Revue des Interactions Humaines Médiatisées

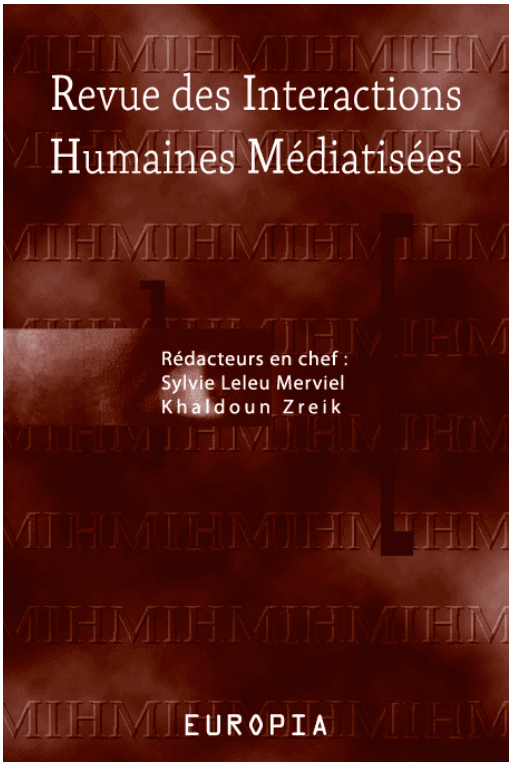
Journal of Human Mediated Interactions

Rédacteurs en chef

Sylvie Leleu-Merviel

Khaldoun Zreik

Vol 14 - N° 1 / 2013



© europia, 2013

15, avenue de Ségur,
75007 Paris - France
Tel (Fr) 01 45 51 26 07 - (Int.) 33 1 45 51 26 07
Fax (Fr) 01 45 51 26 32 - (Int.) 33 1 45 51 26 32
http://europia.org/RIHM
rihm@europia.org

Revue des Interactions Humaines Médiatisées

Journal of Human Mediated Interactions

Rédacteurs en chef / *Editors in chief*

- Sylvie Leleu-Merviel, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, Laboratoire DeVisu
- Khaldoun Zreik, Université Paris 8, Laboratoire Paragraphe

Comité éditorial / *Editorial Board*

- Thierry Baccino (Université Paris8, LUTIN - UMS-CNRS 2809, France)
- Karine Berthelot-Guiet (CELSA- Paris-Sorbonne GRIPIC, France)
- Pierre Boulanger (University of Alberta, Advanced Man-Machine Interface Laboratory, Canada)
- Jean-Jacques Boutaud (Université de Dijon, CIMEOS, France)
- Aline Chevalier (Université Paris Ouest Nanterre La Défense, CLLE-LTC, France)
- Yves Chevalier (Université de Bretagne Sud, CERSIC -ERELLIF, France)
- Didier Courbet (Université de la Méditerranée Aix-Marseille II, Mediasic, France)
- Viviane Couzinet (Université de Toulouse3, LERASS, France)
- Milad Doueihi (Université de Laval - Chaire de recherche en Cultures numériques, Canada)
- Pierre Fastrez (Université Catholique de Louvain, GReMS, Belgique)
- Pascal Francq (Université Catholique de Louvain, ISU, Belgique)
- Bertrand Gervais (UQAM, Centre de Recherche sur le texte et l'imaginaire, Canada)
- Yves Jeanneret (CELSA- Paris-Sorbonne GRIPIC, France)
- Patrizia Laudati (Université de Valenciennes, DeVisu, France)
- Catherine Loneux (Université de Rennes, CERSIC -ERELLIF, France)
- Marion G. Müller (Jacobs University Bremen, PIAV, Allemagne)
- Marcel O'Gormann (Univerity of Waterloo, Critical Média Lab, Canada)
- Serge Proulx (UQAM, LabCMO, Canada)
- Jean-Marc Robert (Ecole Polytechnique de Montréal, Canada)
- Imad Saleh (Université Paris 8, CITU-Paragraphe, France)
- André Tricot (Université de Toulouse 2, CLLE - Lab. Travail & Cognition, France)
- Jean Vanderdonckt (Université Catholique de Louvain, LSM, Blgique)
- Alain Trognon (Université Nancy2, Laboratoire InterPsy, France)

Revue des Interactions Humaines Médiatisées

Journal of Human Mediated Interactions

Vol 14 - N° 1 / 2013

Sommaire

Editorial
Sylvie LELEU-MERVIEL, Khaldoun ZREIK (Rédacteurs en chef)
Philippe USEILLE et Julian ALVAREZ (Coordinateurs du numéro thématique) 1

Des conditions ergonomiques pour créer des jeux sérieux en ligne
Ergonomic Requirements for Creating Online Serious Games
Louise SAUVE 3

La mise en abyme actée, nouveau fer de lance du serious game
Mise en abyme, the new coat of arms for serious games
Sébastien ALLAIN 33

Pertinence et efficacité des serious games
Enquête de réception sur neuf serious games
Relevance and efficiency of serious games
Michel LAVIGNE 65

Etude des imaginaires suscités par des jeux vidéo de premières générations
Study of players imaginary related to first generations of video games
Julian ALVAREZ, Sylvain HAUDEGOND 91

Des conditions ergonomiques pour créer des jeux sérieux en ligne

Ergonomic Requirements for Creating Online Serious Games

Louise SAUVE

UER Éducation, Télé-université / SAVIE
lsauve@teluq.ca

Résumé. Nous appuyant sur la prémisse que les jeunes d'aujourd'hui ont un impact immédiat sur leur entourage (famille-amis) et que demain, ils auront la responsabilité du développement de notre société, il est alors légitime de se questionner sur la manière de sensibiliser les jeunes à adopter des gestes quotidiens qui participeront à faire toute la différence pour la préservation de l'eau pour les prochaines générations. Les jeux sérieux peuvent aider les jeunes à comprendre les relations de cause à effet ; et pourquoi pas l'effet des actions et décisions qu'ils prennent par rapport à la préservation de l'eau. Sachant que l'utilisation des jeux en ligne est désormais très populaire auprès des jeunes (CEFRIO, 2009), nous avons développé un jeu sérieux pour sensibiliser les jeunes de 4e et 5e secondaire à adopter un comportement responsable à l'égard de la consommation d'eau. Par la suite, nous avons expérimenté le jeu *Eau Secours* avec 156 élèves âgés de 14 à 19 ans afin de mesurer le degré d'appréciation du jeu sur le plan du design, de la lisibilité pédagogique et de la convivialité. Les résultats indiquent un degré élevé de satisfaction des jeunes sur ces aspects, ce qui nous a amené à faire quelques recommandations à tenir compte lors de la conception de jeu sérieux.
Mots-clés. Jeu sérieux, ergonomie, design, convivialité, lisibilité.

Abstract. Building on the premise that today's teenagers have an immediate impact on their entourage (family and friends) and that tomorrow they will eventually bear responsibility for the development of our social norms. It is therefore legitimate to ask how we can effectively educate and encourage young people to adopt everyday behaviours that contribute to preserving water for future generations. Serious games can help young people understand cause and effect relationships, as well as the effect of their actions and decisions in relation to water conservation. Knowing that online gaming has become very popular with young people (CEFRIO, 2009), we have developed a serious game to educate students from Secondary 4 and 5 into behaving responsibly in regards to water consumption. Then, we tested The Water Game among 156 secondary school students between the ages of 14 to 19 in order to measure the appreciation of the game in terms of design, readability and usability. The results show a high degree of student appreciation among the youth concerning these issues, which has led us to elaborate some recommendations to consider when designing serious games.
Keywords. Serious Games, ergonomics, design, usability, readability.

1 Introduction

De plus en plus, la société québécoise est consciente de la richesse et de la sensibilité de l'environnement. Parmi les différentes ressources de l'environnement, l'eau est certainement l'une des plus importantes si ce n'est au Québec tout au moins dans le monde et particulièrement dans les économies émergentes. La population et les différents paliers de gouvernement du Québec sont conscients de l'importance de cette ressource et mettent en place des actions favorisant une saine gestion des réserves d'eau. Parmi celles-ci, des activités de sensibilisation s'avèrent essentielles pour favoriser l'adoption de nouveaux comportements et particulièrement chez les jeunes Québécois et Québécoises. Dans notre étude, nous avons misé sur les qualités pédagogiques du jeu sérieux pour faire adopter aux jeunes d'aujourd'hui des gestes quotidiens qui feront toute la différence pour la conservation de l'eau. Rendre les jeunes plus conscients que la préservation de l'eau est l'affaire de tout un chacun, les amener à faire des gestes quotidiens susceptibles de réduire leur consommation et de préserver l'eau du Québec malgré son caractère illusoire de ressource inépuisable sont les objectifs que le jeu sérieux *Eau Secours* s'est fixés dans le cadre d'une étude réalisée auprès des jeunes du Québec et du Nouveau-Brunswick. Cette étude avait pour but de créer et d'expérimenter un jeu éducatif en ligne ayant certaines propriétés du jeu sérieux pour sensibiliser les jeunes de 4e et 5e secondaire à adopter un comportement responsable à l'égard de la consommation d'eau. Deux questions de recherche ont fait l'objet de l'étude :
1) Quelles sont les conditions ergonomiques mises en place dans le jeu sérieux en ligne qui facilitent son utilisation par les jeunes de 4e et 5e secondaire ? 2) Comment le jeu sérieux en ligne *Eau Secours* favorise-t-il un changement d'attitudes à l'égard de la consommation d'eau ?

Aux fins de cet article, nous répondons à la première question de l'étude qui poursuivait les objectifs spécifiques suivants :

- identifier les attributs essentiels du jeu et du sérieux afin de construire un jeu sérieux en ligne pour les élèves du secondaire ;
- développer un jeu sérieux en tenant compte de principes ergonomiques sur le plan du design, de la convivialité et de la lisibilité pédagogique ;
- mesurer le degré d'utilisabilité[1] du jeu sérieux en ligne auprès des élèves de 4e et 5e secondaire en sciences.

Cette recherche de développement a utilisé un design itératif pour construire le jeu, la méthode de mise à l'essai pour une première validation auprès d'experts et d'une clientèle restreinte d'élèves et une expérimentation en milieu naturel (en classe) pour mesurer le degré d'utilisabilité du jeu sérieux *Eau Secours* auprès des utilisateurs.

2 Le cadre théorique

« Les jeux sérieux, au confluent de l'apprentissage en ligne et des jeux vidéo, ont été développés très rapidement dans le passé. En effet, ces jeux combinent des aspects de tutorat, d'enseignement, de formation, de communication et d'information, avec des éléments de divertissement dérivant des jeux vidéo afin de

[1] L'utilisabilité est le degré auquel un produit peut être utilisé par un ensemble spécifique d'utilisateurs afin de réaliser des tâches de façon efficace, avec un bon rendement, à la satisfaction des utilisateurs et dans un contexte précis d'utilisation (ISO 9241-11).

capter l'attention des personnes vers des buts qui vont au-delà du divertissement » (Traduction de Tran *et al.*, 2010, 393). Dans notre recherche de développement (Sauvé *et al.*, 2012), nous avons d'abord défini ce que nous entendons par jeu sérieux pour ensuite décrire les caractéristiques essentielles qui ont été prises en compte lors du développement du jeu *Eau Secours*. Par la suite, nous avons identifié les principes sur lesquels nous nous sommes appuyés lors de la conception du jeu sérieux en ce qui a trait au design du jeu, de sa convivialité et de sa lisibilité.

2.1 Le jeu sérieux

Pour définir le concept de jeu sérieux, nous avons examiné les écrits en éducation qui décrivent le jeu sérieux comme un jeu (vidéo ou non) de simulation. Sandford et Williamson (2005) définissent les jeux de simulation comme des imitations du monde réel qui utilisent les caractéristiques du jeu telles que le conflit et la récompense pour capturer l'attention du joueur, le motiver à réussir et à gagner des points. En utilisant ces facteurs motivationnels du jeu, le joueur apprend les mécaniques du jeu tout en explorant et en expérimentant un environnement sans risques. De même, Legendre (2005 : 815) définit le jeu de simulation éducative comme un « processus qui consiste, sous forme de jeu, à simuler une situation ou une activité qui correspond à un aspect de la réalité ». Apperley (2006) précise que le niveau de conformité à la réalité dans le jeu de simulation peut varier entre une stricte adhérence à la réalité et la pure fantaisie (identifié ici comme les mondes virtuels). Abaza et Steyn (2008) résument les caractéristiques du jeu sérieux (*serious games)* comme une application numérique avec de fortes composantes informatiques, incluant un défi et des objectifs, tout en offrant un divertissement, un système de pointage et le développement de compétences et de connaissances ainsi qu'un changement d'attitudes. McNamara, Tanner Jackson et Graesser (2010) considèrent que tous les jeux ont des règles qui régissent les actions du joueur et ont une fin. Beaucoup de jeux incorporent un pointage, une compétition, des paliers de difficulté (jeux vidéo) qui accordent des privilèges. Enfin, Sauvé, Renaud et Kaufman (2010) définissent le jeu sérieux comme : « un environnement plus ou moins réaliste dans laquelle des joueurs, mis en position de conflit les uns par rapport aux autres ou tous ensemble contre d'autres forces, sont régis par des règles qui structurent leurs actions en vue d'atteindre des objectifs d'apprentissage et d'un but déterminé par le jeu, soit de gagner, d'être victorieux ou de prendre sa revanche. Compte tenu que ces définitions ne limitent pas la notion de jeu sérieux uniquement au jeu vidéo et qu'il est possible d'intégrer des jeux de société qui proposent des situations réalistes, nous en retenons six attributs essentiels qui seront pris en compte lors de la création du jeu *Eau Secours* :

- *Un environnement réaliste***.** Les jeux sérieux permettent l'apprentissage des éléments centraux ou essentiels, sans avoir à être « encombrés » par les aspects plus triviaux (Crooks et Eucker, 2001), tout en offrant une vue d'ensemble et l'exploration de différentes perspectives d'un même problème (Christopher, 1999). Cette « simplification » permet à l'apprenant de s'attarder à certains éléments du modèle, éléments qui auraient pu échapper à son attention dans la réalité (Lieberman, 1998 ; Apkan, 2002). Sanchez *et al.* (2011) évoque le réalisme du jeu dans le sens de sa crédibilité vis-à-vis du réel. Certains auteurs, dont Christopher (1999) et Sauvé *et al.* (2010), précisent que la réalité du jeu sérieux se concrétise par l'environnement dans lequel le joueur évolue pendant le jeu. À titre d'exemple, le jeu sérieux *Contagion,* identifié comme un *serious game* par ses auteures (De Castell et Jenson, 2006), reproduit un environnement réel d'une cité qui se trouve aux prises

avec des problèmes de contagion. Le joueur qui gravite dans cet environnement, selon les actions qu'il pose, gagnera des points et enrayera l'épidémie.

- *Un ou plusieurs joueurs.* Le ou les joueurs sont une personne ou un groupe de personnes qui sont mises en position d'assumer un rôle ou de prendre des décisions dans le cadre du jeu. Un jeu ne peut fonctionner sans au moins un joueur (Griffiths, 2002) ou plusieurs joueurs (Gosen et Wabush, 1999). Une personne peut jouer seule, contre elle-même, (dans ce cas, nous parlons de compétition contre soi où le but du jeu est de réussir une partie parfaite ou améliorer son pointage d'une partie à l'autre), avec d'autres (ce qui confère au jeu un caractère coopératif) et contre d'autres joueurs ou l'ordinateur (ce qui confère au jeu un caractère compétitif). Bien que le nombre de joueurs puisse varier d'un à l'infini, pour un jeu donné, il est habituellement fixe ou variable à l'intérieur d'une fourchette étroite. Dans le jeu sérieux, le joueur est également un apprenant qui effectue des actions en vue de réaliser un apprentissage et pour lesquelles un mécanisme de rétroaction est prévu afin qu'il puisse valider son apprentissage.
- *La compétition (ou conflit).* Le conflit est représenté dans le jeu par les obstacles dynamiques, humains ou contrôlés par l'ordinateur, qui empêchent la réalisation facile de l'objectif par le ou les joueurs. Les obstacles doivent être actifs, même « intelligents » pour créer un conflit et peuvent, à tout le moins, donner l'illusion d'une réaction déterminée face aux actions du joueur (Kasvi, 2000). Selon Lavender (2008), l'élément de conflit contribue à la participation active du joueur, l'incite à s'investir davantage dans le jeu sur le plan émotionnel et intellectuel, augmente l'effet d'immersion et par conséquent l'effet de persuasion de certains jeux sérieux. La compétition s'installe autant dans les jeux impliquant un seul joueur (qui s'oppose à lui-même pour améliorer sa performance à chaque joute), que dans les jeux impliquant plusieurs joueurs en activité (qui s'opposent pour atteindre le premier le même but). Dans les jeux solitaires, le conflit prend la forme d'une confrontation entre le joueur et le hasard (patience, dés, roulette, etc.) ou encore un adversaire possédant un algorithme de décision tel que l'ordinateur. Enfin, le défi (« challenge ») se produit lorsque les actions posées par un joueur engendrent des réactions chez l'opposant, créant ainsi une compétition ou une lutte (Kirriemur et Macfarlane, 2004). Nous reviendrons sur l'aspect du défi dans le design du jeu.
- *Les règles.* Constituées d'un ensemble de consignes, simples ou complexes, les règles décrivent les relations existant entre les joueurs et l'environnement du jeu. Ces consignes spécifient l'étendue et la nature des actions légitimes des joueurs et elles établissent la séquence et la structure dans lesquelles se dérouleront les actions des participants (Gray et *al.*, 1998). Les règles remplissent trois types de fonctions : procédure, clôture et contrôle (Stolovitch et Thiagarajan, 1980). Les règles de procédure décrivent les composantes du jeu, soit le nombre de joueurs ou le nombre d'équipes, le rôle de chacun des participants, leurs activités et leurs déplacements ou les mouvements qui peuvent être faits. Les règles de clôture spécifient les résultats escomptés pour chaque joueur ainsi que les contraintes (Thiagarajan, 1998). Les règles de contrôle décrivent les conséquences pour un joueur qui ne respecte pas les règles précédentes (Martin *et al.,* 1998). Les règles doivent être claires, organisées, complètes, préétablies et acceptées par les joueurs avant le début du jeu. Cependant, dans un nombre grandissant de jeux électroniques, le joueur est appelé à inférer les règles en jouant, ajustant donc ses décisions au fur et à mesure qu'il affine sa compréhension des enjeux proposés par le jeu.

- *Le but prédéterminé* réfère à la fin du jeu et aux notions de victoire, de gain ou de récompense (Salopek, 1999). Il indique comment le jeu se termine et, en ce qui a trait aux jeux sérieux, il inclut les objectifs d'apprentissage poursuivis par le ou les joueurs. Il est régi par des règles qui déterminent (1) un ou des gagnants et, souvent, un ou des perdants et (2) quand et comment les différentes fins pourront survenir. Ces règles peuvent également comporter des limites de temps, ainsi que des objectifs de pointage menant au succès ou à l'élimination. Le désir d'atteindre ce but conditionne les choix faits par le ou les joueurs durant la partie. Selon le type de jeu, il peut s'agir de vaincre ses adversaires en rivalisant d'adresse et d'astuce avec eux, de triompher du hasard ou de surmonter un obstacle dans le but de remporter la victoire, un gain ou une récompense.
- *L'aspect sérieux du jeu.* Un jeu devient sérieux quand les objectifs sont clairement orientés sur l'apprentissage, sont explicitement identifiés comme tels et font appel au plaisir intrinsèque de performer. Antonacci et Modaress (2008), De Lucia *et al.* (2009) concluent que l'apprentissage par les jeux sérieux se traduit par l'acquisition de nouvelles connaissances, le développement d'habiletés intellectuelles (l'abstraction, l'anticipation, la stratégie, la résolution de problème, la latéralisation, la représentation spatiale, la relation fonction-déplacement), le développement de comportements et d'attitudes, etc. Lavergne, Boudier et Dambach (2010) précisent que le jeu sérieux « est un genre unique qui résulte d'un assemblage de gameplay appropriés pour servir les objectifs pédagogiques d'un projet de formation » (p. 123). D'autres s'attardent sur la rétroaction comme élément important de l'aspect sérieux du jeu que ce soit sur le plan de la rétroaction juste à temps ou du retour synthèse réalisé après le jeu (Peters & Vissers, 2004 ; Colan *et al.*, 2009). Nous reviendrons sur cet aspect dans les études sur le design.

2.2 L'ergonomie du jeu

L'ergonomie est l'ensemble des connaissances scientifiques relatives à l'humain et nécessaires pour concevoir des outils, des machines et des dispositifs qui puissent être utilisés avec le maximum de confort, de sécurité et d'efficacité (Wisner, 1972). Dans le cas des interfaces informatiques comme le jeu sérieux en ligne, le travail de l'ergonome « consiste à mettre en œuvre des solutions pour informer et guider l'utilisateur afin d'alléger le plus possible sa charge cognitive d'information » (Millerand & Martial, 2001 : 74).

Face à l'importance d'une interface bien construite, il est étonnant que la littérature, que ce soit en sciences de l'information et de la communication, en sciences cognitives ou en sciences de l'éducation, ne soit pas très prolifique sur le sujet en ce qui concerne les jeux numériques (Kellner, 2008). Afin d'établir les indicateurs ergonomiques du jeu sérieux en ligne, nous nous sommes appuyés sur les études en ergonomie des environnements Web et aux conclusions d'études sur les jeux auprès des jeunes. Pour que le jeu sérieux en ligne soit efficace, il doit répondre à deux critères de qualité : il doit être utile, c'est-à-dire adapté aux besoins d'apprentissage dans le cas de notre étude et aux attentes des utilisateurs face au jeu, soit les jeunes de 14 à 19 ans, et utilisable, c'est-à-dire facile à apprendre et à utiliser par les jeunes. Trois aspects ont été évalués dans cette étude sur le plan de l'utilisabilité que nous examinerons dans les points suivants.

2.3 Le design

Le design dans un jeu sérieux doit d'abord tenir compte des attributs essentiels du jeu cités précédemment. Plus spécifiquement, nous nous sommes

attardés à trois aspects de ces attributs : la compétition/le défi, le sérieux (la rétroaction) et le joueur (sa participation active).

La compétition et le défi

Le défi contenu dans le jeu sérieux ou son aspect compétitif est un élément susceptible d'engendrer et de maintenir la motivation chez l'apprenant (Prensky, 2001 ; Green, 2002 ; Rosas *et al.,* 2003 ; Asakawa & Gilbert, 2003, Gee, 2003 ; Facer *et al*., 2004). Sedig (2007) réitère les conclusions de ces auteurs et précise que le jeu favorise une motivation intrinsèque accrue grâce à quatre variables : l'intérêt, le contrôle, le défi (challenge) et l'attention. Enfin, d'autres auteurs soulignent l'importance d'éléments clés du jeu, comme le plaisir, la compétition et la notion de gagner ou de perdre pour augmenter la motivation des apprenants (Asal, 2005 ; Yaoyuengyong *et al*., 2005 ; Hingston, Combes & Masek*,* 2006).

Dans tout jeu, le conflit est représenté par des obstacles dynamiques, humains ou contrôlés par l'ordinateur, qui empêchent la réalisation facile de l'objectif par le ou les joueurs. Ces obstacles ou mécanismes qui assurent une saine compétition entre les joueurs se retrouvent : (1) dans les règles qui déterminent le ou les gagnants et le ou les perdants ; (2) dans les points obtenus à chaque coup selon que l'action exécutée est correcte ou non ; (3) dans les gains d'un joueur qui constituent une perte pour les autres ; (4) la rapidité dans la réaction pour répondre avant les autres à une action en vue d'obtenir un gain, etc. Sauvé (2010a) propose des mécanismes pour assurer le défi dans les jeux sérieux en ligne. Premièrement, l'intégration de paliers, d'environnements ou de trajets multiples offrent des défis grandissants à la limite de l'habileté du joueur à les affronter. Il ne fait aucun doute que ce phénomène des paliers difficiles à franchir dans les jeux sérieux exercera le même effet psychologique sur les apprenants que sur les joueurs de jeux vidéo. Après s'être butés à une difficulté plusieurs fois, l'atteinte du palier suivant semble d'abord impossible, puis devient pratiquement une obsession, à la suite de quoi le joueur accède à ce nouveau palier une première fois, une deuxième, puis de manière répétée, avec une facilité qui finira par le surprendre. Les trajets multiples sont également présents dans les jeux de table : certains permettent de terminer plus rapidement son parcours et de gagner la partie ; d'autres le rallongent jusqu'à ramener un joueur à son point de départ. Ils sont en général accessibles lorsque le joueur formule la bonne réponse ou lorsqu'il exécute l'action attendue : une bonne réponse permet d'emprunter le trajet rapide ; une mauvaise réponse déplace le pion sur un trajet lent. Deuxièmement, le maintien du sentiment d'incertitude sur le dénouement du jeu par des mécanismes tels que l'ajout contrôlé d'événements aléatoires ; par exemple, des cartes de chance et de malchance distribuées par le système informatique afin de réduire l'écart entre les adversaires qui sont parfois trop forts ou trop faibles et (2) l'avènement de situations imprévues liées et attribuées au hasard peut jouer un rôle régulateur dans le jeu, par exemple, le retour à la case Départ ou le déplacement d'un pion vers une case qui attribue des points boni.

Dans notre étude, nous examinerons comment les mécanismes liés au sentiment d'incertitude sur le dénouement du jeu (degré de difficulté des questions, questions d'égalité et distribution des cartes de chance et de malchance) permettent de maintenir le défi dans le jeu. Nous explorons également comment l'intégration de composantes telles que gagnant/perdant, pointage obtenu à chaque tour, répondre en premier à une question maintient la compétition entre les joueurs.

La rétroaction

Dans le jeu sérieux, le joueur est également un apprenant qui effectue des actions en vue de réaliser un apprentissage et pour lesquelles un mécanisme de rétroaction doit être prévu afin qu'il puisse valider son apprentissage. Cette rétroaction doit être instantanée, parfaitement ajustée à l'action de l'apprenant et toujours justifiée par rapport au contenu à apprendre. Selon la théorie sociale cognitive (Bandura, 1986), l'être humain émet et manifeste une variété de comportements qui sont appris en raison d'événements causés par des stimuli extérieurs, décodés par un système interne d'information et renforcés par une rétroaction. Si cette rétroaction s'effectue à la suite d'une réponse immédiate et est directement liée au comportement, l'individu ajustera son comportement. Par ailleurs, la rétroaction doit être contigüe et continue. En d'autres mots, la rétroaction doit suivre immédiatement la réponse de l'apprenant et constituer souvent le prochain stimulus auquel il doit réagir, créant de ce fait une suite ininterrompue de stimulus et de réponses étroitement associés.

Nous inspirant de la définition de Rodet (2000), nous pouvons affirmer que la rétroaction vient en réponse à un travail effectué par l'apprenant, propose une correction commentée et exprime un jugement de valeurs qui se doit d'être raisonné et argumenté. Elle a pour objectif de permettre à l'apprenant d'approfondir ses connaissances ou de changer son comportement et de lui indiquer en même temps comment y parvenir. La rétroaction dans le jeu doit permettre à l'apprenant de mesurer ses progrès dans l`atteinte des buts (Schwabe & Göth, 2005 ; Sauvé et Chamberland, 2006). La rétroaction efficace est celle qui stimule les apprenants à tirer leurs propres conclusions. Le jeu devrait mettre en place un mécanisme de rétroaction sous forme de messages qui générerait automatiquement une réponse aux actions du joueur sous des conditions spécifiques (Woltjer, 2005).

« La phase de rétroaction est essentielle et ne doit pas être omise parce que la plupart de l'apprentissage arrive à ce moment. » (Traduction de Medley et Horne, 2005 : 32). Vanhoucke, Vereecke et Gemmel (2005 : 55) précisent : « Dans la discussion qui suit l'activité (*debriefing*), la performance des équipes est comparée et les participants sont invités à décrire les stratégies qu'ils ont suivies. Cela les mène à une compréhension claire de leur cheminement et de l'impact des activités survenant sur ledit cheminement ». Enfin, une rétroaction sur le taux de succès lors de la complétude d'une tâche donnée ou d'activités d'apprentissage renforce l'apprentissage (Goldenberg, Andrusyszyn & Iwasiw, 2005).

Dans notre étude, nous analyserons comment la rétroaction liée à la navigation permet au joueur de visualiser le résultat de son action dans le jeu et comment la rétroaction juste à temps liée à chaque tâche d'apprentissage permet au joueur d'identifier les activités réussies et celles qu'il a échouées.

La participation active

La notion de « participation active » dans le jeu signifie que les joueurs sont placés dans une situation d'action plutôt que d'observation passive pendant leur apprentissage, ce qui leur permet de pratiquer dans une situation concrète les connaissances acquises ou les habiletés à développer. En d'autres mots, le jeu sérieux doit fournir aux apprenants des situations actives tant sur le plan ludique qu'éducatif dans lesquelles ils utiliseront les connaissances ou les habiletés acquises, tout comme ils le feraient dans la vie quotidienne.

Sur le plan de l'apprentissage, les auteurs distinguent celles qui sont exogènes au jeu, par exemple l'affichage de questions qui permettent aux joueurs si la réponse

est correcte d'avancer sur le trajet d'un jeu, de gagner des points ou de contrer un adversaire tout en leur permettant d'acquérir ou de valider leurs connaissances, de résoudre un problème ou de démontrer une habileté (Kasvi, 2000 ; Goldenberg, Andrusyszyn & Iwastw, 2005 ; Hamalainen *et al.*, 2006 ; Sauvé, 2010a). D'autres auteurs proposent l'ajout d'environnements réalistes sur lesquels le joueur peut agir et qui évoluent constamment selon les actions du joueur (Lavergne, Boudier & Dambach, 2010 ; Tran *et al.*, 2010).

Sur le plan ludique, les auteurs réfèrent principalement au degré de manipulation du matériel de jeu (Sauvé & Chamberland, 2006) par le joueur soit pour s'assurer d'une meilleure position (comme le fait d'avancer un pion sur une planche de jeu), de s'approprier des ressources (comme le fait d'obtenir des points au *Scrabble* en plaçant un mot) ou, plus simplement, de progresser sur un sentier (comme le fait de lancer un dé et d'avancer son pion dans le Jeu de l'oie). Les manipulations peuvent être plus ou moins complexes, soit en raison des règles qui les régissent (par exemple les pièces du jeu d'échecs ont toutes une façon précise de se déplacer), soit en raison du nombre d'options s'offrant au joueur (très élevé au *Scrabble* après que quelques mots ont été placés). Enfin dans un contexte de jeu sérieux en ligne, il faut considérer les aspects moteurs reliés aux manipulations. Les jeunes, habitués aux jeux vidéo, exigeront que la vitesse d'exécution conditionne la qualité de la performance ; une réponse positive donnée rapidement permet de gagner plus de points. Dans cette étude, nous vérifierons si l'ajout de questions pour avancer sur le trajet, pour gagner des points ou s'approprier les ressources en jeu ainsi que le déplacement des pions sur la planche de jeu et le choix des améliorations à apporter dans l'environnement assurent la participation active des joueurs.

2.4 La lisibilité

Par lisibilité, nous nous référons à la manière dont le texte, l'illustration et la vidéo sont traités visuellement (mise en forme) pour en faciliter leur lecture et leur compréhension par les utilisateurs. Une interface lisible est un élément indispensable pour tout produit numérique (Ergolab, 2003), en particulier pour un produit à destination d'un jeune apprenant (Kellner, 2008).

La lisibilité du texte

La mise en forme du texte doit tenir compte des principes rédactionnels et typographiques de lisibilité des textes à l'écran. La lisibilité rédactionnelle touche au style d'écriture et à sa facilité de compréhension. Elle se caractérise par le niveau de langue, le vocabulaire utilisé, la longueur et la structure des phrases, organisés de manière à faire ressortir le fil conducteur qui permettra au lecteur de dégager un sens global et cohérent du texte lu (Klare, 1984 : 681). Dessaint (1995 : 130) propose certaines règles de rédaction : formuler des phrases courtes (20 à 25 mots, au mieux 80 caractères) ; avoir une idée par phrase ; regrouper les phrases en paragraphes courts (5 à 6 lignes) ; rédiger le contenu comme si vous dialoguez avec le joueur ; insérer des exemples concrets pour expliquer une règle ou une consigne ; rédiger des phrases positives ; insérer un maximum de 4 % de mots nouveaux et les définir en utilisant des fenêtres pop ou des info-bulles ; insérer un minimum d'adverbes et d'adjectifs ; être objectif, varié et simple et enfin placer les mots importants en début de phrase.

La lisibilité typographique concerne l'aspect visuel du texte, c'est-à-dire son organisation, sa présentation et sa disposition dans la page Web (Klare, 1984 : 681). Quelques règles ont été relevées par Sauvé (2010b) dans la littérature : (1) la page

Web doit être organisée et aérée et une coupure entre le titre du texte et les paragraphes doit être insérée ; (2) le texte doit être disposé dans l'écran en paragraphes, ou en unités d'information, bien séparés pour en faciliter la lecture ; (3) la justification à gauche augmente la vitesse de lecture à l'écran ; (4) l'utilisation de fontes et de grandeurs de texte différentes souligne un point par rapport aux autres éléments du texte et agit sur le plan mnémotechnique ; (5) le débordement de texte par rapport à la grandeur de la page-écran est déconseillé ; (6) la limitation à une fonte par page excepté lorsque des effets spéciaux sont désirés ; (7) le texte en 12 points ou plus et l'utilisation d'une fonte courante, comme Arial, par exemple ; (8) les majuscules sont à éviter pour du plein texte, elles nuisent à la lisibilité : elles sont réservées à la première lettre d'une phrase, dans le cas d'une énumération ou pour signaler un avertissement. Elles sont également appropriées pour des informations brèves : intitulé d'un bouton, titre de page, titre de rubrique, etc. ; et (9) le soulignement est réservé uniquement pour les liens hypertextes.

La lisibilité des vidéos et des illustrations

Quelques balises ont été discutées dans les études répertoriées (Hoekma, 1983 ; Millerand & Martial, 2001 ; Thoa, 2004 ; Sauvé, 2010b), notamment : (1) la présence d'un trop grand nombre de détails empêche de percevoir l'idée maîtresse de l'image ou au contraire leur absence diminuera la signification et la portée de celle-ci ; (2) l'affichage d'une illustration ou d'une vidéo doit être le plus instantané possible et s'il y a un temps d'attente à l'ordinateur pour son apparition à l'écran, il faut intégrer un mécanisme qui identifie le temps estimé de téléchargement afin d'éviter que l'utilisateur croit à une défaillance de son équipement ; (3) les illustrations et les vidéos doivent s'afficher à l'intérieur d'une fenêtre d'écran ; (4) les images ou les graphiques de grande taille difficiles à intégrer dans la planche de jeu sans perdre trop d'informations doivent s'afficher dans une nouvelle fenêtre, (5) l'affichage d'une vidéo dans une page écran nécessite que cette page contienne peu d'informations à lire pour maximiser la lisibilité de l'action qui se déroule dans la vidéo et (6) positionner les vidéos afin que les contrôles (rejouer audio, ajuster volume, etc.) soient accessibles en tout temps.

La lisibilité du son

L'utilisation de l'intonation, de l'inflexion, de l'expression, du rythme, du volume, du bruit et du timbre de la voix offre des avantages éducatifs : développement de sentiments ou d'émotions, création d'une intimité, communication du rythme, du tempo et des inflexions de la langue, focalisation de l'attention sur des parties du jeu ou des activités d'apprentissage. Comparé au texte écrit, le texte parlé peut influencer la cognition (augmenter la clarté et la signification) et la motivation en donnant à l'étudiant une valeur au mot. Les contenus sonores ou les textes parlés peuvent motiver l'étudiant et augmenter son intérêt pour la matière étudiée dans le jeu. Toutefois, les extraits sonores doivent être utilisés avec prudence. Le son est un moyen plus ou moins efficace pour présenter un grand nombre d'informations ou une longue liste d'articles dont il faut se souvenir, ou encore pour expliquer des abstractions ou des objets en deux ou trois dimensions (procédures, cheminements ramifiés, espace, temps, etc.). Le son offre un degré de difficulté plus élevé pour déduire la signification de certains contextes nécessitant des connaissances préalables. Certains élèves n'aiment pas apprendre par réception auditive et d'autres n'ont pas ce type d'habileté, et ce, pour de multiples raisons : acuité, discrimination, connaissance du vocabulaire, de la symbolique, etc. Il faut donc prévoir que le jeu offre toujours l'option de présenter

le contenu de façon textuelle et sonore. Il faut se rappeler que la difficulté de l'information auditive, c'est qu'elle s'inscrit dans le flux du temps alors que l'image fixe peut rester affichée et être accessible à tout moment. Sauvé (1995, 2010b) recommandent quelques balises à respecter lors de la conception d'un jeu sérieux : (1) l'utilisation de consignes sonores ou visuelles pour guider le joueur à travers le jeu ; (2) la présentation de règles au fur et à mesure du déroulement du jeu et juste au bon moment ; (3) l'utilisation des effets sonores pour mettre en évidence les aspects importants du jeu : lancer du dé, note musicale ou bruit pour une bonne ou mauvaise réponse ; (4) la présence des consignes pour activer la fonction Haut-parleur des ordinateurs des utilisateurs pour s'assurer que le son soit audible ; (5) les capsules sonores doivent intégrer des contrôles (rejouer audio, ajuster volume, etc.) accessibles en tout temps au joueur et (6) le soutien sonore (narration, explication) pendant une observation ou la visualisation d'une illustration ou l'exécution d'une tâche pour en faciliter la compréhension.

Dans notre étude, nous examinerons si le traitement textuel, sonore et visuel des composantes du jeu (planche de jeu, question, carte Bonus) rend le jeu lisible pour les jeunes en situation d'apprentissage.

2.5 La convivialité

La convivialité réfère à la qualité d'un jeu numérique qui est facile et agréable à utiliser et à comprendre, même par quelqu'un qui a peu de connaissances en informatique (Office québécois de la langue française, 2003). Nous examinons deux aspects dans cette étude : la planche de jeu et la navigation dans le jeu.

Le rôle de l'interface graphique du jeu est d'assister le joueur pour l'inviter à regarder ce qui est important. Pour Kellner (2008), une interface visuelle qui ne met pas assez en évidence les éléments essentiels à percevoir est problématique. Différents paramètres ont été identifiés pour la conception de la planche de jeu (Krug, 2001 ; Chevallier, 2003 ; Shneiderman & Plaisant, 2004 ; Nogier, 2005 ; Sauvé, 2010b) : (1)) l'affichage de la planche de jeu doit maximiser la visibilité des contenus et minimiser les temps de téléchargement : elle doit si possible recouvrir la plus grande partie de l'écran ; (2) la délimitation de la zone d'affichage par un cadre prédéterminé maintient un standard dans l'affichage qui permet que la planche de jeu s'affiche de la même façon d'un ordinateur à l'autre évitant l'affichage de barres de défilement dans la page Web, (3) l'emploi des fenêtres en superposition doit être réduite, plusieurs études recommandent d'opter pour un seul niveau de superposition ; (4) le format d'affichage des pions doit être approprié si les pions se déplacent sur la planche de jeu pendant le déroulement d'une partie. Leur positionnement sur la planche et leur déplacement doivent être pris en compte afin d'éviter qu'ils obstruent l'accès à une information importante et (5) l'utilisation de la souris à répétition pour accéder à une partie de la planche ralentit le rythme du jeu et nuit à la motivation des joueurs.

Tout comme la planche de jeu, les activités et les questions doivent s'afficher sans défilements longs et fastidieux à l'écran. Le joueur doit accéder par un simple clic à l'ensemble des éléments auxquels il sera amené à répondre pour obtenir des points ou avancer sur la planche de jeu. Un bon positionnement des informations utiles lors du déroulement d'une partie donne à l'utilisateur un certain contrôle de l'interface. Il faut éviter de positionner les points et les règles du jeu en bas de la page, ils peuvent se retrouver en dehors du champ de vision pour les utilisateurs ayant de petits écrans.

Certaines conditions de navigation dans le jeu ont également été relevées (Nielsen, 2000 ; Dufresne, 2000 ; Rollings & Adams, 2003 ; Livet, 2007 ; Sauvé, 2010b) : (1) l'affichage en tout temps du matériel requis pour le bon déroulement du jeu, notamment la planche, les pions, les boutons de navigation, les consignes, le pointage et les règles ; (2) la règle des trois clics, c'est-à-dire que le joueur ne doit pas avoir à cliquer plus de trois fois pour se rendre à l'information recherchée dans le jeu ; (3) l'information importante doit être mise en évidence par des moyens graphiques et textuels et (4) l'utilisation de symboles connus pour démontrer une action ou une utilisation évidente qui y est associée. Ils doivent être les mêmes dans toutes les pages du jeu et ils sont localisés à proximité de l'action exigée.

Dans notre étude, nous examinerons si les conditions de navigation (affichage, règle des clics, symboles, information importante) mises en place rend le jeu convivial pour les jeunes en situation d'apprentissage.

3 Méthodologie

Deux questions spécifiques sous-tendent notre question générale de recherche : 1) Les conditions ergonomiques mises en place dans le jeu sérieux en ligne facilitent-ils son utilisation par les jeunes de 4e et 5e secondaire ? et 2) Ces résultats diffèrent-ils selon l'âge, le sexe et le niveau scolaire ?

Sur le plan de la validation des fonctionnalités du jeu sérieux *Eau Secours*, la méthode *Learner Verification and Revision* (L.V.R.) a été utilisée (Komoski, 1979 ; 1984). Cette évaluation, centrée sur l'utilisateur, flexible et adaptée au contexte de l'utilisation d'un produit (Nguyen *et al.*, 2008), permet d'identifier et de corriger les erreurs et les problèmes (Doak, Doak & Root, 1996 ; Thulal, 2003 ; Maddrell, 2008) et de valider efficacement un prototype en cours de développement auprès d'un échantillon restreint du public cible pour lequel il a été créé. Cette méthode, aussi connue sous l'appellation de mise à l'essai, a été également utilisée dans des recherches de développement de jeux (Kandaswany, Stolovitch & Thiagarajan, 1976 ; Sauvé & Samson, 2004 ; Sauvé & Hanca, 2007). La démarche consiste à valider le prototype auprès d'au moins deux experts et d'un échantillon restreint (4 à 8 personnes) de la clientèle cible afin d'en mesurer l'efficacité.

Sur le plan de l'adéquation du jeu aux critères ergonomiques (convivialité, lisibilité et design), une analyse descriptive des résultats a été retenue puisque nous souhaitons établir un portrait de la situation sur les jeux sérieux comme moyen d'apprentissage.

3.1 Description et justification des méthodes de collecte de données

Pour le volet du jeu sérieux, différents instruments de mesure ont été développés. Sur le plan de la mise à l'essai des fonctionnalités du jeu sérieux *Eau Secours*, une Grille d'observation des participants et des experts divisée en trois parties en fonction des étapes de la mise à l'essai : « Avant la mise à l'essai du jeu – Participation lors de la présentation du projet », « Pendant la mise à l'essai » et « Réaction à la fin » ; les Annotations des élèves rédigées directement sur les questionnaires d'expérimentation et les formulaires (consentement et conditions du tournoi) et les Annotations des experts rédigées directement sur les questions du jeu, sur les questionnaires d'expérimentation et les formulaires.

Sur le plan de l'ergonomie, trois courts questionnaires sur le design du jeu comportant chacun une question ouverte : la rétroaction juste à temps en fonction de la tâche d'apprentissage et de la navigation (5 énoncés), la participation active de l'élève (6 énoncés), le défi et la compétition (12 énoncés) ; deux courts

questionnaires sur la convivialité du jeux sérieux comportant chacun une question ouverte : le format d'affichage et la mise en page Web du jeu (13 énoncés), les consignes et les règles (7 énoncés) et la facilité d'exécution de la démarche et de navigation dans le jeu (10 énoncés) et enfin, un court questionnaire sur le plan de la lisibilité pédagogique s'attardant au vocabulaire utilisé, au traitement visuel du texte, des photos et des vidéos (11 énoncés). Nous avons également collecté les traces laissées dans le clavardage lorsque les répondants utilisaient le jeu en mode multi-joueurs.

3.2 Stratégies et techniques d'analyse

Notre étude s'appuie principalement sur la collecte de données quantitatives. Ces données ont été traitées avec les techniques propres à chacune des méthodes. Tout d'abord les questionnaires de l'étude ont été vérifiés sur les plans de la validité et la fidélité des échelles de mesure utilisées avant de procéder à toutes autres analyses. Différentes analyses ont été utilisées pour établir les qualités psychométriques des échelles de mesure. D'abord une analyse factorielle par la méthode des composantes principales avec une rotation varimax a été utilisée pour vérifier la validité des échelles additives, à savoir si les énoncés qui les composent représentent un seul ou plusieurs concepts tels que souhaité. Le test de Kaiser-Meyer-Olkin du logiciel SPSS (KMO) a servi à évaluer l'adéquation de l'échantillonnage pour une analyse factorielle. Plus la mesure de l'adéquation de l'échantillonnage global s'approche de 1, plus l'échantillon est considéré adéquat. En pratique le seuil minimum de cette mesure globale devrait être statué à au moins 0,6. Pour déterminer le nombre de facteurs à retenir trois méthodes ont été employées simultanément par souci de rigueur : la méthode de la valeur propre, le graphique des valeurs propres et l'analyse parallèle. Le graphique des valeurs propres est utile pour repérer visuellement la valeur qui précède la chute de la variance expliquée, généralisée aux composantes restantes. L'analyse parallèle, quant à elle, établit la proportion cumulative de la variance expliquée, elle devrait au maximum être statuée à 60%. Cette manière de faire permet de visualiser la dimensionnalité et la structure factorielle des échelles choisies. Enfin, le coefficient α de Cronbach a également été examiné pour connaître l'homogénéité des énoncés pour les échelles additives, un indice de fidélité. Les valeurs de ce coefficient varient entre 0 et 1 : plus la valeur de α s'approche de 1, plus l'échelle de mesure est fidèle.

Les données quantitatives ont été traitées à l'aide de différentes techniques d'analyse descriptive (fréquence, moyenne, pourcentages, etc.). Les variables sociodémographiques, concernant l'âge, le sexe et le niveau scolaire des participants, ont été analysées. Toujours dans une optique exploratoire, une analyse de variance (ANOVA) a été conduite dans le but d'identifier si ces variables jouent un rôle particulier, à savoir si elles peuvent être expliquées par certaines variables indépendantes. Quant aux données qualitatives, elles ont été analysées à partir des données fournies par les questions ouvertes des questionnaires sur l'ergonomie du jeu et les traces du clavardage.

3.3 La prise en compte des aspects ergonomiques dans le jeu sérieux *Eau Secours*

Afin de nous assurer que tous les éléments ergonomiques faisant l'objet de notre étude soient intégrés au jeu sérieux d'une part et d'autre part l'absence de jeux portant sur la protection et la conservation de l'eau en concordance avec le programme scolaire, nous avons opté pour développer le jeu *Eau Secours* à l'aide de

la coquille générique de jeux sérieux (CGJS) Chasse au trésor [http://cvje2concepteur.savie.ca].

Le design du jeu Eau Secours

L'environnement réaliste est représenté par les panneaux latéraux de la planche de jeu (Figure 1). Huit environnements ont été élaborés pour appuyer les thèmes qui seront abordés dans l'aspect sérieux du jeu. Le joueur doit améliorer à chaque partie un des environnements qui s'affiche dans son espace personnel. Neuf éléments néfastes à la protection et conservation de l'eau sont présents dans l'environnement. Pour les changer, le joueur doit obtenir des ressources positives (ex. goutte d'eau ou fleur) en répondant correctement à une question. Il peut également obtenir des ressources négatives (poubelle radioactive) lors des mauvaises réponses créant ainsi des obstacles à l'atteinte du but du jeu.

Les règles de procédure, de clôture et de contrôle ont été introduites dans le jeu (Annexe 1). À titre d'exemple, les règles 1, 2 et 3 relèvent de la procédure, les règles 9 et 10 de la clôture et les règles 4, 5 du contrôle.

Le défi et la compétition sont soutenus premièrement par les cartes Bonus qui s'affichent aléatoirement à quatre reprises dans la partie, soit aux tours 3, 6, 9 et 12. Elles sont obtenues lors d'une réponse correcte à des questions spéciales qui sont posées aux joueurs. Il y a des cartes qui améliorent le sort de leur détenteur ou celles qui peuvent nuire à l'adversaire ; par exemple, Gagnez un pion de puissance 2 ; Gagnez une ressource rare (Fleur) ; Gagnez 4 gouttes d'eau et Enlevez une amélioration à votre adversaire. Certaines règles ont été ajoutées au jeu pour augmenter le degré de difficulté pour gagner la partie, par exemple, l'accumulation des ressources négatives (règle 7), l'égalité sur une borne (règle 8).

Figure 1a. *Planche de jeu et panneaux d'information (version monoposte)*

Figure 1b. *Planche de jeu en mode multi-joueurs*

Les joueurs sont au nombre de deux. Leur participation active se concrétise par des actions et des manipulations dans le jeu : déplacement du pion, positionnement sur les bornes, choix de l'amélioration à apporter à l'environnement, utilisation stratégique des cartes Bonus, échange textuel et verbal avec les autres joueurs, etc.

Le but du jeu est clairement explicité : le premier joueur qui complète les neuf améliorations de son environnement et qui a le pointage le plus élevé gagne la partie. Une règle est également présente pour les matchs nuls (règle 9).

Les aspects sérieux du jeu sont représentés tout d'abord par la description du jeu qui explicite les objectifs d'apprentisage. Ensuite par les 81 questions qui s'affichent aléatoirement et qui traitent des aspects suivants du programme scolaire :

- *Eau, biologie et science :* l'importance de l'eau dans le processus biologique humain ; les maladies transmises par l'eau non potable ; les propriétés physiques de l'eau.
- *Eau, territoire et gestion :* l'eau au Québec (lacs, rivières, etc.) et les sources d'approvisionnement ; l'utilisation de l'eau dans la société (industrie, agriculture, énergie) ; les polluants et le traitement des eaux usées.
- *Consommation et préservation de l'eau :* consommation directe d'eau au Québec ; consommation indirecte d'eau à travers la consommation de biens et d'aliments ; les problématiques de consommation, par exemple les bouteilles d'eau ; alternatives et pistes de solutions.
- *L'eau dans le monde :* différentes réalités d'accès à la ressource eau dans différentes parties du monde ; exemples de problématiques mondiales ; exemple de bonne gestion.

La rétroaction est intégrée dans les mécanismes du jeu *Eau Secours* de la manière suivante : pour chaque activité d'apprentissage, un mécanisme de rétroaction qui s'affiche selon que la réponse est exacte ou incorrecte ; pour chaque mouvement du joueur, le système affiche une consigne ou une règle de jeu ; pour

chaque erreur de navigation, le système affiche un message de correction ou d'orientation.

La lisibilité du jeu Eau Secours

Le vocabulaire utilisé dans les règles, les consignes, les questions et les rétroactions du jeu *Eau Secours* ont été adaptées à la clientèle cible. Cette adaptation a été validée par une mise à l'essai du jeu auprès des 4 experts et du public cible. Les textes des règles, du tutoriel et des questions ont été justifiés uniquement à gauche. La grosseur des caractères des questions utilise la police ARIAL et la taille de 12 points, format par défaut du système d'exploitation. Cette police a également été utilisée dans le design de la planche de jeu. Les majuscules ont été uniquement utilisées pour les titres pour une meilleure identification. Une couleur a été attribuée à chaque joueur pour lui permettre un meilleur suivi du jeu. Il lui est ainsi plus facile de repérer ses informations ainsi que celles de son adversaire. Les panneaux latéraux reprennent également la couleur de chaque joueur ce qui inclut les pions et la zone d'amélioration.

La convivialité du jeu Eau Secours

Le format d'affichage de la planche de jeu *Eau Secours* tient compte des configurations minimales des écrans des utilisateurs, soit 1024x768. Pour les écrans de dimensions plus importantes, un fond de la même couleur que le fond de la planche a été inséré et l'affichage a été programmé pour que la planche se positionne au centre de l'écran. Les pions sont représentés par des personnages androgynes afin d'éviter de particulariser le sexe des pions. L'image des pions est représentative des jeux de table. Chaque série contient des pions de forces différentes : le pion qui porte des lunettes et un chapeau a une force de 3, le pion qui porte uniquement les lunettes a une force de 2 et finalement le pion sans accessoire a une force de 1. Les informations importantes ont été localisées dans le haut de la planche de jeu. Nous y retrouvons, le nombre de ressources obtenues (positives ou négatives), le numéro du tour en cours, le pointage des joueurs et l'identification du nombre de pions du joueur. Les questions et les activités d'apprentissage sont affichées dans une fenêtre superposée au-dessus de la planche de jeu (Figure 2). La dimension de la fenêtre est variable afin de favoriser la lisibilité du contenu des questions. Cette fenêtre est divisée en trois espaces. Nous retrouvons au haut de la fenêtre dans le bandeau bleu le nom du joueur à qui est adressée la question. L'énoncé de la question est situé dans la partie supérieure de la fenêtre avec l'illustration ou la vidéo qui en soutient le contenu. Les réponses sont localisées dans la partie centrale de la fenêtre. Dans la partie inférieure, une fois la réponse sélectionnée par le joueur, s'affiche la rétroaction textuelle et iconique. Deux dimensions d'affichage ont été retenues pour les vidéos. La dimension de base est de 300 x 300, mais les joueurs ont la possibilité de mettre l'affichage de la vidéo en plein écran. Une dimension d'affichage a été retenue également pour l'illustration en tenant compte de la lisibilité à l'écran. Nous avons opté pour un affichage constant de la planche de jeu. Cette fenêtre reste toujours visible indépendamment des autres fenêtres qui s'affichent en superposition. Une deuxième fenêtre peut s'afficher en superposition à la planche de jeu. Elle contient les questions, réponses et rétroactions, le tutoriel ou les règles du jeu. La dimension de cette fenêtre est variable mais toujours plus petite que celle de la planche. Lorsqu'une deuxième fenêtre s'affiche au centre de l'écran, la planche de jeu devient grisée et inactive. Enfin si le joueur souhaite agrandir le format d'une vidéo en plein écran, il a la possibilité de le faire à l'aide du bouton situé dans le coin inférieur droit

de la vidéo. Il doit appuyer sur la touche « Echap » pour quitter le mode plein écran et revenir à l'affichage original.

Pour faciliter la navigation dans le jeu *Eau Secours*, différents éléments ont été traités. Les règles ont été programmées pour être disponibles en tout temps. Il suffit que le joueur clique sur le bouton Règles pour les afficher en superposition à l'écran. Un tutoriel a été également élaboré pour informer les joueurs en temps réel des actions qu'ils doivent exécuter dans le jeu. Ce tutoriel s'affiche en superposition sur la planche de jeu (Figure 3). En tout temps, chaque joueur peut fermer ou afficher le tutoriel selon ses besoins. La manipulation du jeu n'exige pas de compétences informatiques particulières. Le joueur manipule uniquement une souris standard pour assurer le déplacement de ses pions et exécuter les actions requises par le jeu.

Figure 2. *Affichage des questions sur la planche de jeu*

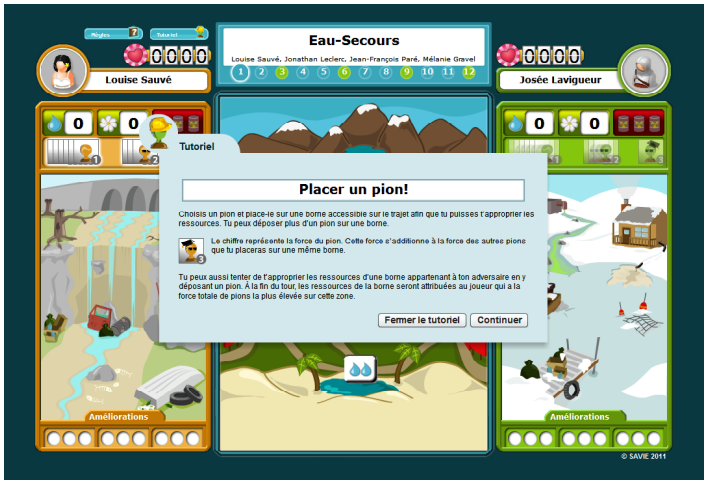


Figure 3. *Exemple de tutoriel*

4 Les résultats

4.1 Les résultats obtenus lors de la mise à l'essai du jeu avec les élèves

Trois groupes d'élèves de 4e et 5e secondaire ont mis à l'essai le jeu *Eau Secours* dans la version monoposte (n=11), la version multi-joueurs (n=8) et dans la version anglaise (n = 8). Cette mise à l'essai a eu lieu dans la même semaine dans trois écoles différentes du Québec. Les élèves (56 % sont des filles) ont été réunis dans un laboratoire et une présentation des objectifs de la mise à l'essai a été faite. Deux observateurs ont annoté tout au long de leur démarche une grille sur les aspects suivants : prise de connaissance de la recherche et signature du formulaire de consentement, complétude des données sociodémographiques à l'aide de la fiche d'inscription, session de jeu (les élèves ont joué le jeu deux fois), complétude des questionnaires sur l'ergonomie du jeu et retour sur le jeu et les questionnaires (entretien collectif semi-dirigé).

Pour les questionnaires, certains termes ont causé des incompréhensions aux élèves du premier groupe. Ils ont été révisés avant la mise à l'essai avec les 2e et 3e groupes. Nous avons également constaté que le temps moyen de complétude de chaque questionnaire par les trois groupes a varié entre 2 et 4 minutes, ce qui nous a permis de réajuster le formulaire de consentement sur le temps consacré par les élèves à l'expérimentation du jeu.

Pour le jeu, quelques problèmes de fonctionnement ont été relevés : (1) la borne de départ devrait être mieux identifiée sur la planche de jeu, (2) l'affichage des questions n'est pas toujours centré dans l'écran, ce qui crée des problèmes de lecture lorsqu'une partie de la fenêtre s'affiche hors de l'écran ; (3) la différence dans la force des pions est difficile à identifier ; (4) certaines questions sans illustration ou vidéo ont été pointées par les élèves : ils veulent plus de vidéo et (5) la fermeture du tutoriel n'est pas intuitive. Ces problèmes ont été corrigés avant l'expérimentation.

4.2 Les résultats obtenus lors de l'expérimentation

L'échantillon

Pour l'expérimentation du jeu sur le plan de l'ergonomie, nous avons recruté 156 élèves provenant de 4e et 5e secondaires. Le choix des répondants s'est fait par grappe en raison de la difficulté à expérimenter dans les écoles. Ainsi, l'échantillon a été puisé dans les groupes classes de trois écoles secondaires (2 au Québec et 1 au Nouveau-Brunswick). Tous les élèves de chacun des groupes classes ont été invités à participer à l'expérimentation sous forme de tournoi. Pour gagner le tournoi, les élèves devaient former une équipe et jouer à 8 reprises le jeu *Eau Secours* sur une période de 6 semaines : 50,0% des participants ont formé des équipes de filles, 38,9 % des équipes de garçons et 11,1 % des équipes mixtes. L'expérimentation s'est déroulée de novembre 2011 à février 2012. Compte tenu des disponibilités offertes dans les écoles, les trois groupes classes ont démarré leur participation à des périodes différentes dont 56 élèves se sont impliqués vers la fin de décembre 2011.

Le nombre de répondants par questionnaire (suite à chaque partie jouée, le joueur était invité à compléter un des questionnaires de l'étude) varie entre 103 et 126. La moitié de l'échantillon est constituée de répondants en 4e secondaire et l'autre moitié en 5e secondaire, dont 44% sont des filles et 52% des garçons (4% sont des données manquantes). Un peu plus de 80% des répondants sont âgés entre 15 et 17 ans et 90% sont francophones.

Les échelles de mesure

Globalement, les analyses démontrent que les échelles de mesure utilisées sont adéquates car pour la très grande majorité, elles expliquent au-delà de 50% de la variance des variables mesurées et leurs indices de fidélité est au-delà de 0.60 ; ce qui est suffisant pour une étude exploratoire.

L'ergonomie du jeu

L'évaluation de l'ergonomie du jeu par les participants est positive (Tableau 1). En effet, sur le plan du design, les évaluations du défi, de la compétition, de la rétroaction et de la participation active varient entre 3.26 et 4.17 sur un maximum de 5. Quelques données qualitatives documentent ces résultats positifs.

*Le défi et la compétition***.** Les répondants indiquent que les questions pour gagner des ressources et leur niveau de difficulté de même que l'obtention de ressources positives et négatives représentent un défi important. « Les questions étaient très difficiles au début, mais c'était plus facile avec le temps » « Je n'avais pas compris qu'avec trois poubelles, je perdais une amélioration. J'ai commencé à faire attention pour répondre correctement aux questions ». Quant aux questions d'égalité, les répondants considéraient qu'elles mettaient de la compétition dans le jeu. « J'étais bon! J'ai gagné souvent contre mon adversaire, surtout à partir de la 4e partie du tournoi. Je savais quoi répondre aux questions ». « Je mettais mon pion sur la borne de l'autre joueur pour avoir des questions d'égalité et obtenir plus de ressources et de points. C'est un bon moyen de gagner ».

La rétroaction. Les répondants considèrent que la rétroaction donnée aux questions manquées leur a permis de progresser dans le jeu. « J'ai compris qu'il fallait que je lise la rétroaction quand j'avais mal répondu. La question pouvait revenir », « J'ai bien aimé savoir pourquoi j'avais mal répondu » ; « Quand je voyais la lune souriante, je savais tout de suite que j'avais bien répondu ». « Je n'aime pas les jeux où je ne sais pas quoi faire quand je fais une erreur, c'était pas l'cas avec ce jeu-là ! »

La participation active. Les répondants avaient l'impression de contrôler le jeu par leurs réponses et leurs choix de bornes. Ils ont aimé construire un environnement et les animations dans l'environnement. « Les animations sont au boutte ! Je m'amusais à les faire bouger ». L'intégration du clavardage et du son en temps réel a été fortement appréciée et a favorisé les échanges entre les joueurs. « MALADE LE CLAVARDAGE » ; « Très cool de pouvoir se parler ! » ; « Wow ! Cool le son ! ». « J'ai aimé jouer à la maison, je pouvais échanger avec mes amies pendant le jeu ».

Les évaluations sur la **convivialité du jeu** varient entre 3.74 et 4.11 sur un maximum de 5. Les répondants apprécient fortement le regroupement d'informations stratégiques sur les panneaux latéraux de la planche de jeu (pointage, nombre de ressources positives et négatives acquises, pions en banque, environnement à améliorer, les niveaux d'améliorations, le nom et l'avatar du joueur et le contrôle de son micro). Ils jugent que cette organisation rend le jeu plus intuitif. De même, le format d'affichage et le positionnement des questions, des vidéos et des illustrations ainsi que le nombre restreint de fenêtres en superposition sur la planche de jeu sont des éléments qui ont été évalués très positivement par les élèves. Ils ont trouvé que le tutoriel et les règles les ont aidés à comprendre le jeu. « C'est cool de les afficher quand on veut. Je trouvais ça fatiguant au début et je l'ai fermé. Pis je l'ai ouvert lorsque j'ai perdu une amélioration avec les poubelles, je

voulais pas perdre des points ». « Plusieurs règles sont faciles à comprendre, mais d'autres fois moins, une chance que le jeu nous guidait » ; « J'trouvais que le texte qui s'affichait devant le jeu m'empêchait de jouer rapidement alors je l'ai fermé. Pis je l'ai ouvert quelques fois pour comprendre comment le jeu marchait ». Quant au déplacement des pions sur les bornes de la planche de jeu, au choix d'améliorations à faire, à la visualisation des points et des ressources gagnés, les résultats indiquent un degré élevé d'appréciation de la part des élèves. « C'était facile de comprendre le jeu. Je joue souvent en ligne avec cette sorte de je » ; « J'ai même pas lu les règles et je savais jouer ».

Les évaluations sur la *lisibilité du jeu* varient entre 3.97 et 4.12 sur un maximum de 5. Les résultats indiquent que le format d'affichage ainsi que les photos, les vidéos et les textes des questions ont été particulièrement appréciés. Les élèves ont fait très peu de commentaires sur la lisibilité si ce n'est des rétroactions jugées trop longues à lire. « J'trouvais que l'information était trop longue à lire lorsque j'avais mal répondu, ça ralentissait le jeu ». « Il fallait que tout le monde ait lu la rétroaction pour que le jeu se poursuive. Y'en a qui sont pas vite ! ».

	MOYENNE (/5)	**ÉCART-TYPE**
DESIGN DU JEU		
Défi (n=103)	3,44	0,656
Compétition (n=103)	3,60	0,885
Participation active (n=103)	3,26	0,958
Rétroaction – tâche (n=103)	4,17	0,822
Rétroaction – navigation (n=103)	3,59	0,933
LISIBILITÉ		
Vocabulaire (n=105)	3,97	0,753
Texte/Photo/Vidéo (n=105)	4,12	0,731
CONVIVIALITÉ		
Format affichage (n=126)	4,11	0,863
Mise en page (n=126)	3,92	0,788
Facilité d'exécution (n=126)	3,74	0,828

Tableau 1. *Analyse descriptive du questionnaire sur l'ergonomie du jeu*

Les autres variables

En ce qui concerne les variables sociodémographiques, soient l'âge, le niveau scolaire et le genre des participants, une analyse de variance (ANOVA) a été conduite dans le but d'identifier si ces variables jouent un rôle particulier, à savoir si elles peuvent être expliquées par certaines variables indépendantes.

Dans un premier temps, une analyse de variance entre les filles et les garçons a été effectuée afin de vérifier si des différences significatives existaient entre ces deux groupes relativement aux variables à l'étude. Les moyennes de deux variables diffèrent significativement entre les filles et les garçons. Les garçons ont davantage apprécié le format d'affichage du jeu (Moyennes garçons et filles sont de 4,287 et 3,935 respectivement ; $F=5,432$, $p=0.021$) et la lisibilité du vocabulaire du jeu (Moyennes garçons et filles sont de 4,122 et 3,819 respectivement ; $F=4,391$, $p=0.039$). Pour les autres variables, il n'y pas de différences entre les deux groupes.

Dans un deuxième temps, une analyse de variance entre les plus jeunes (14-15 ans) et les plus vieux (16-19 ans) a été effectuée afin de vérifier si des différences significatives existaient entre ces deux groupes relativement aux variables à l'étude. La seule différence significative a été trouvée entre les perceptions de défi relié au jeu. Les plus vieux ont perçu un défi légèrement plus grand que les plus jeunes (Moyennes 14-16 et 16-19 sont de 3,294 et 3,562 respectivement ; F=3,989, p=0.049). Pour toutes les autres variables, il n'y pas de différences entre les deux groupes.

Dans un troisième temps, une analyse de variance entre les 4e secondaire et 5e secondaire a été effectuée afin de vérifier si des différences significatives existaient entre ces deux groupes relativement aux variables à l'étude. Une différence a été notée : les élèves de 5e secondaire ont perçus plus de compétition dans le jeu (Moyennes de 3,882 vs. 3,428 ; F=6,738, p=0.011).

5 Discussion

Rappelons la première question spécifique de notre étude : les conditions ergonomiques mises en place dans le jeu sérieux en ligne facilitent-ils son utilisation par les jeunes de 4e et 5e secondaire ? Les résultats réitèrent les conclusions d'Yaoyuengyong *et al.* (2005) ainsi qu'Hingston *et al. (*2006) à l'effet que la compétition et le défi sont des éléments clés du jeu. Les obstacles dynamiques (carte Bonus, poubelle radioactive, degré de difficulté des questions d'apprentissage) et humains (questions d'égalité) insérés dans le jeu intègrent suffisamment de défi pour maintenir l'intérêt des joueurs tout au long de la partie. Les points (positifs ou négatifs) obtenus à chaque coup selon que l'action exécutée est correcte ou non, les gains d'un joueur constituant une perte pour l'autre ou tout simplement la rapidité dans la réaction pour répondre avant les autres à une action en vue d'obtenir un gain sont des mécanismes qui suscitent chez les jeunes joueurs un défi constant, nécessaire pour maintenir la motivation.

Tout comme le suggèrent Schwabe et Göth (2005) et Woltjer (2005), la mise en place de mécanismes de rétroaction commentée qui s'affiche juste au bon moment et qui est ajustée à l'action de l'apprenant (réponse correcte ou incorrecte) permet à ce dernier de mesurer ses progrès et de se réajuster au fur et à mesure de son apprentissage dans le jeu. Les jeunes apprennent vite que la rétroaction commentée une fois lue augmente leur chance de gagner la partie. L'affichage d'un tutoriel et des règles selon les besoins de chaque joueur sont deux mécanismes essentiels à la compréhension du jeu, notamment si ce jeu a été adapté. Rappelons que le jeu *Eau Secours* est une adaptation du jeu Chasse au trésor et que l'ajout d'obstacles (poubelle radioactive), du hasard (carte Bonus) et de l'aspect sérieux (questions d'apprentissage et rétroaction) a transformé certaines règles, en a créé d'autres et par le fait même le jeu est devenu plus complexe. Même si les élèves semblent trouver le fonctionnement des environnements à améliorer facile, les consignes et les règles régissant l'action des joueurs sur le trajet ont été utiles. Étant rare qu'un jeu soit totalement intuitif, nos résultats confirment l'importance de la rétroaction liée aux actions des joueurs.

Peu de commentaires et des résultats très positifs nous permettent de conclure que le jeu *Eau Secours* était lisible sur le plan textuel, visuel et audiovisuel. Il ressort que la vidéo qui illustre les questions est un élément important à intégrer dans le jeu et soutient l'intérêt des jeunes de 14 à 19 ans. Quant à la navigation dans le jeu, les répondants ont éprouvé peu ou pas de difficultés pour se repérer dans

l'interface du jeu ce qui nous permet de conclure que le regroupement des informations stratégiques telles que le pointage, le nombre de ressources positives et négatives acquises, les pions en banque, l'environnement à améliorer, les trois niveaux d'améliorations, le nom et l'avatar du joueur et le contrôle de son micro, dans les panneaux latéraux, facilitent la compréhension du jeu et le rend plus intuitif. De même, l'utilisation de symboles connus par les joueurs, du simple clic pour accéder à l'ensemble des éléments du jeu (déplacement du pion, répondre aux questions pour obtenir des points et des améliorations) ainsi que le nombre restreint de fenêtres en superposition sur la planche de jeu sont des éléments à retenir lors de la conception de jeux sérieux pour les jeunes.

Rappelons la deuxième question spécifique de notre étude : les conditions ergonomiques diffèrent-elles selon l'âge, le sexe et le niveau scolaire ? Les garçons ont apprécié plus que les filles l'affichage de la planche de jeu, des questions et des vidéos et de leur contrôle dans l'écran. Ils se démarquent également des filles pour leur appréciation plus forte de la mise en page des textes et du vocabulaire utilisé dans le jeu dans le tutoriel et les questions. Ces résultats réitèrent les conclusions de Kafai (1996) à savoir que les goûts et les intérêts des garçons et des filles diffèrent et plus particulièrement sur le degré de fantaisie des jeux (Gros, 2003).

Il est intéressant de remarquer des différences sur le plan du défi : les plus vieux ont perçu un défi légèrement plus grand que les plus jeunes. De même, sur le plan de la compétition offerte par le jeu, les élèves de 5e secondaire ont perçu plus de compétition dans le jeu que ceux de la 4e secondaire. Ces résultats contredisent les conclusions de McFarlane *et al.* (2002), Kirriemuir et McFarlane (2004) ainsi que Williamson et Facer (2004) qui identifient que le pourcentage le plus important de jeunes joueurs se situe au primaire et au début du secondaire et qu'elle diminue vers la fin du secondaire.

Les limites de l'étude. Compte tenu du temps disponible dans la classe, il n'a pas été possible d'utiliser différents outils de collecte de données qualitatives. L'insertion d'une question ouverte par conditions ergonomiques ne nous a pas permis de documenter pleinement les résultats quantitatifs positifs, particulièrement avec une clientèle adolescente. Ce sont surtout les données collectées dans le clavardage qui nous ont permis d'alimenter notre analyse.

6 Conclusion

Notre étude avait pour but de créer et d'expérimenter un jeu sérieux pour sensibiliser les jeunes de 4e et 5e secondaire à adopter un comportement responsable à l'égard de la consommation d'eau. Nous appuyant sur un processus de design itératif de création, nous avons développé un jeu sérieux *Eau Secours* à l'aide d'une coquille générique de jeux sérieux qui outille les enseignants afin qu'ils puissent créer aisément et sans connaissance informatique avancée des jeux sérieux adaptés au contenu de leur programme scolaire. Ce jeu, en français et en anglais, a été mis à l'essai sur le plan fonctionnel auprès des 27 élèves. Puis révision faite, il a été expérimenté auprès de 156 élèves en modes monoposte et multi-joueurs. Selon l'analyse de données quantitatives, les élèves ont apprécié le design, la convivialité et la lisibilité pédagogique du jeu. Peu de différence selon l'âge, le sexe et le niveau scolaire a été relevée. Les résultats discutés nous permettent de recommander quelques pistes de recherches :

- Comparer avec des clientèles différentes (élèves plus jeunes, adultes, aînés) si les conditions ergonomiques mises en place dans les jeux sérieux en facilitent l'utilisation.
- Examiner si l'apport d'outils de collecte de données sonores (enregistrement des échanges entre les joueurs en mode multi-joueurs) permettrait de mieux documenter l'utilisabilité des jeux éducatifs.
- Examiner si le type de défi et de compétition offert dans les jeux sérieux diffère selon l'âge de la clientèle.

Remerciements
L'auteure de ce document remercie le Secrétariat du Conseil du Trésor pour le financement de cette étude qui a été menée en collaboration avec Sylvain Sénécal de HEC-Montréal, Marie-Julie Babin de SAVIE, Gisèle Bertrand du CEFRIO et Vincent Tanguay du CEFRIO.

Bibliographie

Abaza, M., Steyn, O. (2008). Role of computer serious games in education and training. In *Proceedings of 19th International Conference Annual of Society for Information Technology & Teacher Education*, McFerrin, K., Weber, R., Carlsen, R., Willis, D.A. (Eds), AACE, Chesapeake, VA, 1592-1599.

Antonacci, D.M., Modaress, N. (2008). Envisioning the Educational Possibilities of User-Created Virtual Worlds. *AACE Journal*, vol. 16, num. 2, 115-126.

Apkan, J.P. (2002). Which comes first: Computer simulation of dissection or a traditional laboratory practical method of dissection ? *Electronic Journal of Science Education,* vol. 6, num. 4, Disponible à : http://wolfweb.unr.edu/homepage/ crowther/ejse/ akpan2.pdf.

Apperley, T.H. (2006) Genre and games: Toward a critical approach to video games genres. *Simulation & Gaming*, vol. 37 num. 1, 6-23.

Asakawa, T., Gilbert, N. (2003). Synthesizing Experiences: Lessons To Be Learned from Internet-Mediated Simulation Games. *Simulation & Gaming*, vol. 34, num. 1, 10-22.

Asal, V. (2005). Playing Games with International Relations. *International Studies Perspectives,* vol. 6, 359-373.

Bandura, A. (1986). *Social Foundations of Thought and Action: a Social Cognitive Theory*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, NJ.

CEFRIO (2009). *Génération C : Les 12-24 ans- Moteurs de transformation des organisation*s. Rapport synthèse, Québec, décembre.

Chevallier, S. (2003). *D'une démarche ergonomique pour le développement des logiciels de loisir*, Disponible à : http://www.hyperpsy.levillage.org/IMG/ pdf/DemarcheErgo06.pdf.

Christopher, E. M. (1999). Simulations and games as subversive activities. *Simulation & Gaming,* vol. 30, num. 4, 441-455.

Colan, O., Hampson, C., Peirce, N., Kickmeier-Rust, M. (2009). Realtime Knowledge Space Sill Assessment for Personnalized Digitail Educational Games. *IEEE International Conference on Advance Learning Technologies*, Riga, Lituanie.

Crooks, S.M., Eucker, T.R. (2001). "Fab 13": The learning factory. *Performance Improvement Quarterly*, vol. 12, num. 2, 108-124.

De Castell, S., Jenson, J. (2006). Contagion: A preview of content design. In *Proceedings of the IMAGINE Network Conference*, Banff, Alberta, March 25.

De Lucia, A., Franceses, R., Passero, I., Tortora, G. (2009). Development and Evaluation of a Virtual Campus on Second Life: The Case of Second DMI. *Computers & Education*, vol. 52, num. 1, janvier, 220-233.

Dessaint, M. P. (1995). Lire, écrire et être lu, In *Guide de planification, de rédaction et d'édition pour la conception de cours à distance,* Dessaint, M.P. (Ed.), Québec, Presses de l'Université du Québec, 83-140.

Doak, C.C, Doak, L.G., Root, J.H. (1996). *Teaching Patients with Low Literacy Skills*, Second Edition, Philadephia, J.B. Lippincott Company, (Ch 10 Learner Verification and Revision of Materials, 167-185 ; Appendix D – Learner Verification and Revision, 203-206).

Dufresne, A. (2000). *Introduction aux principes ergonomiques,* Disponible à : http://lrcm.com.umontreal.ca/dufresne/bta/ indexf2.html.

Ergolab (2003). *Faciliter la lecture d'informations sur le web,* Disponible à : http://www.ergolab.net/articles/faciliter-lecture-informations-web.html.

Facer, K., Joiner, R., Stanton, D., Reid, J., Hull, R., Kirk, D. (2004). Savannah: a mobile gaming experience. *Journal of Computer Assisted Learning,* vol. 20, 399-409, Disponible à : http://www2.futurelab.org.uk/resources/documents/external_publications/JCAL_Savannah_paper.pdf.

Garris, R., Ahlers, R. et Driskell, J.E. (2002). Games, Motivation, and Learning: A Research and Practice Model. *Simulation & Gaming*, vol. 33, num. 4, 441-67.

Goldenberg, D., Andrusyszyn, M.-A., Iwasiw, C. (2005). The Effect of Classroom Simulation on Nursing Students' Self-Efficacy Related to Health Teaching. *Journal of Nursing Education,* vol. 44, num. 7, 310-14.

Gosen, J., Wabush, J. (1999). As Teachers and Researchers, Where Do We Go from Here ? *Simulation & Gaming,* vol. 30, num. 3, 292-303.

Gray, A-R., Topping, K-J., Carcary, W-B. (1998). Individual and group learning of the Highway Code: comparing board game and traditional methods. *Educational-research: Windsor,* vol. 40, num. 1, 45-53.

Green, D.A. (2002). Last one standing: creative, cooperative problem solving. *Teaching children mathematics,* vol. 9, num.3, 134-39.

Griffiths, M. (2002). The educational benefits of videogames. *Education and Health,* vol. 20, num. 3, 47-51.

Gros, B. (2003 July). The impact of digital games in education. *First Monday*, vol. 8, num. 7, Disponible à : http://www.firstmonday.dk/issues/ issue8_7/xyzgros/

Hamalainen, R., Manninen, T., Javela, S., Hakkinen, P. (2006). Learning to collaborate: designing collaboration in 3-D game environment. *Internet and Higher Education*, vol. 9, 47-61.

Hingston, P., Combes, B., Masek, M. (2006). Teaching an undergraduate AI course with Games and simulation. *Lecture Notes in Computer Science*. 3942, 494-506.

Hoekma, J. (1983). Interactive videodisc: A new architecture. *Performance & Instruction*, vol. 22, num. 9*,* 6-9.

Kafai, Y.B. (2001). *The Educational Potential of Electronic Games: From Games–To–Teach to Games–To–Learn*. Presented in the Playing by the Rules Conference, Chicago, Oct 26.-27, Disponible à : http://culturalpolicy.uchicago.edu/conf2001 /papers/kafai.html.

Kandaswamy, S., Stolovitch, H., Thiagarajan, S. (1976). Learner verification and revision: An experimental comparison of two methods. *Audio-visual Communication Review*, vol. 24, num. 3, 316-328.

Kasvi, J.J. (2000). Not Just Fun and Games - Internet Games as a Training Medium. In *Learning With Computerised Simulation Games*, Kymäläinen, P., Seppänen, L., Cosiga, P. (Eds). Disponible à : http://www.knowledge.hut.fi/people/jkasvi/ NJFAG.PDF, 23-34.

Kellner, C. (2008). Utiliser les potentialités du multimédia interactif. In *Do it yourself 2.0. Comment et quoi faire soi-même à l'aide de logiciels, matériels et dispositifs numériques : de l'intérêt de la facilitation de l'action et de la production dans le monde numérique,* Jessel, J.P., Mpondo-Dicka, P. (Eds). Actes du colloque scientifique Ludovia – 2008, Ax les Thermes – Ariège : Institut de Recherche en Informatique de Toulouse et Laboratoire de Recherche en Audiovisuel, 27 - 29 août, 160-170.

Kirriemur, J., Macfarlane, C.A. (2004). *Literature Review in Games and Learning.* A Report for NESTA Futurelab, Disponible à : http://www.nestafuturelab.org/ research/reviews/08_01.htm.

Klare, G. R. (1984). Readability. In *Handbook of reading research,* Pearson, P.D. (Ed.), New York, Longman, 681-744.

Komoski, K. (1984). Formative Evaluation. The Empirical Improvement of Learning Materials. *Performance & Instruction Journal,* vol. 22, num. 5, 3-4.

Komoski, P.K. (1979). Counterpoint: Learner Verification of Instructional Materials. *Educational Evaluation and Policy Analysis,* vol. 1, num. 3, 101-103.

Krug, S. (2001). *Zéro prise de tête. Quelques règles simples et un zeste de bon sens pour concevoir des sites web intuitifs et efficaces*, Paris, Dunod.

Lavender, T.J. (2008). *Homeless: It's No Game – Measuring the Effectiveness of a Persuasive Videogame.* Thesis Master of science, School of Interactive Arts and Technology. Simon Fraser University, British Columbia.

Lavergne Boudier, V., Dambach, Y. (2010). *Serious Game, révolution pédagogique.* Collection Systèmes de formation et d'enseignement, Hermes Science publications, Lavoisier, Paris.

Legendre, R., (2005). *Dictionnaire actuel de l'éducation*. Guérin, Montréal.

Lieberman, D. A., (1998). *Health education video games for children and adolescents: Theory, design, and research findings.* Paper presented at the annual meeting of the International Communication Association, Jerusalem.

Livet, A. (2007). *Étude sur l'évolution ergonomique des logiciels de conception,* Mémoire de première année de master en Sciences Cognitives non publié, Université Lyon II, Bron, France.

Maddrell, J. (2008). *Article Review*, IDT 848 Evaluation Study Abstracts, Old Dominion University, octobre, Disponible à : d*esignedtoinspire.com/drupal/files/ArticleSummary%20 Maddrell.doc.*

Martin, E., Stork, S., Sanders, S. (1998). Teaching Tips. Creating Games for the Physical Education Learning Center. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance,* vol. 69, num. 4, 9-11.

MacFarlane, A., Sparrowhawk, A., Heald, Y. (2002). *Report on the educational use of video games: An exploration by TEEM (Teachers Evaluating Educational Multimedia) of the contribution which games can make to the education process.* Disponible à : http://www.teem.org.uk/publications/ teem_gamesined_full.pdf.

McNamara, D.S., Jackson, G.T., Graesser, A.C. (2010). Intelligent tutoring and games (ITaG). In* Gaming for classroom-based learning: Digital role-playing as a motivator of study, *Baek, Y.K. (Ed.), IGI Global.

Medley, C.F., Horne, C. (2005). Using Simulation Technology for Undergraduate Nursing Education. *Journal of Nursing Education,* vol. 44, num. 1, 31-4.

Millerand, F., Martial, O. (2001). *Guide pratique de conception et d'évaluation ergonomique de sites Web*, Centre de recherche informatique de Montréal, Montréal, Disponible à : http://www.crim.ca/files/documents/services/rd/Guide Ergonomique.PDF.

Nguyen, T., Chang, V., Chang, E., Jacob, C., Turk, A. (2008). A contingent method for usability evaluation of Web-based learning systems. In *Proceedings of the Society for Information Technology & Teacher Education Annual International Conference (19th International Conference of SITE 2008)*, McFerrin, K., Weber, R., Carlsen, R. et Willis D.A. (eds), Chesapeake, VA, AACE, 579-585.

Nielsen, J. (2000). *Designing Web Usability, the Practice of Simplicity*, New Riders Publishing, Indianapolis, IN.

Nogier, J.F. (2005). *Ergonomie du logiciel et design web.* Le manuel des interfaces utilisateur, Collection, InfoPro, Dunod, Paris.

Office québécois de la langue française (2003), Disponible à : http://www.oqlf.gouv.qc.ca

Peters, V., Vissers, G. (2004). A simple classification model for debriefing simulation games. *Simulation & Gaming*, vol. 35, num. 1, 70-84.

Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants. *On the Horizon*, vol. 9, num. 5, October, 1-6.

Rodet, J. (2000). La rétroaction, support d'apprentissage ? *Revue du Conseil québécois de la formation à distance*, vol. 4, num. 2, 45-74.

Rollings, A., Adams, E. (2003). Gameplay. *On Game Design*, chapter 7, New Riders, Disponible à : http://jnoodle.com/ lcgc/GamePlay.pdf.

Rosas, R., Nussbaum, M., Cumsille, P., Marianov, V. (2003). Beyond Nintendo: Design and Assessment of Educational Video Games for First and Second Grade Students. *Computer & Education*, vol. 40, 71-94.

Salopek, J.J. (1999). Stop Playing Games. *Training and Development*, vol. 53, num. 2, 28-38.

Sanchez, E., Ney, M., Labat, J.-M. (2011). Jeux sérieux et pédagogie universitaire. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, vol. 8, num. 01-02, 48-57, Disponible à : http://www.ritpu.org/IMG/pdf/RITPU_v08_n01-02_48.pdf.

Sandford, R., Williamson, B. (2005). *Games and learning.* Bristol, UK, futurelab, Disponible à : http://www.futurelab.org.uk/ resources/publications_ reports_articles/ handbooks/Handbook133.

Sauvé, L. (1995). Les médias: des outils indispensables pour réduire la distance. In *Guide de planification, de rédaction et d'édition pour la conception de cours à distance,* Dessaint, M.P. (Ed.), Québec, Presses de l'Université du Québec, 279-342.

Sauvé, L., Samson, D. (2004). *Rapport d'évaluation de la coquille générique du Jeu de l'oie du projet, Jeux génériques : multiplicateurs de contenu multimédia éducatif canadien sur l'inforoute,* SAVIE et Fonds Inukshuk inc., Québec.

Sauvé, L., Chamberland, G. (2006). *Jeux, jeux de simulation et jeux de rôle : une analyse exploratoire et pédagogique.* Cours TEC 1280 : Environnement d'apprentissage multimédia sur l'inforoute. Québec, Canada, Télé-université.

Sauvé, L., Hanca, G. (2007). *Validation d'une coquille générique de jeu éducatif auprès des enseignants : Parchesi. Étude de cas du projet : Apprendre par les jeux.* SAGE – SAVIE, Québec, novembre.

Sauvé, L. (2010a). Jeux éducatifs efficaces. In *Jeux éducatifs et simulations : étude de cas et leçons apprises,* Sauvé, L. et Kaufman, D. (Eds), Presses de l'Université du Québec, Québec, 43-72.

Sauvé, L. (2010b). Quelques règles médiatiques à respecter lors de la production d'une coquille générique de jeu éducatif. In *Jeux éducatifs et simulations : étude de cas et leçons apprises,* Sauvé, L. et Kaufman, D. (Eds), Presses de l'Université du Québec, Québec, 529-543.

Sauvé, L., Renaud, L., Kaufman, D. (2010). Les jeux, les simulations et les jeux de simulation pour l'apprentissage : définitions et distinctions. In *Jeux éducatifs et simulations : étude de cas et leçons apprises,* Sauvé, L. et Kaufman, D. (Eds), Presses de l'Université du Québec, Québec, 13-42.

Sauvé, L., Sénécal, S., Babin, M-J. (2012). *Étude de l'utilisation du jeu sérieux et du marketing viral pour sensibiliser les jeunes à l'importance de l'eau.* Rapport final, SAVIE et MSG, Québec, mars.

Schwabe, G., Göth, C. (2005) Mobile learning with a mobile game: design and motivational effects. *Journal of Computer Assisted learning*, vol. 21, 204-216.

Sedig, K. (2007). Toward operationalization of 'flow' in mathematics learnware. *Computers in Human Behavior,* vol. 23, num. 4, 2064-2092.

Shneiderman, B., Plaisant, C., (2004). *Designing the user interface: Strategies for effective Human-Computer Interaction* (4th ed.), Boston, MA, Addison Wesley.

Stolovitch, H.D., Thiagarajan, S. (1980). *Frame Games.* Educational Technology Publications, Englewood Cliffs, N.J.

Thiagarajan, S. (1998). The Myths and Realities of Simulations in Performance Technology. *Educational Technology,* vol. 38, num. 5, 35-40.

Thoa, E. (2006). *Introduction générale à l'ergonomie informatique.* Conférence à l'université de Marne-La-Vallée, Février, Disponible à : http://www.ergologique.com/documents/MLV2006_notes.pdf.

Thulal, A. N. (2003). Application of software testing in e-learning**.** *Proceedings of the National Workshop on IT Services and Applications*. Février, Disponible à : http://www.jmi.nic.in/Events/witsa2003/ AmritNathThulal.pdf.

Tran, C. D., George, S., Marfisi-Schottman, I. (2010). EDoS: An authoring environment for serious games design based on three models. *4th European Conference on Games Based Learning* - ECGBL2010, Copenhagen, Denmark, October, 393-402.

Van Houcke, M., Vereecke, A., Gemmel, P. (2005). The Project Scheduling Game (PSG): Simulating Time/Cost Trade-offs in Projects. *Project Management Journal*, vol. 36, num. 1, 51-59.

Williamson, B. et Facer, K. (2004). More than 'just a game': the implications for schools of children's computer games communities. *Education*, *Communication, & Information*, vol. *4,* num. 2/3, 255.

Wisner, A. (1972). *Textes généraux sur l'ergonomie*. Laboratoire de physiologie du travail et d'ergonomie, Paris.

Woltjer, G. B. (2005). Decisions and Macroeconomics: Development and Implementation of a Simulation Game. *The Journal of Economic Education,* vol. 36, num. 2, 139-44.

Yaoyuenyong, C., Hadikusumo, B.H.W., Ogunlana, S,O., Siengthai, S. (2005). Virtual Construction Negotiation Game – An interactive Learning tool for Project Management Negotiation Skill Training. *International Journal of Business & Management Education,* vol. 13, num. 2, 21-36.

Annexe 1 – *Les règles du jeu Eau Secours*

Les règles du jeu tiennent compte du mode d'utilisation du jeu : monoposte ou multi-joueurs.

Mode monoposte

Au nombre de 10, elles régissent l'ensemble des mouvements des joueurs :

1. La partie se joue avec deux joueurs.
2. L'ordinateur sélectionne au hasard le joueur qui débute la partie.
3. Au premier tour, chaque joueur place à tour de rôle un de ses pions sur la borne de départ (Entrée du joueur). Chaque pion ne peut être déplacé qu'une seule fois. Les joueurs utilisent 1 pion par tour.
4. Les tours se déroulent de la manière suivante :
    a. À chaque tour de jeu, le joueur place un pion sur une borne qui lui est accessible sur le trajet. Pour être accessible, une borne doit être liée par le trajet à une borne déjà possédée par le joueur.
    b. Le pion ne peut sauter par-dessus une borne vide ou contourner une borne possédée par un adversaire. Le joueur peut placer plusieurs pions sur une borne qu'il possède déjà ou sur la borne de l'adversaire, en plaçant un pion par tour.

c. Une fois le pion placé, le joueur doit répondre à une question. Une bonne réponse vaut 30 points et une mauvaise réponse vaut une ressource négative (poubelle radioactive). Ces ressources négatives s'accumulent et lorsque le joueur en a 3, il perd le niveau d'amélioration le plus élevé qu'il a placé sur son environnement ainsi que des points.
d. Bonne ou mauvaise réponse, le joueur possède tout de même la borne et la ressource (positive ou négative) quand il est le seul sur la borne ou lorsqu'il y a le pion le plus puissant.
e. Quand le joueur a placé son pion et qu'il a répondu à la question, c'est au tour de l'adversaire de placer son pion sur une borne et de répondre à une question.
f. Quand les deux joueurs ont placé leurs pions et répondu à une question, l'ordinateur comptabilise les ressources obtenues et affiche les résultats au-dessus de chaque environnement à améliorer situé de chaque côté du trajet.
g. Selon le total de ressources obtenues (gouttes d'eau et fleurs), les joueurs peuvent bâtir leur environnement en acquérant une amélioration. L'amélioration procure aussi des points qui sont ajoutés au total. Les joueurs peuvent acquérir une seule amélioration par tour.
h. Une fois ces étapes complétées, le jeu passe au tour suivant et les joueurs reprennent les étapes du point 4.

5. Les joueurs ont 12 tours pour compléter leur environnement en acquérant des améliorations. Pour ce faire, ils doivent acquérir 9 améliorations, soit 3 améliorations de niveau 1, 3 améliorations de niveau 2 et 3 améliorations de niveau 3. Pour acquérir une amélioration, les joueurs doivent posséder un certain nombre de ressources. Le coût d'une amélioration de niveau 1 est de 2 ressources positives (ou 2 gouttes d'eau), et ajoute 10 points au score ; le coût de niveau 2 est de 4 ressources positives (ou 4 gouttes d'eau), ajoutant 20 points au score ; l'amélioration de niveau 3 coûte 6 ressources positives (5 gouttes d'eau et une fleur), pour un gain de 35 points au score. Les joueurs ne peuvent acquérir qu'un seul niveau d'amélioration par tour.
6. Au début des tours 3, 6, 9 et 12, l'ordinateur affiche une question Bonus qui sera posée au hasard à l'un des 2 joueurs.
   a) S'il répond correctement à la question, il gagne la carte Bonus. Le joueur doit respecter les indications présentes sur la carte. Certaines cartes exigent une action immédiate et d'autres impliquent que l'action soit reportée au tour suivant.
   b) S'il ne répond pas correctement, son adversaire reçoit la carte Bonus.
7. Quand les joueurs accumulent 3 ressources négatives (poubelle radioactive) à la suite de mauvaises réponses, ils perdent le niveau d'amélioration le plus élevé de leur environnement et les points s'y rattachant. Pendant une partie, un joueur peut accumuler plusieurs fois 3 ressources négatives et ainsi perdre plusieurs améliorations.
8. Un joueur peut placer son pion sur la borne d'un adversaire. Quand les deux joueurs ont joué et qu'il y a égalité sur une borne, une question est posée au hasard à l'un des 2 joueurs. Si le joueur répond correctement, il gagne la ressource pour ce tour. S'il ne répond pas correctement, la ressource est donnée à l'adversaire. Ce procédé se répète tant qu'il y a égalité.
9. Si après 12 tours, aucun joueur n'a terminé le développement de son environnement, un tour supplémentaire apparaît. Après 20 tours, si les joueurs

n'ont pas complété leur environnement, le match est nul et aucun point supplémentaire n'est gagné.

10. La partie se termine si un des joueurs a complété son environnement à l'intérieur des 20 tours. Le premier joueur qui complète son environnement obtient 150 points supplémentaires. Si les deux joueurs complètent leur environnement en même temps à la fin d'un tour, ils obtiennent chacun 150 points supplémentaires. Le joueur qui a le pointage le plus élevé gagne la partie. Le résultat s'affiche à l'écran avec une animation pour souligner les résultats des joueurs et le gagnant.

Mode multi-joueurs

Seules les règles 1, 6 et 8 sont différentes dans le mode multi-joueurs.

1. La partie se joue avec deux joueurs. Les joueurs en compétition peuvent échanger verbalement (casque d'écoute) ou par écrit (*clavardage*) tout au long de la partie.
6. Au début des tours 3, 6, 9 et 12, l'ordinateur affiche une question Bonus. Les joueurs entrent en compétition pour répondre à cette question Bonus. Le premier des deux joueurs qui clique sur la réponse peut se mériter la Carte Bonus.
    a) S'il répond correctement à la question, il gagne la Carte Bonus. Le joueur doit respecter les indications présentes sur la Carte Bonus. Certaines cartes exigent une action immédiate et d'autres impliquent que l'action soit reportée au tour suivant.
    b) S'il ne répond pas correctement, son adversaire peut répondre à la question et gagner la Carte Bonus s'il répond correctement. Cependant, si l'adversaire n'a pas répondu correctement, la Carte Bonus échappe alors aux deux joueurs.

8. Un joueur peut placer son pion sur la borne d'un adversaire. Quand les deux joueurs ont joué et qu'il y a égalité sur une borne, une question apparaît. Le joueur qui répond correctement et le plus rapidement gagne la ressource pour ce tour. S'il ne répond pas correctement, la ressource est donnée à l'adversaire. Ce procédé se répète tant qu'il y a égalité.