

Indicateurs pour évaluer l'expérience d'apprentissage des *Serious Games* sur appareil mobile

Ying-Donc Liu ^[0000-0002-3984-5751]

Université de Strasbourg, LISEC, 67000 Strasbourg, France
Université Lumière Lyon 2, ECP, 69007 Lyon, France
yingdong.liu8@univ-lyon2.fr

Résumé L'évaluation des *Serious Games* (SGs) est un domaine complexe qui fait intervenir différents tels que la conception, la programmation, le graphisme et l'expérience utilisateur. Les méthodes d'évaluation abordées dans la littérature soulignent certaines limites. En effet, les critères utilisés sont souvent spécifiques à certains projets, ce qui rend difficile leur application à d'autres jeux [1]. Afin d'approfondir la compréhension des pratiques d'évaluation des SGs et de déterminer des indicateurs permettant d'évaluer la satisfaction de l'expérience d'apprentissage sur appareils mobiles, nous avons entrepris une revue de littérature pertinente et interrogé des professionnels de divers secteurs. Nous avons identifié 38 indicateurs qui sont susceptibles de contribuer à la satisfaction de l'expérience d'apprentissage. Suite aux entretiens avec 15 professionnels issus de cinq domaines différents (ingénieurs pédagogiques, enseignants-chercheurs, *game designers*, concepteurs d'expérience utilisateur et apprenants-joueurs), 18 critères de l'évaluation de la satisfaction de l'expérience d'apprentissage ont été retenus, permettant ainsi aux concepteurs de jeux d'optimiser l'expérience d'apprentissage dans les *Serious Games* sur appareils mobiles.

Mots clés : évaluation, expérience d'apprentissage, *serious game*, appareil mobile

1 Introduction

Les *Serious Games* (SGs), ou jeux sérieux, constituent une approche innovante dans le domaine de l'éducation et de la formation, exploitant le potentiel ludique et interactif des jeux pour atteindre des objectifs d'apprentissage. Contrairement aux jeux vidéo, dont l'objectif principal est le divertissement, les SGs visent à lier les objectifs sérieux et les ressorts ludiques [2], permettant ainsi aux utilisateurs d'acquérir des connaissances, de développer des compétences ou de modifier des comportements de manière engageante.

Avec l'avènement des appareils mobiles, tels que les smartphones et les tablettes, les SGs ont trouvé un nouveau terrain de déploiement, offrant une accessibilité et une flexibilité accrues. Les utilisateurs peuvent désormais s'engager dans des expériences d'apprentissage interactives à tout moment et en tout lieu. L'étude de Crompton et Burke [3]

concernant l'apprentissage mobile révèle que 74 % des études sélectionnées impliquaient des étudiants universitaires de premier cycle et que 54 % d'entre eux évoluaient dans un cadre d'enseignement [3]. Les auteurs encouragent les enseignants universitaires à envisager la possibilité de l'utilisation des appareils mobiles dans le cadre de leurs cours. L'apprentissage mobile offre de nouvelles opportunités pour renforcer l'engagement des étudiants, en leur permettant d'accéder aux ressources d'apprentissage à tout moment et en tout lieu [4]. Ce contexte favorise l'approche pédagogique centrée sur l'apprenant, où ce dernier peut contrôler son propre apprentissage et adapter ses études selon ses besoins personnels et préférentiels [5], tout en fournissant des *feedbacks* immédiats. De plus, les SGs sur appareil mobile permettent aux apprenants d'apprendre à tout moment et d'appliquer à leur guise et de façon ludique ce qu'ils ont appris, mais aussi aux enseignants de suivre plus facilement l'apprentissage de leurs apprenants, quel que soit le contexte. Les SGs peuvent donc devenir un moyen efficace pour suivre le rythme d'apprentissage des étudiants et leur proposer un accompagnement personnalisé. L'expérience d'apprentissage « représente l'ensemble des expériences psychologiques et cognitives que l'apprenant peut éprouver durant le processus des interactions avec son environnement et le résultat qui en découle » [6]. L'apprenant, l'interaction, l'environnement, ainsi que les résultats qui en découlent, sont essentiels dans l'expérience d'apprentissage [6]. Dans cette perspective, les SGs sur appareil mobile offrent aux apprenants l'opportunité de s'immerger dans un environnement d'apprentissage virtuel, enrichissant ainsi leur expérience en la rendant plus accessible, personnalisée, interactive et captivante. Ces jeux constituent une approche complémentaire aux méthodes éducatives traditionnelles, en soulignant l'importance de l'application pratique des connaissances et en favorisant le développement de compétences diversifiées.

De ce fait, l'évaluation de l'expérience d'apprentissage offerte par les SGs sur appareil mobile est cruciale pour comprendre leur efficacité et pour optimiser leur conception. Cette évaluation peut être envisagée sous différentes perspectives, incluant l'impact cognitif, affectif et comportemental sur les apprenants. Elle permet de déterminer dans quelle mesure ces jeux favorisent l'engagement, la motivation, la satisfaction et le développement de connaissances et de compétences. Or, comment évaluer une telle expérience d'apprentissage dans les *Serious Games* sur appareils mobiles ? Quels sont les indicateurs à prendre en compte ? Notre recherche explore les indicateurs qui sont susceptibles de contribuer à une expérience d'apprentissage satisfaisante, en s'appuyant sur des études de la littérature existante et des entretiens avec des professionnels du secteur. Il s'agit de comprendre les pratiques existantes pour évaluer les SGs ; l'objectif final étant de fournir des perspectives susceptibles d'être intégrées dans la phase de conception, afin de créer des SGs efficaces et satisfaisants.

2 Revue de la littérature sur l'évaluation de l'expérience d'apprentissage via les *Serious Games* sur appareils mobiles

Dans la littérature, l'expérience d'apprentissage est rarement traitée comme un concept autonome. Chaque recherche propose un angle différent pour évaluer l'expérience

d'apprentissage. Une étude de revue systématique sur l'évaluation de l'expérience d'apprentissage montre que certaines études se focalisent sur l'activité elle-même, qu'elle soit individuelle ou collective, avec ou sans technologie ; d'autres se concentrent sur la perception des apprenants, tandis que d'autres encore s'intéressent à l'attitude et au comportement des apprenants [7]. De plus, l'expérience d'apprentissage est souvent mise en relation avec l'expérience de jeu, l'expérience utilisateur et l'expérience de *flow*, entre autres. L'étude de Lin suggère que dans l'expérience d'apprentissage, les critiques négatives, la facilité d'utilisation et d'utilité perçues, la satisfaction de qualité et l'attitude ont un effet sur la **continuité de l'utilisation** [8]. Quant à l'évaluation de l'expérience de jeu, certaines études se concentrent sur le plaisir procuré par le jeu, d'autres prennent en compte à la fois l'aspect d'apprentissage et l'aspect ludique, tandis que d'autres encore considèrent l'expérience utilisateur comme synonyme de l'expérience de jeu [1]. Nous avons distingué l'expérience d'apprentissage et l'expérience de jeu car, pour nous, l'expérience d'apprentissage, dans sa définition la plus étendue, se réfère aux états psychologiques et cognitifs survenant lorsque l'apprenant interagit avec son environnement, ainsi qu'aux connaissances ou compétences acquises [6]. En contraste, l'expérience de jeu se distingue par des éléments inhérents au jeu tels que la **narration**, la ludification, l'immersion etc. Issue de la littérature, l'étude de Liu propose dix principes relatifs à la satisfaction de l'expérience d'apprentissage : **la volonté d'apprentissage, la clarté de l'objectif d'apprentissage, l'émotion, l'adéquation avec les besoins des apprenants, la compatibilité, la flexibilité, l'interaction, le feedback immédiat, la réflexivité et le résultat** [6].

L'expérience d'apprentissage est étroitement liée à l'expérience utilisateur. Les utilisateurs ayant une expérience d'apprentissage en ligne continuent à apprendre davantage en fonction de l'utilité perçue, alors que les utilisateurs moins expérimentés s'appuient davantage sur la **facilité d'utilisation perçue** [8]. L'expérience utilisateur (UX) est définie par des « perceptions et réactions d'un utilisateur qui résultent de l'utilisation effective et/ou anticipée d'un système, produit ou service » (p. 4) [9]. Quant à l'utilisabilité, elle fait référence aux qualités de l'interface utilisateur d'un produit, telles que la facilité d'apprentissage, l'efficacité, la mémorisation, la capacité de prévention des erreurs, et le degré de satisfaction de l'utilisateur [10]. La conception de l'UX a ainsi pour tendance à répondre à l'ensemble des mesures mises en œuvre afin de concevoir un système satisfaisant pour l'utilisateur. De ce fait, de nombreuses recherches ont utilisé la satisfaction comme l'indicateur le plus important à évaluer. Certains chercheurs proposent de mesurer l'expérience utilisateur à l'aide de paramètres observables qui comprennent l'efficacité, l'**efficacité** et la **satisfaction** de l'utilisateur [11]. Par ailleurs, Mahlke [12] propose trois dimensions de l'expérience utilisateur : la perception de la qualité instrumentale qui comprend l'**utilité**, l'utilisabilité, l'efficacité, la **contrôlabilité**, le service du système et l'apprenabilité ; la perception de la qualité non instrumentale qui comprend les aspects esthétiques, symboliques et motivationnels ; enfin, les réactions émotionnelles des utilisateurs, qui englobent les sentiments subjectifs, les expressions motrices et comportementales, les réactions physiologiques, les évaluations cognitives et les tendances comportementales [12]. Dans cette perspective, la **charge cognitive**, qui représente l'effort requis par le cerveau pour traiter une tâche au sein d'un dispositif, doit aussi être considérée. Hassenzahl [13] propose en outre d'évaluer

l'UX par ses qualités pragmatique et hédonique. La qualité pragmatique se concentre sur le produit (l'utilité, la facilité d'utilisation), alors que la qualité hédonique se concentre sur l'utilisateur (son intérêt, ses besoins et ses expériences antérieures). Hassenzahl, Burmester et Koller [14] ont d'ailleurs élaboré le questionnaire AttrakDiff afin d'évaluer ces deux qualités. Ce modèle met davantage l'accent sur la qualité hédonique que sur la qualité pragmatique, alors que le modèle proposé par Schrepp, Hinderks et Thomaschewski [15] juge au contraire ces deux qualités de manière équitable. Ce dernier distingue d'un côté les aspects pragmatiques (**compréhensibilité**, efficacité, contrôlabilité), qui se concentrent sur l'utilisabilité, et de l'autre, les aspects hédoniques (stimulation et originalité) axés sur l'expérience utilisateur et l'attractivité. Pour Lindgaard [16], l'**esthétique**, l'émotion, la sympathie, l'attente et la facilité d'utilisation sont liées à la satisfaction de l'utilisateur. Les critères de qualité tels que l'attraction, l'adéquation entre les fonctionnalités, la facilité d'utilisation et d'apprentissage, l'accessibilité et la **sécurité** déterminent la performance et la satisfaction des utilisateurs [17]. De plus, l'approche proposée par Alben [18] offre un cadre holistique pour l'évaluation et la conception de l'interaction utilisateur-produit. Son modèle s'articule autour de huit critères fondamentaux : la compréhension des besoins des utilisateurs, la correspondance aux besoins, la conception efficace, la facilité d'utilisation, l'esthétique, la pertinence pour la résolution du problème, la **mutabilité** et la contrôlabilité du produit, qui visent à maximiser l'efficacité et la satisfaction de l'utilisateur.

Quant à l'expérience de jeu, elle encourage l'interaction entre le joueur et son environnement [19]. Ces interactions naissent des libertés accordées, tout en se conformant aux règles établies [20]. Sous cet angle, l'interactivité et la **liberté** se révèlent essentielles dans un jeu, renforçant ainsi sa **jouabilité** (*gameplay* en anglais). Cette dernière peut être définie comme « l'ensemble des activités que le joueur peut entreprendre durant son expérience **ludique**, ainsi que celles initiées par d'autres entités du monde virtuel. Ces dernières peuvent soit répondre aux actions du joueur, soit être des actions autonomes dynamisant l'univers virtuel. »¹ [21]. En effet, la jouabilité englobe toutes les activités que le joueur peut effectuer dans un jeu. Selon Fabricatore [21], la jouabilité repose principalement sur deux éléments clés : l'interactivité et l'activité. Dans les jeux, il est possible de renforcer les comportements grâce à la méthode de l'**essai-erreur** et à la répétition [22]. L'étude de Ávila-Pesántez et al. [23] propose, en outre, une évaluation du jeu axée principalement sur l'accomplissement des objectifs pédagogiques. Cette évaluation englobe diverses dimensions, telles que les attentes des joueurs, le **développement cognitif**, les comportements d'apprentissage, l'assurance de la qualité pédagogique, la satisfaction et la motivation des joueurs, ainsi que la réflexivité. Elle prend également en compte le *feedback*, la participation familiale au jeu, le **contexte collaboratif** et les caractéristiques du jeu qui le rendent à la fois attrayant et divertissant. En revanche, le modèle *GameFlow* développé par [24] met l'accent sur le **plaisir** du jeu, notamment sur l'expérience des joueurs. Ce modèle considère des

¹ Traduction libre de « *gameplay* as the set of activities that can be performed by the player during the ludic experience, and by other entities belonging to the virtual world, as a response to player's actions and/or as autonomous courses of action that contribute to the liveliness of the virtual world » (Fabricatore, 2007, p. 5).

facteurs tels que la concentration, le niveau de **défi**, la maîtrise des compétences par le joueur, le contrôle exercé sur le jeu, la clarté des objectifs, la qualité du *feedback*, le **degré d'immersion** et l'interaction sociale comme éléments centraux à l'**engagement** du joueur. L'intégration des éléments du concept de *flow* est essentielle pour enrichir l'expérience d'apprentissage et maximaliser l'efficacité des SGs, comme le souligne Kiili [25]. En complément, le *Game Experience Questionnaire* (GEQ), développé par IJsselstein et al. [26], vise à évaluer l'expérience de jeu à travers sept composantes spécifiques : immersion, *flow*, compétence, ressentis positifs et négatifs (émotions), tension et défi. Par ailleurs, la méthode d'évaluation des SGs proposée par Escudeiro et Escudeiro [27] se base sur trois critères clés : fonctionnalité, efficacité et **adaptabilité**, tout en excluant le divertissement comme variable. Le critère « Fonctionnalité » évalue la facilité d'utilisation et la qualité du contenu. L'« Efficacité » englobe quatre dimensions : la qualité audiovisuelle, les éléments techniques et statiques, l'ergonomie de navigation et d'interaction, ainsi que l'**originalité (nouveau)** et l'intégration de technologies innovantes. Quant à l'« Adaptabilité », elle comprend cinq aspects : la polyvalence, les dimensions pédagogiques, les ressources didactiques, la stimulation de l'initiative et de l'auto-apprentissage, et enfin, l'effort cognitif requis par les activités. Nah et al. [28] soutiennent d'ailleurs que la facilité d'utilisation, la clarté des objectifs et la fourniture d'un *feedback* immédiat participent des éléments cruciaux pour la réussite des SGs.

Étant donné que notre sujet aborde l'expérience d'apprentissage via des SGs sur appareils mobiles, il est indispensable d'évoquer les expériences liées à l'apprentissage mobile. Dans une revue de littérature, Orr [29] met en évidence quatre contraintes majeures liées à l'apprentissage mobile : la taille réduite de l'écran, les **problèmes de connexion**, les enjeux de compatibilité logicielle et les distractions inhérentes au mobile. Koole [30] élabore un modèle conceptuel FRAME (Rational Analysis of Mobile Education), et définit l'apprentissage mobile comme étant le fruit d'une synergie entre la technologie mobile, les capacités d'apprentissage humaines et les dynamiques de l'interaction sociale. De ce fait, cet auteur suggère d'évaluer l'apprentissage mobile en fonction de trois axes fondamentaux. Le premier est afférent à la dimension de l'appareil mobile qui englobe les caractéristiques physiques, techniques et fonctionnelles, comme la capacité de stockage, la puissance du processeur, la vitesse d'exécution, la **compatibilité**, la portabilité/**mobilité**, la durabilité, ainsi que les critères ergonomiques comme la facilité d'apprentissage, la transparence et l'intuitivité. Le deuxième concerne la dimension relative à l'apprenant qui prend en compte des facteurs tels que la mémoire, les capacités cognitives, les connaissances préalables, les émotions et les motivations individuelles. Enfin, le dernier axe touche à la dimension sociale qui se concentre sur le processus d'interaction sociale, en incluant les règles de coopération, l'échange d'informations, ainsi que l'acquisition de connaissances et de pratiques culturelles. Le modèle FRAME développé par Koole met en lumière la nécessité d'une approche holistique dans l'évaluation de l'apprentissage mobile [30]. Ce modèle encourage l'intégration de perspectives multidisciplinaires, pour une compréhension à la fois plus complète et efficace d'un domaine en perpétuelle évolution. Cette complexité s'accroît encore lorsque la dimension ludique est intégrée dans ce cadre de l'apprentis-

sage. Néanmoins, que ce soit dans le contexte de l'apprentissage en ligne, de l'apprentissage mobile ou encore des *Serious Games*, l'expérience d'apprentissage demeure une composante constante de ces environnements.

En ce qui concerne la satisfaction, elle est le degré auquel les réactions physiques, mentales et émotionnelles de l'utilisateur, découlant de l'emploi d'un système, produit ou service, satisfont aux exigences et anticipations de l'utilisateur [9]. La satisfaction de l'expérience d'apprentissage, dans ce contexte, ne se limite pas simplement à l'atteinte des objectifs pédagogiques ou à l'acquisition de compétences spécifiques. Elle englobe également le sentiment de bien-être, le niveau d'engagement, l'efficacité perçue de l'environnement d'apprentissage, et même des facteurs émotionnels tels que le plaisir, la **curiosité** et un sens de l'accomplissement.

In fine, cette section nous permet d'identifier 38 indicateurs (en gras) qui pourraient optimiser la satisfaction de l'expérience d'apprentissage, nous nous demandons quels sont, parmi eux, les indicateurs essentiels à prendre en compte ?

3 Méthode d'étude

Afin de répondre à cette question de recherche et de mieux comprendre les pratiques de l'évaluation de l'expérience d'apprentissage dans des *Serious Games* sur appareils mobiles existantes, nous avons mené une étude qualitative en interrogeant 20 professionnels issus de différents secteurs d'expertise et travaillant sur les jeux en France. Les quatre premiers nous ont permis de réaliser des réajustements dans notre guide d'entretien. Leurs réponses n'ont donc pas été prises en compte dans l'analyse finale des résultats. Les critères retenus pour le choix des interviewés ont été les suivants :

- 1) les interviewés doivent avoir travaillé dans le domaine des SGs, des technologies mobiles et/ou de l'UX/UI depuis au moins quatre ans dans le milieu de la recherche ou de l'industrie ;
- 2) les interviewés doivent avoir participé au moins une fois à la conception de SGs, d'UX/UI, de l'apprentissage sur mobile ou autres, quelles que soient leurs spécificités professionnelles ;
- 3) les interviewés doivent avoir participé au moins une fois à l'évaluation (y compris à des beta tests) de SGs, de design UX ou de l'apprentissage sur mobile ;
- 4) les experts-joueurs interviewés doivent avoir une expérience d'au moins dix ans dans le domaine des jeux vidéo, y compris les jeux sérieux, les jeux éducatifs, les jeux d'apprentissage, ou tout autre type de jeu. Parmi les 16 entretiens de sélection, un seul a été rejeté, parce qu'il ne correspondait pas totalement aux critères retenus. Les 15 professionnels retenus sont trois ingénieurs pédagogiques (IP), trois *game designer* (GD), trois concepteurs de l'expérience utilisateur (UX), trois enseignants-chercheurs (EC) et trois experts-joueurs (EJ). Le fait d'impliquer des experts de différents secteurs d'activités liés aux jeux nous a semblé propice à mieux appréhender les différents mécanismes du développement des SGs sur appareils mobiles et leurs complexités. Ce choix nous a également paru utile pour nous aider à réduire les biais cognitifs propres à chaque secteur professionnel concerné. Ainsi, il est intéressant de collecter les points de vue de ces experts-joueurs lorsqu'ils se mettent dans la peau des concepteurs de jeu. L'entretien a porté sur trois thèmes principaux : le *Serious Game* sur appareils mobiles ; la

place de l'expérience d'apprentissage dans le *Serious Game* en éducation ; enfin, l'évaluation de l'expérience d'apprentissage des SGs sur appareils mobiles

Concernant les méthodes et techniques d'analyse des données, l'analyse lexicométrique a été utilisée en tant que démarche exploratoire permettant, d'une part, d'identifier la signification d'un discours à partir de ses caractéristiques lexicales et, d'autre part, d'appréhender le sens des propos émis par des personnes à travers leurs discours [31]. Pour la mise en œuvre de cette analyse, nous avons opté pour l'utilisation du logiciel IRaMuTeQ (version 0.7 alpha 2), libre d'accès et dédié à l'analyse des données lexicales. Deux analyses ont été privilégiées pour cette recherche. En premier lieu, la Classification Descendante Hiérarchique (CDH) permet d'identifier des classes statistiquement indépendantes de mots (de formes) afin de présenter les différentes classes des mots corrélées sous la forme d'un dendrogramme. Puis l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC), basée sur des calculs d'inertie du nuage de mots, permet d'identifier les traits communs et les disparités de deux premiers grands facteurs. Nous espérons retrouver les quatre éléments essentiels de l'expérience d'apprentissage (l'apprenant, l'interaction, l'environnement et les résultats) dans les discours et les indicateurs essentiels pour analyser cette expérience.

4 Résultats d'étude

Selon Reinert [32], à partir d'un corpus de textes, nous pouvons distinguer les énoncés particuliers de la langue d'un ensemble d'énoncés connotant une même perception globale d'un monde. Dans notre étude, l'analyse statistique du corpus a identifié 4 648 formes distinctes, c'est-à-dire 4 648 mots uniques dans l'ensemble du texte analysé. Par exemple, dans la phrase « Elle a un téléphone », il y a quatre mots, autrement dit, quatre formes différentes : « elle », « a », « un », « téléphone ». Dans l'exemple utilisé dans le dictionnaire des expressions d'Iramuteq : « vis-à-vis » contient une occurrence et une forme. Dans nos données, les formes constituent un total de 73 895 occurrences (ces mots apparaissent au total 73 895 fois), incluant 1 212 hapax, qui sont des mots qui n'apparaissent qu'une seule fois. Parmi toutes ces formes, le terme « jeu » est celui qui est le plus utilisé, avec un total de 1 132 occurrences. Il est suivi des formes « aller » (645 occurrences), « chose » (459 occurrences), « apprentissage » (266 occurrences), « apprendre » (221 occurrences), « voir » (215 occurrences), « mettre » (211 occurrences), « expérience » (208 occurrences) etc.

4.1 Analyse de la Classification Descendante Hiérarchique (CDH)

Nos données d'entretiens contiennent 2 078 segments de texte², autrement dit, les portions de texte qu'Iramuteq a identifiées et utilisées pour l'analyse, soit 90,66% (1 884 segments) sont classées automatiquement. La CDH met en évidence trois classes de formes

² « Les segments de texte sont construits à partir d'un critère de taille et de ponctuation. Iramuteq cherche le meilleur ratio taille/ponctuation (par ordre de priorité, les ".", "?", "!" en premier, puis en second ";", et les ":" en troisième la virgule et en dernier l'espace). L'objectif est d'avoir des segments de tailles homogènes en respectant le plus possible la structure du langage. »

distinctes (cf. Fig. 1). Elle analyse une classe d'énoncés redondants d'un certain point de vue, ce qui nous permet de distinguer dans le vocabulaire spécifique de cette classe, des mots qui sont plutôt en rapport associatif ou en rapport syntagmatique. Les associations de mots dans un même registre lexical « n'ont pas de sens absolu », mais sont relatifs à un champ contextuel particulier (dépendant d'une classe d'énoncés particulière à l'intérieur d'un corpus précis) dont le vocabulaire est fixé préalablement à l'aide d'une analyse statistique » (p. 46) [32]. L'objectif n'est pas d'interpréter ce qui est dit par le locuteur, mais de savoir dans quel cadre cela est dit Reinert [32].

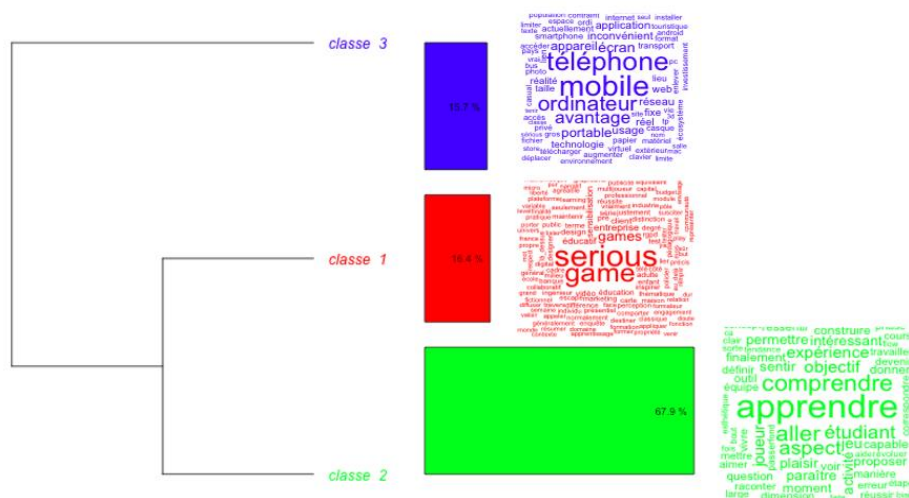


Fig. 1. Classification Descendante Hiérarchique (CDH) du corpus.

Les classes 1 et 2 constituent une même branche de classement. Il est possible que les corpus textuels et les ensembles de données appartenant à ces deux classes présentent des thématiques très similaires. En parlant de SG, il est naturel d'évoquer leur utilisation à des fins éducatives. Cependant, la classe 1 contient 16,4 % des formes alors que la classe 2 en contient 67,9 %. La classe 2 témoigne du plus grand effectif qui représente tous les aspects liés à l'apprenant-joueur, y compris son « objectif », ses actions (« apprendre », « comprendre », « aller », « sentir »), son « expérience » générale (« plaisir », « intéressant », « capable »), ainsi que le dispositif « jeu » pour l'apprentissage. La classe 1 est caractérisée principalement par les mots « serious », « game », « entreprise », « éducatif », « sensibilisation », « client », « design », « adulte », « marketing », « enfant », etc. Cette classe renvoie donc plutôt aux organismes ou aux entreprises qui ont pour objectif de concevoir des *Serious Games* ou des jeux pour un public varié. La classe 3 qui contient 15,7 % des formes et qui est susceptible de faire référence à l'outil est caractérisée par les mots « mobile », « téléphone », « ordinateur », « écran », « portable », « réseau », « application », « web » et « technologie ». Nous pouvons les analyser plus précisément en recourant à l'analyse factorielle des correspondances.

À la lumière de l'analyse effectuée par l'AFC, nous observons une répartition distincte des trois classes dans trois espaces spécifiques (cf. Fig. 2). La classe 1 (en rouge) se positionne principalement en bas à gauche, tandis que la classe 2 (en vert) est regroupée en haut à gauche. La classe 3 (en bleu) s'étend en haut, majoritairement à gauche des deux premières classes. L'AFC met en exergue cette disposition, avec un premier facteur (54,65 %) différenciant principalement la classe 1 et, dans une moindre mesure, la classe 3. Ce facteur oppose les éléments intrinsèquement liés à l'apprenant – ses perceptions, sa progression, ses objectifs, ses aptitudes, ses stratégies d'apprentissage – aux éléments liés de manière plus périphérique, comme les systèmes, dispositifs ou environnements. Le deuxième facteur (45,35 %) distingue la classe 3 des deux autres. Les classes 1 et 2 semblent renvoyer aux notions de l'apprenant et du système pédagogique, tandis que la classe 3 englobe des termes associés au mouvement, à l'espace, aux outils et à leur utilisation dans le cadre de l'apprentissage et de la méthodologie pédagogique.



Nous pouvons identifier trois catégories issues de cette analyse. Comme le montre la Fig. 2 : la classe 2 (vert) correspond aux apprenants, leur expérience d'apprentissage, ainsi que le résultat qui en découle, telle que ses états psychologiques (« ressentir », « sentir », « intéresser », « plaisir », « envie », « satisfaction », etc.) et ses états cognitifs

(« apprendre », « travailler », « analyse », « progression », etc.). La classe 3 (bleu) illustre toutes les interactions (« installer », « télécharger », « accéder », « déplacer », « interférence », etc.) avec les différents dispositifs (« ordinateur », « téléphone », « portable », etc.). Quant à la classe 2 (rouge), elle comprend des aspects socioéconomiques (« entreprise », « *market* », « publicité », « industrie », etc.), des environnements (« éducatif », « collaboratif », etc.), et des cadres (« *Serious Game* », « formation pédagogique », « éducation », « domaine », « univers »). Cette analyse nous permet de déduire que lors de la conception et l'évaluation de l'expérience d'apprentissage, il est indispensable de prendre en compte les caractéristiques de l'apprenant, de l'interaction, de l'environnement et des résultats. La section suivante nous permet d'identifier, selon les professionnels, les indicateurs essentiels pour évaluer l'expérience d'apprentissage via des SGs sur appareil mobile.

4.3 Identification des indicateurs d'évaluation de l'expérience d'apprentissage des *Serious Games* sur appareils mobiles

À la fin des entretiens, nous avons demandé aux professionnels de sélectionner, parmi les 38 indicateurs identifiés, les 15 qu'ils jugent essentiels pour évaluer l'expérience d'apprentissage dans des SGs sur appareil mobile. En fonction des choix exprimés par ces professionnels, nous avons retenu les indicateurs qui ont reçu au moins six réponses positives, ce qui correspond à l'indicateur de **satisfaction** (cf. Annexe 1). Ce sont finalement 18 indicateurs couvrant divers aspects de l'expérience d'apprentissage dans les SGs sur appareil mobile qui ont été sélectionnés et classés par ordre décroissant : la facilité d'utilisation, le *feedback*, le plaisir, la clarté de l'objectif d'apprentissage, l'immersion, l'engagement, la correspondance aux besoins des apprenants, le développement cognitif, la compréhensibilité, le défi, la jouabilité, la mobilité, l'aspect esthétique, l'aspect ludique, l'utilisabilité, l'émotion et la réflexivité.

Ces 18 indicateurs couvrent une variété de dimensions telles que l'ergonomie, l'aspect d'apprentissage et l'aspect hédonique. La **facilité d'utilisation** et l'**utilisabilité** soulignent l'importance de l'interface utilisateur et de sa capacité à être intuitive et conviviale pour les apprenants. Les aspects liés au *feedback*, à la **compréhensibilité**, et à la **clarté de l'objectif d'apprentissage** soulignent l'importance que les apprenants-joueurs comprennent rapidement ce qu'ils sont censés faire et reçoivent des retours appropriés sur leurs actions. L'**engagement**, l'**immersion**, le **plaisir**, l'**émotion**, le **défi**, la **jouabilité**, l'**aspect esthétique** et l'**aspect ludique** sont des indicateurs clés pour assurer une profonde connexion de l'apprenant avec le contenu et maintenir l'attention des apprenants tout en offrant une expérience agréable. Enfin, des éléments tels que la **correspondance aux besoins des apprenants**, la **mobilité**, le **développement cognitif** et la **réflexivité** rappellent que chaque jeu doit être conçu en tenant compte des spécificités des utilisateurs et de leur capacité à réfléchir sur leurs expériences. Par ailleurs, nous avons classé la correspondance aux besoins des apprenants en deux catégories : les besoins d'apprentissage et les besoins de divertissement. Les indicateurs pourraient formuler des questions suivantes selon les composantes de l'expérience d'apprentissage :

Axe et items apprenant :

1. Ce jeu stimule mes diverses émotions : la joie, le stress, la frustration, l'anxiété, etc. (Émotion)
2. Les contenus d'apprentissage du jeu répondent à mes besoins. (Correspondance avec les besoins d'apprentissage des apprenants)
3. Le divertissement du jeu répond à mes besoins. (Correspondance avec les besoins de divertissement des apprenants)

Axe Interaction-environnement :

4. Le jeu fonctionne bien, même lorsqu'on se déplace. (Mobilité)
5. Je me suis approprié(e) le jeu facilement. (Facilité d'utilisation)
6. Ce jeu me permet d'atteindre les buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction. (Utilisabilité)
7. Je suis capable de résoudre moi-même des problèmes qui sont posés dans ce jeu. (Défi)
8. Le feedback donné dans le jeu me permet de prendre du recul vis-à-vis de son action dans le jeu. (Feedback)
9. Le jeu emploie divers éléments divertissants, ce qui témoigne de son caractère ludique. (Ludique)
10. Le jeu est capable de me faire réfléchir. (Réflexivité)
11. Il est facile pour moi d'accomplir des tâches de base dès le premier contact. (Compréhensibilité)
12. L'objectif d'apprentissage du jeu est clair pour moi. (Clarté de l'objectif d'apprentissage)
13. Les structures, les règles du jeu, la narration sont bien articulées. (Jouabilité)
14. Les interfaces graphiques sont de très bonne qualité et agréables à regarder. (Aspect esthétique)

Résultats des interactions :

15. J'apprends de nouvelles choses dans le jeu. (Développement cognitif)
16. J'ai plaisir à jouer au jeu. (Plaisir)
17. Je suis plongé(e) dans le jeu. (Immersion)
18. Je suis engagé(e) à accomplir les missions du jeu. (Engagement)
19. Ce jeu me permet d'atteindre les buts définis avec satisfaction. (Satisfaction)

5 Conclusion

Dans cet article, nous avons entrepris une exploration de la littérature existante relative à l'évaluation de l'expérience d'apprentissage. Nous avons pu identifier 38 indicateurs qui sont liés à l'expérience d'apprentissage. Forts de cette démarche, nous avons ensuite mené une série d'entretiens avec des professionnels issus du domaine de jeu. Nous avons retrouvé les composants principaux de l'expérience d'apprentissage (apprenant, interaction, environnement, et les résultats qui en découlent) proposés par Liu [5]. Ces experts, grâce à leur expérience et à leur connaissance, ont contribué de manière significative à notre recherche en partageant leurs perspectives pratiques et en identifiant les critères qu'ils jugent essentiels pour évaluer la satisfaction de l'expérience d'apprentissage des SGs sur appareils mobiles. Les critères sélectionnés par ces professionnels

vont au-delà des mesures traditionnelles de succès d'un jeu, telles que l'engagement ou le plaisir, et intègrent des dimensions plus larges liées à l'apprentissage : la clarté des objectifs pédagogiques, l'alignement avec les besoins des apprenants, le développement cognitif, et la capacité de réflexion que le jeu stimule chez ses utilisateurs. Cette étude fournit des outils pratiques pour les concepteurs de jeux et les éducateurs qui cherchent à optimiser l'efficacité pédagogique de leurs créations.

References

1. Liu, Y.-D., Gossa, J. et Schmoll, L. : Permettre l'évaluation par les pairs de projets tuteurés en informatique : une grille critériée adaptée aux jeux sérieux [communication orale]. Atelier *Apprendre la Pensée Informatique de la Maternelle à l'Université*, dans le cadre de la conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH). 76-86. Fribourg, Suisse (2021)
2. Alvarez, J. : Du jeu vidéo au jeu sérieux. Approches culturelles, pragmatique et formelle [thèse de doctorat, Université de Toulouse-le-Mirail]. France (2007).
3. Crompton, H. et Burke, D.: The use of mobile learning in higher education: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 53–64 (2018)
4. Crompton, H.: A historical overview of m-learning: Toward learner-centered education. In Z. L. Berge, & L. Y. Muilenburg (Eds.), *Handbook of mobile learning*. Routledge (2013)
5. Kukulska-Hulme, A., Sharples, M., Milrad, M., Arnedillo-Sánchez, I., & Vavoula, G.: The genesis and development of mobile learning in Europe. In D. Parsons (Ed.), *Combining E-Learning and M-Learning: New Applications of Blended Educational Resources*, pp. 151-177. Information Science Reference (2011)
6. Liu, Y.-D. : Évaluer l'expérience d'apprentissage dans les *Serious Games* éducatifs sur appareil mobile : vers un design écologique [thèse de doctorat, Université de Strasbourg]. France (2024)
7. Liu, Y.-D., Morard, S., Adinda, D., Sanchez, E. et Trestini, M.: A Systematic Review: criteria and dimensions of learning experience. *The 22nd European Conference on e-Learning (ECEL 2023)*. Pretoria, South Africa (2023)
8. Lin, K.-M.: e-Learning continuance intention: Moderating effects of user e-learning experience. *Computers & Education*, 56, 515–526 (2011)
9. ISO FDIS 9241-210 Ergonomics of human system interaction - Part 210: Human-centered design for interactive systems (formerly known as 13407). International Organization for Standardization (ISO). Switzerland (2009).
10. Nielsen, J. (2012). *Usability 101: Introduction to Usability*. NN/g Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>, last accessed 2023/02/01.
11. Tullis, T., Albert, B.: *Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics*, second ed. Morgan Kaufmann, Cambridge, United States (2013)
12. Mahlke, S.: User experience of interaction with technical system. [Doctoral Thesis, Technische Universität Berlin]. Germany (2008)
13. Hassenzahl, M.: User experience (UX): Towards an experiential perspective on product quality. *Proceedings of the 20th International Conference of the Association Francophone d'Interaction Homme-Machine*, 11-15 (2008)
14. Hassenzahl, M., Burmester, M., & Koller, F.: AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In J. Ziegler, & G. Szwillus

(Eds.), *Mensch & Computer. Interaktion in Bewegung*, pp. 187–196. Stuttgart, Germany: B.G. Teubner (2003)

15. Schrepp, M., Hinderks, A., Thomaschewski, J.: Applying the User Experience Questionnaire (UEQ) in Different Evaluation Scenarios. In: Marcus, A. (Ed.): *Design, User Experience, and Usability. Theories, Methods, and Tools for Designing the User Experience*. Lecture Notes in Computer Science, 8517, 383-392, Springer International Publishing (2014)
16. Lindgaard, G.: Aesthetics, visual appeal, usability, and user satisfaction: What do the user's eyes tell the user's brain. *Australian journal of emerging technologies and society*, 5, 1- 16 (2007)
17. Adikari, S., McDonald, C. & Campbell, J.: User Experience in HMI: An Enhanced Assessment Model. 5th International Conference on Information and Automation for Sustainability (ICIAFs): Sustainable Development through Effective Man-machine Co-existence (2010)
18. Alben, L.: Quality of experience: defining the criteria for effective interaction design. *Interactions*, 3(3), 11–15 (1996)
19. Djaouti, D. : *Serious Game Design : considérations théoriques et techniques sur la création de jeux vidéo à vocation utilitaire* [thèse de doctorat, Université Toulouse III Paul Sabatier]. France (2011)
20. Duflo, C. et Monteil, P.- O. : Le jeu, invention d'une liberté dans et par une légalité. In: *Autres Temps. Cahiers d'éthique sociale et politique*, 58, pp. 98-105 (1998)
21. Fabricatore, C.: *Gameplay and Game Mechanics: A Key to Quality in Videogames*. In OECD (Ed.), *Expert Meeting on Videogames and Education*, Santiago de Chile, Chile (2007)
22. Cohard, P. : L'apprentissage dans les serious games : proposition d'une typologie. @GRH. De Boeck Supérieur. 3 (16), 11-40 (2015)
23. Ávila-Pesántez, D., Rivera, L. A. et Alban, M. S.: Approaches for Serious Game Design: A Systematic Literature Review. *Computers in education journal*, 8(3), 1-10 (2017)
24. Sweetser, P., et Wyeth, P.: GameFlow: A Model for Evaluating Player Enjoyment in Games. *ACM Computers in Entertainment*. 3(3), 1-24 (2005)
25. Kiili, K.: Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model. *The Internet and higher education*, 8(1), 13-24 (2005)
26. IJsselstein, W. A., de Kort, Y. A. W. et Poels, K.: *The Game Experience Questionnaire*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven (2013)
27. Escudeiro, P. et Escudeiro, N.: Evaluation of serious games in mobile platforms with QEF: QEF (Quantitative Evaluation Framework). IEEE International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education. Boston, USA (2012)
28. Nah, F. F. H., Eschenbrenner, B., Zeng, Q., Telaprolu, V. R., & Sepehr, S.: Flow in gaming: literature synthesis and framework development. *International Journal of Information Systems and Management*, 1(1), 83-124 (2014)
29. Orr, G.: A Review of Literature in Mobile Learning: Affordances and Constraints. *6th IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technologies in Education*, Kaohsiung, Taiwan, pp. 107-111 (2010)
30. Koole, M. A Model for Framing Mobile Learning. In M. Ally (Ed.), *Mobile learning: Transforming the delivery of education and training*, 25-44 (2009)
31. Tchibozo, G. : *Introduction pratique aux méthodes quantitatives en Sciences de l'éducation et de la formation*. Finlande : Atramenta (2019).
32. Reinert, M. : *ALCESTE - Une méthodologie d'analyse des données textuelles et une application* : Aurélia de Gérard de Nerval. *Bulletin de Méthodologie Sociologique*, 26, 24-54 (1990)

Annexe 1. Indicateurs d'évaluation de la satisfaction de l'expérience d'apprentissage des *Serious Games* sur appareils mobiles

Critères d'évaluation/Professionnels		Facilité d'utilisation	Feedback	Plaisir	Clarté de l'objectif	Immersion	Engagement	Correspondance aux besoins	Développement cognitif	Compréhensibilité	Défi	Jouabilité	Mobilité	Aspect esthétique	Aspect ludique	Utilisabilité
Enseignant-Chercheur (EC)	EC1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓		✓	
	EC2	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓		✓			
	EC3	✓		✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓		✓
Expert Joueur (EJ)	EJ1			✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓				
	EJ2	✓	✓	✓		✓	✓			✓		✓	✓		✓	
	EJ3	✓		✓	✓	✓		✓	✓			✓		✓	✓	✓
Game Designer (GD)	GD1	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	GD2	✓	✓	✓			✓		✓	✓				✓	✓	✓
	GD3		✓	✓		✓		✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓
Ingénieur Pédagogique (IP)	IP1	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓			
	IP2		✓	✓	✓	✓		✓			✓			✓		✓
	IP3	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓	✓	✓
Designer de l'Expérience Utilisateur (UX)	UX1	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓					✓	✓	
	UX2	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓				✓
	UX3	✓	✓		✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Total		12	12	12	11	11	10	9	9	9	8	8	8	8	8	8

Critères d'évaluation/Professionnels		Émotion	Réflexivité	Satisfaction	Charge cognitive	Interactivité	Efficacité	Liberté	Narration	Utilité	Sécurité	Compatibilité technique	Adaptabilité	Contexte collaboratif	Mutable/changeable
Enseignant-Chercheur (EC)	EC1		✓		✓		✓			✓		✓			
	EC2		✓	✓	✓								✓		
	EC3	✓					✓	✓		✓				✓	
Expert Joueur (EJ)	EJ1	✓	✓												✓
	EJ2			✓				✓				✓	✓		✓
	EJ3	✓		✓				✓		✓					
Game Designer (GD)	GD1	✓		✓	✓			✓		✓	✓		✓	✓	✓
	GD2		✓			✓	✓			✓		✓			
	GD3	✓				✓	✓		✓	✓					
Ingénieur Pédagogique (IP)	IP1	✓	✓						✓		✓	✓		✓	
	IP2			✓	✓				✓		✓		✓	✓	
	IP3		✓			✓									
Designer de l'Expérience Utilisateur (UX)	UX1	✓			✓	✓	✓	✓	✓		✓				
	UX2	✓	✓	✓					✓						
	UX3					✓									✓
Total		8	7	6	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4

Critères d'évaluation/Professionnels		Flexibilité	Changeable/mutable	Résultat	Connexion fiable	Contrôlabilité	Essai-erreur	Nouveauté	Continuité	Volonté d'apprentissage
Enseignant-Chercheur (EC)	EC1									
	EC2	✓								
	EC3									
Expert Joueur (EJ)	EJ1		✓			✓				
	EJ2		✓							
	EJ3									
Game Designer (GD)	GD1	✓	✓		✓	✓				
	GD2			✓						
	GD3									
Ingénieur Pédagogique (IP)	IP1	✓								
	IP2				✓					
	IP3			✓						
Designer de l'Expérience Utilisateur (UX)	UX1									
	UX2									
	UX3									
Total		3	3	2	2	2	0	0	0	0