un tel artefact pédagogique. Nous avons pris connaissance des recherches de Myre-Bisaillon (2004, 2009), qui démontrent que le traitement orthographique, *Word Identification Strategy Training (WIST)* de Lovett *et al.* (2000), améliore la vitesse de la lecture et l'identification des mots. Partant de ces faits, l'étude a comme mission de vérifier la faisabilité de concevoir un JVA original adapté au public cible, qui intègre un traitement orthographique et, ensuite, d'évaluer la pertinence de l'objet pédagogique en milieu naturel.

Lors de notre recherche, nous avons effectué une revue de littérature sur les « environnements informatiques pour l'apprentissage humain » (EIAH), particulièrement sur le jeu vidéo sérieux éducatif (JVSE) et les mécanismes pertinents qui lui permettent d'atteindre une efficacité optimale. Par la suite, nous justifions notre posture épistémologique et le cadre conceptuel et théorique qui appuie notre démarche. Nous poursuivons par la création du JVA adapté à notre public cible et intégrons une dimension sérieuse fondée sur la version française du programme *WIST*. La dimension sérieuse est personnalisée pour tenir compte des compétences de chaque élève. Or, comme la personnalisation d'un logiciel éducatif est complexe à réaliser, nous nous sommes inspirés du modèle *Prerequisite-driven deep knowledge tracing (PDKT-C)* de Chen *et al.* (2018). Le modèle *PDKT-C* démontre une précision des prévisions, notamment lors du diagnostic cognitif des apprenants (Chen *et al.*, 2018). Par la suite, nous avons mis en place une méthodologie expérimentale de type études de cas multiple en milieu naturel. Les données recueillies lors de l'expérimentation sont analysées et interprétées, bref nous validons nos hypothèses de départ. Finalement, nous présentons les résultats, la contribution de l'étude au domaine de connaissances et ses limites.

Problématique et objet de recherche

Nous avons vu plus haut qu'un traitement orthographique est efficace pour les élèves dyslexiques cependant, la problématique identifiée est le temps d'attente qui est trop long, dû essentiellement aux ressources limitées en milieu scolaire. Dans un tel contexte, les jeunes élèves rencontrant des difficultés d'apprentissage sont laissés à eux-mêmes (Fortier, 2021; Leduc, 2023). Il est important d'observer les impacts nuisibles sur le développement cognitif des élèves, mais aussi sur leur estime de soi (Lefebvre, 2016), sans oublier le risque important d'abandon scolaire (Hernandez, 2011). Sur ce dernier point, il importe de souligner qu'en 2022, le taux d'abandon scolaire des Québécois de moins de 29 ans se situait à 16 % (Institut de la statistique du Québec, 2024).



Objectifs de l'étude

L'étude a deux objectifs. Le premier est de valider la faisabilité de concevoir un JVAS personnalisé à l'élève, et le deuxième est de mesurer son efficacité selon quatre critères : la vitesse de lecture, la réduction des erreurs, le niveau d'attention et le maintien de la motivation.

Hypothèses de départ

Selon nous, la création d'un JVAS adaptée à notre public et qui maintient le niveau de motivation est réalisable, même en contexte de ressources limitées. De plus, nous estimons que l'intégration d'une dimension sérieuse personnalisée à l'élève améliore les compétences visées.

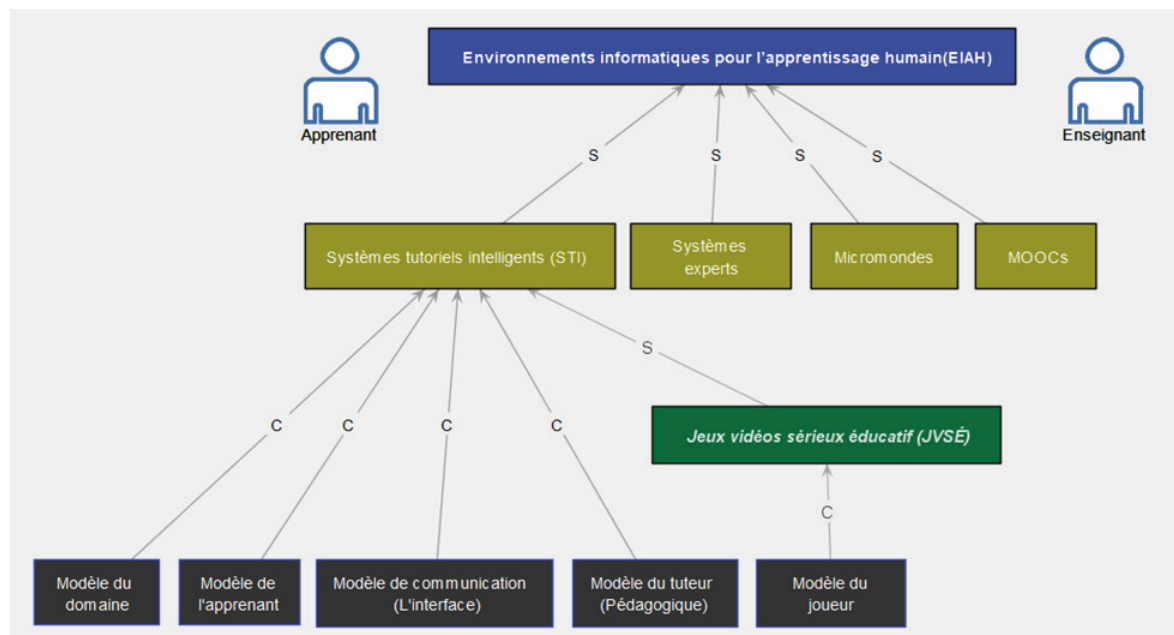
Cette section décrit la problématique et identifie les objectifs liés à notre l'étude. Nous présentons à la section suivante, un sommaire des points saillants qui ont attiré notre attention lors de la revue de littérature.

Revue de littérature

L'objectif de la revue est de faire le point sur la situation actuelle du domaine de connaissance des EIAH, plus particulièrement les JVSE, pour ainsi approfondir nos connaissances et nous apporter des éléments qui appuient notre démarche. Les JVSE font partie intégrante des EIAH, comme illustré à la figure 1. Dans toute la littérature où il est question de JVSE, nous constatons que si l'artefact est bien conçu, il offre de multiples avantages pour notre public cible. Entre autres, le JVSE est approprié aux élèves présentant des difficultés d'apprentissage, car il est possible de varier la cadence des exercices dans le but de l'adapter à chaque élève (Mildner *et al.*, 2015). De plus, un tel outil pédagogique permet le transfert de connaissances et de compétences, et conserve la motivation des apprenants (Andone et Frydenberg, 2019, Makransky *et al.*, 2019, et Xie *et al.*, 2019).

Figure 1

Représentation des EIAH



Note. © Lewis (2024).



Il est important d'observer qu'il existe plusieurs types de jeu vidéo. Dans le but d'optimiser les compétences en lecture, plusieurs auteurs recommandent les JVA, notamment pour l'amélioration de la concentration et de la vitesse de lecture (Blaesius et Fleck, 2015; Cardoso-Leite et Bavelier, 2014; Franceschini *et al.*, 2017).

Mais comment distinguer un JVA par rapport aux autres jeux vidéo ? Eh bien, les JVA se composent notamment de multiples objets généralement en 3D, notamment des cibles qui apparaissent et disparaissent à l'écran; en plus, certains objets se déplacent constamment dans l'univers du jeu, ce qui favorise la concentration et le traitement visuel des utilisateurs (Green et Seitz, 2015).

Comme nous l'avons mentionné antérieurement, pour être efficace, un JVAS doit maintenir la motivation des apprenants. À ce sujet, la revue nous indique que pour préserver la motivation, l'artefact doit être adapté au public cible et personnalisé à l'apprenant. Le jeu doit également inclure une série d'éléments qui permettent une rétroaction immédiate (Hamari *et al.*, 2018). La rétroaction corrige les erreurs de compréhension, accroît le plaisir de jouer et la motivation.

Concernant l'apprentissage, il est important d'observer que les individus utilisent, entre autres, le sens de la vue et celui de l'ouïe pour traiter de nouvelles connaissances. Selon Moreno et Mayer (2007), l'usage de plusieurs sens en même temps accroît les capacités d'apprentissage. De plus, la complexité et l'imprévisibilité du jeu améliorent la pérennité de l'apprentissage, parce qu'ils soutiennent les processus de réflexion (Fabricatore et López, 2012). Toutefois, comme le font remarquer Moreno et Mayer (2007), il est essentiel que la charge cognitive du média soit adaptée à la capacité cognitive de l'apprenant.

En revanche, les JVA en 3D ne sont pas sans défauts : leurs créations sont complexes et onéreuses, sans oublier, comme le fait remarquer Kickmeier-Rust *et al.* (2011), que l'évaluation des apprentissages peut être problématique. Finalement, il importe de souligner le risque de cyberdépendance, de contenus non appropriés et des risques inhérents au temps d'écran pour de jeunes enfants.

À la lumière de ce qui précède, nous tenons compte, lors de la création de l'outil, des avantages du JVA sur notre clientèle et des facteurs de risques associés, notamment en limitant le temps d'écran à 30 minutes par jour et en adaptant le contenu au public cible. À la prochaine section, nous décrivons notre position épistémologique et énumérons les concepts et théories qui soutiennent notre démarche.

Cadre conceptuel et théorique

L'étude s'appuie sur les paradigmes épistémologiques constructivistes et cognitivistes (Lewis, 2024). Rappelons brièvement que le constructivisme se fonde sur une démarche d'apprentissage itératif : l'apprenant construit ses connaissances et compétences via une série de découvertes (Guba et Lincoln, 1994), tandis que le cognitivisme structure le processus d'apprentissage en tenant compte du niveau de connaissances et de compétences de chaque individu, ce qui permet d'ajuster les exercices et les rétroactions à l'apprenant (Kozanitis, 2005).

À cette étape, il nous semble important de souligner que la création de l'artefact s'effectue en tenant compte des théories et concepts reconnus dans plusieurs domaines de connaissances, entre autres l'apprentissage, la psychologie cognitive, l'informatique, les troubles de la lecture, les JVAS, comme illustré au tableau 1.



La conception de l'artefact est fondée sur le modèle *Serious Games Mechanics* (SGM) décrit par Lim *et al.* (2016) et la méthode d'ingénierie pédagogique des systèmes d'apprentissage (MISA), qui intègre la modélisation des connaissances au design pédagogique. Les deux modèles se complètent, puisque le premier permet d'identifier les mécanismes liés aux compétences appropriées pour l'apprentissage de la lecture et le second, de les intégrer dans le logiciel. L'outil pédagogique tient également compte des théories motivationnelles et des méthodes informatiques reconnues lors de la modélisation et de la personnalisation de l'artefact. Entre autres, le modèle *PDKT-C* améliore la précision des prévisions et permet de hiérarchiser les niveaux d'un domaine de connaissances (Chen *et al.*, 2018). Nous utilisons également une Q-matrice pour modéliser la structure de compétence, ce qui permet de hiérarchiser les niveaux du domaine de connaissances de la lecture.

Tableau 1

Théories, concepts et méthodes intégrés dans la conception de l'artefact

DOMAINE	JEU SÉRIEUX ÉDUCATIF	TROUBLE DE LA LECTURE	APPRENTISSAGE	PSYCHOLOGIE COGNITIVE	INFORMATIQUE
Théorie et concept	Adaptation	Dyslexie	Constructivisme	Mémoire	Traces
	Attention	Déficit d'attention	Cognitivisme	<i>Flow</i>	Intelligence artificielle
	Apprentissage	Mémoire lexicale	Métacognition	Autodétermination	Analytique de données
	Personnalisation	Conscience phonologique		<i>ARCS</i>	Q-Matrice
Méthode	<i>Serious Games Mechanics</i>	<i>WIST</i>	MISA	Apprentissage distribué	Démarche de Bouvier
	Analyse des mécanismes	JVA	<i>CbKST</i>	Répétition	<i>PDKT-C</i>
	<i>Design-Base Research</i>		Q-Matrice	<i>Cognitive-affective model of learning with media</i>	Réseau de neurones profond

Note. © Lewis (2024).

Notre cadre témoigne de la complexité, mais aussi des avantages de combiner les concepts et théories associés à divers domaines de connaissances. À la section suivante, nous présentons notre démarche.

Méthodologie

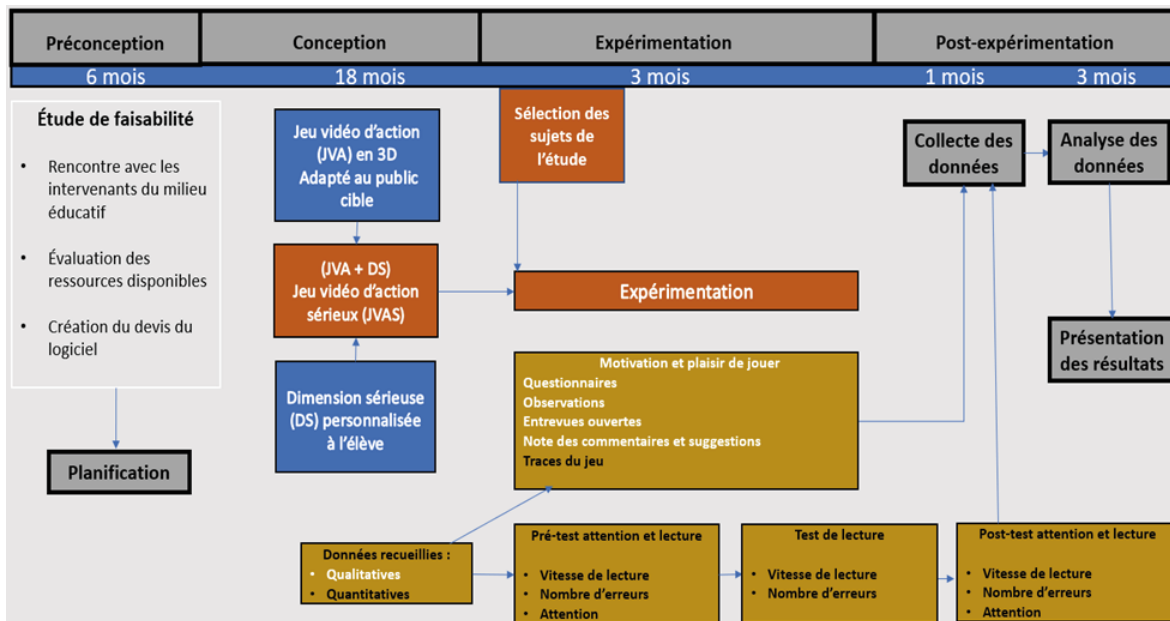
Cette section présente la méthodologie que nous empruntons lors de notre étude qui consiste, comme nous l'avons vu plus haut, à concevoir et à évaluer un outil pédagogique consacré aux difficultés d'apprentissage en lecture de jeunes enfants qui présentent des symptômes dyslexiques. L'ensemble du processus, comme illustré à la figure 2, s'échelonne sur une période d'environ trente mois.



En premier lieu, une étude de faisabilité a été réalisée. Lors de cette étape, il a été possible de définir les ressources indispensables à la réussite du projet et de mettre en place des mesures de mitigations des risques associés au projet. Ensuite, nous avons réalisé l'objet pédagogique avec l'aide du moteur de jeu Unity¹ et du logiciel de modélisation Blender². Nous avons effectué l'expérimentation de type étude de cas multiple en milieu naturel. Finalement, nous analysons, interprétons et présentons les données recueillies.

Figure 2

Méthodologie et plan de réalisation



Note. © Lewis (2024).

Conception

La réalisation du logiciel éducatif comporte quatre volets : dans le premier, nous analysons les besoins des utilisateurs et sélectionnons les modèles théoriques les mieux adaptés aux domaines de connaissances mentionnées antérieurement; dans le deuxième volet, nous concevons, avec le soutien d'un programmeur expérimenté, un prototype du jeu; dans le troisième, nous expérimentons le prototype avec des participants de notre public cible ainsi qu'avec des experts du domaine de l'éducation et du jeu vidéo. Le quatrième volet est la création de la version définitive du JVAS, qui est inspirée des commentaires et suggestions provenant de l'évaluation du prototype. Lors de cette étape, une série de tests de conformité sont réalisés en vue d'éliminer les anomalies inattendues du logiciel.

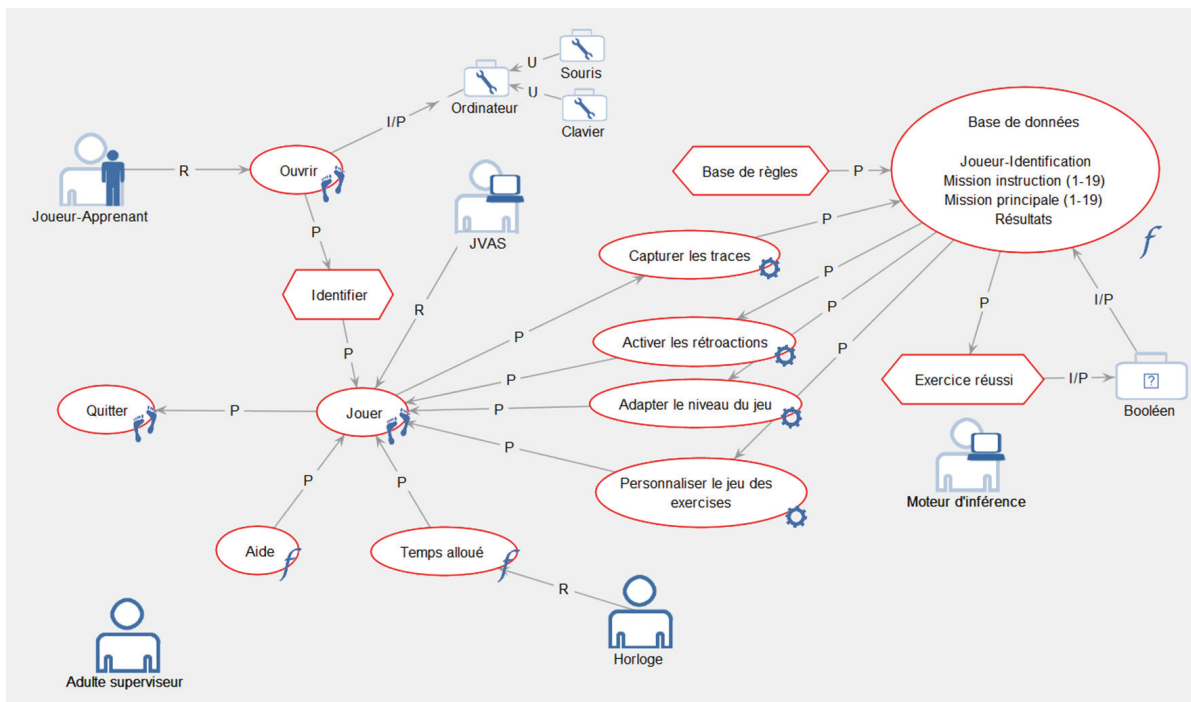
Dans le but de simplifier le partage des éléments qui composent l'objet pédagogique, nous avons développé un diagramme statique de cas d'utilisation, comme illustré à la figure 3. Le diagramme spécifie les besoins pour chaque type d'utilisateurs et explique les comportements du système de façon simple. Il est à noter que le lien R représente une relation, le lien I/P un intrant ou un produit, et le lien U un périphérique dans le diagramme statique.

¹ Récupéré le 24 septembre 2024 du site <https://unity.com/fr>.

² Récupéré le 20 juillet 2023 du site <https://www.blender.org/>.



Diagramme de cas d'utilisation de Mission Zebran



L'objet pédagogique pour cette étude est nommé *Mission Zebran*; le logiciel est hébergé sur un serveur Web sécurisé de l'Université TÉLUQ. Il est important de souligner que le jeu est connecté à une base de données qui administre l'identification des utilisateurs, le module pédagogique et l'engin d'inférence, comme illustré en annexe A, sans oublier que la base de données recueille plusieurs traces nécessaires à l'analyse des résultats de l'expérimentation.

SÉLECTION ET DÉVELOPPEMENT DES MÉCANISMES DU JEU

L'identification et la sélection des mécanismes du jeu sont fondées sur le modèle *SGM* proposé par Lim *et al.* (2016). Le modèle *SGM* permet de relier les mécanismes ludiques et pédagogiques avec les compétences réflexives révisées de Bloom (Anderson *et al.*, 2001). Par exemple, il a été démontré que la répétition et la découverte enrichissent la mémoire lexicale, une des compétences visées pour nos sujets (Lefebvre, 2016).

En ce qui a trait à la motivation, nous avons adapté les éléments du jeu en tenant compte des compétences attendues des utilisateurs. Entre autres, nous tenons compte de la théorie du « *flow* » de Csikszentmihalyi (1991), qui décrit l'impression de satisfaction et d'immersion que l'utilisateur ressent lorsqu'il a du plaisir dans une activité, ainsi que du modèle motivationnel *Attention, relevance, confidence & satisfaction* (ARCS) de Keller (2000). Le modèle ARCS identifie les éléments qui renforcent la motivation dans les outils pédagogiques et est particulièrement bien adapté à la création de logiciels. Enfin, plusieurs mécanismes de rétroactions sous forme auditives et visuelles sont intégrés dans le parcours du jeu.



UNIVERS LUDIQUE

Le JVAS *Mission Zebran* est un jeu vidéo de type progression en 3D. Le scénario se situe dans l'univers irréel d'une ville fictive nommée Zebran. Zebran a vécu un tremblement de terre dévastateur. La ville est partiellement détruite et des brigands en ont profité pour prendre son contrôle, sans oublier qu'ils ont enfermé les citoyens dans des prisons. Plusieurs personnages se retrouvent dans l'artefact, entre autres, Bob le robot, qui est immortel et qui fonctionne à l'électricité, Claire, la directrice de la sécurité qui présente les missions et émet les rétroactions, les trois types de brigands : les mutants, les guerriers et les lutins, qui surveillent les prisons et font obstacle à Bob. Finalement, douze otages sont emprisonnés. Le parcours du jeu se compose de six scènes et intègre deux missions qui se complètent. La première mission requiert que le sujet, avec l'aide de l'avatar, pêche des ballons qui indiquent le mot qu'il entend. Tandis que lors de la seconde mission, le sujet doit, avec l'aide de Bob, libérer les otages emprisonnés dans l'univers du jeu.

VOLET PÉDAGOGIQUE

Le volet pédagogique désigne l'aspect sérieux du jeu. En ce qui concerne les connaissances et les compétences visées, nous utilisons certains éléments de la méthode MISA. La méthode MISA propose une technique de conception spécifique pour l'ingénierie pédagogique. De plus, MISA identifie les éléments nécessaires à la réussite, notamment les propriétés qui permettent d'optimiser un outil pédagogique. Les énoncés de compétence identifiés sont : améliorer l'accès lexical et la fluidité, corriger la conscience phonologique et phonémique, et accroître les compétences en lecture.

Les quatre unités d'apprentissage sont fondées sur les exercices de l'adaptation française de la méthode *WIST*. Dans la première unité, nous introduisons 60 mots fréquents, 5 nouveaux mots par session de jeu. Cet exercice se retrouve dans la mission Instruction; elle a pour objectif d'accroître la mémoire lexicale des sujets. Les trois autres unités se composent de : l'identification par analogie qui est la reconnaissance des rimes, l'identification par repérage d'une partie connue qui s'applique à trouver un plus petit mot dans un mot et, finalement, l'identification par pelage de mot qui a pour objectif de discerner un mot racine, en retirant soit le suffixe soit le préfixe ou bien les deux (Myre-Bisaillon, 2009). Ces trois unités d'apprentissage se retrouvent dans la mission principale.

Le parcours pédagogique est structuré selon le modèle de hiérarchisation des prérequis *Competence-based knowledge space theory* d'Augustin *et al.* (2013) ainsi qu'avec l'aide d'une Q-matrice. Il importe de souligner que pour réaliser l'unité d'apprentissage, le sujet doit parvenir au niveau de compétence établi lors du diagnostic cognitif ou bien effectuer une session de révision.

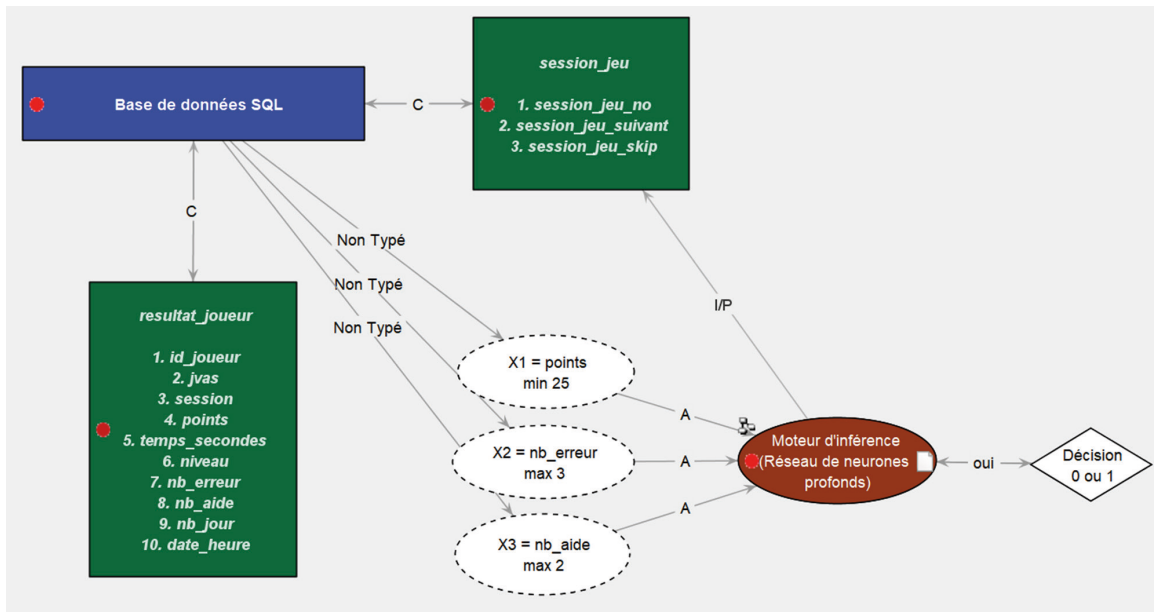
SYSTÈMES D'INFÉRENCE

Le diagnostic cognitif s'exécute par une méthode d'inférence inspirée du modèle *PDKT-C* de Chen *et al.* (2018). Comme nous l'avons mentionné antérieurement, nous utilisons un réseau de neurones artificiel (RNA) de type réseau de neurones profond comme moteur d'inférence, qui est lui-même connecté à une base de données, comme illustré à la figure 4. La base de données est reliée au JVAS et recueille une multitude de traces lors de l'expérimentation, entre autres le nombre de points, le nombre d'erreurs et le nombre de fois que le sujet demande de l'aide par session de jeu. Il est important d'observer que ces trois traces représentent les données d'entrées du réseau.



Figure 4

Représentation du modèle d'inférence



Note. © Lewis (2024).

Le moteur d'inférence est développé en langage Python. Le RNA est entraîné en mode supervisé et mémorisé dans un fichier *Hierarchical Data Format*, qui contient un tableau multidimensionnel. Nous utilisons pour l'entraînement du réseau TensorFlow, qui a été développé par Google pour l'entraînement des RNA, et Keras, une interface de programmation pour les mettre au point. Le RNA créé pour notre étude est composé de 3 données d'entrées (X1, X2, X3), de 2 couches cachées de 20 et de 12 neurones. La base de données capture les variables d'entrées à la fin de chaque session de jeu. Les trois traces sont envoyées sous forme de paramètres via le protocole *HyperText Transfer Protocol Secure* vers le moteur d'inférence qui effectue le diagnostic.

Le diagnostic sépare le résultat en deux classes. La classe 0, qui signifie que l'apprenant a échoué, et la classe 1, qui signifie qu'il a réussi. Le principal avantage de notre modèle est la précision des prédictions, qui est supérieure à 97 %, comme illustré à la figure 5.

Nous insistons sur le fait que nous avons sauvegardé, pour la validation du réseau, un ensemble de données qui correspond à 25 % des données d'entraînement, étant donné le risque de surapprentissage qui correspond à apprendre une mauvaise chose (Domingos, 2012). Nous avons procédé avec succès à une validation croisée avec la série de données de validation.

Figure 5

Résultat de la validation du modèle

```
# Résultat de la validation du modèle

Epoch 800/800
45/45 [=====] - 0s 643us/step - loss: 0.0701 - accuracy: 0.9778 -
val_loss: 0.0653 - val_accuracy: 0.9733

Saved model to disk
```

Note. © Lewis (2024).



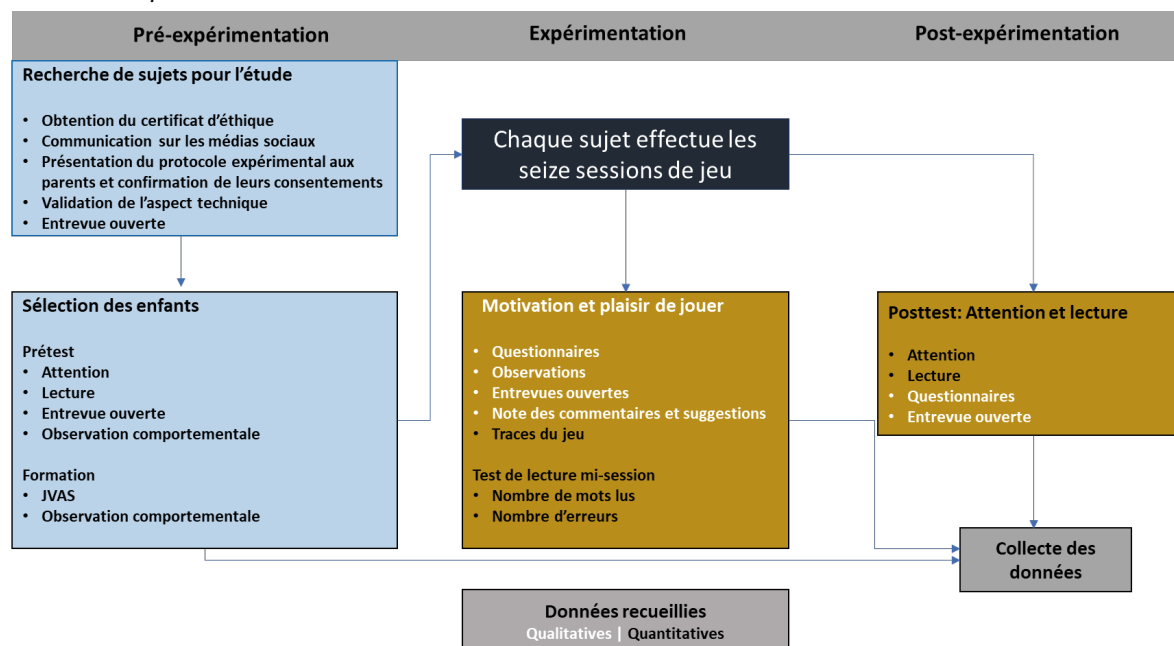
Expérimentation

Après avoir reçu notre certificat d'éthique de l'Université TÉLUQ, nous avons amorcé la recherche de sujets pour l'étude. Pour ce faire, nous avons publicisé notre projet de recherche dans les médias sociaux d'organismes liés à l'éducation. L'objectif était d'intéresser un nombre suffisant de parents et d'enfants. Nous avons communiqué individuellement avec les 11 parents qui ont répondu à notre annonce pour leur expliquer les objectifs de l'étude ainsi que le protocole expérimental, comme illustré à la figure 6. De plus, lors de cette première rencontre individuelle, nous effectuons une entrevue ouverte. L'objectif était de nous faire un portrait des difficultés qu'éprouve leur enfant en lecture, mais aussi dans son intégration en milieu scolaire. Par ailleurs, nous vérifions que leur enfant ne participe à aucune formation scolaire ou de programme de rééducation durant la période de l'expérimentation. Il est important de préciser que l'expérimentation se déroule durant la période estivale. Par la suite, nous procédons à une rencontre virtuelle avec chacun des enfants qui acceptent de participer. Lors de cette rencontre, nous sélectionnons les sujets en leur faisant passer une série de tests calibrés en lecture et sur leur niveau d'attention. Les sujets sélectionnés suivent une formation pour se familiariser avec les touches d'un ordinateur et les éléments qui composent le jeu. Après la formation, les sujets sont invités à commencer l'expérimentation, qui consiste à effectuer 16 sessions de jeu d'environ 30 minutes. Il est important de souligner qu'à différentes étapes de l'expérimentation, des tests calibrés de lecture et d'attention sont réalisés. L'évaluation mesure l'efficacité pédagogique du jeu, en comparant les résultats des tests de lecture à travers le temps. Les données capturées par l'environnement d'apprentissage (les traces) sont également analysées pour valider l'efficacité de la personnalisation, notamment par rapport aux comportements des sujets et leurs interrelations.

Concernant notre expérimentation, elle se déroule en milieu naturel avec un nombre limité de participants. Dans ce contexte, nous optons pour une étude de cas multiple, qui réunit des données qualitatives provenant des observations et des sondages avec des données quantitatives qui découlent des tests et des traces numériques.

Figure 6

Protocole expérimental



Note. © Lewis (2024).



Cette section présente les différents éléments de notre méthodologie qui se déploie lors de notre étude. Nous décrivons avec précision les phases de la conception de l'artefact et, par la suite, les étapes que nous respectons lors de l'expérimentation incluant le protocole expérimental. À la section résultats, nous présentons l'objet pédagogique et nous brossons un tableau des retombées de l'expérimentation.

Résultats

Cette section décrit dans un premier temps le logiciel pédagogique conçu pour l'étude. Par la suite, les résultats obtenus lors de l'expérimentation pour chacun des sujets sont présentés.

Objet pédagogique

Le JVAS *Mission Zebran* intègre un scénario original adapté au public cible. En premier lieu, le sujet doit entrer son identifiant et son code secret. Ensuite, il doit cliquer avec la souris sur le bouton « JOUER » pour commencer une session de jeu, comme illustré à la figure 7.

Figure 7

Représentation de l'interface de la scène identification du jeu Mission Zebran



Note. © Lewis (2024).

Lors de la première scène, Claire, la directrice de la sécurité, présente les cinq mots fréquents que le sujet doit retenir durant la session de jeu. Claire décrit également les consignes de la mission Instruction. Ensuite, le sujet fait avancer Bob vers la station de téléportation; aussitôt la scène Instruction apparaît à l'écran (figure 8).

La mission Instruction dure 2 minutes 30 secondes. Lors de cette mission, le sujet interagit avec la souris et les touches du clavier pour faire bouger un navire de pêche. Le but de cette mission est de pêcher le plus de ballons qui montrent le mot fréquent que le sujet entend. Une bonne réponse donne deux points, en revanche, une mauvaise réponse fait perdre au sujet un point. De plus, le niveau de compétence du



sujet augmente selon les points accumulés; il peut passer de matelot à amiral. Cet élément de rétroaction immédiat a pour objectif d'améliorer la persévérance des sujets. Il est important de souligner que les exercices de cette unité d'apprentissage sont répétitifs et ont comme finalité d'améliorer la mémoire lexicale des sujets.

À la fin de la mission Instruction, le sujet est automatiquement dirigé dans la scène intermédiaire. Claire émet une rétroaction sous forme auditive et, par la suite, décrit les directives de la mission principale. Après avoir écouté les directives de la mission, le sujet déplace Bob vers la station de téléportation. Bob est automatiquement téléporté dans la scène de la mission principale.

Figure 8

Représentation de l'interface de la mission Instruction du jeu Mission Zebran



Note. © Lewis (2024).

La mission principale (figure 9), d'une durée de 25 minutes, se passe dans l'univers des ruines de la ville Zebran, qui a vécu, comme nous l'avons mentionné antérieurement, un tremblement de terre. Douze citoyens sont incarcérés dans des prisons; leurs images sont dans la section inférieure gauche de l'écran. Le but de la mission est de délivrer les otages le plus rapidement possible. La session se termine lorsque les 12 citoyens sont libérés ou bien lorsque le temps alloué pour la mission est terminé. Lors de cette mission, le sujet accumule trois points lorsque Bob touche la pierre avec le mot qui correspond aux instructions qu'il entend. Par la suite, Bob peut libérer l'otage en touchant la prison. Le citoyen libéré se rend à la station d'autobus et son image disparaît. D'autre part, une rétroaction visuelle s'affiche à l'écran.

Concernant les exercices intégrés dans la mission, ils sont inspirés des trois exercices présentés dans la version française de la méthode en rééducation *W/ST*, et décrite dans la section volet pédagogique. Il importe de souligner que l'univers du jeu se compose de plusieurs objets en 3D, qui ont la faculté de bouger et ainsi d'empêcher Bob de délivrer les otages. Par exemple, les brigands peuvent se déplacer rapidement pour empêcher Bob de s'approcher trop près d'une prison. En revanche, comme nous l'avons mentionné antérieurement, Bob est immortel et fonctionne à l'électricité, donc les brigands ne peuvent que lui faire perdre de l'énergie. Il est essentiel de préciser que Bob peut recharger ses batteries en touchant les différentes bornes électriques situées dans l'univers du jeu.



Figure 9

Représentation de l'interface de la mission principale du jeu Mission Zebran



Note. © Lewis (2024).

Données de l'expérimentation

Après avoir réalisé différents tests de lecture et d'attention, deux sujets de sept ans sont sélectionnés : un garçon et une fille (tableau 2). Rappelons brièvement que les sujets effectuent 16 sessions de jeu d'une durée d'environ 30 minutes, qui s'échelonne sur une période de 2 mois. Il importe de préciser aussi qu'il n'est pas permis de réaliser plus d'une session de jeu par jour.

La compétence essentielle à évaluer durant l'expérimentation est l'amélioration de la lecture. Le niveau de compétence en lecture se mesure par la vitesse de lecture et par le nombre d'erreurs commises, sans oublier que nous vérifions si les sessions de jeux permettent d'améliorer la concentration et de conserver la motivation des sujets.



Tableau 2

Données des prétests et sélection des sujets

					TEST de l'attention (AR-RAN)			Test de lecture (BALE)			
					Prétest			Prétest			
					DATE	T	TESTS A & B		Texte (BALE)		
					Sujet	Sexe	Âge	Niveau scolaire terminé	Prétest	RAPIDE	Temps en secondes
A	G	8	1	2023-06-06	OK	79	1		73	9	
B	G	7	1	2023-06-26	OK	115	2		26	4 Sélectionné	
C	G	7	1	2023-07-04	OK	84	0		95	5	
D	F	8	2	2023-06-29	OK	92	0		34	2	
E	F	7	1	2023-07-19	OK	169	2		16	5 Sélectionné	
					Moyenne		107,8	1		48,8	5,00

Note. © Lewis (2024).

Nous avons vu plus haut que nous recueillons des données de type qualitatives et quantitatives durant notre étude de cas multiple. Attachons-nous d'abord aux données quantitatives, qui sont colligées principalement lors des tests et dans les traces du jeu. À la lumière des résultats, nous constatons que la vitesse de lecture s'est accrue pour le sujet B de 19 % après 8 sessions, et de 27 % après 16 sessions. Tandis que, pour le sujet E, la vitesse de lecture s'est accrue de 13 % après 7 sessions et de 56 % après 16 sessions. Il est intéressant d'observer également l'amélioration importante de la diminution du nombre d'erreurs commises pour les deux sujets. En effet, le nombre d'erreurs de lecture des 2 sujets a été réduit en moyenne de 55 %. Toutefois, selon les données colligées lors des tests, le niveau d'attention demeure sensiblement le même, comme représenté à la figure 10. Or, les données qualitatives indiquent que le niveau de concentration des sujets progresse. À la lueur des résultats et à la lecture des documents d'archives, nous constatons qu'un test de dénomination rapide n'est pas indiqué pour déterminer si le niveau de concentration d'un sujet diminue.

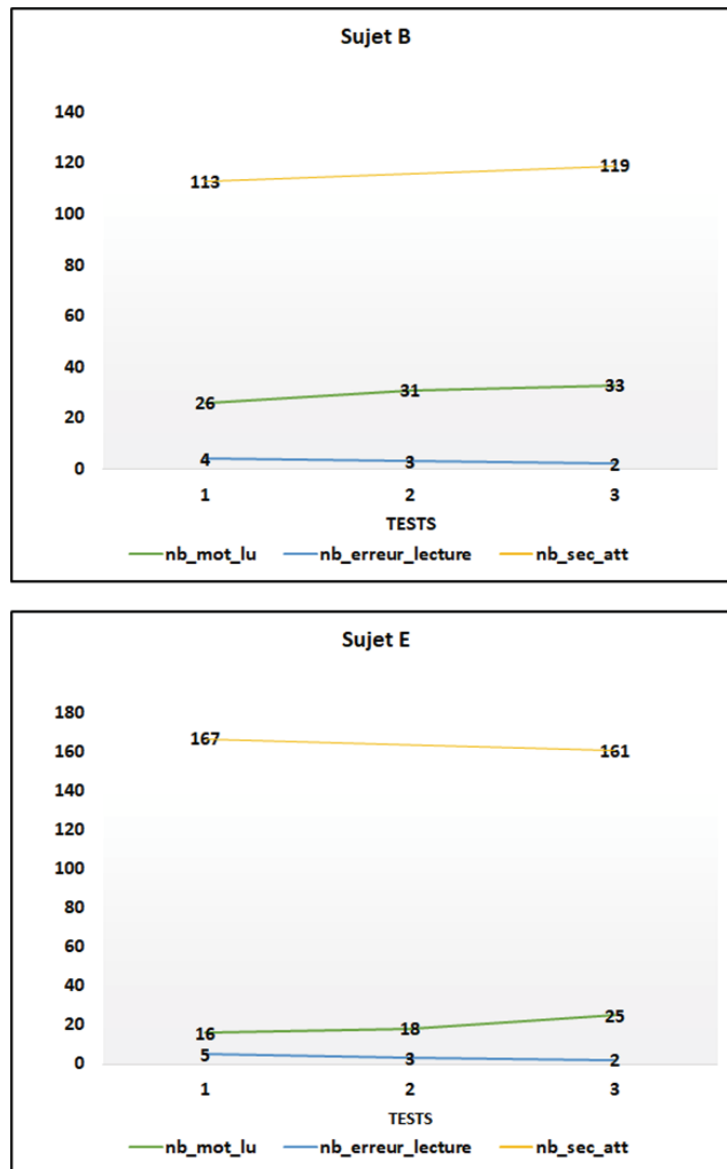
De plus, nous découvrons rapidement une diminution progressive de la motivation intrinsèque des sujets. Rappelons brièvement que la motivation intrinsèque, selon Ryan et Deci (2000), correspond au plaisir qu'a une personne à réaliser une activité. Lors de nos rencontres et des communications avec les sujets et leurs parents, plusieurs informations témoignent d'une démotivation croissante des sujets, notamment lors des premières sessions de jeu. Selon les données, les sujets sont frustrés, entre autres, de ne pas pouvoir terminer la mission dans le délai prescrit. Partant de ce fait, nous avons offert une récompense sous forme d'un abonnement à une revue s'ils finalisaient l'expérimentation. La récompense a fait son œuvre et a permis aux sujets de persévérer jusqu'à la fin.

Nous remarquons aussi qu'au départ les sujets ont de la difficulté à manipuler les touches du clavier. Toutefois, après quelques sessions de jeu, les sujets développent de nouvelles compétences et se sentent de plus en plus à l'aise avec le maniement de l'interface.



Figure 10

Résultats aux tests de lecture et d'attention, sujets B et E



Note. © Lewis (2024).

Nos observations indiquent qu'il est possible de concevoir un outil pédagogique qui améliore les compétences en lecture des sujets. Bien que l'artefact ajuste automatiquement le niveau de difficulté du jeu selon les performances des joueurs, le contenu du JVAS pourrait être mieux adapté au public cible. Entre autres, les paramètres du jeu pourraient se modifier selon les préférences de chaque joueur. Pour ce faire, il faut impliquer plusieurs membres du groupe cible dès le début du processus de conception du prototype du jeu.

Dans cette section, nous présentons les données quantitatives et qualitatives signifiantes, c'est-à-dire les informations qui nous sont utiles pour valider ou non nos hypothèses de recherche. À la section Discussion, nous interprétons les informations recueillies et leur donnons un sens.



Discussion

À cette étape, il nous semble important de revenir sur nos deux hypothèses, comme présentées au tableau 3. Selon l'hypothèse 1, nous observons qu'utiliser un JVAS a une incidence positive sur les compétences en lecture des sujets sélectionnés. Les résultats des tests ainsi que les commentaires des parents démontrent une nette amélioration des compétences en lecture et, par le fait même, confirment l'hypothèse 1.

Les informations analysées précisent que la vitesse de lecture s'accroît parce que les sujets s'abstiennent de commettre certaines erreurs de lecture avec les syllabes et les mots fréquents qu'ils ont mémorisés en utilisant l'objet pédagogique, notamment avec certains mots fréquents introduits lors de la mission Instruction.

Selon l'hypothèse 2, il est possible de concevoir un JVAS efficace qui conserve la motivation des utilisateurs. Or, on constate une diminution de la motivation intrinsèque lors de nos rencontres et lors des communications avec les sujets et leurs parents. En revanche, il a été possible de motiver les sujets à poursuivre l'étude en leur offrant une récompense. Nous nous sommes inspirés de la théorie de Ryan et Deci (2000) qui souligne que la motivation d'un être humain à persévérer dans une activité peut être intrinsèque ou extrinsèque. Selon les auteurs, la motivation intrinsèque correspond aux intérêts personnels d'un individu à persévérer dans une activité, tandis que la motivation extrinsèque est associée à des facteurs externes. À cet égard, Boily (2023) recommande l'usage d'une récompense pour motiver un élève à persévérer.

À la fin de l'expérimentation, les sujets reconnaissent qu'ils sont fiers d'avoir réussi la mission. De plus, les parents des sujets indiquent que le jeu améliore les compétences en lecture et accroît la confiance de leur enfant.

Tableau 3

Sommaire de l'interprétation des données

Résultats de la recherche			Hypothèse 1			Hypothèse 2	
			Faire usage d'un JVAS permet d'améliorer les compétences en lecture du public cible lors d'un test calibré de lecture.			Il est possible de concevoir un outil pédagogique numérique efficace en intégrant une dimension sérieuse personnalisée à un JVA en 3D, tout en conservant la motivation de jeunes élèves.	
			Augmentation de la vitesse de lecture	Diminuer le nombre d'erreurs	Améliore l'attention	Faisabilité	Motivation
Source des données	Type de données	Théorie/concept					
Données de l'expérimentation	Test BALE	Constructiviste, cognitiviste	OUI	OUI			
	Test AR-RAN	Constructiviste, cognitiviste			NON		
	Commentaire	Constructiviste, cognitiviste, Flow, ARCS	OUI	OUI		OUI	NON
	Observation	Constructiviste, cognitiviste, Flow, ARCS	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI/NON
	Traces	Constructiviste, cognitiviste, behavioriste, Flow, ARCS			OUI	OUI	NON
Archive	Quantitative	Constructiviste, cognitiviste	OUI	OUI/NON	OUI		OUI
	Qualitative	Constructiviste, cognitiviste, Flow, ARCS	OUI		OUI	OUI	OUI/NON

Note. © Lewis (2024).



Contribution aux domaines de connaissances

Notre proposition d'étude est novatrice et contribue à l'avancement des connaissances, puisqu'elle permet d'évaluer si un JVAS améliore la fluidité en lecture d'élèves qui présentent des symptômes dyslexiques et un déficit d'attention, tout en conservant leur motivation. De plus, les résultats de l'étude permettent de proposer des pistes de solution, notamment lors de la conception d'artefact pédagogique. Premièrement, nous recommandons de collaborer tôt lors de la conception du logiciel avec les experts du domaine, deuxièmement, d'expérimenter le prototype de jeu avec plusieurs membres du public cible et, troisièmement, d'offrir au futur utilisateur une formation initiale sur le maniement des interfaces, des règles et des défis inhérents au jeu.

Limites de l'étude

Les principales limites de notre étude visent la véracité des résultats de l'expérimentation. Attachons-nous d'abord au nombre restreint de sujets de l'étude, qui ne justifie pas la généralisation statistique. Rappelons brièvement que les résultats collectés durant l'expérimentation s'appuient sur deux participants. De plus, on ne peut comparer les données, puisqu'il n'y a pas de groupe témoin. En revanche, comme l'indique Yin (2018), une étude de cas multiple permet de faire avancer des concepts théoriques en recourant, entre autres, à la technique de triangulation des données.

Il est important de souligner que la recherche se limite à huit heures d'intervention en rééducation. Elle se situe dans la limite inférieure des autres études liées au domaine de connaissance (Franceschini *et al.*, 2013; Myre-Bisaillon 2004; Pasqualotto *et al.*, 2022). De plus, Cooper *et al.* (1996) mentionnent que, durant la période estivale, les résultats des acquis scolaires des élèves diminuent. Dans un tel contexte, nous escomptions une amélioration modeste des compétences en lecture. Or, ce n'est pas le cas, les résultats prouvent que les deux sujets ont nettement amélioré leurs compétences en lecture.

Suggestion pour de nouvelles études

Nous recommandons que de futures recherches s'intéressent aux traces numériques qui décèlent les émotions des utilisateurs, entre autres pour reconnaître la démotivation des usagers, en particulier lorsque l'outil est utilisé à distance.

De plus, comme nous l'avons mentionné précédemment, le coût de conception d'un logiciel pédagogique novateur est élevé, notamment par la complexité de son développement (Cook *et al.*, 2019; Göbel *et al.*, 2016). Dans un tel contexte, il serait intéressant de déployer une plateforme qui permettrait aux enseignants de modifier les éléments pédagogiques d'un artefact d'une manière conviviale, sans altérer la programmation.



Conclusion

Ce projet de recherche évalue la pertinence d'utiliser un JVAS dans le but de remédier à l'absence de ressources humaines spécialisées dans le soutien d'élèves qui présentent des difficultés d'apprentissage. Dans un premier temps, nous avons conçu un jeu vidéo qui intègre une composante sérieuse inspirée de l'adaptation française du programme en rééducation *WIST*. Dans un deuxième temps, nous avons expérimenté en milieu naturel l'artefact, dans une étude de cas multiple. Il est important de rappeler que les sujets sélectionnés montrent des symptômes dyslexiques et un déficit d'attention.

L'étude est réalisée dans la période estivale, de juillet à début septembre 2023. Les sujets jouent 16 sessions de jeu d'environ 30 minutes. Les données recueillies durant l'étude se composent d'informations qualitatives, notamment les observations, les commentaires et les informations colligées dans les sondages, et d'informations quantitatives, essentiellement les traces du jeu et les résultats des tests.

Bien que l'on constate, après l'analyse des données recueillies, une amélioration des compétences en lectures des sujets, le niveau de motivation intrinsèque n'est pas au rendez-vous. Toutefois, nous avons remédié à la situation en offrant une récompense; cette modification a été bénéfique, puisque les sujets ont persévéré et finalisé les 16 sessions de jeu prévues au départ.

Selon nous, un outil numérique pédagogique pourrait être une alternative intéressante pour les éducateurs et les parents qui n'ont pas accès à des ressources spécialisées en éducation et qui sont aux prises avec un élève qui expérimente des difficultés en lecture. Toutefois, on doit rester prudent et, avant d'introduire un nouvel outil pédagogique, s'assurer que l'objet soit conçu en tenant compte des particularités du public cible, surtout s'il est composé de jeunes enfants. Dans ces conditions, le logiciel doit être dépourvu de tout contenu non approprié, notamment des éléments de violence ou racistes, afin de s'assurer qu'il ne représente pas de risques associés.

Liste de références

- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R. et Bloom, B.S. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives* (Abridge). Longman.
- Andone, D. et Frydenberg, M. (2019). Creating virtual reality in a business and technology education context. Dans tom Dieck, M.C. et Jung, T. (2019) (p.147-159). *Augmented reality and virtual reality*. Switzerland, Springer Nature, 2019.
- Augustin, T., Hockemeyer, C., Kickmeier-Rust, M. D., Podbregar, P., Suck, R. et Albert, D. (2013). *The simplified updating rule in the formalization of digital educational games*. Journal of Computational Science, 4(4), 293-303. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2012.08.020>
- Billard, C. et Delteil-Pinton, F. (2010). *Clinique de la dyslexie Dyslexia : Clinical characteristics*. Archives de pédiatrie, 17(12), 1734-1743. <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2010.09.022>
- Blaesius, N. et Fleck, S., (2015). *Quinze minutes de jeu vidéo : apports pour la prise en charge de la dyslexie*. « halshs-01219074 » <https://doi.org/10.1145/2820619.2825010>
- Boily (2023). *Les systèmes de récompenses : utiles ou futiles ?* Aidersonenfant.com. <https://aidersonenfant.com/les-systemes-de-recompenses-utiles-ou-futiles/>
- Cardoso-Leite, P. et Bavelier, D. (2014). Video game play, attention, and learning: how to shape the development of attention and influence learning? *Current Opinion in Neurology*, 27(2), 185-91. <https://doi.org/10.1097/WCO.0000000000000077>
- Chen, P., Lu, Y., Zheng, W. V. et Pian, Y. (2018). *Prerequisite-driven deep knowledge tracing* [communication]. Conférence 2018 IEEE international on data mining. <https://doi.org/10.1109/ICDM.2018.00019>



- Cook, M., Lischer-Katz, Z., Hall, N., Hardesty, J., Johnson, J., McDonald, R. et Carlisle, T. (2019). *Challenges and Strategies for Educational Virtual Reality: Results of an Expert-led Forum on 3D/VR Technologies across Academic Institutions. Information Technology & Libraries*, 38(4), 25-48. <https://doi.org/10.6017/ITAL.V38I4.11075>
- Cooper, H., Nye, B., Charlton, K., Lindsay, J. et Greathouse, S. (1996). The Effects of Summer Vacation on Achievement Test Scores: A Narrative and Meta-Analytic Review. *Review of Educational Research*, 66(3), 227-268. <https://doi.org/10.3102/00346543066003227>
- Csikszentmihalyi, M. (1991). *The psychology of optimal experience*. New York (NY), Harper Collins
- Dale, G., Joessel, A., Bavelier, D. et Green, C. S. (2020). A new look at the cognitive neuroscience of video game play. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1464(1), 192-203. <https://doi.org/10.1111/nyas.14295>
- Dehaene, S. (2007). *Cours : les mécanismes cérébraux de la lecture*. Collège de France, Paris. <https://www.college-de-france.fr/fr/agenda/cours/les-mecanismes-cerebraux-de-la-lecture>
- Domingos, P. (2012). A Few Useful Things to Know about Machine Learning. *Communications of the ACM*, 55(10), 78-87.
- Fabricatore, C. et López, X. (2012). *Sustainability Learning through Gaming: An Exploratory Study. Electronic Journal of e-learning*, 10(2), 209-222.
- Fortier, M. (2021, 12 novembre). Percée du privé dans les écoles publiques. *Le Devoir*. <https://www.ledevoir.com/societe/education/647022/education-percee-du-prive-dans-les-ecoles-publiques>
- Franceschini, S., Gori, S., Ruffino, M., Molteni, M. et Facoetti, A. (2013). Action Video Games Make Dyslexic Children Read Better. *Revue Current Biology*, 23(6), 462-466.
- Franceschini, S., Trevisan, P., Ronconi, L., Bertoni, S., Colmar, S., Double, K., Facoetti, A., et Gori, S. (2017). Action video games improve reading abilities and visual-to-auditory attentional shifting in English-speaking children with dyslexia. *Scientific Reports*, 7, article 5863. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05826-8>
- Göbel, S. et Wendel, V. (2016). Personalization and Adaptation. Dans R. Dörner, S. Göbel, W. Effelsberg et J. Wiemeyer (dir.), *Serious Games* (p.161-206). Cham: Springer International Publishing.
- Green, C. S. et Seitz, R. A. (2015). The Impacts of Video Games on Cognition (and How the Government Can Guide the Industry). *Behavior and Brain Sciences*, 2(1), 101-110.
- Guba, E. G. et Lincoln, Y. S. (1994). Competing paradigms in qualitative research. Dans N. K. Denzin et Y.S. Lincoln (dir.), *Handbook of qualitative research* (p. 105-117). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Hamari, J., Hassan, L. et Dias, A. (2018). Gamification, quantified-self or social networking? Matching users' goals with motivational technology. User modeling and user-adapted interaction. *The Journal of Personalization Research*, 28(1), 35-74. <https://doi.org/10.1007/s11257-018-9200-2>
- Hernandez, D. J. (2011, avril). *Double Jeopardy: How Third-Grade Reading Skills and Poverty Influence High School Graduation*. The Annie E. Casey Foundation. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED518818.pdf>
- Institut de la statistique du Québec (2024). *Vitrine statistique sur les jeunes de 15 à 29 ans. Sorties sans diplôme ni qualification au secondaire, 2021 à 2022*. Édition 2024, Québec, Institut de la statistique du Québec. <https://statistique.quebec.ca/vitrine/15-29-ans/theme/education/sorties-sans-diplome-ni-qualification-au-secondaire>
- Keller, J. (2000). *How to integrate learner motivation planning into lesson planning: The ARCS model approach* [communication]. VII Semanario, Santiago, Cuba, Février 2000.
- Kickmeier-Rust, M., Mattheiss, E., Steiner, C. et Albert, D. (2011). A psycho-pedagogical framework for multi-adaptive educational games. *International Journal of Game-Based Learning*, 1(1). <https://doi.org/10.4018/ijgbl.2011010104>
- Kozanitis, A. (2005). *Les principaux courants théoriques de l'enseignement et de l'apprentissage : un point de vue historique*. Bureau d'appui pédagogique. Bureau d'appui pédagogique. École Polytechnique. <https://share.polymtl.ca/...>
- Lassault, J. et Ziegler, J. (2018). *Les outils numériques d'aide à l'apprentissage de la lecture. Langue française*, 199(3), 111-121. <https://doi.org/10.3917/lf.199.0111>
- Leduc, L. (2023, 27 mai). Les élèves en difficulté abandonnés par le système. *La Presse*. <https://www.lapresse.ca/...>
- Lefebvre, P. (2016). L'ABC de l'apprentissage de l'écrit pour mieux en prévenir les difficultés. Dans B. Stanké (dir.), *Les dyslexies-dysorthographies* (p. 3-45). Presses de l'Université du Québec.



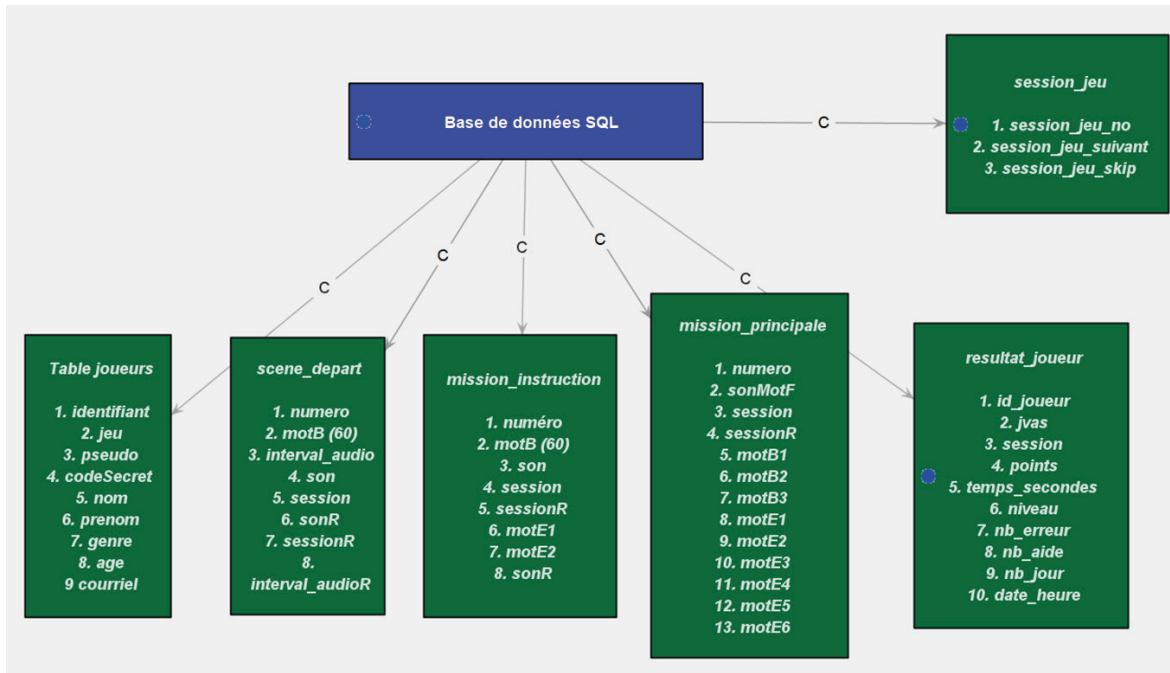
- Lewis, F. (2018). *Création et évaluation d'un prototype de jeu sérieux pour l'apprentissage de la lecture destiné aux enfants francophones du primaire présentant des symptômes associés à la dyslexie* [mémoire, Université TÉLUQ, Canada]. Rilibre. <http://r-libre.teluq.ca/1459/1/Lewis.pdf>
- Lewis, F. (2024). *Pertinence de l'ajout d'une composante sérieuse personnalisée à un jeu vidéo d'action dédié à la rééducation en lecture d'élèves ayant des difficultés d'apprentissage* [thèse, Université TÉLUQ]. Rilibre. <https://r-libre.teluq.ca/3498/>
- Lim, L., Carvalho, M. B., Bellotti, F., Arnab, S., de Freitas, S., Louchart, S., Suttie, N., Berta, R. et De Gloria, A. (2016). *The LM-GM framework for Serious Games Analysis*. The Serious Games Society (SGS). https://seriousgamesociety.files.wordpress.com/2016/09/lmgm_framework.pdf
- Lovett, M. W., Steinbach, K. A. et Frijters, J. C. (2000). Remediating the core deficits of developmental reading disability: A double-deficit perspective. *Journal of Learning Disabilities*, 33(4), 334-358. <https://doi.org/10.1177/002221940003300406>
- Makransky, G., Borre-Gude, S. et Mayer, R.E. (2019). Motivational and cognitive benefits of training in immersive virtual reality based on multiple assessments. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(6), 691-707. <https://doi.org/10.1111/jcal.12375>
- Mildner, F., Stamer, N. et Effelsberg, W. (2015). From game characteristics to effective learning games. Dans S. Göbel, M. Ma, J. Baalsrud Hauge, M. F. Oliveira, J. Wiemeyer et V. Wendel (dir.). (2015). *Serious Games* (vol. 9090, p. 51-62). Cham: Springer International Publishing.
- Momi, D., Smeralda, C., Sprugnoli, G., Neri, F., Rossi, S., Rossi, A., Di Lorenzo, G. et Santarnecchi, E. (2019). Thalamic morphometric changes induced by first-person action videogame training. *The European Journal of Neuroscience*, 49(9), 1180-1195. <https://doi.org/10.1111/ejn.14272>
- Moreno, R. et Mayer, R. (2007). Interactive multimodal learning environments. Special issue on interactive learning environments: Contemporary issues and trends. *Educational Psychological Review*, 19, 309-326.
- Myre-Bisaillon, J. (2004). *L'identification des mots écrits chez les enfants dyslexiques de deuxième et troisième cycles du primaire : évaluation des effets d'un programme d'intervention en fonction des différents profils de dyslexie*. Tome 1 [thèse de doctorat, Université de Sherbrooke]. Savoirs UdeS. <https://hdl.handle.net/11143/912>
- Myre-Bisaillon, J. (2009). Identification des mots écrits chez les dyslexiques phonologiques : mise à l'essai d'un programme d'intervention compensatoire. *Revue des sciences de l'éducation*, 35(3), 65-84.
- Pasqualotto, A., Altarelli, I., De Angeli, A., Menestrina, Z., Bavelier, D. et Venuti, P. (2022). Enhancing reading skills through a video game mixing action mechanics and cognitive training. *Nature Human Behaviour*, 6(4), 545-554. <https://doi.org/10.1038/s41562-021-01254-x>
- Ryan, R. M. et Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68-78.
- Venne, J.-F. (2021, 21 août). Que restera-t-il de la pandémie? Cahier spécial Rentrée scolaire. P. D1-D4. *Le Devoir*. <https://www.ledevoir.com/societe/education/625779/que-restera-t-il-de-la-pandemie>
- Xie, Y., Zhang, Y. et Cai, Y. (2019). Virtual reality engine disassembly simulation with natural hand-based interaction. Dans Y. Cai, W. van Joolingen et Z. Walker (dir.), *VR, Simulations and Serious Games for Education* (p. 121-128). Springer.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: design and methods* (Sixth). SAGE.



Annexes

ANNEXE A

Base de données SQL



Note. © Lewis (2024).



Abstract / Resumen / Resumo

Relevance of a personalized serious component in an action video game dedicated to the reading rehabilitation of young students with dyslexic symptoms

ABSTRACT

The use of action video games (AVGs) can provide significant benefits to dyslexic students by improving their concentration and reading speed. Furthermore, the addition of a proven rehabilitation method tailored to learners increases the effectiveness of reading skills transfer. We have developed a serious action video game (SAVG) aimed at increasing participants' skills while maintaining a high level of motivation. Our artifact is evaluated on four key criteria: reading speed, error reduction, attention level, and motivation. Our experimental protocol, based on a multiple case study, integrates qualitative and quantitative data, revealing a notable improvement in the subjects' reading skills. Maintaining a high level of motivation remains difficult.

Keywords: artificial intelligence, serious games, interaction traces, dyslexia, attention deficit

Relevancia de un componente serio personalizado en un videojuego de acción dedicado a la rehabilitación lectora de jóvenes estudiantes con síntomas disléxicos

RESUMEN

El uso de videojuegos de acción (AVG) puede proporcionar importantes beneficios a los estudiantes disléxicos al mejorar su concentración y velocidad de lectura. Además, la incorporación de un método probado en rehabilitación y personalizado para el alumno aumenta la eficacia de la transferencia de competencias lectoras. Hemos desarrollado un videojuego de acción serio (VJAS) destinado a aumentar las competencias de los participantes manteniendo al mismo tiempo su motivación. Nuestro artefacto se evalúa según cuatro criterios clave: la velocidad de lectura, la reducción de errores, el nivel de atención y la motivación. Nuestro protocolo experimental, basado en un estudio de casos múltiples, integra datos cualitativos y cuantitativos, y revela una mejora notable en las competencias lectoras de los sujetos. Mantener la motivación sigue siendo difícil.

Palabras clave: inteligencia artificial, juegos serios, seguimiento de interacción, dislexia, déficit de atención



Relevância de uma componente séria personalizada num videojogo de ação dedicado à reabilitação de leitura de jovens estudantes com sintomas disléxicos

RESUMO

A utilização de videojogos de ação (AVGs) pode proporcionar benefícios significativos aos alunos disléxicos, melhorando a sua concentração e velocidade de leitura. Além disso, a adição de um método comprovado em reabilitação e personalizado ao aluno aumenta a eficácia da transferência das competências de leitura. Desenvolvemos um videojogo de ação séria (JVAS) que visa aumentar as capacidades dos participantes e, ao mesmo tempo, manter a sua motivação. O nosso artefato é avaliado em quatro critérios principais: velocidade de leitura, redução de erros, nível de atenção e motivação. O nosso protocolo experimental, baseado num estudo de casos múltiplos, integra dados qualitativos e quantitativos, revelando uma melhoria notável nas capacidades de leitura dos sujeitos. Manter a motivação continua a ser difícil.

Palavras-chave: inteligência artificial, jogos sérios, rastreio de interações, dislexia, déficit de atenção