HAL
open science

# De la réingénierie d'un serious escape game sur la société inclusive aux recherches en informatique

Mathieu Muratet, Mélissa Arneton, Marie-Hélène Ferrand, Véronique Geffroy, Anne Vanbrugghe, Delia Garbarini

## To cite this version:

Mathieu Muratet, Mélissa Arneton, Marie-Hélène Ferrand, Véronique Geffroy, Anne Vanbrugghe, et al.. De la réingénierie d'un serious escape game sur la société inclusive aux recherches en informatique. 1024 : Bulletin de la Société Informatique de France, 2020, 15, pp.73-81. hal-02536625

**HAL Id: hal-02536625**

**https://hal.science/hal-02536625v1**

Submitted on 8 Apr 2020

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

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

# De la réingénierie d'un *serious escape game* sur la société inclusive aux recherches en informatique

Mathieu Muratet [1 2], Melissa Arneton [2 3], Marie-Hélène Ferrand [2], Véronique Geffroy [2 3], Anne Vanbrugghe [2 4], Delia Garbarini [1 2]

## Introduction

Le rapport de l'OMS de 2011 estime que plus d'un milliard de personnes vivent avec un handicap (soit environ 15 % de la population). S'inscrivant dans une approche sociale du handicap, le rapport rappelle que la notion de handicap fait partie de la condition humaine, il indique que tout un chacun à un moment de sa vie sera confronté à une situation handicapante. En ratifiant la convention internationale des droits des personnes handicapées, plus de 150 pays se sont engagés depuis 2005 dans un changement sociétal majeur : le handicap n'est plus une caractéristique inhérente à un individu porteur d'une déficience ou d'un trouble mais il résulte d'entraves ou de limitations induites par la société. L'environnement social, technique ou humain n'offre pas la possibilité à tous et toutes de participer car des besoins spécifiques de communication ou d'action ne sont pas pris en compte. Plus que la promotion de valeurs humanistes, la ratification de la convention oblige les pays signataires à faire évoluer leurs systèmes juridiques, leurs pratiques institutionnelles et les comportements et représentations des acteurs professionnels pour mettre en œuvre une société

1. Sorbonne Université, CNRS, LIP6, F-75005 Paris, France
2. Université Paris Lumière, INSHEA, 92100 Suresnes, France
3. Grhapes (EA 7287)
4. Université Paris Lumière, Paris 8, SFL (UMR 7023), 93200 Saint Denis, France

respectueuse de chacun et chacune sans discrimination. Un changement de modèle est en cours dont les lois sont des indicateurs de transformation vers une société plus juste. Mais comment accompagner ce changement de modèle en formation ? Comment sensibiliser les citoyens à cette question de la société inclusive ?

Pour contribuer à répondre à ces questions, une équipe d'enseignants et de formateurs de l'INSHEA [5] (Institut national supérieur sur le handicap et les enseignements adaptés) ont réaménagé un jeu existant de type escape game. Nous présentons dans cet article la genèse du projet ainsi que le travail de réingénierie opéré sur le jeu. Nous compléterons cette présentation en dégageant quelques problématiques de recherche en informatique en lien avec ce projet.

## Du *Learning-Scape* à l'*E-LearningScape Access*

*E-LearningScape Access* est une adaptation du jeu *E-LearningScape* lui-même inspiré du *LearningScape* conçu par SAPIENS [6] et le CRI [7]. La version originale consistait en un *escape game* grandeur nature traitant du thème de la pédagogie [1]. Dans cette version du jeu, les participants (en équipe de quatre) jouent le rôle de marchands de sable immergés dans le rêve de Camille, une jeune enseignante-chercheuse à la veille de son premier enseignement. Leur défi consiste à aider Camille à structurer sa pensée durant son sommeil par la résolution d'énigmes sur le thème de la pédagogie. Bien que ce format grandeur nature soit particulièrement apprécié des participants, la contrainte principale de ce genre de jeu est le passage à l'échelle des trois salles réelles prévues. En effet, déplacer l'*escape game* et en créer des copies nécessite un investissement important en temps et en équipement. C'est dans ce contexte que *E-LearningScape* a été développé par Sorbonne Université à travers l'équipe MOCAH du LIP6 [8], le projet Play@SU et CAPSULE [9].

*E-LearningScape* reprend le thème et l'atmosphère du jeu original mais le transforme en un jeu hybride mêlant réel et virtuel. Les concepteurs de ce jeu ont choisi de maintenir certains éléments du jeu dans le monde réel afin d'encourager la collaboration entre les joueurs. *E-LearningScape* peut donc être joué par deux à cinq joueurs autour d'un ordinateur. Les joueurs évoluent dans un univers virtuel, découvrent des fragments de rêve leur donnant accès à du matériel dans le monde réel. Ils résolvent alors des énigmes à l'intérieur et à l'extérieur du jeu vidéo, ces deux

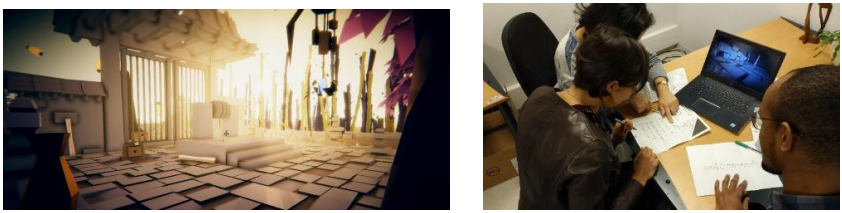
5. L'une des missions de l'INSHEA est la formation initiale et continue de professionnels afin qu'ils participent à la mise en œuvre d'une société plus équitable pour tous et toutes qu'ils soient ou non en situation de handicap et ce, à tous les âges de la vie et plus particulièrement dans le domaine de l'école et de la formation.

6. Service d'accompagnement aux pédagogies innovantes et à l'enseignement numérique de Sorbonne Paris Cité

7. Centre de recherche interdisciplinaire

8. Laboratoire d'informatique de Paris 6

9. Centre d'accompagnement pour la pédagogie et support à l'expérimentation



(a) (b)

FIGURE 1. Images du jeu *E-LearningScape*

facettes s'alimentant mutuellement. Le jeu permet aussi, par la mise en situation, de faire un apprentissage réflexif sur différentes manières d'apprendre et de travailler ensemble.

Dans un troisième temps, le jeu a fait l'objet d'une seconde adaptation pour sensibiliser à l'accompagnement d'enfants ou d'adultes en situation de handicap par des professionnels : *E-LearningScape Access*. Les mécaniques des énigmes ont été conservées et les éléments textuels et visuels ont été modifiés pour traiter des questions relatives à la société inclusive. Les différentes versions d'*E-LearningScape* sont disponibles à l'adresse suivante `https://github.com/Mocahteam/E-LearningScape`.

## Réingénierie du jeu pour une société inclusive

Le processus de réingénierie a impliqué sept enseignants et formateurs de l'INSHEA afin d'adapter le jeu *E-LearningScape*. L'objectif est de créer un support pédagogique interactif et engageant pour des joueurs entrant en formation ou se spécialisant sur la mise en œuvre d'une société moins exclusive. La scénarisation ainsi que le contenu des énigmes ont été retravaillés afin d'aborder la question de l'accessibilité, autrement dit la prise en compte par l'environnement notamment humain des besoins particuliers des individus confrontés à des situations de handicap. Le développement d'une société inclusive passe par l'adoption de pratiques non-discriminantes, vis-à-vis des personnes qui diffèrent des normes jusqu'à présent dominantes en terme de mobilité ou de fonctionnement intellectuel par exemple. Pour ce faire, quatre thématiques sont abordées dans ce développement du jeu : 1) être personne ressource pour les autres professionnels ; 2) rendre accessible des ressources ; 3) analyser/identifier les besoins et 4) adapter sa pratique pour répondre aux besoins.

Mobiliser un artefact informatique pour accompagner, améliorer voire augmenter les processus d'apprentissage et d'enseignement d'étudiants contribue à leur investissement dans les apprentissages [2,3]. En travaillant en équipe à résoudre

des énigmes, les apprenants sont amenés à rassembler les différentes aptitudes et connaissances de chaque membre de l'équipe, qu'il s'agisse de compétences dans l'usage du numérique (observer et se déplacer dans un environnement virtuel), dans l'appréhension d'une interface à plusieurs niveaux d'information (salle du jeu, gestion des onglets de ressources collectées par l'équipe, recours ou non aux aides automatiques...), mais aussi dans la planification et la résolution de problèmes. Cette version du jeu vise à utiliser les possibilités numériques dans une activité nécessitant de travailler en équipe à la réalisation d'un objectif commun : participer à l'accessibilité de la société pour tous et toutes. Elle doit conduire les joueurs à réfléchir à la possibilité pour eux d'être une personne ressource pour d'autres acteurs professionnels profanes sur ces questions.

Les contenus des énigmes recourent à des outils d'adaptations (braille, alphabet dactylologique, thermogonflage d'un labyrinthe...) afin de sensibiliser à la question de l'accessibilité des ressources. De manière générale, la charge cognitive sollicitée dans la résolution des épreuves renvoie à la question de l'attention et de la planification pour résoudre des tâches, éléments qui peuvent poser des difficultés à des individus présentant des troubles cognitifs par exemple. Face à la nécessité de planifier, le travail en équipe se présente alors comme un élément de mise en accessibilité au travers d'un partage des tâches entre les membres. D'autres énigmes confrontent, quant à elles, les joueurs aux entraves que l'environnement peut mettre en œuvre à la compréhension d'un contenu ou d'une tâche. Par exemple, une énigme se base sur la distorsion de lettres présentées en courbe, l'utilisation d'un miroir permet de refléter les éléments pertinents pour identifier le mot réponse de stigmatisation. Il s'agit alors de leur faire prendre conscience, de manière empirique, de la nécessité d'analyser et d'identifier les besoins spécifiques en présence pour concevoir des supports les plus inclusifs possibles.

En sus des apprentissages faits entre pairs selon une approche d'apprentissage tutoré, le jeu est l'occasion pour l'enseignant de faire une introduction moins formelle au thème des besoins particuliers et de l'accessibilité. Ainsi, l'une des premières énigmes à résoudre propose différentes désignations utilisées au cours de l'histoire contemporaine pour évoquer les personnes en situation de handicap (déficience, incapacité, désavantage, limitation...). Les réponses permettant de résoudre l'énigme (à savoir : fonctions / participation / capacité) renvoient au changement de paradigme socioconstructiviste du handicap qui met l'accent sur le fait qu'une situation de handicap résulte non pas des individus mais des entraves induites par l'environnement. Le débriefing qui suit directement la phase de jeu vise à faire prendre conscience aux joueurs des notions liées à l'accessibilité et à l'identification des besoins y compris dans une perspective historico-culturelle.

Enfin, la mobilisation d'une analyse didactique de l'activité [4] permet à chaque joueur de s'engager dans une activité métacognitive sur les différentes manières

d'apprendre et de travailler et sur les différentes voies possibles pour atteindre un même objectif final. Il s'agit d'un apport important du jeu au niveau individuel. La dimension expérientielle du jeu confronte chaque joueur à ses propres représentations et pratiques concernant le handicap. Ainsi, l'énigme dite des lunettes invite les joueurs à changer de regard. La récupération de différents éléments les amène à observer plusieurs individus au travers de deux verres de lunettes : l'un d'eux rend visibles les situations de handicap, l'autre filtre les handicaps visibles pour révéler les individus qui semblent sans entrave alors qu'ils en ont. Mises ensemble, la paire de lunettes donne à voir les individus comme une foule dont certains sont porteurs de handicap invisible au premier abord. Le jeu est l'occasion pour chaque joueur de réfléchir à comment adapter sa pratique et s'adapter à d'autres réalités ; une réflexion s'engage pour chacun par rapport aux membres de son équipe et par rapport aux autres équipes.

## Problématiques de recherche sous-jacentes en informatique

Produire une ressource pédagogique sur le thème de la société inclusive et de l'accessibilité requiert qu'elle soit elle-même accessible. Or, cette question de l'accessibilité dans des environnements hautement interactifs, tels que les jeux vidéo pose de nombreux défis. Les jeux vidéo sont des environnements multimodaux qui demandent aux joueurs d'avoir des compétences sensorielles, mentales et motrices pour capter les stimuli produits par le jeu et fournir des réponses en retour à travers la maîtrise des périphériques d'entrée (manipuler une manette, un clavier, une souris, une interface tactile...) [5,6,7,8]. Le manque d'accessibilité d'un jeu peut être dû à la non perception des stimuli (en raison d'une déficience visuelle ou auditive par exemple) mais également à l'incapacité du joueur à analyser ces stimuli et à fournir une réponse en retour. Une surcharge de stimuli visuels et auditifs peut ainsi mettre en difficulté des joueurs ayant une déficience cognitive qui auront probablement des difficultés à trier l'information et à déterminer la réponse à fournir. Une déficience motrice, quant à elle, limitera le joueur dans la mise en œuvre de la réponse si elle se traduit par la manipulation des commandes de jeu, surtout si celle-ci doit être réalisée dans un temps limité.

L'approche *UA-Games* [9,5,10] consiste à concevoir des jeux vidéo universellement accessibles et renvoie aux recherches menées en EIAH [10] sur les trois dimensions de l'adaptation [11] et les notions d'environnements adaptés, adaptables et adaptatifs. Les jeux adaptés visent un profil particulier de joueur et les modalités d'interaction seront donc fixées lors de la conception. L'environnement créant la situation de handicap, un jeu adapté pour une déficience particulière risque de générer en conséquence une inaccessibilité pour les autres joueurs. Le jeu *A blind Legend* [11]

10. Environnements informatiques pour l'apprentissage humain
11. `http://www.ablindlegend.com/`

en est un exemple singulier. Ce jeu met le joueur dans la peau d'un personnage aveugle où le seul canal de communication utilisé est le son. Ce jeu est donc par nature inaccessible aux joueurs ayant un trouble de l'audition. Les jeux adaptables sont les plus répandus ; en effet, les jeux récents intègrent de plus en plus de menus permettant aux joueurs de personnaliser les modalités d'interaction à leur convenance (vitesse de déplacement du dispositif de pointage, couleurs/contrastes, touches/boutons de contrôle, choix de la difficulté...). Ces paramètres permettent donc à tous les joueurs d'adapter le jeu à leur convenance pour améliorer leur expérience de jeu. Les jeux adaptatifs sont quant à eux plus rares, car ils doivent intégrer un modèle du joueur ou de la résolution des défis proposés afin d'adapter automatiquement les interfaces ou les contenus aux difficultés rencontrées par les joueurs.

Dans le cadre du projet *E-LearningScape Access*, nous travaillons ces dimensions de l'adaptation selon deux problématiques : Comment intégrer de nouvelles mécaniques de jeu et modalités d'interaction non prévues initialement lors de la conception du jeu ? Comment fournir une aide en temps réel s'adaptant aux difficultés du joueur ?

## L'architecture logicielle Entité-Composant-Système

Pour répondre à la première problématique, nous étudions les apports de l'architecture logicielle Entité-Composant-Système (ECS), architecture avec laquelle le jeu *E-LearningScape* a été développé. Historiquement, le développement de jeux vidéo repose majoritairement sur le paradigme de programmation orientée objet (POO) dont C#, C++ et Java sont les langages de programmation les plus utilisés. Néanmoins les principes inhérents à la POO tel que l'encapsulation, l'envoi de message et l'héritage peuvent rendre difficile la maintenance et l'évolutivité d'un moteur de jeu vidéo. Avec une approche orientée objet, les développeurs modélisent les éléments du jeu sous la forme de classes pouvant être spécialisées en sous-classes, etc. Le processus de développement des jeux vidéo étant hautement itératif, l'ajout de nouvelles mécaniques de jeu ou modalités d'interaction peut entraîner des modifications de la modélisation initialement envisagée. Ces modifications ont alors des impacts forts sur les développements et requièrent des phases de restructuration de code importantes, coûteuses en temps de développement et sources de bugs. La rigidité de l'arbre d'héritage est donc un frein dans ce contexte.

L'ECS utilise, quant à elle, une approche orientée données et s'articule autour de trois concepts [12,13]. Les entités (premier concept) représentent les objets du jeu mais ne contiennent ni données, ni méthodes. Une entité est une simple référence vers une collection de composants (deuxième concept) qui contiennent, eux, les données. Les composants décrivent les aspects d'une entité comme sa couleur, sa taille, sa vitesse, etc. Un composant peut-être ajouté ou supprimé dynamiquement à une entité. Enfin, les systèmes (troisième concept) définissent la logique de jeu.

Ils accèdent aux composants des entités afin de les traiter et les mettre à jour. Ils modifient ainsi les données du jeu et mettent en œuvre la simulation. ECS est une architecture logicielle où la simulation est dirigée par les données et se base sur la notion de composition, au contraire de l'approche orientée objet focalisée sur l'encapsulation et l'héritage.

L'ECS a été développée pour répondre à deux problématiques : améliorer la modularité des codes informatiques et améliorer les performances des moteurs de jeu. Concernant la modularité, l'approche dirigée par les données permet d'ajouter de nouvelles mécaniques de jeu ou modalités d'interaction avec un impact limité sur le code existant. Pour intégrer une nouvelle caractéristique, le développeur doit (1) définir les composants nécessaires au stockage des données, (2) ajouter ces composants aux entités concernées et (3) implémenter les systèmes qui traiteront ces composants. Ainsi, ajouter une nouvelle mécanique de jeu a un impact limité sur les codes existants. Du point de vue de la performance, l'ECS permet de contrôler l'organisation des données en mémoire et permet ainsi d'optimiser l'accès aux composants.

Nous cherchons donc à évaluer à travers *E-LearningScape Access* si les promesses de l'ECS en terme d'accessibilité permettent l'intégration de fonctionnalités d'accessibilité non anticipées lors de la conception du jeu et ce, avec un impact limité sur les codes existants.

## Suivi de l'activité du joueur

La seconde problématique abordée dans le projet consiste à fournir des aides aux joueurs en fonction des difficultés rencontrées en cours de jeu. Cette problématique fait appel à des travaux sur l'analyse des traces et la modélisation des procédures de résolution. Nous exploitons le formalisme des réseaux de Petri pour modéliser les solutions expertes du jeu [14]. Nous entendons, par solutions expertes, les procédures prescrites par les concepteurs du jeu pour résoudre les différentes énigmes. Nous avons choisi d'exploiter les réseaux de Petri, car ils ont montré depuis longtemps leur capacité à modéliser des systèmes extrêmement complexes avec de grands espaces d'états, et notamment les jeux sérieux [15]. Le formalisme des réseaux de Petri s'appuie à la fois sur une théorie mathématique formelle rendant le modèle traitable par la machine et sur une représentation graphique lisible par des humains.

Bien que le formalisme des réseaux de Petri soit manipulable par un humain, modéliser la dynamique d'un jeu vidéo reste complexe à réaliser. Pour aider les concepteurs d'un jeu vidéo dans cette tâche, notre démarche consiste à demander aux concepteurs du jeu de créer à la main des réseaux de Petri simples. Un réseau de Petri simple représente un pattern de comportement générique qui peut être associé à une entité isolée sans se préoccuper des dépendances qu'elle peut avoir avec les autres entités. Les liens entre les différentes entités du jeu sont ensuite exprimés à

l'aide d'un langage spécifique et de relations logiques. Ces expressions sont ensuite analysées pour générer un réseau de Petri complet modélisant la simulation telle que décrite.

Le réseau de Petri ainsi produit est exploité et notamment son graphe de couverture pour vérifier différentes propriétés. Par exemple, nous vérifions si une action du joueur est réalisable dans la suite de la simulation, ou a déjà été réalisée, ou nous vérifions si le joueur s'est mis dans une situation où il ne pourra plus atteindre la fin du jeu. L'analyse de ces propriétés nous permet d'étiqueter chaque action du joueur avec des labels sémantiques qui sont ensuite exploités pour déterminer la meilleure aide à apporter au joueur au cours du jeu. Les premières expérimentations du jeu menées en ajoutant une aide en ligne indiquent une plus grande autonomisation des équipes dans la gestion du jeu, l'analyse des traces a posteriori devrait permettre d'aller plus loin dans l'investigation de l'apport d'un tel formalisme, en termes de mise en accessibilité d'un jeu vidéo.

## Conclusion

La mise en œuvre d'une société inclusive invite à transformer les modèles de pensée qui doivent être accompagnés par des ressources elles-mêmes accessibles. *E-LearningScape Access* en est un exemple singulier. Le travail engagé de réingénierie pour adapter les contenus du jeu sur le thème de l'accessibilité et des besoins particuliers a soulevé en parallèle des questions de recherche en informatique. Ces questions portent sur des problématiques de génie logiciel – ou comment aider les développeurs à intégrer dans les outils numériques des fonctionnalités d'accessibilité qui n'avaient pas été anticipées au moment des différentes étapes de conception – et sur des problématiques d'EIAH - ou comment proposer des outils intelligents capables de proposer une aide en temps réel circonstanciée à l'activité de l'usager.

## Bibliographie

[1] V. Roger et M. Freudenthal, « Créer un escape game pédagogique », 10 Décembre 2019. Accessible à `https://sapiens-uspc.com/creer-un-escape-game-pedagogique-dossier-learningscape/`.

[2] E. Sanchez, M. Ney et J.-M. Labat, « Jeux sérieux et pédagogie universitaire : de la conception à l'évaluation des apprentissages« , Revue Internationale des technologies en pédagogie universitaire, vol. 8, n °11-2, pp. 48-57, 2011.

[3] T. Carron, M. Muratet, B. Marne et A. Yessad, « Analyser et représenter la progression de la difficulté d'un jeu sérieux du point de vue ludique et pédagogique », dans Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Strasbourg, 2017.

[4] V. Caraguel et K. Guiderdoni-Jourdain, « Jeu sérieux à l'université : quels apports sur l'engagement des équipes ? », Carrefours de l'éducation, vol. 44, n °12, pp. 196-210, 2017.

[5] D. Grammenos, A. Savidis et C. Stephanidis, « Designing Universally Accessible Games », ACM Computers in Entertainment, vol. 7, n °11, p. Article 8 (29 pages), 2009.
[6] R. McCrindle et D. Symons, « Audio space invaders », chez Third International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, 2000.
[7] B. Yuan, E. Folmer et F. Harris, « Game accessibility : A survey », Universal Access in the Information Society, vol. 10, pp. 81-100, 2011.
[8] IGDA, « Accessibility in Games : Motivations and Approaches », International Game Developers Association, 2004.
[9] D. Grammenos, A. Savidis et C. Stephanidis, « Unified Design of Universally Accessible Games », chez Universal Access in Human-Computer Interaction, Beijing, 2007.
[10] F. E. Garcia et V. P. de Almeida Neris, « A Data-Driven Entity-Component Approach to Develop Universally Accessible Games », Universal Access in Human-Computer Interaction, 2014.
[11] K. Sehaba, « Adaptation dynamique des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain », Université Lumière, Lyon 2, 2014.
[12] S. Bilas, « A Data-Driven GameObject System », chez Game Developers Conference, 2002.
[13] B. Capdevila, « Serious game architecture and design : modular component-based data-driven entity system framework to support systemic modeling and design in agile serious game developments », Université Pierre et Marie Curie, Paris, 2013.
[14] L. L. Peterson, Petri Net Theory and the Modeling of Systems, Prentice Hall, 1981.
[15] M. Araújo et L. Roque, « Modeling Games with Petri Nets », chez Digital Games Research Association, 2009.