



HAL
open science

Jeux Éducatifs Mobiles : JEM Inventor, un outil auteur fondé sur une approche de conception gigogne

Aous Karoui

► To cite this version:

Aous Karoui. Jeux Éducatifs Mobiles : JEM Inventor, un outil auteur fondé sur une approche de conception gigogne. Education. Le Mans Université, 2018. Français. NNT : 2018LEMA1015 . tel-01893480

HAL Id: tel-01893480

<https://theses.hal.science/tel-01893480v1>

Submitted on 11 Oct 2018

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.

THÈSE DE DOCTORAT D'INFORMATIQUE

LE MANS UNIVERSITÉ
COMUE UNIVERSITÉ BRETAGNE LOIRE

ÉCOLE DOCTORALE N° 601
*Mathématiques et Sciences et Technologies
de l'Information et de la Communication*
Spécialité : Informatique (CNU 27)

Par

Aous KAROUI

**Jeux Éducatifs Mobiles : JEM Inventor, un outil auteur fondé sur une
approche de conception gigogne**

Thèse présentée et soutenue à Laval, le 21/09/2018

Unité de recherche : LIUM

Thèse N° : 2018LEMA1015

Rapporteurs avant soutenance :

Jean-Marc LABAT
Professeur des Universités émérite
Sorbonne Université

Jean-Charles MARTY
Maître de Conférences HDR
Université Savoie Mont Blanc

Composition du Jury :

Baltasar FERNÁNDEZ-MANJÓN Professeur des Universités
Universidad Computense de Madrid

Jean-Marc LABAT Professeur des Universités émérite
Sorbonne Université

Jean-Charles MARTY Maître de Conférences HDR
Université Savoie Mont Blanc

Margarida ROMERO Professeure des Universités
Université Nice Sophia Antipolis

Sébastien GEORGE Professeur des Universités
Le Mans Université
Directeur de thèse

Iza MARFISI-SCHOTTMAN Maître de Conférences
Le Mans Université
Co-encadrante de thèse

Dédicace

Je sortais du métro parisien... Il était 9h ou presque, le 11 septembre 2012. Nerveux, fébrile, je me tenais face à la tour de Jussieu. Encore désorienté sous le vacarme de la capitale, je cherchais dans tous les sens le bâtiment 26_00... Je ne voulais pas être en retard pour mon premier entretien de stage en France.

Quelques minutes plus tard, elle m'avait accueilli, l'ambiance était décontractée. Son sourire m'avait réchauffé le cœur. Bref, j'ai été accepté en stage !

Deux ans plus tard, après plusieurs expériences en recherche publique et privée, nous nous sommes rencontrés par hasard (ou c'est le destin !), de nouveau à Jussieu. Elle m'a demandé ce que j'allais faire après le master. Je n'étais pas encore décidé... Elle m'a dit que j'avais les "qualités" pour faire une thèse, qu'elle allait m'envoyer des sujets...

Aujourd'hui, me voilà tout proche de la soutenance, très fier de tracer mes petits pas dans l'univers fascinant de la recherche auquel elle m'avait initié.

À Elisabeth Delozanne, je dédicace ce manuscrit !

Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu Jean-Charles Marty, Maître de Conférences HDR à l'Université Savoie-Mont Blanc, de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'être rapporteur de cette thèse. Je le remercie également d'avoir suivi ce travail dans le cadre de mon comité de suivi de thèse. Son expertise en EIAH et en jeux sérieux rend d'autant plus estimable sa présence en tant que rapporteur.

Je remercie également Jean-Marc Labat, Professeur des Universités émérite à Sorbonne Université, de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'être rapporteur de cette thèse. Son rôle important dans le champ des outils auteurs de jeux sérieux rend d'autant plus appréciable sa présence en tant que rapporteur.

Je remercie Baltasar Fernández-Manjón, Professeur à l'Université Complutense de Madrid, d'avoir accepté d'examiner mon manuscrit écrit dans une langue qui n'est pas la sienne. Je suis très honoré par sa présence dans mon jury en tant qu'expert du domaine reconnu à l'échelle internationale.

Je remercie Margarida Romero, Professeur des Universités à l'Université Nice Sophia Antipolis, d'avoir accepté d'examiner mon travail et faire partie de mon jury. Son expertise en sciences cognitives et en technologie éducative me rend d'autant plus honoré par sa présence dans mon jury.

Je remercie tout spécialement Iza Marfisi-Schottman, pour m'avoir accompagné tout au long de ce travail, guidé mes premiers pas de doctorant, par sa pédagogie, ses conseils, sa disponibilité et son enthousiasme. Je la remercie également pour la mise en contact avec Émilie Denos, ingénieure pédagogique à l'Université du Mans, qui m'a ouvert la voie vers des expérimentations à grande échelle et une mise en valeur de mon travail.

Je remercie également Sébastien George, pour la qualité de son encadrement, pour les idées qu'il a su m'insuffler, sa proximité et tout ce qu'il m'a appris. Il m'a aussi montré qu'il est possible au travail, d'associer enthousiasme et rigueur, que l'on peut pratiquer un sport de compétition et avoir une carrière académique très respectueuse. Au cours de ces années, Sébastien George était pour moi, plus qu'un directeur de thèse mais une source d'inspiration.

Je remercie tous les enseignants, concepteurs et étudiants qui ont participé à mes expérimentations, en particulier Émilie Denos et Mona Lira de l'Université du Mans et Jean Michel Launay de l'IUT de Laval. Je remercie également le personnel de la BU du Mans et de Laval ainsi que les étudiants et le directeur de l'UCO.

Merci à mes collègues doctorants et post-doctorants : Aicha, Esteban, Damien, Guillaume, Inès, Nour, Oussema, Pierre-Yves, Quentin, Vincent, Younes et tous les autres anciens et nouveaux, pour leur soutien et leur amitié, pour avoir fait de ces journées au bureau un vrai plaisir. Merci à Marc Leconte pour les échanges intéressants que nous avons souvent eus et pour m'avoir donné des idées et des pistes intéressantes pour le développement.

Merci à tous les membres de l'équipe iEIAH et plus largement du LIUM pour leur accueil. Je remercie également tous mes collègues de l'IUT de Laval, en particulier des départements Informatique et MMI.

Un grand merci à mes parents, pour leur soutien moral et financier durant mon cursus scolaire et universitaire, et pour m'avoir offert une éducation qui m'a permis d'aboutir à cette thèse.

SOMMAIRE

Chapitre 1. INTRODUCTION	8
1.1 Contexte de recherche	8
1.1.1 Constat	8
1.1.2 Les recherches sur les Jeux Éducatifs Mobiles	10
1.1.3 Conclusion	13
1.2 Problématique	13
1.3 Objectif et hypothèses	15
1.4 Démarche et organisation de la thèse	16
1.4.1 Méthode de recherche	16
1.4.2 Application de la méthode et organisation du manuscrit	16
1.5 Conclusion	18
Chapitre 2. ÉTAT DE L'ART : JEUX ÉDUCATIFS MOBILES ET ANALYSE DES BESOINS	19
2.1 Introduction	19
2.2 Apprendre en dehors de la classe : courants théoriques et pratiques éducatives	19
2.2.1 Historique	19
2.2.2 L'éducation « hors les murs » contemporaine	20
2.2.3 Conclusion	22
2.3 Analyse de Jeux Éducatifs Mobiles	23
2.3.1 Critères de présélection	23
2.3.2 Méthode de recherche bibliographique	23
2.3.3 Méthode de sélection	24
2.3.4 Analyse des Jeux Éducatifs Mobiles retenus	25
2.3.5 Analyse complémentaire de Jeux Éducatifs Mobiles récents	32
2.3.6 Discussion	37
2.3.7 Conclusion	39
2.4 Analyse de besoins des utilisateurs	39
2.4.1 Rapport des enseignants aux nouvelles technologies et à la mobilité	40
2.4.2 Prise de contact et sondage	41
2.4.3 Résultats du sondage	41
2.5 Conclusion	45
Chapitre 3. ÉTAT DE L'ART PARTIE 2 : OUTILS AUTEURS	46
3.1 Introduction	46
3.2 Introduction aux outils auteurs	46
3.2.1 Définition	46
3.2.2 Outils auteurs de jeux éducatifs sur PC	47
3.3 Analyse d'outils auteurs de JEM	47
3.3.1 Méthode de recherche	47
3.3.2 Méthode d'analyse	48
3.3.3 Analyse d'outils auteurs	50
3.3.4 Discussion	60
3.4 Conclusion	63
Chapitre 4. CONTRIBUTIONS : MODÈLE DE JEM, MODÈLE DE CONCEPTION GIGOGNE ET RÉIFICATION DANS JEM INVENTOR	64
4.1 Introduction	64

Chapitre 1. INTRODUCTION

4.2	Démarche de conception	64
4.2.1	Associer les enseignants à la conception des outils auteurs	64
4.2.2	Entretiens exploratoires	65
4.3	Modèle de JEM	66
4.3.1	Une conception orientée enseignant pour plus d'accessibilité	66
4.3.2	Template de base	66
4.3.3	Du <i>template</i> au modèle	69
4.3.4	Conclusion	75
4.4	Modèle de conception gigogne	75
4.4.1	Constat	75
4.4.2	Complexité des outils auteurs en EIAH	75
4.4.3	Approche gigogne	77
4.4.4	Conclusion	84
4.5	Réification des propositions dans JEM Inventor	84
4.5.1	Réutilisation de l'existant	84
4.5.2	JEM Inventor	86
4.5.3	Conclusion	95
4.6	Conclusion	96
Chapitre 5. ÉVALUATION		97
5.1	Introduction	97
5.2	Méthodes	97
5.2.1	Critères d'évaluation	97
5.2.2	Structure des expérimentations	98
5.2.3	Protocole général de recueil de données	99
5.3	Expérimentations	101
5.3.1	Pré-expérimentation : « Mise à l'essai »	101
5.3.2	Expérimentation 1 : « Focus sur le mode standard »	104
5.3.3	Expérimentation 2 : L'avis des « experts »	112
5.3.4	Conclusion	121
5.4	Conclusion	121
Chapitre 6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES		123
6.1	Principales contributions	123
6.2	Limites et perspectives	125
6.2.1	Perspectives techniques et diffusion des travaux	126
6.2.2	Perspectives de recherche	128
Bibliographie		134
Annexes		143

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Les équipes directrices et de terrain jouant à Frequency 1550	26
Figure 2. Un étudiant en découverte d'un campus via TheMobileGame	27
Figure 3. Gaius' Day version Explore!	28
Figure 4. "Mr Q" donne des instructions aux joueurs de Power Agent	30
Figure 5. Un personnage historique dans le rôle de la « femme fantôme » raconte l'histoire du château aux élèves dans Skattjakt	31
Figure 6. Un étudiant cherche un point d'intérêt. À son arrivée, il consulte une vidéo présentant des informations sur le département.	32
Figure 7. Les différents points d'intérêts dans Mystery at the Lake	34
Figure 8. Exemple de la superposition du contenu pédagogique sur la reproduction du canard colvert à une image réelle fournie par la caméra de la tablette	35
Figure 9. Les étapes représentant le cycle d'une activité dans EduPARK	36
Figure 10. Résultats concernant l'expérience en scénarisation ludique	42
Figure 11. Investissement prévu par les enseignants en fonction de leur expérience en scénarisation ludique	43
Figure 12. Interface de conception d'App Inventor	50
Figure 13. Interface de conception d'ARIS	52
Figure 14. Interface de conception d'ARLearn	54
Figure 15. Interface de conception de Pocket Code	56
Figure 16. Interface de conception de Furet Factory	58
Figure 17. Interface de conception de mLearn4web	59
Figure 18. Structure simplifiée d'une l'UJS	67
Figure 19. Enchaînement des évènements au sein de l'UJS	68
Figure 20 Vue partielle de la structure détaillée de l'UJS	69
Figure 21 Principe d'incorporation du composant "QCM"	71
Figure 22. Vue intégrale du modèle de JEM	74
Figure 23. Accès aux composants au niveau standard	79
Figure 24. Accès aux composants au niveau intermédiaire	81
Figure 25. Accès aux composants au niveau expert	83
Figure 26 - Architecture d'App Inventor (documentation officielle du MIT)	85
Figure 27 - Logo de l'outil auteur « JEM Inventor »	86
Figure 28. Communication entre serveurs Appengine et buildserver	86
Figure 29. Maquette du mode standard validée lors des entretiens exploratoires	87
Figure 30. Aperçu de l'interface actuelle JEM Inventor (prototype v1.2)	88
Figure 31. Palette de composants de JEM Inventor	90
Figure 32. Affichage du contenu pédagogique en mode déclencheur manuel, au moment d'appui sur le bouton suivant	91
Figure 33. Affichage du contenu pédagogique en mode déclencheur par GPS	92
Figure 34. Évolution des fonctionnalités de la palette édition entre les trois modes	93
Figure 35. Évolution de la visibilité des éléments dans l'arborescence entre les modes	94
Figure 36. Modèle d'acceptation de la technologie TAM (Davis et al., 1989)	97
Figure 37. Grille de scores SUS accompagnés des interprétations équivalentes	100
Figure 38. Mise à l'essai du prototype expérimental avec les chercheurs du LIUM	101
Figure 39. Scores SUS de tous les participants à la pré-expérimentation	102
Figure 40. Deux sessions de conception sur JEM Inventor v1.1, lors de l'expérimentation 1	105

Figure 41. Scores SUS de tous les participants à l'expérimentation 1	106
Figure 42. Les étudiants en train de jouer individuellement au JEM « Oiseaux IUT »	108
Figure 43. Les élèves du lycée agricole en train de jouer par groupes au JEM « Oiseaux IUT »	108
Figure 44. Les élèves du lycée Michelet expérimentent le JEM du parc de saint-germain	110
Figure 45. Deux sessions de conception sur JEM Inventor v1.2, lors de l'expérimentation 2	113
Figure 46. Deux groupes d'étudiants qui jouent au JEM la BU du Mans, expérimentation 2	119
Figure 47. Filtres relatifs à l'espace de partage des JEM (en cours de développement)	127

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Les 10 premiers JEM trouvés sur les cinq moteurs de recherche d'articles scientifiques	24
Tableau 2. Classement par nombre de citations total des JEM présélectionnés.	25
Tableau 3. Moyenne des scores SUS à la pré-expérimentation	103
Tableau 4. Résultats subjectifs sur l'utilité de JEM Inventor v0.1, à la pré-expérimentation	103
Tableau 5. Moyenne des scores SUS à l'expérimentation 1	106
Tableau 6. Résultats subjectifs sur l'utilité de JEM Inventor v1.1, à l'expérimentation 1	107
Tableau 7. Résultats du questionnaire EGameFlow pour les trois sessions du JEM « Oiseaux IUT »	109
Tableau 8. Résultats du questionnaire EGameFlow pour le JEM « Au parc de saint-germain »	111
Tableau 9. Moyenne des scores SUS à l'expérimentation 2	114
Tableau 10. Résultats partiels sur l'utilité de JEM Inventor v1.2, lors de l'expérimentation 2	115
Tableau 11. Temps passé et fonctionnalités utilisées dans les trois modes	118
Tableau 12. Résultats du questionnaire de satisfaction du JEM de la BU du Mans	120

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Les 10 premiers JEM trouvés sur les différents moteurs de recherche.	143
Annexe 2. Classement par nombre de citations total des JEM présélectionnés.	144
Annexe 3. Lettre d'information diffusée en ligne	145
Annexe 4. Questionnaire diffusé en ligne	146
Annexe 5. Liste d'outils auteurs recensés	148
Annexe 6. Grille d'évaluation des outils auteurs	149
Annexe 7. Enseignants participants aux entretiens exploratoires	150
Annexe 8. Aperçu général de logs d'actions effectuées sur JEM Inventor via Google Cloud Platform	151
Annexe 9. Questionnaire d'utilisabilité SUS utilisé lors des expérimentations.	153
Annexe 10. Enseignants participants à l'expérimentation 1	154
Annexe 11. Évolution des prototypes JEM Inventor	155
Annexe 12. Questionnaire d'utilisabilité (1-10) et d'utilité (11-15) utilisé lors de la pré-expérimentation « mise à l'essai ».	157
Annexe 13. Questionnaire d'utilité utilisé lors de l'expérimentation 2 « le point des experts ».	158
Annexe 14. Questionnaire utilisé lors du jeu de piste « Visites ta BU ! »	159

Chapitre 1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous commençons par introduire le contexte de recherche dans lequel se situe cette thèse. Nous définissons ensuite de façon plus spécifique notre objet d'étude, que nous appelons Jeux Éducatifs Mobiles (JEM), ainsi que leur contexte d'utilisation. Nous présentons ensuite les problématiques liées à la création des JEM et les objectifs que nous nous fixons dans cette thèse pour y répondre. Dans la dernière partie de ce chapitre, nous présentons la méthode de recherche que nous avons choisie.

1.1 Contexte de recherche

Pour situer le contexte de recherche, nous allons, dans un premier temps, présenter des chiffres récents sur l'accès aux artefacts mobiles par les adolescents et les jeunes adultes. La démocratisation de ces artefacts mobiles a notamment influencé les stratégies d'équipement des établissements scolaires ainsi que les méthodes d'enseignement, jusqu'à faire apparaître de nouveaux paradigmes d'apprentissages. Ces nouveaux paradigmes, également issus de l'approche instrumentale, ont donné naissance aux Jeux Éducatifs Mobiles (JEM), qui utilisent la mobilité et les ressorts ludiques au profit des processus d'apprentissage.

1.1.1 Constat

1.1.1.1 L'accès aux artefacts mobiles

De nos jours, les adolescents et jeunes adultes ont de plus en plus accès aux artefacts mobiles et tactiles tels que les *smartphones*¹ et les tablettes. En France par exemple, 93% des jeunes entre 12 et 17 ans sont équipés d'un téléphone mobile, et parmi eux, 65% possèdent des *smartphones*, d'après une étude réalisée par le Crédoc² en 2016 (Hoibian *et al.*). Dans la même étude, on apprend que 47% des 12-17 ans ont accès à des tablettes. Sur le plan international, notamment aux États-Unis, 88% des jeunes entre 13 et 17 ans, ont accès à des téléphones mobiles (dont 73% de smartphones) et plus de la moitié de la même catégorie d'âge, a accès à des tablettes, d'après une étude réalisée par le *Pew Research Center* en 2015 (Amanda Lenhart). Plus globalement, 44% des individus à l'échelle mondiale, possèderaient un smartphone en 2017, d'après le portail « *Strategy Analytics*³ ». Pour les tablettes tactiles, le marché mondial a atteint 77 millions d'unités vendues en 2017 et prédit une croissance de 6.3% d'ici 2022, d'après la même source⁴.

1.1.1.2 Impacts sur l'équipement en éducation

À l'heure où les artefacts mobiles et tactiles sont à la portée de tous et plus particulièrement des jeunes, les décideurs de la sphère éducative y portent également un intérêt croissant. En effet, d'après Lepp *et al.* (2015), l'omniprésence des artefacts mobiles et tactiles chez les jeunes et les enseignants, implique un usage croissant de ces dispositifs à des fins pédagogiques. Cette hypothèse a été confirmée par une étude réalisée à l'université de Washington en 2015 (Coffin *et*

¹ Bien que les termes équivalents en français soient « ordiphone » ou « téléphone intelligent », nous avons constaté que le terme le plus utilisé même en français est *smartphone*. Nous avons donc fait le choix d'utiliser celui-ci dans ce document.

² <https://www.blogdumoderateur.com/barometre-numerique-2017-france/> (consulté en juin 2018)

³ <https://www.strategyanalytics.com/> article « 44% of world will Own Smartphones in 2017 » de Linda Sui (consulté en juin 2018)

⁴ <https://www.strategyanalytics.com/> « Global Business Tablet Forecast » de Gina Luk (consulté en juin 2018)

al.). L'étude révèle que 79.2% des étudiants qui possèdent une tablette et 79.9% des étudiants possédant des smartphones, s'en servent pour étudier pendant ou en dehors des cours. En réalité, depuis quelques années, les appareils mobiles aux États-Unis sont considérés comme un levier pour l'apprentissage des élèves. Plus précisément, en février 2012, le département américain de l'éducation publiait le « Digital TextBook Playbook »⁵ dans lequel il accrédite le principe du « *Bring Your Own Device (BYOD)* » et considère que les tablettes constituent une option envisageable pour de nombreuses écoles. Cette publication a été suivie par l'engagement de plusieurs états américains dans des déploiements massifs de tablettes dans les structures scolaires. Ainsi, en 2013, Karsenti & Fievez dénombrent 4,5 millions de tablettes dans les écoles américaines (2013). D'après la même étude, les équipements concernent également 20 000 écoles canadiennes, dont 8 000 au Québec.

Sur le plan national, la tendance se fait d'autant plus ressentir depuis l'annonce du « plan numérique » par le gouvernement français en mai 2015. Ainsi, ce projet doté d'une enveloppe totale d'un milliard d'euros, et ayant déjà équipé 1 510 collèges et 1 256 écoles en tablettes numériques à la rentrée 2016, vise à équiper la totalité des collèges français d'ici la rentrée 2018.

Par ailleurs, toutes ces opérations d'équipement laissent apparaître des questions sur la mise en œuvre effective de ces technologies dans les situations éducatives diverses. Outre les questions sur les caractéristiques novatrices de ces technologies, et leur intérêt effectif pour l'éducation, des questions se posent également autour des approches d'instrumentation possibles et des changements de paradigmes que cela peut impliquer...

1.1.1.3 Impacts sur l'apprentissage mobile (*m-Learning*)

À chaque fois qu'une technologie apparaît sur le marché, accompagnée de promesses sur le terrain éducatif, elle laisse apparaître aussitôt des questionnements sur son potentiel pédagogique et sur la capacité du système éducatif à l'exploiter. Une étude publiée en mars 2016 dans la revue scientifique *Computers & Education*, expose une synthèse de recherches sur l'utilisation des appareils mobiles dans l'éducation durant les deux dernières décennies. Sung et ses collègues de l'université Normale de Taiwan ont ainsi étudié, parmi 110 articles de revues, les effets des dispositifs mobiles sur l'apprentissage et la motivation (Sung et al., 2016). Leur étude identifie deux types d'apprentissages mobiles. Le premier type correspond aux usages lors de la première décennie (entre 1995 et 2005). Cette époque est notamment marquée par l'utilisation des ordinateurs portables et assistants numériques personnels PDA⁶. Ce type de matériel se caractérise par un usage généralement limité à la consultation de cours, le traitement de texte ou la navigation web (Becker, 2001, 1991 ; Drayton et al., 2010). Le deuxième type identifié correspond à des usages au cours de la dernière décennie (depuis environ 2006), caractérisée par la démocratisation des artefacts mobiles tels que les téléphones cellulaires puis les smartphones et les tablettes tactiles. Ainsi, l'étude démontre un changement important dans les paradigmes d'apprentissage mobile avec la mise en place d'un apprentissage situé, parfois informel, donnant lieu à des expériences sociales et à des situations d'apprentissage authentiques en dehors des classes scolaires (e.g. musée, zoo, parc botanique).

D'autres travaux ont également étudié l'évolution de l'apprentissage mobile. En 2011, parmi une synthèse de 154 articles de revues entre 2001 et 2010, Hwang et ses collègues (2011) démontrent que l'utilisation des artefacts mobiles a été remarquablement élargie depuis 2008,

⁵ <https://tablets-textbooks.procon.org/sourcefiles/digital-textbook-playbook.pdf> (consulté en juin 2018)

⁶ https://fr.wikipedia.org/wiki/Assistant_personnel (consulté en juin 2018)

donnant ainsi une dimension ubiquitaire à l'apprentissage mobile. En réalité, la définition de l'apprentissage mobile a évolué au fil des années. Celui-ci a été défini par Motiwalla (2007) comme l'apprentissage à tout moment et en tout lieu (« *anytime and anywhere* »). À la même époque, d'autres chercheurs ont défini l'apprentissage mobile comme une solution pour la construction de connaissances facilitée par les dispositifs mobiles (Herrington et Herrington, 2007; Keegan, 2005). Quelques années plus tard, Gikas et Grant (2013) ont défini l'apprentissage mobile comme étant non seulement l'apprentissage *via* des dispositifs mobiles, mais aussi un apprentissage contextuel, authentique, formel et informel.

La succession de toutes ces définitions de l'apprentissage mobile, étendu notamment grâce à l'évolution des outils technologiques, témoigne d'un impact direct des nouvelles technologies sur l'apprentissage mobile et ses paradigmes. En réalité, l'idée que ce dernier soit influencé par les outils et inversement, rappelle singulièrement le processus de genèse instrumentale (Rabardel, 1995).

1.1.2 Les recherches sur les Jeux Éducatifs Mobiles

Dans la perspective des nouveaux paradigmes évoqués ci-dessus, de nombreux travaux de recherche ont exploré de nouvelles méthodes d'apprentissage. Parmi ces différentes approches, celle des jeux sérieux, ou jeux éducatifs, attire particulièrement l'intérêt des chercheurs en EIAH. Dans cette partie, nous présentons ainsi les Jeux Éducatifs Mobiles (JEM) et expliquons nos choix terminologiques. Nous proposons ensuite une définition des JEM auxquels nous nous intéressons dans le cadre de cette thèse, et soulignons notamment leurs différences avec les jeux éducatifs simplement exécutables sur mobile.

1.1.2.1 Terminologie : Jeux Éducatifs Mobiles

Nous avons préféré éviter l'utilisation du terme général « jeux sérieux » (*serious game*) dont la définition a dérivé au fil des années. En effet, le terme « jeux sérieux » est apparu pour la première fois en 1987 sous la définition suivante : *les Serious Games ont un but éducatif explicite et mûrement réfléchi et ne sont pas destinés à être joués principalement pour le divertissement*⁷ (Abt, 1987). Depuis, cette définition a évolué, notamment en raison de la diversité des usages. Ainsi, on retrouve aujourd'hui des jeux sérieux utilisés dans le cadre médical (e.g. Curapy⁸), pour la politique ou même pour la publicité (i.e. les *advergames*). En 2004, Natkin, donne la définition suivante des jeux sérieux : *« L'utilisation des principes et des technologies des jeux vidéo pour les applications qui n'ont pas de caractère strictement ludique »* (Natkin, 2004). De ce fait, nous préférons utiliser le terme plus précis « **jeux éducatifs** » (*learning game*) qui représente une sous-catégorie des jeux sérieux, spécifique à l'éducation (Natkin, 2009). Nous rajoutons également le terme « **mobile** » pour préciser le contexte d'utilisation de ces jeux éducatifs. Celui-ci est en lien direct avec l'apprentissage situé qui se déroule en dehors de la classe. Ce type d'apprentissage, appelé aussi « pédagogie du lieu » présente des variations et des courants que nous détaillons dans le chapitre suivant.

Il est important de préciser que pour nous, le terme « Jeux Educatifs Mobiles » (JEM) n'équivaut pas aux « jeux éducatifs exécutables sur mobile ». Ce type de jeu est lié aux premières définitions de l'apprentissage mobile (évoquées dans la section précédente), qui le résu-

⁷ "Serious Games have an explicit and carefully thought-out educational purpose and are not intended to be played primarily for amusement." Traduction de l'auteur.

⁸ <https://www.curapy.com/> (consulté en juin 2018)

ment en une consultation de ressources « *anytime and anywhere* » (Herrington et Herrington, 2007; Keegan, 2005; Motiwalla, 2007). Par exemple, *Lecture Quiz* (Wang *et al.*, 2008), est un jeu où des étudiants dans un amphithéâtre, sont invités à répondre aux questions relatives aux cours, à l'aide de leurs téléphones mobiles. Les meilleurs scores sont ensuite affichés au tableau via le rétroprojecteur du professeur. *Lecture Quiz* aurait pu tout autant être exécuté à partir d'ordinateurs connectés en Wifi. Ce type de jeu est décrit par Thomas *et al.*, (2004) comme étant un jeu « portable » et pas « mobile ». Aujourd'hui, grâce aux fonctionnalités particulières des artefacts mobiles, nous considérons qu'un jeu mobile peut être bien plus qu'un ordinateur à écran réduit. Ainsi, nous assimilons les Jeux Éducatifs Mobiles à une sous-catégorie des jeux éducatifs sur Mobile, qui sont des jeux éducatifs classiques, exécutables sur dispositifs mobiles. Nous donnons notre définition de JEM dans la suite.

1.1.2.2 Définition du Jeu Éducatif Mobile

Dans cette partie, nous donnons tout d'abord la définition des JEM auxquels nous nous intéressons dans cette thèse. Nous détaillons ensuite, les différents points de cette définition.

*Un Jeu Éducatif Mobile (JEM) est une application informatique, exécutable sur un artefact mobile, utilisée en **pédagogie du lieu**, qui exploite les **ressorts ludiques** et les **fonctionnalités liées à la mobilité** (GPS, accéléromètre, gyroscope, etc.) pour motiver les apprenants et faciliter leur apprentissage.*

Les JEM sont tout d'abord des jeux éducatifs. Ils permettent donc d'impliquer les apprenants dans des situations interactives mettant en œuvre des **ressorts ludiques** comme la compétition, le hasard ou les récompenses, autant d'éléments qui sont propices à favoriser la motivation et à activer les capacités des apprenants (Dondlinger, 2007).

En outre, les JEM se jouent sur un artefact mobile tel qu'une tablette numérique, un smartphone ou même une console portable (*e.g.* Nintendo DS⁹, PS Vita¹⁰, etc.). Cependant, contrairement aux jeux éducatifs simplement exécutables sur mobile, les JEM, sont des jeux éducatifs qui tirent profit de la situation de mobilité géographique et des fonctionnalités spécifiques aux artefacts mobiles, et dont l'utilisation dépasse le cadre de l'unique portabilité. Cette capacité les rend intéressants notamment dans le cadre de l'apprentissage situé ou contextualisé, en dehors de la classe, appelé aussi **pédagogie du lieu**. Cette pédagogie, que nous détaillons dans le chapitre suivant, consiste à interagir avec le cadre physique dans lequel l'apprentissage se déroule, notamment pendant les sorties pédagogiques. Cette interaction avec le milieu physique est aujourd'hui enrichie grâce aux nouvelles fonctionnalités des artefacts mobiles. Nous appelons l'ensemble de ces fonctionnalités **les atouts de la mobilité**.

Les atouts de la mobilité se résument essentiellement aux fonctionnalités disponibles sur la nouvelle génération d'artefacts mobiles. En effet, parmi ces fonctionnalités, nous pouvons citer la géolocalisation, la prise de photos, l'enregistrement vidéo ou sonore, la lecture de QR-codes, la réalité augmentée, la détection de mouvement et d'orientation à l'aide du gyroscope et de l'accéléromètre, la boussole, les capteurs de proximité (*e.g.* NFC), la connectivité en Bluetooth, Wifi ou infrarouge, l'échange de SMS et les appels téléphoniques. De telles fonctionnali-

⁹ https://fr.wikipedia.org/wiki/Nintendo_3DS (consulté en juin 2018)

¹⁰ https://fr.wikipedia.org/wiki/PlayStation_Vita (consulté en juin 2018)

tés combinées à l'activité physique offrent plus d'immersion dans les jeux et les rendent ainsi plus attractifs, tel que l'avait prédit Shlieder en 2006, introduisant les *Géogames* (Schlieder *et al.*, 2006). Le jeu *Pokémon Go*¹¹ confirme cette prédiction avec cinq millions de joueurs quotidiennement actifs en 2017¹². Dans ce jeu, fondé essentiellement sur la géolocalisation et la réalité augmentée, les joueurs doivent trouver et capturer des monstres qui apparaissent virtuellement dans des lieux réels. D'autre part, les moyens de communication fournis par les dispositifs mobiles facilitent la collaboration et la résolution de problèmes en groupe, améliorant ainsi l'expérience sociale et l'apprentissage collectif (Sánchez and Olivares, 2011). En outre, la réalité augmentée et la géolocalisation offrent, sur le plan pédagogique, la possibilité de mettre en place des situations authentiques d'apprentissage, c'est-à-dire des situations où l'apprenant peut évaluer, par lui-même, l'utilité et l'application dans le monde réel des connaissances apprises. Ceci rend les JEM beaucoup plus attrayants et réalistes que les exercices en classe (Schito *et al.*, 2015).

1.1.2.3 Avantages des Jeux Éducatifs Mobiles

Améliorer la réflexion critique

De nombreux travaux de recherche ont évalué les avantages des JEM dans des contextes d'apprentissages variés. Tout d'abord, les JEM peuvent améliorer la réflexion critique chez les apprenants à l'image de *Kiwi Mobile*, un JEM pour introduire le conseil en entreprises (*business consulting*). Ainsi, les joueurs doivent résoudre des problèmes dans les départements d'une entreprise fictive, en se déplaçant sur différents points d'intérêts. Les joueurs ont accès des éléments réels (à voir sur place) et virtuels (sous forme de vidéos). À travers des défis physiques, cognitifs et collaboratifs, *Kiwi Mobile* a permis à un groupe d'apprenants, ayant reçu un contenu pédagogique asymétrique de mieux développer leurs pensée critique à travers une coopération implicite qu'ils ont développée au cours du jeu. En effet, la coopération est implicitement mise en œuvre grâce au système de jeu de *Kiwi Mobile* qui permet aux joueurs de répondre d'une façon individuelle tout en prenant en compte les réponses des autres joueurs pour des prises de décisions collectives et de pouvoir « gagner ensemble ». Ainsi, les décisions collectives sont faites en classe après le jeu, durant une session dans laquelle les joueurs présentent des rapports de synthèse (Lee *et al.*, 2016).

Améliorer l'acquisition de connaissance

Un autre JEM répondant à notre définition est *Frequency1550*, un JEM pour apprendre l'histoire de la ville médiévale d'Amsterdam. Ainsi, une expérimentation réalisée sur 458 élèves issus de cinq lycées différents a montré que les apprenants ayant utilisé ce JEM ont eu de meilleurs résultats que ceux qui ont reçu un apprentissage classique en classe (Huizenga *et al.*, 2009). En effet, lors d'un post-test, contenant essentiellement des QCM, les 232 participants au jeu ont eu une moyenne de 60% de bonnes réponses concernant l'histoire d'Amsterdam médiévale, tandis que les 226 participants ayant eu des cours classiques sur le sujet ont eu 36% de bonnes réponses. D'après les auteurs, les joueurs ont pu acquérir plus de connaissances grâce à leur présence directe sur les lieux historiques. Par ailleurs, même dans le cas où certains joueurs n'ont pas réussi à effectuer les missions, les séances de débriefing ont montré que ces joueurs

¹¹ https://fr.wikipedia.org/wiki/Pok%C3%A9mon_Go (consulté le 06/11/2017)

¹² <https://expandedramblings.com/index.php/pokemon-go-statistics/> (consulté le 06/11/2017)

ont tout de même acquis des éléments de connaissances d'une manière indirecte grâce à l'expérience située.

Accroître la motivation et l'engagement

Dans une étude plus récente, un JEM utilisé dans un musée archéologique à Chypres, a permis à des élèves d'être plus engagés et d'avoir de meilleurs résultats d'apprentissage, que ceux ayant expérimenté un apprentissage mobile classique, c'est-à-dire une visite non ludique du musée. L'expérience réalisée avec 35 élèves de classe primaire a montré une amélioration importante de la moyenne de la motivation intrinsèque après le jeu. De même, la motivation extrinsèque pour le groupe ayant expérimenté le JEM était plus élevée que celle du groupe ayant eu une application plus classique. En outre, des résultats à un post-test ont également montré que le groupe ayant expérimenté le JEM a acquis plus de connaissances que l'autre (Ioannou and Kyza, 2017).

1.1.3 Conclusion

Dans cette première partie, nous avons tout d'abord présenté des statistiques récentes qui montrent une démocratisation des artefacts mobiles chez les jeunes et dans les établissements scolaires ainsi que leurs impacts sur les paradigmes d'apprentissage. Nous avons mis en avant l'arrivée des Jeux Éducatifs Mobiles (JEM), qui peuvent être utilisés lors de sorties pédagogiques, pour renforcer une pédagogie du lieu, une pratique que nous abordons plus en détail dans le chapitre suivant. Nous avons également introduit les atouts de la mobilité permettant de tirer profit de la situation mobile et de mettre en œuvre l'apprentissage contextuel en dehors de la classe. Nous avons aussi présenté les avantages pédagogiques apportés par les JEM, en exposant des résultats empiriques. Toutefois, nous abordons ces JEM ainsi que d'autres exemples avec plus de détails lors d'une analyse approfondie dans l'état de l'art. La section suivante expose la problématique scientifique de la thèse et les obstacles qui accompagnent l'évolution des JEM.

1.2 Problématique

Malgré le potentiel des Jeux Éducatifs Mobiles (JEM) pour augmenter l'attractivité et l'apport éducatif des sorties pédagogiques, et au-delà des prototypes de recherche qui abreuvent la littérature scientifique, l'utilisation réelle des JEM dans des contextes d'enseignement demeure très limitée. En effet, seuls quelques enseignants audacieux et autodidactes tentent d'intégrer des JEM dans leur formation. Cette sous-utilisation des JEM découle de plusieurs facteurs.

Tout d'abord, la production de jeux sérieux en général, et des JEM en particulier, est souvent coûteuse. D'après la société "Succubus Interactive", spécialisée dans la création de jeux sérieux, le coût moyen d'un Jeu éducatif en France varie entre 20 000 et 200 000€¹³. Ce processus, qui va de la conception, à la production peut, dans certains cas, atteindre des sommes faramineuses. En effet, certains jeux sérieux sont dotés de budgets comparables à l'industrie du jeu vidéo, à l'image de *Pulse!*¹⁴, un jeu pour la formation des médecins aux situations d'urgence, ayant coûté 10 millions de dollars. En outre, les JEM représentent le type

¹³ https://www.slideshare.net/Succubuscomm/combien-cote-un-bon-serious-game?from=ss_embed (consulté en janvier 2018)

¹⁴ <http://www.serious-game.fr/le-serious-game-le-plus-cher-au-monde/> (consulté en janvier 2018)

d'applications mobiles le plus cher, dont le coût varie entre 40 000 € et 120 000 €¹⁵. Un coût qui s'explique, d'après la plateforme de développement d'applications mobiles sur mesure « yeePLY¹⁶ », par les nécessités supplémentaires d'optimisation de graphismes et de jouabilité en fonction du matériel mobile, sans pour autant prendre en compte l'exploitation des atouts de la mobilité, qui peuvent davantage complexifier le processus de développement.

Au-delà des contraintes budgétaires, les JEM, comme les jeux éducatifs d'une façon générale, nécessitent l'intervention de nombreux acteurs ayant des compétences différentes (*e.g.* expert pédagogique, développeur informatique, expert en *game design*) afin de trouver un équilibre et une imbrication entre les aspects ludiques et éducatifs dans le scénario. De nombreux travaux ont cependant montré qu'il est difficile de faire collaborer tous ces acteurs d'une façon efficace et productive (Kelly *et al.*, 2007; Jovanovic *et al.*, 2008; Zyda, 2005).

D'autre part, une fois créés, les JEM visent le plus souvent un public assez restreint, puisqu'ils ciblent des connaissances ou compétences souvent très spécifiques. Dans une étude sur la création des jeux éducatifs, George (2011) explique qu'il n'est donc pas évident d'avoir un « retour sur investissement » et que la création des jeux éducatifs est un « investissement risqué ».

Ainsi, des JEM conçus pour des contextes d'apprentissage particuliers (*e.g.* un site archéologique précis ou un musée spécifique), sont intrinsèquement liés à ce contexte et ne sont donc pas réutilisables dans des contextes différents. Par exemple, un JEM conçu pour une visite au musée du Louvre ne peut pas être réutilisé pour visiter le musée d'Orsay. De même, le JEM conçu pour une visite au musée du Louvre pour des enfants ne peut pas être réutilisé par des adolescents ou des adultes. Ainsi, la problématique de réutilisabilité se profile et laisse apparaître une sous-problématique d'adaptation des scénarios ou des situations d'apprentissage, non seulement en fonction du contexte, mais aussi selon les profils des apprenants. En effet, les enseignants n'ont pas assez de degrés de liberté pour adapter les activités à leurs besoins et publics et les jeux éducatifs sont souvent peu paramétrables. Ainsi, soit un JEM convient totalement à un enseignant pour son contexte, soit il ne peut pas l'utiliser.

En 2012, Gao et ses collègues admettent que pour bénéficier d'un effet maximal de la technologie en apprentissage mobile, une réconciliation est requise entre les composantes technologiques (logicielles et matérielles), le contexte éducationnel (les processus d'apprentissage dans différents contextes), et les utilisateurs finaux (élèves et enseignants). Sung (2016) explique que cette réconciliation peut être réalisée selon deux perspectives. La première consiste à mettre en place des programmes de formation pour aider les enseignants à intégrer les appareils mobiles dans leur enseignement (*mobile-device based teaching*). La deuxième piste consiste à fournir des « outils auteurs » qui permettent aux enseignants d'être étroitement associés au processus de conception. L'objet principal d'un outil auteur est donc de permettre à des personnes, ne possédant pas de compétence en programmation, de concevoir, configurer et d'exécuter des activités d'apprentissage instrumentées. D'un point de vue général, un outil auteur en éducation sert à créer des environnements éducatifs, allant de ressources pédagogiques peu interactives (hypermédia, exercices, etc.) à des systèmes plus complexes (tuteurs intelligents, micro-mondes, simulations, jeux sérieux, etc.) (George et Guin, 2017).

Dans le cas particulier des JEM, nous estimons que la deuxième piste proposée par Sung (celle des outils auteurs) est plus appropriée, étant donné que les écoles n'ont pas les moyens de

¹⁵ <https://fr.yeePLY.com/blog/prix-pour-une-application-mobile/> (consulté en janvier 2018).

¹⁶ <https://fr.yeePLY.com/> (consulté en janvier 2018).

mettre en place des formations grandes échelles, d'autant plus que les enseignants n'ont souvent pas le temps de s'y investir. En outre, les outils auteurs répondent au besoin d'avoir des JEM adaptables au contexte, aux utilisateurs et aux objectifs pédagogiques, qui dépendent surtout des différents besoins des enseignants. Ces derniers affichent différentes attentes en termes de personnalisation de JEM, de temps à consacrer et de compétences de scénarisation.

Dans la perspective d'une utilisation réelle de ces nouvelles méthodes d'apprentissage, il faudra donc proposer, dans ces outils auteurs, différents niveaux d'implication. En effet, *« un verrou réside dans la proposition d'outils auteurs offrant plusieurs niveaux de conception : du niveau le plus simple, pour un concepteur novice, consistant uniquement à configurer ou paramétrer des modèles d'activités existants ; à des niveaux plus complexes, pour des concepteurs plus avertis, pour définir de nouvelles activités et à en décrire la logique d'exécution »* (George et Guin, 2017).

1.3 Objectif et hypothèses

Pour nous attaquer à la problématique décrite ci-dessus, l'objectif global de cette thèse est de fournir des modèles et outils adaptés afin que les enseignants souhaitant créer des JEM, puissent scénariser leurs propres jeux éducatifs et les déployer sur les artefacts mobiles. Les problèmes évoqués ci-dessus et l'analyse des besoins dans l'état de l'art (chapitres 2 et 3) nous ont menés à établir deux questions de recherches principales :

- **Quelle modélisation pour la création de JEM par des enseignants ?** C'est-à-dire comment aider les enseignants à scénariser des JEM adaptés à leurs besoins et contextes pédagogiques, tout en exploitant les atouts de la mobilité. En outre, comment permettre à des enseignants, sans compétence en programmation, de créer et de déployer des JEM exécutables sur artefacts mobiles.
- **Quels méthode et outil de conception de JEM adaptés aux différents profils et besoins des enseignants ?** C'est-à-dire comment répondre aux différentes attentes des enseignants en termes de personnalisation de JEM, de temps à consacrer et de compétences en scénarisation ?

Pour répondre à ces questions, nous avons émis plusieurs hypothèses qui seront développées dans le chapitre 4 :

- **Hypothèse 1** : « Un modèle de JEM, fondé sur un *template de base*, permettra aux enseignants de ludifier des scénarios de sorties pédagogiques existants de façon intuitive ».
- **Hypothèse 2** : « Un modèle de JEM, proposant une **structure modifiable** et des **composants paramétrables**, couvrira une grande variété de scénarios de JEM ».
- **Hypothèse 3** : « Des **fonctions d'opérationnalisation**, faisant le lien entre composants haut niveau, intermédiaires et objets d'IHM, permettront d'exécuter les scénarios de JEM sur dispositifs mobiles ».
- **Hypothèse 4** : « Une **méthode de conception gigogne s'appuyant sur le modèle de JEM**, permettra aux enseignants de concevoir progressivement des scénarios plus riches ».
- **Hypothèse 5** : « Le modèle de JEM et la méthode de conception gigogne peuvent être supportés par un **outil auteur** ».

1.4 Démarche et organisation de la thèse

1.4.1 Méthode de recherche

Afin de répondre aux questions de recherche ci-dessus et pour valider les hypothèses établies, nous détaillons ci-après la méthodologie choisie. Ainsi, nous avons développé une démarche de conception conciliant préoccupation ergonomique et objectifs de recherche, en associant deux approches méthodologiques : la recherche basée sur la conception (*Design-Based Research*) et la Démarche de conception Centrée Utilisateur (DCU). L'objectif est d'améliorer la pratique et la théorie en même temps, afin qu'elles s'enrichissent mutuellement.

1.4.1.1 La recherche orientée conception (*Design-Based Research* : DBR)

La méthode de conduite de recherche DBR s'inspire des méthodes d'ingénierie logicielle et de recherche hypothéticodéductive. Elle est très utilisée en EIAH, notamment parce qu'elle facilite la collaboration entre chercheurs et acteurs du terrain pour produire des outils répondant aux besoins réels. La DBR consiste en une phase d'analyse de la situation de terrain, associée à la recherche bibliographique sur les théories permettant de poser des hypothèses implémentables. Durant l'implémentation de ces hypothèses, les théories émergent en fonction des données recueillies dans l'analyse. Ce cadre théorique est enrichi et développé au fur et à mesure, en fonction des résultats de la phase d'analyse. Les hypothèses sont ensuite validées à travers des cycles de développement successifs et d'évaluations avec les acteurs du terrain pour arriver au dispositif le plus adapté à la situation d'apprentissage (DBR Collective, 2003 ; Wang et Hanafin, 2005).

1.4.1.2 La Démarche Centrée Utilisateur (DCU)

Étant donné que nous développons un outil auteur à destination des enseignants, nous avons choisi de coupler la méthode DBR, avec une démarche de conception Centrée Utilisateur (DCU). La DCU, initialement proposée par Gould & Lewis (Gould et Lewis, 1985), et appliquée aux EIAH (Baek *et al.*, 2008), permet non seulement d'améliorer l'utilisabilité du système, mais également d'améliorer les chances d'acceptabilité et d'usage ultérieur.

La DCU, telle que décrite par la norme ISO 9241-210 :2010¹⁷, consiste essentiellement en trois phases : l'analyse, la conception et l'évaluation. Ainsi, la phase d'analyse vise à préciser les attentes et les besoins des utilisateurs finaux. La phase de conception consiste à concevoir une première maquette ou prototype du produit qui évoluera itérativement en fonction des retours de la phase d'évaluation. Plus précisément, Baek et ses collègues (2008) décrivent une DCU participative dans laquelle les utilisateurs doivent être engagés dès le début du développement, avec l'utilisation de maquette et simulations, pour observer et noter leur interaction avec les systèmes. Les problèmes d'utilisation émergeant de cette phase doivent être corrigés par les développeurs et la nouvelle version testée à nouveau par les utilisateurs.

1.4.2 Application de la méthode et organisation du manuscrit

Après cette introduction, le deuxième chapitre de la thèse présente, conformément à notre méthode de recherche DBR, un état de l'art de la littérature associé à une analyse de la situation du

¹⁷ <https://www.iso.org/fr/standard/52075.html> (consulté en février 2018)

terrain. Cet état de l'art analyse tout d'abord les pratiques éducatives en mobilité géographique, notamment la pédagogie du lieu, ses différents courants et variations et la façon à travers laquelle elle peut mettre en pratique les JEM. Ensuite, notre état de l'art s'étend à la structure intrinsèque de JEM, à travers une analyse de JEM existants. Cette phase vise à proposer un modèle de JEM issu des caractéristiques communes identifiées dans l'analyse. Parallèlement, et afin de nous rapprocher des acteurs de terrain (les enseignants), nous menons une enquête qui vise à recueillir des informations par rapport aux intentions et aux préférences des enseignants concernant leurs investissements pour la création de JEM, *via* un questionnaire en ligne (chapitre 2).

Dans le troisième chapitre, nous présentons notre état de l'art des outils auteurs de JEM afin d'identifier leurs limites et les problèmes qui freinent leur utilisation par les enseignants. Nous présentons également les résultats d'entretiens exploratoires réalisés auprès d'enseignants souhaitant expérimenter les JEM, afin d'identifier leurs besoins, évaluer les outils existants et les impliquer dans l'élaboration des solutions scientifiques et techniques que nous présentons par la suite. Cette étape se conclut par une spécification des verrous scientifiques et une définition plus précise de nos questions de recherche, notamment, en lien avec la mise en évidence de l'inadéquation des outils existants aux besoins des enseignants ayant des profils et des compétences d'utilisation diverses.

Nous avons abordé la phase de conception (chapitre 4) en nous appuyant sur une démarche participative. Ainsi, nous avons présenté nos modèles primaires pour la conception de JEM ainsi que nos maquettes d'outil auteur aux cinq enseignants ayant déjà participé aux tests évoqués ci-dessus, dans le but d'avoir leurs retours en tant qu'utilisateurs finaux et de les impliquer dans le processus de conception. Le quatrième chapitre présente donc les contributions de cette thèse. Il introduit tout d'abord le modèle de JEM fondé sur des composants invariants observés dans l'état de l'art. Ce modèle englobe des briques paramétrables sous la forme d'un *template* de démarrage de scénarisation pour les enseignants débutants. Il permet de lier également, grâce à son système d'encapsulation, les composants de haut-niveau, compréhensibles par les enseignants aux éléments exécutables, appelés composants de bas-niveau. Ensuite, nous proposons une approche de conception gigogne pour assister les enseignants dans le processus de scénarisation. Cette approche consiste à dévoiler les fonctionnalités selon des niveaux de granularité que nous proposons pour la scénarisation. En effet, chaque niveau de granularité correspond à des besoins plus ou moins avancés et affiche donc les fonctionnalités correspondantes. De ce fait, le concepteur peut naviguer entre les modes pour dévoiler les fonctionnalités, au fur et à mesure de son utilisation, en fonction de ses besoins et de ses compétences. Pour conclure ce chapitre, nous présentons JEM Inventor, l'outil auteur que nous avons développé afin de réifier ces propositions.

Le cinquième chapitre est dédié à l'évaluation de nos propositions et notamment aux expérimentations menées. Dans une démarche d'évaluation itérative, nous avons tout d'abord testé la première itération de notre outil auteur auprès de 10 chercheurs spécialisés en IHM et en EIAH du laboratoire LIUM afin d'avoir des retours d'experts sur l'interface et le parcours utilisateur. Nous avons ensuite testé la deuxième itération auprès de 14 enseignants ayant un profil pour la plupart débutant en JEM. Cette étape ayant un focus sur un niveau de conception débutant, que nous avons appelé « mode standard » de l'outil auteur proposé. Elle nous a également permis d'avoir des retours sur l'interface et l'utilisabilité. Pour le traitement des données, nous avons ainsi utilisé les traces d'utilisation, des questionnaires d'utilité et le *System Usability Scale* pour évaluer l'utilisabilité (Brooke *et al*, 1996). La troisième itération de l'outil auteur

proposé a été testée avec sept enseignants de profil expérimentés en JEM. Nous avons utilisé les mêmes méthodes que pour l'itération précédente pour les questionnaires d'utilité et d'utilisabilité. Les deux dernières itérations ont été notamment suivies par quatre « expérimentations de terrain » auprès d'environ 1500 étudiants et élèves issus de contextes d'apprentissage différents, afin d'évaluer la qualité des JEM créés via JEM Inventor ainsi que leur impact sur les apprenants.

Dans le sixième chapitre, nous présentons nos conclusions ainsi que les limites et perspectives de poursuite de ces travaux.

Enfin, nous proposons un plan de thèse qui reprend les étapes de notre méthode de recherche DBR associée à la DCU :

- Chapitre 1. INTRODUCTION à l'objet de recherche et aux problématiques.
- Chapitre 2. ÉTAT DE L'ART de JEM
- Chapitre 3. ÉTAT DE L'ART d'outils auteurs de JEM.
- Chapitre 4. CONTRIBUTIONS
- Chapitre 5. ÉVALUATION des propositions
- Chapitre 6. BILAN ET PERSPECTIVES

1.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons introduit notre objet de recherche : les **Jeux Éducatifs Mobiles** (JEM). Nous nous sommes intéressés particulièrement aux Jeux Éducatifs tirant profit des avantages de la mobilité (*e.g.* les contextes d'apprentissage en dehors des classes et les fonctionnalités disponibles sur les appareils mobiles). Nous avons également montré comment les JEM peuvent améliorer la motivation et l'apprentissage à travers des exemples et des résultats empiriques.

Nous avons ensuite présenté la problématique générale de cette thèse qui est l'utilisation très limitée des JEM dans l'éducation malgré leur potentiel pour la motivation et l'apprentissage. Les freins résident essentiellement dans un manque d'outils et de solutions permettant de réduire le coût de production et d'adapter les scénarios aux besoins des enseignants.

Nous avons alors défini notre objectif de recherche principal : **fournir aux concepteurs non-informaticiens des modèles et outils permettant de concevoir des Jeux Éducatifs Mobiles en tenant compte de la variété de leurs besoins et de leurs compétences.** Pour répondre à cet objectif, nous avons émis des hypothèses en nous appuyant sur les études préliminaires des JEM et des outils auteurs de JEM que nous présentons dans le chapitre suivant.

Chapitre 2. ÉTAT DE L'ART : JEUX ÉDUCATIFS MOBILES ET ANALYSE DES BESOINS

2.1 Introduction

Ce chapitre présente la phase d'analyse de notre méthode de recherche. Comme le préconise la méthode DBR (Design-Based Research), celle-ci consiste en un état de l'art de la littérature, associé à une analyse de la situation de terrain (auprès d'acteurs de terrain qui sont dans notre cas les enseignants).

En ce qui concerne l'état de l'art de la littérature, nous commençons par l'étude de pratiques éducatives s'appuyant sur des sorties de terrain et la mobilité des apprenants. Ensuite, nous analysons une sélection de Jeux Éducatifs Mobiles (JEM) pour identifier leurs caractéristiques communes et leurs particularités afin de comprendre comment les JEM peuvent soutenir le processus d'apprentissage lors de sorties pédagogiques.

En ce qui concerne l'analyse de la situation de terrain, nous explorons les pratiques des enseignants vis-à-vis des JEM et de la technologie en général, en nous appuyant sur la littérature, mais aussi sur un questionnaire que nous avons diffusé en ligne. Celui-ci sera l'occasion de recueillir également leurs besoins et leurs attentes.

2.2 Apprendre en dehors de la classe : courants théoriques et pratiques éducatives

Nous avons vu, dans le chapitre précédent, que l'apprentissage mobile dépasse le caractère « *anytime and anywhere* », favorisant des interactions avec le cadre physique dans lequel il se déroule. Nous avons vu également que les JEM sont des méthodes pédagogiques qui peuvent être utilisées pour faciliter l'apprentissage lors de sorties pédagogiques. Le principe pédagogique qui consiste à apprendre en dehors de la classe est utilisé depuis longtemps, bien avant l'arrivée des dispositifs mobiles. Dans la suite, nous revenons sur le concept d'apprentissage « hors les murs », aussi appelé « pédagogie du lieu ».

2.2.1 Historique

En 1936, Jean Piaget introduit la théorie constructiviste dans son célèbre ouvrage « *La naissance de l'intelligence chez l'enfant* ». Il définit ainsi l'apprentissage comme étant une forme majeure d'adaptation à l'environnement (Piaget, 1936). C'est dans ce contexte que John Dewey introduit la notion de l'**apprentissage expérientiel** (*experiential learning*), dans laquelle le savoir est acquis par le biais de l'expérience (Dewey, 1938). En critiquant l'éducation traditionnelle, il affirme que l'environnement scolaire, constitué de tables, de tableaux et d'une petite cour ne pourrait suffire à un véritable apprentissage. Il défend l'idée que cette forme d'apprentissage ne permettrait pas à l'enseignant d'utiliser les éléments réels, historiques, physiques ou sociologiques comme ressources éducatives.

Quelques années plus tard, le concept des classes nouvelles ou de l'extension de l'école à l'extérieur apparaît concrètement en France avec l'**étude du milieu**, un concept mis en évidence par Antoine Weiler (1955). Elle est surtout à ne pas confondre avec l'étude de milieu strictement théorique comme par exemple l'étude du milieu parisien pendant la révolution en histoire. Weiler s'appuie sur les théories évoquées ci-dessus de Piaget, Dewey et aussi Decroly qui ex-

plique que l'éducation ne doit pas susciter des attitudes momentanées devant des problèmes fictifs, mais plutôt des actes devant des situations réelles. C'est ainsi que l'étude du milieu approche la véritable éducation de par sa proximité aux situations réelles, naturelles ou humaines qui font partie du cadre de vie de l'enfant. Étant non limitée à un cadre local, l'étude du milieu repousse les murs pour « *élargir le champ de la connaissance, trop exclusivement bornée à l'étude des manuels, des cours écrits, des livres de bibliothèque, bref des moyens indirects* » (Weiler, 1955).

2.2.2 L'éducation « hors les murs » contemporaine

2.2.2.1 La pédagogie du lieu et ses variations

« *Aujourd'hui, plus que jamais, l'école est un des endroits où l'on apprend, mais pas le seul, et elle doit prendre en compte tout ce qui se passe au-delà de ses murs* » (Amiel et Ferrerons, 2013). Cette citation récente, issue de la revue "cahiers pédagogiques" rédigée par des didacticiens, montre bien que l'approche pédagogique où l'extérieur est également utilisé comme une salle de classe, aussi appelée **pédagogie du lieu**, est toujours plébiscitée. Toutefois, de même que Weiler distingue l'étude du milieu « réelle » de l'étude théorique, la pédagogie du lieu n'est pas à confondre avec la notion d'apprentissage situé (ou contextualisé) dans son sens large. En effet ce terme peut faire référence à tout type de mise en situation, allant de la simulation à l'intérieur de la classe, à l'expérimentation en milieu réel. Pour cette raison nous évitons d'utiliser le terme « apprentissage situé » auquel nous préférons le terme « pédagogie du lieu », une traduction de « *place-based learning* » proposée par Campeau (2016). Ainsi la pédagogie du lieu est une éducation dont le message principal est issu de l'environnement local, qu'il soit culturel, physique ou historique (Gruenewald, 2003). Pour Woodhouse et Knapp (2000), elle est interdisciplinaire par nature, expérientielle et met en valeur les attributs particuliers d'un milieu pour les connecter ainsi avec la communauté.

À l'heure actuelle, la pédagogie du lieu compte plusieurs variations. Toutefois, ces approches s'appuient sur le même principe d'« *accès direct au concept ; c'est-à-dire dans sa réalité, et non par l'intellectualisation de l'objet d'apprentissage* » (Campeau, 2016). Parmi les différents courants, nous pouvons citer la **pédagogie autochtone** (Cajete, 1994 ; Knapp, 1999). Elle s'appuie sur un modèle de transmission des savoirs souvent oral et animé plutôt que par un médium écrit. Pour Cajete (1994), l'éducation autochtone, repose essentiellement sur l'autonomie d'apprentissage, dans un cadre où le territoire devient source d'enseignements. Cela signifie que chaque individu est son propre enseignant et que la recherche du sens se fait en observant le fonctionnement du monde naturel. Toute chose de la nature est l'enseignant et il faut cultiver les leçons qu'elle nous transmet. La qualifiant d'une approche biocentrique, Knapp l'oppose à l'approche traditionnelle qu'il qualifie d'anthropocentrique, c'est-à-dire centrée sur l'humain et non le monde en général, assimilant ainsi ces deux approches opposées à deux extrémités d'un *continuum* de pensées pédagogiques différentes (Knapp, 1999).

Suite aux préoccupations environnementales des dernières années, une nouvelle approche est apparue dans le même courant : l'**éco-formation**. Elle propose « *de mettre à profit le rapport à l'environnement comme creuset de développement personnel, à la base d'un agir signifiant et responsable* » (Sauvé, 2006). L'éco-formation relève de l'éducation écologique. Elle priorise la protection de l'environnement et sensibilise son audience aux changements climatiques. Des *toolkit* et des revues de vulgarisation scientifique, destinés aux enseignants sont ain-

si proposés, à l'image de "*green teacher*¹⁸", un magazine de sensibilisation à propos du rôle de l'éducation pour bâtir un avenir durable. Il propose notamment des activités et des ressources pédagogiques pour les enseignants.

La pédagogie du lieu prend place aujourd'hui dans les écoles *via* les sorties de terrain ou les sorties scolaires. Toutefois, pour ne pas confondre les sorties scolaires avec les sorties de type découverte du cinéma (appelées aussi classe promenade), nous utilisons le terme « **sorties pédagogiques** ».

En 1950, Boris Vian écrit dans *Traité de civisme*, « *Une sortie c'est une entrée qu'on prend dans l'autre sens !* ». Il en est de même pour la sortie pédagogique, qui, « *en tant qu'expérience de rencontre avec un lieu nouveau, est souvent synonyme de changement, de surprise et d'émotion.* » (Ailincal et Bernard, 2010). Un rapport publié par la *National Foundation for Educational Research* (NFER) en 2004, expose les résultats de 150 études réalisées entre 1993 et 2003 et démontre les bénéfices de ces sorties pédagogiques sur l'apprentissage (Rickinson *et al.*, 2004). Les résultats témoignent en particulier d'une influence positive des sorties pédagogiques sur la construction des connaissances et le renforcement des liens entre les dimensions affectives et cognitives de l'apprentissage. En effet, grâce à l'implication de tous les sens, la sortie pédagogique favorise l'engagement et la construction des connaissances qui deviennent ainsi des souvenirs particulièrement mémorables. Les bénéfices attendus peuvent être de plusieurs ordres : « *Si le gain humain ressort de la majorité des témoignages des enseignants ou des formateurs, la plupart des équipes mettent également en avant l'acquisition de savoirs : l'objectif n'est pas de sortir, mais apprendre en sortant !* » (Amiel, 2013). En effet, quel que soit leur type (régulières, occasionnelles, avec ou sans nuitées), les sorties pédagogiques doivent contribuer à l'acquisition ou au perfectionnement des méthodes de travail, et au recours à la communication orale, c'est-à-dire le questionnement, l'expression et l'écoute. D'autre part, les sorties doivent également contribuer au développement de l'autonomie, de l'esprit d'initiative, de la responsabilité, du respect de l'autre, de son travail, de l'environnement et du patrimoine¹⁹. En 2010, Ailincal et Bernard synthétisent les impacts attendus des sorties pédagogiques. Dans une reprise de travaux de Guichard (1990), ils répartissent les impacts dans deux catégories : **les impacts d'ordre cognitif** comme l'amélioration de la perception des informations, de la compréhension, de la mémorisation, de l'analyse et de l'esprit critique et **les impacts d'ordre socio-affectif** tels qu'éveiller la curiosité, susciter des interrogations et provoquer des émotions comme la surprise, l'étonnement, l'attraction ou la satisfaction.

2.2.2.2 Dimension ludique, technologies numériques et soucis d'organisation

Plusieurs types de sorties pédagogiques peuvent être mises en place, allant de parcours exploratoires classiques jusqu'aux jeux de pistes élaborés (*e.g.* chasse au trésor, *capture the flag*, *géocaching*) qui intègrent des activités d'orientation, des stratégies d'exploration, des réflexions collaboratives, etc. L'utilisation d'**activités ludiques** permet notamment de créer un rapport positif au savoir (Guichard, 1995). De nombreux jeux éducatifs ont été créés pour des sorties pédagogiques. Parmi ces exemples, on peut citer *Treasure Hunt* qui est un jeu de type chasse au trésor, conçu pour renforcer les compétences en recherche documentaire dans une bibliothèque, pour des élèves entre 11 et 12 ans. Le jeu consiste à piocher des cartes d'activités, qui demandent de chercher un ouvrage ou de répondre à une question. Le jeu est supervisé par un *game*

¹⁸ <https://greenteacher.com/> (consulté en juin 2018)

¹⁹ http://eduscol.education.fr/eps/textes/travaux/les_sorties_scolaires (section I.2, consulté en juin 2018)

master qui note le temps passé sur les activités et le score équivalent. Une expérimentation réalisée avec 72 élèves entre 11 et 12 ans a montré une amélioration de l'intérêt et de la motivation pour la recherche documentaire et ainsi de meilleurs résultats d'apprentissage (Garellek, 1972). Plus récemment, *Gaius' Day*, un jeu de piste conçu dans le but d'améliorer l'apprentissage du patrimoine historique lors de la visite du parc archéologique d'*Egnazia* en Italie. Il consiste à jouer le rôle d'un citoyen romain appelé "Gaius", qui s'installe dans *Egnazia* avec sa famille et découvre ainsi la ville. Une expérimentation réalisée avec 19 élèves âgés de 12 ans a également montré une amélioration des résultats d'apprentissage.

Depuis quelques années, plusieurs jeux ont été développés en **version numérique**. *Gaius' Day* par exemple, est maintenant disponible sur mobile. Les outils numériques, et notamment les artefacts mobiles, facilitent la mise en place de ces jeux. En effet, l'apport virtuel est une attraction supplémentaire à la dimension ludique. De plus, grâce aux atouts de la mobilité vus dans le chapitre précédent, les artefacts mobiles proposent davantage d'interactivité avec l'environnement et offrent des possibilités pour une meilleure contextualisation et des situations d'apprentissage en réalité mixte²⁰ ; « *une relation plus directe avec le milieu dans sa réalité physique et sensorielle en alternance avec le virtuel permet à la fois la construction d'une conscience citoyenne et un engagement réel des élèves* » (Campeau, 2016).

Malgré les atouts indéniables des activités ludiques et numériques pour les sorties pédagogiques, leur mise en place implique un travail d'organisation pédagogique en amont (scénarisation des activités et préparation de contenu), qui vient s'ajouter à une organisation logistique déjà complexe, qui relève, selon le ministère de l'éducation, de la responsabilité de l'enseignant titulaire de la classe²¹. Une multitude de responsabilités perçues par certains enseignants comme un surcroît de travail sans rémunération et sans moyens pour l'organisation. Dans un dossier spécifique aux sorties pédagogiques, paru dans la revue nationale *les cahiers pédagogiques*, un recueil de témoignages met en lumière certaines difficultés qui accompagnent la phase de préparation de ces sorties. « *De tous les témoignages de ce dossier, il ressort un investissement hors du commun des personnels ; même les plus ardents à la tâche réfléchissent à deux fois avant de se lancer* », explique Michèle Amiel. Elle déplore un manque d'outillage nécessaire à la préparation de ces aventures complexes et exposées. « *L'usure guette, surtout celui qui se jette dans l'aventure en solitaire et peu outillé* ». « *Il faut soutenir, valoriser tous ces personnels qui croient, comme l'écrit Richard Étienne, dans l'importance des voyages et des sorties pour se découvrir, découvrir les autres et trouver une autre voie d'accès au savoir* » (Amiel, 2013).

Pour toutes ces raisons, nous proposons dans la section suivante, une analyse de JEM en vue d'identifier des invariants susceptibles de nous aider à proposer des modèles et des outils pour faciliter la scénarisation.

2.2.3 Conclusion

Dans cette première section, nous nous sommes intéressés aux pratiques éducatives, en dehors de la classe, qui ont été précurseurs de l'apparition des JEM. Nous avons ainsi présenté l'historique de la pédagogie du lieu, ses différents aspects, notamment les sorties pédagogiques. Ensuite, nous avons résumé les objectifs des sorties pédagogiques et leurs impacts cognitifs et sociaux-affectifs. Parmi les possibilités de scénarisation, nous avons présenté l'approche lu-

²⁰ La réalité mixte est la fusion de mondes réels et virtuels pour produire de nouveaux environnements et visualisations où les objets physiques et numériques coexistent et interagissent en temps réel.

²¹ http://eduscol.education.fr/eps/textes/travaux/les_sorties_scolaires (section II.3, consulté en juin 2018)

dique, ses avantages et ses prérequis. Cette approche peut être également enrichie par l'instrumentation des activités via les artefacts mobiles et tactiles disponibles aujourd'hui. Cependant, des verrous en termes de scénarisation ludique et pédagogique des JEM subsistent. Ainsi, nous nous intéressons dans la suite à la scénarisation des JEM, à travers l'analyse structurale d'une sélection de JEM. Celle-ci nous permettra d'identifier des invariants susceptibles de nous aider à faciliter la scénarisation des JEM.

2.3 Analyse de Jeux Éducatifs Mobiles

Dans cette deuxième section, nous nous intéressons à la structure intrinsèque de notre objet de recherche : les JEM. En effet, pour aider les enseignants à concevoir et produire des JEM efficaces, nous proposons dans un premier temps d'analyser en profondeur plusieurs exemples de JEM ayant fait l'objet d'évaluations scientifiques, qui ont clairement démontré une valeur ajoutée pour le processus d'apprentissage. Cette analyse débouche sur une liste d'invariants que nous intégrons par la suite dans un modèle de JEM global.

2.3.1 Critères de présélection

Nous souhaitons essentiellement analyser des JEM qui ont favorisé la motivation et l'amélioration de l'apprentissage. Nous nous intéresserons particulièrement aux JEM dont la plus-value éducative a été validée par des expérimentations scientifiques avec des enseignants et des élèves.

Étant donné le grand nombre de JEM existant, nous avons choisi plusieurs critères de présélection afin d'affiner la recherche. Ainsi, nous avons ciblé nos recherches uniquement sur les évaluations scientifiques de JEM, c'est-à-dire des jeux testés et expérimentés en situation pédagogique. Pour délimiter les résultats, nous avons effectué des recherches avec les mots clés suivants : "*evaluation*"+"*mobile*"+"*learning game*". Ensuite, afin de couvrir le spectre des terminologies utilisées dans le domaine, nous avons remplacé le terme "*mobile*" par les termes suivants : "*location-based*", "*pervasive*" et "*contextual*".

2.3.2 Méthode de recherche bibliographique

Notre méthode de recherche consiste à retenir un ensemble de JEM parmi les premiers résultats obtenus sur quatre moteurs de recherche scientifique majeurs : *IEEEExplore*, *ACM Digital Library*, *Science Direct* et *Springer*. Afin d'obtenir des articles qui n'auraient pas été trouvés par ces moteurs, nous avons également choisi d'étendre nos recherches documentaires au méta-moteur *Google Scholar*.

À ce stade, nous avons choisi de retenir uniquement les articles de JEM dont la structure correspond à la définition que nous avons donnée dans le premier chapitre. Ainsi, nous nous sommes focalisés sur les JEM mettant en œuvre des attributs spécifiques à la mobilité, tels que les activités situées, réalisables grâce aux techniques de localisation (notamment le GPS). En outre, nous avons ciblé des études mesurant l'utilisabilité, les aspects ludiques et les valeurs pédagogiques apportées. En effet, ces éléments nous semblent essentiels pour évaluer les JEM tels que mis en avant par Zaibon et Shiratuddin (2010).

Étant donné le nombre élevé de résultats, nous avons retenu uniquement les dix premiers JEM ressortis sur chaque moteur, triés par pertinence. Le tri par pertinence est employé par dé-

faut par les cinq moteurs de recherche utilisés. Il tient compte de la fréquence d'apparition des mots clés dans l'intégralité du texte de l'article.

Le Tableau 1 contient donc 50 résultats (5 moteurs x 10 résultats), ce qui correspond à 39 JEM au final, car certains apparaissent sur plus d'un moteur (en gras dans le Tableau 1). Ces JEM sont issus de 250 articles trouvés sur les cinq moteurs de recherches utilisés. Nous avons cité les JEM une seule fois même s'ils apparaissent dans plusieurs articles sur le même moteur de recherche (voir l'Annexe 1 pour plus de détails).

Tableau 1. Les 10 premiers JEM trouvés sur les cinq moteurs de recherche d'articles scientifiques

IEEEExplore	ACM DL	Science Direct	Springer	Google Scholar
Skillville	On the Edge	Bauboss	HeartRun	<i>TheMobileGame</i>
Lecture Quiz	Chinese-PP game	HeartRun	ToneWars	Gaius' Day
Skattjakt	Parrot Game	QuesTInSitu	Power Agent	Frequency 1550
Bagamoyo Caravan	Frogger&Floored	Frequency 1550	MobileMath	Skattjakt
FreshUp	Power Agent	EarlyBird	Gaius' Day	Parrot Game
Cardinal direction Tower of London	Kurio	Furio's	Detective Alavi	Frogger&Floored
Tower of London	Power Explorer	MSGs	Preserving Famosa fortress	Power Agent
The Amazing City	iFitQuest	Reenactment	Mindergie	Lecture Quiz
CatchBob!	Gaius's Day	BoomRoom	Language Learning Game	MuseumScrabble
TheMobileGame	TimeWarp	EasyLexia	Nat. Palace Museum Adventure	Mentira

2.3.3 Méthode de sélection

À partir des résultats recensés dans le tableau 1, nous proposons d'analyser en profondeur une sélection de JEM. Pour cela, nous choisissons de prendre le nombre de citations comme critère de sélection. En effet, nous estimons que ce critère nous permet de sélectionner les JEM qui ont attiré le plus l'attention des chercheurs. Nous avons donc utilisé l'outil de tri par nombre de citations de chaque article disponible sur *Google Scholar*. Nous avons ensuite calculé le nombre de citations total pour chaque JEM qui est équivalent à la somme des citations des articles traitant d'un même JEM. Le Tableau 2 recense les cinq premiers JEM recensés. En réalité, vu l'écart entre le total de citations du cinquième et du sixième JEM, (voir l'Annexe 2 pour plus de détails), l'analyse détaillée portera sur ces cinq premiers JEM, dont le total de citations est au-dessus de 100.

Tableau 2. Classement par nombre de citations total des JEM présélectionnés²².

JEM	Article de référence	Nombre de citations	Total des citations
Frequency 1550	(Huizenga <i>et al.</i> , 2009)	412	795
	(Akkerman <i>et al.</i> , 2009)	229	
	(Admiraal <i>et al.</i> , 2011)	134	
	(Admiraal <i>et al.</i> , 2007)	15	
	(Huizenga <i>et al.</i> , 2007)	5	
The MobileGame	(Schwabe and Göth, 2005)	332	380
	(Schwabe <i>et al.</i> , 2005)	28	
	(Göth <i>et al.</i> , 2005)	20	
Gaius' Day	(Costabile <i>et al.</i> , 2008)	152	291
	(Sun <i>et al.</i> , 2008)	55	
	(Ardito <i>et al.</i> , 2009)	37	
	(Ardito et Lanzilotti, 2008)	18	
	(Ardito <i>et al.</i> , 2012)	29	
Power Agent	(Gustafsson <i>et al.</i> , 2010)	154	237
	(Bang <i>et al.</i> , 2007)	83	
Skattjakt	(Daniel Spikol et Milrad, 2008)	64	139
	(D. Spikol et Milrad, 2008)	61	
	(Spikol, 2009)	10	
	(Spikol, 2007)	4	

2.3.4 Analyse des Jeux Éducatifs Mobiles retenus

Dans la suite, nous présentons les JEM retenus. La description introduit tout d'abord les objectifs pédagogiques du JEM. Ensuite nous décrivons le scénario du jeu en insistant sur ses éléments structurels. Nous décrivons ensuite son contexte d'utilisation et les résultats de son évaluation. Comme l'indiquent les tables 1 et 2, les JEM sélectionnés font l'objet de plusieurs articles, qui présentent souvent des évaluations différentes ou bien qui proposent d'analyser des variantes qui n'ont pas été étudiées dans les précédents travaux. Bien que nous ayons étudié les différents articles, cette analyse se limitera aux résultats d'évaluation de l'article le plus cité de chaque JEM.

²² Nombre de citations mis à jour en janvier 2018.

2.3.4.1 *Frequency 1550*

Objectifs pédagogiques

Frequency 1550 est un JEM conçu pour apprendre l'histoire de la ville d'Amsterdam à l'époque du moyen âge.



Figure 1. Les équipes directrices et de terrain jouant à *Frequency 1550*

Scénario et structure

L'objectif de *Frequency 1550* est d'obtenir les 366 points nécessaires pour l'acquisition de la citoyenneté dans la ville d'Amsterdam, en référence à la règle d'« un an et un jour » qui permettait d'avoir les droits civils à l'époque. Ainsi, dans la vieille ville d'Amsterdam, les joueurs se répartissent par groupes de quatre ou cinq. Ces groupes sont ensuite divisés en deux équipes : une équipe de terrain, qui va inspecter les lieux et une équipe directrice, qui restera devant un ordinateur dans le bâtiment central (*Le Waag d'Amsterdam*). Le jeu est constitué d'activités réparties sur des points d'intérêt. Quand l'équipe de terrain arrive sur un point d'intérêt, une vidéo s'affiche sur leur smartphone afin de leur présenter des informations historiques sur le lieu et leur détailler les missions à réaliser. Les joueurs doivent ensuite répondre à un QCM, une question libre ou prendre une photo. Ces activités nécessitent souvent une réflexion collaborative entre les équipes de terrain et les équipes directrices qui a accès à la carte médiévale, mais aussi actuelle de la ville. Le jeu se déroulant sur une journée, les deux équipes inversent les rôles après la pause du midi.

Évaluation

Le jeu a été expérimenté sur un effectif de 232 élèves de 12 à 16 ans. Un groupe témoin formé de 226 élèves du même âge ayant assisté à un cours d'histoire plus traditionnel a servi de point de comparaison (Huizenga *et al.*, 2009). Les résultats montrent que les joueurs de *Frequency1550* ont obtenu de meilleurs scores lors du test des connaissances que ceux qui ont assisté aux cours classiques sur le sujet. Le test de connaissances, pour les deux groupes, consistait à trois QCM et deux questions ouvertes pour chacune des six parties évoquées ci-dessus de la ville médiévale. Ainsi, les 232 participants au jeu ont eu une moyenne de 60% de bonnes réponses concernant l'histoire d'Amsterdam médiévale, tandis que les 226 participants ayant assisté au cours d'histoire en classe ont eu 36% de bonnes réponses en moyenne.

L'évaluation a également porté sur la motivation. Ainsi, la valeur moyenne de la motivation pour l'apprentissage d'histoire a été légèrement supérieure dans le cas de *Frequency1550*

(3.02) que dans le cas des cours théoriques (2.80). De même, la valeur moyenne de la motivation pour le thème du moyen âge a été légèrement supérieure pour *frequency1550* (2.80 contre 2.52). Les mesures de motivation ont été établies suite à des questionnaires à six items, proposant des affirmations à cinq niveaux selon l'échelle de Likert. Bien que les chiffres de motivation soient légèrement faveur du jeu, les auteurs expliquent que les différents bugs techniques auraient influencé sur les impressions des joueurs apprenants.

2.3.4.2 *The MobileGame*

Objectifs pédagogiques

The MobileGame est un JEM utilisé pour faciliter l'orientation dans une université et faire connaître ses différents départements d'enseignement, ainsi que les services importants.



Figure 2. Un étudiant en découverte d'un campus via *The MobileGame*

Scénario et structure

Le jeu consiste à guider les participants le long d'un parcours, afin de découvrir des points d'intérêts dans l'université tels que la bibliothèque, la cafétéria ou un laboratoire. Les étudiants peuvent jouer individuellement ou bien dans des petits groupes (2/3 personnes) contre d'autres individus ou groupes. Chaque groupe est équipé d'un PDA (assistant numérique personnel). Quand les joueurs arrivent sur un point d'intérêt, ils doivent répondre à une question ouverte. Pour trouver la bonne réponse les joueurs doivent réaliser des tâches contextuelles comme trouver un livre dans la bibliothèque, trouver une personne dans un département ou compter le nombre d'ordinateurs dans une salle de TD. Le jeu est basé sur la compétition puisque les groupes doivent se pourchasser entre eux. Chaque groupe peut voir la localisation de sa proie et de son chasseur sur le PDA. D'autre part, les joueurs coopèrent avec des enseignants ou des responsables de services afin d'avoir des informations relatives à leurs missions.

Évaluation

L'évaluation a été réalisée auprès de 22 étudiants âgés de 19 à 25 ans à l'université de *Koblenz* en Allemagne et s'est focalisée sur deux plans : l'utilisabilité et l'expérience de jeu (Schwabe et Göth, 2005). Les premiers résultats de cette évaluation concernent l'utilisabilité du jeu, ils ont permis d'identifier des problèmes d'affichage d'informations et de réactivité du système. En ce qui concerne l'expérience de jeu ou *gameplay*, uniquement cinq joueurs parmi les 22 participants ont dit qu'ils ont juste apprécié le jeu alors que la majorité des joueurs (17 sur 22) ont affirmé qu'ils aimeraient y rejouer à tout moment. Les meilleurs résultats en termes de motivation ont été corrélés à des activités de déplacement entre les différents lieux, enrichis de certains

mécanismes de compétition. En effet, l'effet d'immersion et de distraction a atteint les meilleurs scores suite aux activités « *map-navigation* » (s'orienter à travers la carte électronique) et « *hunting and hiding* » (éviter les groupes chasseurs et pourchasser les groupes proies visibles sur la carte électronique).

2.3.4.3 *Gaius' Day*

Objectifs pédagogiques

Gaius' Day a été conçu dans le but d'améliorer l'apprentissage de l'histoire lors de la visite du parc archéologique d'*Egnazia* en Italie.



Figure 3. *Gaius' Day* version Explore!

Scénario et structure

Le jeu est introduit aux élèves par le *Game Master*. Celui-ci les répartit par groupes de trois à cinq, afin de jouer le rôle d'un citoyen romain appelé « Gaius », qui s'installe à *Egnazia* avec sa famille. Le jeu existe en deux versions. La 1^{ère} est une version papier où les joueurs sont équipés de brochures et de documents contenant la carte et la description des missions. La 2^{ème} version est implémentée sur des téléphones mobiles à l'aide de l'outil auteur de jeux pour sites archéologiques « *Explore!* » (Costabile *et al.*, 2008). Cette version se caractérise par des effets sonores au moment de passage entre les activités et des techniques de réalité augmentée exécutées sur les supports mobiles (Figure 3). Pour accéder aux différents points d'intérêts, les joueurs dans la version papier sont munis d'un glossaire. Dans la version électronique, les joueurs peuvent consulter le glossaire via l'onglet « Oracle » dans le menu du jeu. Le glossaire contient des indications pour accéder aux missions. Ensuite, chaque membre du groupe s'attribue un rôle dans le scénario. Ainsi, le « lecteur » détient le téléphone mobile, accède au glossaire, annonce les missions et saisit ensuite les réponses. Le « navigateur » s'occupe des points d'intérêts. Il les repère sur la carte et prend note de ceux qui ont été identifiés, tandis que le « scout » se lance à la découverte des points d'intérêts encore non identifiés.

D'un point de vue structurel, dans les deux versions, le scénario se déroule sur plusieurs points d'intérêts. Cependant, la version électronique est répartie en plusieurs unités, représentant les différentes missions. L'ordre d'enchaînement des unités est linéaire. Les missions se présentent en format textuel, tandis que le contenu pédagogique peut prendre plusieurs formats. En effet, en arrivant sur certains points d'intérêts, les joueurs consultent des informations histo-

riques en réalité augmentée, sous la forme de représentations 3D des lieux physiques en question. Ces représentations permettent d'établir des figures approximatives de ces lieux historiques à l'époque étudiée.

Évaluation

L'évaluation est une étude comparative du JEM « Gaius' Day » en version papier et sa version numérique. Une première expérimentation a été réalisée avec la version papier, auprès d'un effectif de 19 élèves âgés de 12 ans, répartis en cinq groupes. Une deuxième expérimentation a été réalisée, avec le même scénario, mais avec la version numérique, a été réalisée auprès de 23 élèves de 12 ans, divisés en six groupes (Costabile *et al.*, 2008). Les premiers résultats ont montré davantage de réussite dans les missions, c'est-à-dire l'atteinte des objectifs du jeu, sur la version papier. Les auteurs expliquent cette différence par le fait que la version électronique n'affichait que les informations liées à la position GPS des élèves (filtre) alors qu'en version papier les élèves avaient accès à l'ensemble des données à leur disposition. De plus, la version électronique obligeait les élèves à répondre selon l'ordre d'affichage des questions alors qu'en version papier, ils pouvaient choisir l'ordre de leurs réponses, développer des stratégies et revenir sur leurs réponses plus tard.

Concernant le niveau de satisfaction des joueurs, la motivation était très élevée dans les deux versions du jeu, mais les facteurs d'attractivité, selon les résultats de l'évaluation, étaient plus nombreux pour la version électronique. En effet, ces facteurs étaient liés aux effets sonores et de réalité augmentée sur les artefacts utilisés. Sur la version papier, les facteurs d'attraction étaient liés au cadre de l'apprentissage situé, en l'occurrence le parc archéologique. En effet, en interrogeant les élèves sur les meilleures caractéristiques du jeu dans ses deux versions, le lieu a représenté 27% des réponses pour la version papier et uniquement 5% des réponses dans la version électronique. Ceci est expliqué par les auteurs par le fait que sur la version numérique, les joueurs étaient très regroupés sur l'appareil mobile et apercevaient peut-être moins les éléments physiques. En revanche, le débriefing de la version électronique du jeu a duré bien plus longtemps que le débriefing de la version papier. En effet, la reproduction en 3D des monuments historiques et les effets sonores durant le jeu ont été très appréciés et ont permis d'échanger davantage.

2.3.4.4 *Power Agent*

Objectifs pédagogiques

L'objectif de *Power Agent* est de sensibiliser les joueurs aux énergies et de leur apprendre les bonnes habitudes de consommation.

Scénario et structure

Le jeu est inspiré du classique *Power House*, un jeu de simulation sur PC, conçu pour développer la conscience des jeunes à l'égard de l'énergie (Bang *et al.*, 2006). Dans *Power Agent*, les joueurs jouent le rôle d'un agent spécial qui a pour mission de faire des économies d'énergie dans son foyer. Pour atteindre ce but, les agents agissent sous la supervision de "Mr Q" (Figure 4), le directeur des agents. Chaque agent est équipé d'un téléphone mobile connecté directement au compteur électrique du foyer et doit coopérer avec les membres de sa famille pour baisser la consommation entre 17h et 22h. Ces efforts sont ensuite additionnés à ceux des autres agents de la même équipe, dans la même ville. En effet, l'équipe d'agents spéciaux est en concurrence avec une autre équipe dans une autre ville. Ainsi, l'équipe gagnante est celle qui réalise la

baisse de consommation d'énergie la plus importante. D'un point de vue structurel, les missions sont réparties sur des points d'intérêt dans les maisons des joueurs. Toutefois, étant donné que les points d'intérêt sont facilement repérables, ces derniers ne s'affichent donc pas sur une carte à l'écran du mobile comme c'est le cas pour les autres JEM. En effet, les points d'intérêt représentent par exemple le compteur d'électricité et certains équipements coûteux dans les foyers (e.g. chaudière, équipements électroménagers, etc.). Pour réaliser les missions du jeu, les joueurs consultent des indices textuels qui s'affichent sur leurs mobiles sous la forme de consignes (e.g. retirez les prises secteur afin d'empêcher le lecteur DVD de consommer de l'énergie en veille). Les joueurs reçoivent régulièrement des vidéos pédagogiques de "Mr Q". En outre, les informations pédagogiques se transmettent également par échange avec les enseignants via des outils de messagerie instantanée à la demande des joueurs (e.g. MSN, Skype, etc.).



Figure 4. "Mr Q" donne des instructions aux joueurs de *Power Agent*

Évaluation

Deux équipes de trois agents ainsi que les membres de leurs familles ont participé au jeu, pendant 10 jours, dans deux villes différentes en Suède (Smedjebacken et Växjö), pendant le printemps 2008. Même si l'effectif est réduit par rapport aux effectifs des expérimentations présentées ci-dessus, cette évaluation est intéressante du point de vue de sa durée (Gustafsson *et al.*, 2010). Globalement, les participants ont été très motivés et engagés dans le jeu. En effet, des initiatives remarquables chez certains joueurs comme le remplacement des lampes par des ampoules économiques ou bien l'utilisation des bougies dans certains cas. Cependant, les facteurs de motivation ont été essentiellement la compétitivité et l'expérience sociale. En effet, l'aspect compétitif du jeu a incité chaque équipe à accroître ses efforts pour réaliser une plus grande baisse de consommation. De même, au sein de chaque équipe, chaque agent essayait d'avoir les meilleurs résultats dans son foyer afin de se mettre en valeur à l'égard de ses coéquipiers. L'expérience sociale a également joué un rôle important. En effet, la communication entre les agents de la même équipe et la collaboration familiale ont été des facteurs immersifs. Les parents ont été très impliqués et ont accepté un niveau de confort quotidien inférieur au standard.

L'expérience située a facilité l'apprentissage sur plusieurs plans. Tout d'abord, sur le plan des informations pédagogiques fournies par le jeu sous forme d'indications ou parfois de missions. Ainsi, les joueurs ont pu mettre en pratique d'une façon directe les conseils qui leur ont été présentés par "Mr Q" ou bien par les indices textuels affichés sur les terminaux mobiles. D'autre part, ces applications pratiques ont également permis d'apprendre d'une "manière indi-

recte", c'est-à-dire, sans consigne directe dans le jeu. Ainsi, en essayant de réduire la consommation d'électricité, l'un des agents a par exemple appris à utiliser la chaudière à feu, jusqu'alors jamais utilisée et rangée inutilement au sous-sol. D'autres agents ont identifié et localisé indirectement des équipements importants dans la maison auxquels ils portaient peu d'intérêt avant le jeu, comme les équipements de secours.

L'objectif pédagogique a aussi été atteint dans la plupart des cas. Les joueurs ont appris à réduire leur consommation d'énergie par l'expérience située, en appliquant des stratégies et aussi en discutant entre membres d'une même équipe. Bien qu'une baisse de consommation à long terme n'ait pu être démontrée, des changements de comportement importants ont été observés pendant la période des 10 jours de l'expérimentation.

2.3.4.5 *Skattjakt (chasse au trésor)*

Objectifs pédagogiques

Skattjakt a été conçu dans le but de promouvoir l'activité physique et la résolution collaborative de problèmes, tout en apprenant l'histoire d'un château situé à Väjjö (Suède).



Figure 5. Un personnage historique dans le rôle de la « femme fantôme » raconte l'histoire du château aux élèves dans *Skattjakt*

Scénario et structure

Le scénario s'appuie sur une histoire locale dont les personnages vivaient dans le château de Väjjö. Les joueurs incarnent des détectives privés qui doivent aider *Anna Koskull*, la dame du manoir, à résoudre le mystère de son mari disparu. Celle-ci apparaît sous la forme d'un fantôme dans la vidéo introductive. En explorant la carte s'affichant sur leurs smartphones, les joueurs doivent se rendre vers des points d'intérêts afin de résoudre des puzzles, décrypter des codes de façon collaborative ou trouver d'autres indices les orientant vers de nouveaux endroits. Durant le jeu, les élèves reçoivent sur leurs appareils mobiles des indices textuels et sonores qui leur permettent d'avancer dans le jeu.

D'un point de vue structurel, le jeu se déroule sur six points d'intérêts affichés sur l'écran du terminal mobile. Le serveur gère l'affichage des indices sur la carte, des informations pédagogiques et le calcul des scores. Le format d'informations pédagogiques mises en avant par le jeu est la vidéo ou bien les éléments textuels.

Évaluation

L'étude à laquelle nous nous intéressons comporte deux évaluations. La première a été réalisée avec 12 élèves de 12 à 15 ans en février 2007. Quatre mois plus tard, 26 élèves de 13 à 15 ans

ont fait l'objet d'une seconde évaluation du même jeu. Cette fois, 10 élèves parmi les 26 participants ont participé à l'atelier de conception de la deuxième itération du jeu (D. Spikol et Milrad, 2008). Les résultats ont déjà été positifs lors de la première expérimentation. 58% des joueurs ont affirmé que le jeu était très divertissant et 75% ont affirmé qu'ils étaient motivés pour apprendre l'histoire locale à travers le jeu. Cependant, une amélioration des résultats a été observée lors de la deuxième expérimentation. En effet, 73% des participants ont trouvé le jeu très divertissant et 100% ont trouvé qu'il les a motivés pour apprendre l'histoire du château. Ceci est en partie liée aux conditions de déroulement du jeu (soirée hivernale lors de la 1^{ère} expérimentation et une journée ensoleillée lors de la 2^{ème}), mais surtout à la participation des apprenants à l'atelier de conception. En effet, cette méthode de conception a eu un impact positif surtout chez les élèves ayant participé à l'atelier. « *Ce serait intéressant de le faire dans toutes les écoles* », reporte l'une des participantes. « *Dans mon cours de sport, je suis souvent soulée et fatiguée de refaire la même chose* ». Les autres participants à l'atelier ont également apprécié cette méthode de conception et ont suggéré avoir plus de temps la prochaine fois afin de réfléchir à plus de missions. De ce fait, à travers cette approche inspirée de la démarche de conception centrée sur l'utilisateur, les auteurs recommandent donc la conception de JEM centrée sur l'apprenant.

2.3.5 Analyse complémentaire de Jeux Éducatifs Mobiles récents

Bien que la méthode de recherche présentée ci-dessus nous ait permis d'identifier des JEM intéressants, elle ne nous a pas permis de sélectionner des JEM récents, dont les articles n'ont pas eu le temps d'être beaucoup cités. Pour cette raison, nous avons mené une phase complémentaire d'analyse afin d'étudier des JEM plus récents.

Nous avons saisi les mêmes mots-clés définis au début de cette section en filtrant les résultats de recherche sur des publications à partir de 2014. Nous avons retenu trois JEM dont les évaluations attestent de résultats positifs au regard de l'apprentissage ou de la motivation, et faisant ainsi preuve d'un certain succès.

2.3.5.1 *Kiwi Mobile*

Objectifs pédagogiques

Kiwi Mobile est un JEM conçu pour développer les pensées critiques au regard de problèmes financiers. Le jeu cible également l'apprentissage coopératif (Lee *et al.*, 2016).

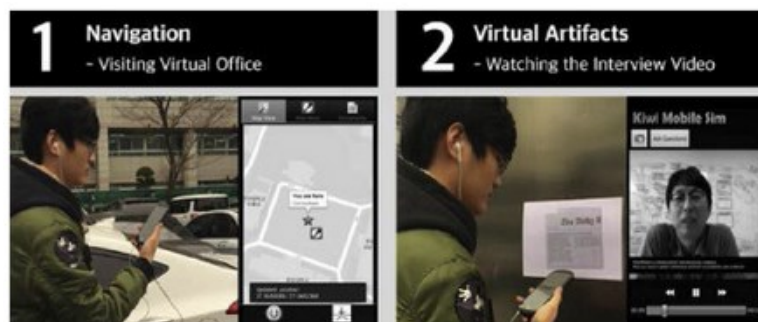


Figure 6. Un étudiant cherche un point d'intérêt. À son arrivée, il consulte une vidéo présentant des informations sur le département.

Scénario et structure

Le contexte est celui d'une entreprise fictive de fabrication de téléphones mobiles (*Kiwi Mobile*) qui rencontre des problèmes financiers. Ainsi, les joueurs dans le rôle de consultants en affaires se rendent sur des lieux différents pour enquêter. Les bâtiments d'un campus universitaire en Corée du Sud ont été utilisés pour représenter les départements suivants : le bureau de gestion, l'assurance qualité, la recherche et développement, le marketing et la production des assemblages. Ainsi, au fur et à mesure de leur avancement dans le jeu, les joueurs apprennent à collecter et analyser plusieurs types de données afin de proposer des solutions aux problèmes rencontrés. Le jeu cherche également à mesurer l'apport de la coopération dans l'apprentissage. Ainsi, trois modes de jeu sont proposés, le jeu en solo, le jeu en binôme avec un contenu symétrique pour les deux joueurs, le jeu en binôme avec un contenu asymétrique pour les deux joueurs (*e.g.* les joueurs se partagent les départements à visiter). Suite aux visites des départements, le jeu se poursuit en classe avec une présentation des solutions trouvées par les étudiants au CEO de l'entreprise fictive (l'enseignant). Lors de cette session, les binômes ont 15 minutes pour partager leurs connaissances et 15 minutes pour préparer leur présentation. Les joueurs en solo disposent de 30 minutes pour préparer leur présentation.

D'un point de vue structurel, le jeu consiste en un parcours linéaire, constitué d'une série de points d'intérêts (les départements de l'entreprise) (Figure 6). En arrivant sur chaque point d'intérêt, les joueurs doivent consulter les informations qui s'affichent sur leurs terminaux sous forme de texte ou de vidéos et répondent à un quiz avant de passer au point suivant. Pour les versions collaboratives, soit les joueurs gagnent ensemble, soit ils perdent ensemble. Le résultat est déterminé à l'issue du jeu, lors d'une session en classe qui consiste à faire une présentation au directeur général (CEO).

Évaluation

L'évaluation a été réalisée auprès de 25 étudiants de premier cycle en génie industriel à l'Université Hanyang en Corée du Sud, d'une moyenne d'âge de 23 ans. Les participants étaient affectés aux différentes versions du jeu : G1 = Mode solo, G2 = Binôme symétrique et G3 = Binôme asymétrique. L'évaluation porte sur deux critères principaux : la mémorisation et le développement des pensées critiques. Le premier critère est mesuré à partir des informations fournies par les joueurs sur les départements visités. Le développement des pensées critiques est mesuré à partir d'analyses faites par les joueurs sur les relations entre les départements.

Les résultats ont montré que chez les trois groupes relatifs aux trois parcours (solo, binôme symétrique, binôme asymétrique), il n'y avait pas de différence significative au niveau de la mémorisation. En effet, la moyenne des problèmes reportés a été de 7.81 chez le groupe G1, 8.03 chez le groupe G2 et 7.94 chez le groupe G3. Cela veut dire, d'après les auteurs, qu'avoir joué en solo n'a pas eu un impact différent sur la mémorisation. Au niveau du développement des pensées critiques, les résultats étaient en faveur des deux groupes en binômes. En effet, ces derniers ont réussi à proposer plus de nouveaux liens entre les départements que les joueurs en solo (huit solutions proposées chez le groupe G2, neuf chez le groupe G3 et uniquement cinq chez le groupe G1). Toutefois, en comparant les deux groupes G2 et G3 par application du schéma d'évaluation des pensées critiques de Newman *et al.* (1997), le G2 a eu plus d'énonciations positives (*e.g.* 33 cases pour la clarification vs 30, 29 vs 21 pour l'originalité, etc.). Cette différence s'explique d'après les auteurs par une plus faible coopération chez le groupe 3 en raison du contenu symétrique reçu. En revanche, avoir reçu un contenu asymétrique

a permis au groupe 2 de manifester plus de coopération lors de la session de travail coopératif et d'avoir les meilleurs résultats lors de l'évaluation de celui-ci.

2.3.5.2 *Mystery at the lake*

Objectifs pédagogiques

Le jeu introduit un problème environnemental du système aquatique d'un lac local à Chypre. Il amène ainsi les apprenants à expliquer ce problème, en s'aidant par les indices qu'ils peuvent collecter pendant le jeu. L'apprentissage porte également sur les concepts d'eutrophisation et de bioaccumulation (Georgiou and Kyza, 2017).



Figure 7. Les différents points d'intérêts dans *Mystery at the Lake*

Scénario et structure

Au bord du lac, les joueurs répartis par binômes prennent le rôle d'investigateurs environnementaux. Chaque binôme est muni d'une tablette. Il aura la mission de collecter et d'interpréter les données fournies par plusieurs caractères virtuels (*e.g.* résident, fermier, chimiste, écologiste, etc.). Ces données permettront aux joueurs de trouver une explication rationnelle au problème environnemental sur lequel ils enquêtent. Celui-ci est initialement structuré autour de trois explications plausibles : la bioaccumulation de plomb, la bioaccumulation de pesticides et l'eutrophisation. Après analyse des données collectées, les joueurs choisissent l'une des explications évoquées et argumentent, dans leur rapport, leur choix par des preuves relatives aux données collectées. Ils expliquent également dans le rapport les raisons pour lesquelles ils n'ont pas retenu les deux autres hypothèses. Les joueurs sont également invités à proposer des solutions pour pallier le problème rencontré.

D'un point de vue structurel, le jeu se répartit sur 10 points d'intérêts, tel que le montre la Figure 7. La tablette étant équipée de la technologie de géolocalisation GPS, elle affiche des informations en réalité augmentée à chaque arrivée sur l'un de ces points d'intérêts. Ces informations peuvent être sous format textuel, enrichies par des illustrations comme indiqué sur la Figure 8 par exemple. D'autres informations pédagogiques sont communiquées à travers des vidéos attribuées aux caractères virtuels évoqués ci-dessus. Les joueurs ont également accès à des fonctionnalités de la tablette via l'application du jeu comme le *notepad* (pour prendre des notes), la carte, l'appareil photo (pour la prise d'image des éléments physiques) ainsi qu'un outil pour l'annotation des images.

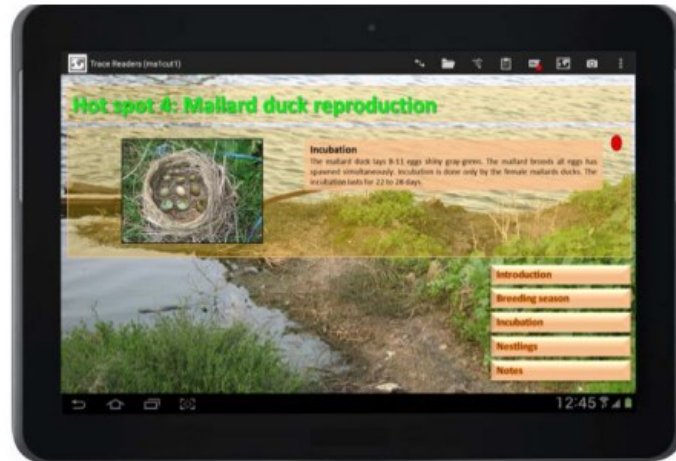


Figure 8. Exemple de la superposition du contenu pédagogique sur la reproduction du canard colvert à une image réelle fournie par la caméra de la tablette

Évaluation

L'évaluation concerne deux expérimentations relatives à deux itérations du jeu. La 1^{ère} a été réalisée auprès de 18 élèves de lycée (neuf binômes), âgés entre 16 et 17 ans. La 2^{ème} a été menée auprès de 10 élèves (cinq binômes) de la même catégorie et tranche d'âge. L'analyse a porté sur deux facteurs principaux : l'immersion et l'apprentissage.

Pour le facteur d'immersion, la 1^{ère} itération a eu moins de succès. En effet, les participants ont rapporté que certaines images caricaturales étaient ennuyeuses et manquaient de réalisme. Ils ont également affirmé que sur certains points d'intérêt, le jeu affichait trop d'éléments textuels et que cela leur demandait beaucoup d'effort pour se concentrer étant donné les conditions de plein air dans lesquels ils travaillaient. En outre, des bugs liés à la géolocalisation affectaient beaucoup leur expérience immersive. Ainsi, la 2^{ème} itération a apporté plusieurs améliorations sur l'interface et sur la performance de l'application. Elle a eu plus de retours positifs de la part des participants du point de vue de l'expérience immersive.

Pour le facteur d'apprentissage, les participants à la 2^{ème} itération ont obtenu de meilleurs résultats. En effet, un seul binôme sur 9 a réussi à proposer une bonne résolution pour le problème rencontré lors de la 1^{ère} itération, tandis que les cinq binômes ayant participé à la deuxième itération ont tous réussi à proposer des solutions valables. Les auteurs expliquent cette différence par l'impact de l'expérience immersive. Ainsi, en étant plus engagés dans le jeu, les participants à la 2^{ème} itération ont manifesté plus d'efforts pour obtenir un maximum d'informations et pour collecter et capturer des données.

2.3.5.3 EduPARK

Objectifs pédagogiques

Le jeu a été conçu dans le but de développer l'activité d'apprentissage et l'observation de la biodiversité dans le parc urbain *Infante D. Pedro* à Aveiro (Portugal) (Pombo *et al.*, 2017).

Scénario et structure

Le jeu consiste à mixer des effets virtuels de reconnaissance de formes à des quiz dans un cadre de *géocaching* pour observer la biodiversité dans un parc urbain. Il propose deux parcours différents pour des élèves d'école primaire (9-10 ans) et des élèves de collège (13-14 ans). Les quiz diffèrent donc en fonction du parcours choisi. Le jeu se déroule autour de trois *géocaches* dans

le parc *Infante D. Pedro*. Les joueurs se répartissent par équipes de trois ou quatre. Chaque équipe est accompagnée par un moniteur adulte, pour des raisons de sécurité et aussi de collecte de données. Après un court tutoriel sur l'accès à l'appareil photo et la reconnaissance des points d'intérêts, les joueurs ont accès à des instructions. Celles-ci leur permettent de repérer les différents points d'intérêt et de parcourir des informations pédagogiques les aidant à répondre aux questions relatives à chaque point d'intérêt. Les joueurs reçoivent des commentaires sur leurs réponses et se voient augmenter leurs scores en cas de bonne réponse.

D'un point de vue structurel, l'arrivée sur un point d'intérêt est validée par la reconnaissance des marqueurs répartis sur les POI à travers l'appareil photo (Figure 9). En outre, sur chaque POI, une série de questions à réponses multiples est affichée. Le jeu affiche aussi le niveau de la progression en fonctions des lieux visités et des activités déjà faites. Le jeu intègre plusieurs outils comme l'appareil photo (reconnaitre les marqueurs et prendre des photos), un inventaire des photos prises, une boussole, une carte du parc qui affiche la position du prochain point d'intérêt ainsi que les positions des autres joueurs. Un dernier écran affiche la performance globale de l'équipe, le score total, le temps écoulé et le nombre de bonnes réponses.

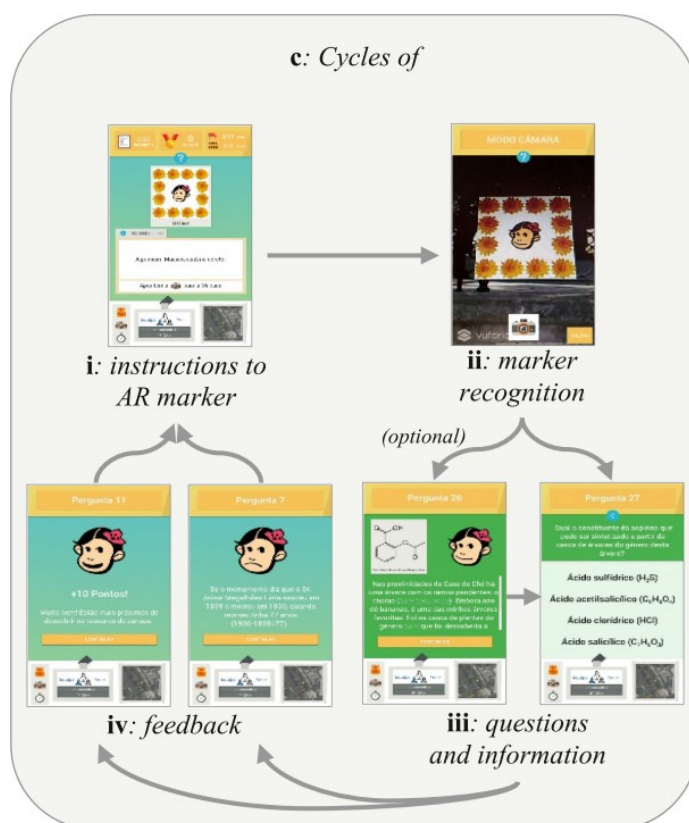


Figure 9. Les étapes représentant le cycle d'une activité dans *EduPARK*

Évaluation

L'expérimentation a été réalisée auprès de 74 élèves ; 52 en école primaire (9-10 ans) et 22 élèves de collège (13-14 ans). L'évaluation a porté sur deux facteurs principaux : la satisfaction par rapport à l'expérience du jeu (*gameplay*) et la perception de la difficulté. L'évaluation a également consisté à prendre en compte les observations des moniteurs de jeu présents sur le terrain pendant l'expérimentation et à faire des *focus groups* à la fin du jeu pour recueillir les impressions des participants. Six *focus groups* ont participé à l'évaluation, dont deux de 11 élèves pour le parcours de l'école primaire et quatre de 13 élèves pour le parcours du collège.

Ainsi, pour la satisfaction suite à l'expérience du jeu, cinq parmi les six *focus groups* ont donné la note maximale. "*L'activité était enrichissante parce qu'elle nous a aidés à développer des connaissances et nous incités à vouloir en apprendre davantage...*" reporte l'un des joueurs. "*Les élèves disent que le jeu était amusant et cool...*" indique l'un des moniteurs. D'autre part, ces impressions positives ont été liées à la présence sur le lieu. En effet, l'un des participants affirme "*Je crois que nous pouvons accomplir de meilleures choses en dehors de la classe, parce que nous sommes dans un contact physique et visuel avec le contenu que nous sommes censés apprendre...*". La perception de la difficulté a été essentiellement évaluée par les moniteurs. Ceux-ci affirment que les élèves les avaient sollicités au tout début pour de l'aide. Ensuite, ils sont devenus plus autonomes dans la résolution de problèmes. Cependant, quelques élèves du parcours de l'école primaire ont eu des difficultés à utiliser la boussole. "*Ils n'avaient pas trouvé la bonne direction*", rapporte l'un des observateurs.

2.3.6 Discussion

Dans cette partie nous interprétons les résultats de l'analyse des JEM selon deux perspectives. La première est une perspective générale, concernant les mécanismes et les caractéristiques communes mis en œuvre par les auteurs des JEM analysés, au regard de l'apprentissage contextuel. La deuxième perspective concerne la structure des JEM analysés. Celle-ci nous servira de base pour proposer un modèle de JEM.

2.3.6.1 Analyse générale

Tous les JEM étudiés lors de l'analyse principale et complémentaire ont prouvé leur efficacité pour améliorer l'apprentissage et/ou la motivation des apprenants. Nous allons donc identifier les éléments qui ont contribué à cette réussite.

La pédagogie du lieu

C'est un point commun à tous les jeux analysés. Même si le terme "*location-based*" n'a pas été employé dans toutes les recherches effectuées et que d'autres termes comme "*pervasive*" ont été employés, tous les JEM retenus s'appuyaient sur un lieu géographique. En effet, les différents scénaristes ont choisi la pédagogie du lieu comme méthode d'apprentissage. Celle-ci a permis aux joueurs de *Frequency1550* par exemple d'obtenir des résultats d'apprentissage meilleurs que ceux à travers les cours classiques. De même, les joueurs de *Frequency1550* ont déclaré être plus motivés à apprendre l'histoire d'Amsterdam à travers le jeu qu'à travers les cours classiques. Ce lien entre motivation et apprentissage a été défini par Giordan en (1998) avec le consensus déclaré « *on n'apprend pas sans être motivé* ». Cependant, la motivation découle-t-elle du lieu ou du jeu ? En partant du principe que la motivation est en partie liée intrinsèquement au jeu (grâce aux mécanismes qu'il propose), il est tout de même réel que la pédagogie du lieu augmente cette motivation. En effet, « *La sortie scolaire, en tant qu'expérience de rencontre avec un lieu nouveau, est souvent synonyme de changement, de surprise et d'émotion.* » (Ailincai et Bernard, 2010). D'après les joueurs de *Mystery at The Lake*, leur immersion (ayant atteint des taux importants) a été très liée à l'espace et au contexte dans lequel s'est déroulé le jeu. Ceci rejoint également les travaux de (Kim, 2013) qui place le lieu au centre d'un Framework proposé pour favoriser l'immersion dans le cadre de l'apprentissage mobile et contextuel. En outre, il affirme que contrairement aux environnements virtuels, la pédagogie du lieu enrichie par la réalité augmentée ne dépend pas que de l'interface virtuelle et de son contenu. Elle a l'avantage d'exploiter le lieu et de tirer profit du contexte de l'activité. Ceci nous amène vers la deuxième

observation dans cette analyse théorique, relative à l'apport de la technologie au regard de la pédagogie du lieu.

L'attrait des technologies numériques

D'après les JEM analysés, l'utilisation de technologies numériques (e.g. géolocalisation, réalité augmentée, vidéo) a été une source de motivation pour les apprenants. Par exemple, la version numérique de *Gaius' Day* enrichie par la réalité augmentée a eu beaucoup plus de succès que la version papier. Dans *EduPARK*, identifier les marqueurs de réalité augmentée et les scanner via l'appareil photo afin de pouvoir déclencher les activités était également un mécanisme très motivant. D'un point de vue général, ceci rejoint des travaux récents de Akçayır et Akçayır expliquant comment les effets de réalité augmentée peuvent augmenter la motivation des élèves et améliorer même leurs performances d'apprentissage (Akçayır and Akçayır, 2017). D'autre part, presque tous les JEM analysés intègrent de la vidéo, soit pour aider les apprenants à trouver les points d'intérêt (*Skattjakt*, *Frequency 1550*), soit pour donner des instructions pour les activités (*Power Agent*), soit pour transmettre des informations pédagogiques (*Kiwi Mobile*, *Mystery at The Lake*, *Gaius' Day*). Cette méthode, alternant virtuel et réel favorise l'engagement des élèves et permet donc potentiellement une meilleure construction des connaissances (Campeau, 2016).

Toutefois, les moyens techniques sont parfois un obstacle pour les JEM. Des problèmes d'utilisabilité d'interface ont été rapportés pour *Gaius' Day*, *TheMobileGame* et dans la première itération de *Mystery at The Lake*.

L'expérience sociale

Le troisième élément, présent dans tous les JEM analysés, est l'expérience sociale. Cette expérience sociale peut prendre la forme d'une collaboration médiatisée, mise en œuvre grâce aux technologies, comme dans *Frequency1550*. Cependant, dans la plupart des jeux, l'expérience sociale se faisant tout naturellement, en donnant un artefact mobile à un groupe de deux ou trois apprenants (*Mystery at the Lake*, *EduPARK*, *skattjakt*, *Gaius' Day*). La création d'équipe permet une réflexion collective grâce à un échange direct entre les joueurs. Ces derniers peuvent ainsi résoudre un problème d'une manière collective ou développer ensemble une stratégie (e.g. l'implication de toute la famille dans *Power Agent* qui a favorisé l'immersion des joueurs.). En outre, des joueurs d'*EduPARK* ont clairement affirmé qu'ils avaient apprécié le jeu, car il leur a permis de sympathiser avec d'autres camarades. Dans le cas de *TheMobileGame*, il était possible de jouer individuellement, cependant, l'expérience sociale était mise en œuvre grâce à la compétition en pourchassant ou en étant pourchassé par d'autres joueurs à travers l'activité *hunting and hiding*. La coopération est une autre forme d'expérience sociale qui a été mise en œuvre dans *Kiwi Mobile*.

2.3.6.2 Analyse des scénarios

Outre les caractéristiques communes identifiées ci-dessus, l'analyse des JEM a également révélé une structure quasi commune à tous les exemples analysés. Cette structure repose sur trois éléments invariants.

Indice, contenu pédagogique et activité située

Tout d'abord, tous les scénarios analysés sont structurés autour de plusieurs emplacements géographiques, que nous appelons **points d'intérêt** (POI, pour *Point Of Interest*). Afin d'aider les apprenants à se rendre sur ces POI, les JEM donnent au minimum un **indice**. Le format de ces indices est assez varié : vidéo (*Skattjakt* et *Power Agent*), texte (*EduPARK*), audio (*Gaius' Day*),

mais aussi sous la forme de carte interactive (*TheMobileGame*, *Kiwi Mobile* et *Mystery at The Lake*). Chacun de ces POI est porteur de **contenu pédagogique**. Le principe de la pédagogie du lieu suppose que le lieu d'apprentissage fait partie de l'apprentissage même et incorpore donc une partie du contenu pédagogique (Campeau, 2016; Rae et Pearse, 2004). Cependant, en apprentissage mobile ou *m-learning*, le contenu pédagogique lié au point d'intérêt peut être acquis d'une façon directe (e.g. reconnaître la couleur d'une plante ou observer la forme d'une roche) ou bien via l'artefact mobile. En l'occurrence, dans *Gaius' Day*, les apprenants avaient des représentations virtuelles en 3D sur leurs téléphones mobiles de certains points d'intérêt du site archéologique. Ces représentations décrivaient l'état du site archéologique à l'époque étudiée. Elles permettent ainsi de présenter des éléments pédagogiques du point d'intérêt en complément de ce qui est visible sur le site en question. Dans d'autres cas, comme dans *Power Agent*, le point d'intérêt n'inclut pas d'éléments pédagogiques en soi. Ainsi, les apprenants, une fois sur le lieu en question, devaient activer le contenu correspondant sur leurs téléphones ou alors regarder les vidéos. De ce fait, nous estimons qu'un contenu pédagogique accessible via l'artefact mobile est un élément essentiel tout comme l'indice de l'unité de jeu situé.

Pour finir, le troisième élément commun aux JEM analysés est l'**activité située** que les joueurs doivent accomplir, après avoir consulté du contenu pédagogique. L'accomplissement de cette activité permet, en général, de passer à l'indice du POI suivant. Cette activité est indépendante de l'évaluation finale des connaissances, comme la présentation à faire dans *Kiwi Mobile*, le rapport à rendre dans *Mystery at The Lake*, ou bien les séances de débriefing après le jeu. Elle est essentiellement liée à certaines informations ou détails du point d'intérêt ou d'éléments pédagogiques autour du point d'intérêt. Dans les exemples que nous avons vus, la tâche était parfois de prendre en photo des scènes du lieu d'apprentissage (*Frequency 1550*), de répondre à des questions simples ou QCM (*Gaius' Day*, *TheMobileGame*, *EduPARK*, *Kiwi Mobile*, *Mystery at The Lake*) ou d'appliquer des consignes, notamment ceux de « *Mr Q* » dans *Power Agent*. Pour l'exemple de *Skattjakt*, la tâche était un peu différente et consistait plutôt à collecter des informations pour résoudre une énigme.

2.3.7 Conclusion

Dans cette partie, nous avons étudié une sélection de JEM, les cinq les plus cités sur les moteurs de recherche scientifique et trois JEM récents ayant obtenu des résultats positifs au niveau de la motivation ou de l'apprentissage. Le but de l'étude est de repérer des mécanismes et les structures invariantes de ces JEM, ayant contribué à leur succès. Ces derniers seront réutilisés dans l'élaboration de solutions facilitant la scénarisation des JEM. Ainsi, l'analyse a porté sur deux volets. Un volet théorique mettant en valeur, au regard de la littérature, l'incarnation de la pédagogie du lieu, les effets virtuels et l'expérience sociale. Le deuxième volet concerne la structure des JEM étudiés. Ainsi, en analysant la structure intrinsèque des JEM retenus, nous avons constaté une ossature commune composée des trois éléments : POI, indice et activité située. Cette ossature peut représenter un squelette de départ pour un modèle de JEM plus général.

2.4 Analyse de besoins des utilisateurs

Conformément à la structure de la phase d'analyse de la démarche DBR présentée au début de ce chapitre, cette section étudie les besoins et les attentes des auteurs potentiels de JEM qui sont les enseignants. En effet, suite à l'analyse des JEM dans la première section, et malgré les re-

tours d'expérimentations encourageants constatés, l'utilisation des JEM dans l'enseignement reste encore limitée. Dans cette troisième section, nous tentons de comprendre les raisons qui freinent les enseignants, en nous focalisant tout d'abord sur leur rapport à la technologie et aux nouvelles méthodes pédagogiques en lien avec la mobilité et l'apprentissage informel. Dans un deuxième temps, nous nous adressons à des enseignants potentiellement intéressés par les JEM afin d'évaluer leur rapport aux JEM et mieux cerner leurs besoins. Une enquête exploratoire sera présentée, menée en ligne auprès de 22 enseignants souhaitant créer et utiliser des JEM pour leurs sorties pédagogiques. Cette étude nous permet d'évaluer leur expérience en scénarisation ludique et le temps qu'ils sont prêts à investir pour créer des JEM. Nous en tirons également des informations importantes sur les besoins des enseignants en ce qui concerne les JEM et leurs attentes quant aux outils de création.

2.4.1 Rapport des enseignants aux nouvelles technologies et à la mobilité

En marge de la démocratisation des artefacts mobiles dans les milieux scolaires, les enseignants se retrouvent de plus en plus confrontés aux outils numériques. Des outils dont l'usage, selon les compétences des uns et des autres, requiert souvent des connaissances préalables ou même des formations. Il semblerait même que les nombreux plans d'équipements (évoqués dans le chapitre précédent) s'accompagnent parfois de quelques tensions, dues au nouveau contexte impliqué par ces outils numériques, renouvelant les cadres pédagogiques classiques déjà en place (Bruillard et Villemonteix, 2013). Laurillard (2009) explique dans une étude sur les défis pédagogiques des technologies mobiles et collaboratives, que les enseignants ne sont pas tous en mesure de les utiliser et qu'en construisant des EIAH mobiles, il est autant nécessaire de prendre en compte les besoins des enseignants que ceux des apprenants. Pour Krumsvik (2008), les compétences des enseignants en usage numérique sont justement assez hétérogènes, variant entre connaissances basiques et plus ou moins développées. Il estime tout de même, dans son étude de l'apprentissage situé soutenu par les outils numériques que les responsables d'éducation devraient fournir plus de moyens et de temps pour permettre aux enseignants d'acquérir les compétences nécessaires à l'utilisation de ces outils. Ces recommandations découlent d'un constat qui, depuis, ne semble pas avoir évolué. En 2014, une étude sur la dissémination de 1000 tablettes tactiles dans des écoles primaires en France fait émerger, entre autres, des positions contrastées entre "rejet", "indifférence" et "adoption" (Ferrière *et al.*, 2014). Par l'analyse des discours d'enseignants, les auteurs relèvent un certain nombre d'obstacles avec comme constat majeur, que le rejet reste une posture dominante ; *"car reflet d'incompréhensions, relatives aussi bien à l'intérêt qu'à l'utilisation, ou aux politiques publiques"* (Ferrière *et al.*, 2014). D'autres études témoignent (Ladage et Ravenstein, 2013) d'un principe de distance face au numérique en général, et que pour certains, le poids des anciennes pratiques scolaires est à l'origine des comportements conservateurs. Toutefois d'après les auteurs, ces résultats doivent s'interpréter en un sens dynamique, car l'avenir est prometteur d'une culture numérique généralisée en éducation. Cependant, il est vrai que la maturité épistémologique requise va moins vite que l'on ne le pensait. Ceci nous amène vers les pistes proposées par Sung *et al.* (2016), également évoquées dans le chapitre précédent, afin de réduire cet écart ou « faciliter l'orchestration ». Ainsi, au-delà des propositions de formations et aux initiatives similaires, Sung *et al.* (2016) proposent également de creuser les pistes de conception d'outils auteurs adaptés, tenant compte de la variété des besoins et des compétences des enseignants. En tant qu'acteurs de l'ingénierie des EIAH, nous estimons que pour viser un usage plus large des

JEM en particulier, et des TICE en général, il est nécessaire de proposer aux enseignants des méthodes et des outils auteurs directement exploitables pour faciliter la conception et le partage d'activités pédagogiques instrumentées.

2.4.2 Prise de contact et sondage

La plupart des travaux en apprentissage mobile étant focalisés sur le rapport des enseignants aux artefacts mobiles ou aux pratiques innovantes en général, nous avons choisi d'étudier plutôt la relation des enseignants avec les JEM en particulier. Pour cela, nous nous sommes adressés directement à des enseignants via un sondage en ligne. Ainsi, pour prendre contact avec la communauté d'enseignants potentiellement intéressés par les JEM, nous avons tout d'abord créé une lettre d'information qui résume les principes des JEM tels que définis dans le chapitre 1, ainsi que le contexte dans lequel ils peuvent être utilisés (voir Annexe 3). Nous avons ensuite diffusé cette lettre d'information sur des listes²³ de diffusions d'enseignants effectuant des sorties de terrain dans le cadre de leur programme scolaire. Nous avons ciblé différents niveaux de formations (i.e. collège, lycée et enseignement supérieur). À la fin de cette lettre d'information, les enseignants intéressés par les JEM pouvaient participer au sondage.

Ainsi, le sondage en ligne (voir Annexe 4) nous a permis d'avoir des informations concernant leurs activités d'apprentissage sur le terrain et leur niveau d'expérience en scénarisation ludique, c'est-à-dire s'ils avaient déjà créé ou utilisé des JEM. Pour finir, le sondage nous a également permis de recueillir des informations à propos de leur motivation à utiliser des JEM dans leurs enseignements, et sur le temps d'investissement qu'ils seraient prêts à consacrer pour créer leurs propres JEM. À la fin, les enseignants renseignaient leurs coordonnées afin que nous puissions les contacter.

2.4.3 Résultats du sondage

Vingt-quatre personnes ont répondu au questionnaire en ligne. Provenant de spécialités variées (e.g. biologie, SVT, histoire, physique chimie, recherche documentaire, etc.), les enseignants ont renseigné des types de sorties différents : observation de la biodiversité, apprendre à utiliser une flore d'identification, visite de monuments anciens, reconstitution des paysages anciens à partir d'indices de terrain, découverte de bibliothèque universitaire, etc.

2.4.3.1 *Expérience en scénarisation ludique*

Au-delà des informations liées au contexte d'enseignement et à la nature des sorties pédagogiques, le questionnaire cible des informations sur l'expérience en scénarisation ludique. En effet, outre les compétences en programmation parfois requises pour développer des jeux, des compétences ou de l'expérience en scénarisation ludique, sont également nécessaires pour la mise en place de scénarios de JEM.

²³ La lettre d'information a été diffusée à des enseignants de collège et de lycée en région parisienne. Elle a été également diffusée sur un forum SVT rassemblant des enseignants du territoire national.

Ainsi, parmi les 24 participants au sondage, uniquement sept personnes ont affirmé avoir déjà créé ou participé à un projet de création de jeux sérieux. Parmi les 16 autres participants n'ayant jamais créé de jeux sérieux, six personnes en avaient déjà utilisé dans le cadre de leurs cours. 11 personnes ont affirmé n'avoir jamais créé ni utilisé de jeux dans leur contexte scolaire, mais qu'ils aimeraient bien s'y mettre (Figure 10).

Avez-vous de l'expérience en scénarisation ludique ?

Réponses obtenues : 24 Question(s) ignorée(s) : 0

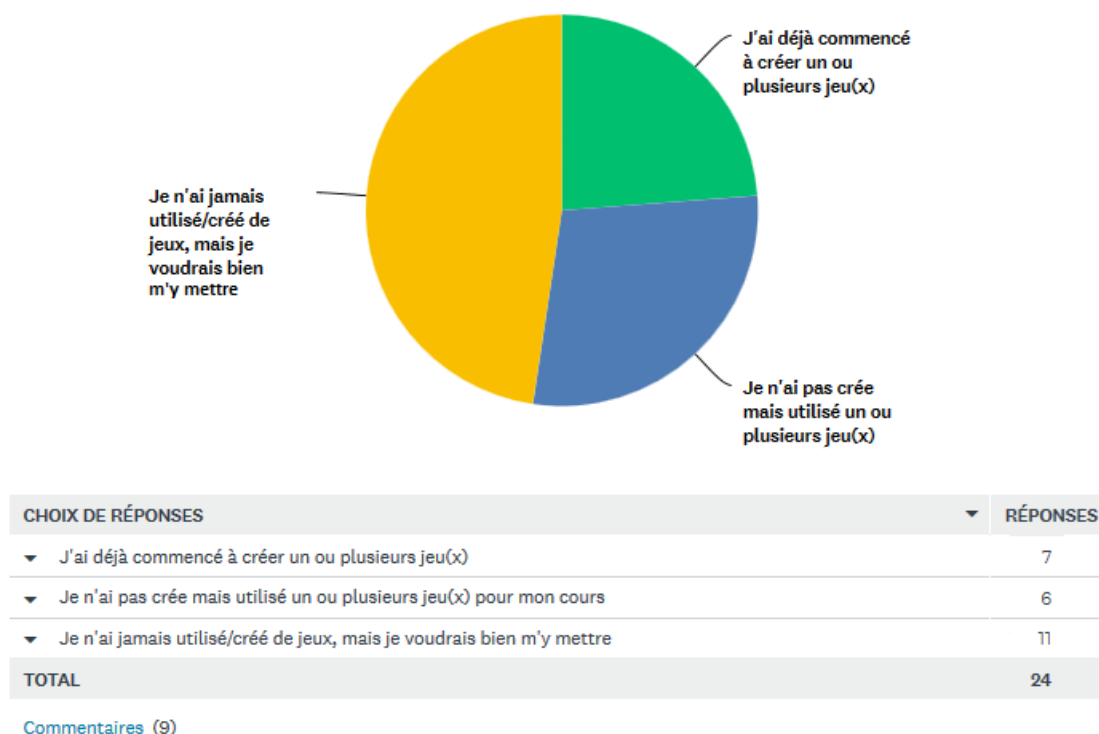


Figure 10. Résultats concernant l'expérience en scénarisation ludique

D'après les résultats ci-dessus, il est clair que sur les 24 participants en question, la majorité n'a encore jamais créé ou utilisé de jeux sérieux dans un cadre scolaire. Même s'il est difficile d'extrapoler ces résultats, nous estimons que la proportion parmi tous les enseignants serait sans doute encore plus faible, en partant du principe que les répondants à ce sondage avaient déjà un intérêt pour le sujet.

2.4.3.2 Investissement prévu

Nous avons interrogé les enseignants sur leur motivation par rapport à l'utilisation de JEM dans le cadre scolaire. Ainsi, pour la question « Seriez-vous prêts à utiliser des Jeux éducatifs pendant votre cours ? », 19 enseignants ont affirmé qu'ils souhaiteraient s'y mettre sans réserve, tandis que cinq d'entre eux ont dit que cela dépendait de l'investissement nécessaire. Toutefois, il est intéressant de remarquer que, sur les 11 enseignants ayant déjà utilisé ou créé des JEM, 10 sont prêts à les réutiliser sans réserve.

Nous avons continué à évaluer les intentions des enseignants, en les interrogeant sur le temps qu'ils seraient prêts à investir pour créer un JEM. Ainsi, sur les 24 participants, les deux réponses les plus courantes ont été « un jour » et « deux à quatre jours ». Toutefois, nous avons

remarqué que pour les personnes n'ayant jamais créé ni utilisé de JEM, la réponse la plus fréquente a été « un jour », tel que le montre la

Figure 11. Investissement prévu par les enseignants en fonction de leur expérience en scénarisation ludique. Tandis que la réponse la plus fréquente pour les enseignants ayant déjà créé ou utilisé des JEM a été « entre deux et quatre jours ». Une interprétation possible de résultats suggère que l'expérience en scénarisation avertit les enseignants expérimentés que les JEM prennent plus qu'un jour pour être créés. Or, si les enseignants non expérimentés ou novices avaient répondu « un jour » par manque de savoir, ils se seraient déjà mis à créer des JEM, étant donnée la courte durée de création dans ce cas. Néanmoins, étant donné le constat actuel d'usage limité, et du potentiel des jeux éducatifs, nous considérons une autre interprétation, selon laquelle les enseignants perçoivent une sorte de retour sur investissement et veulent donc y consacrer davantage de temps.

Combien de temps idéalement, seriez-vous prêt à investir pour créer votre jeu éducatif ?

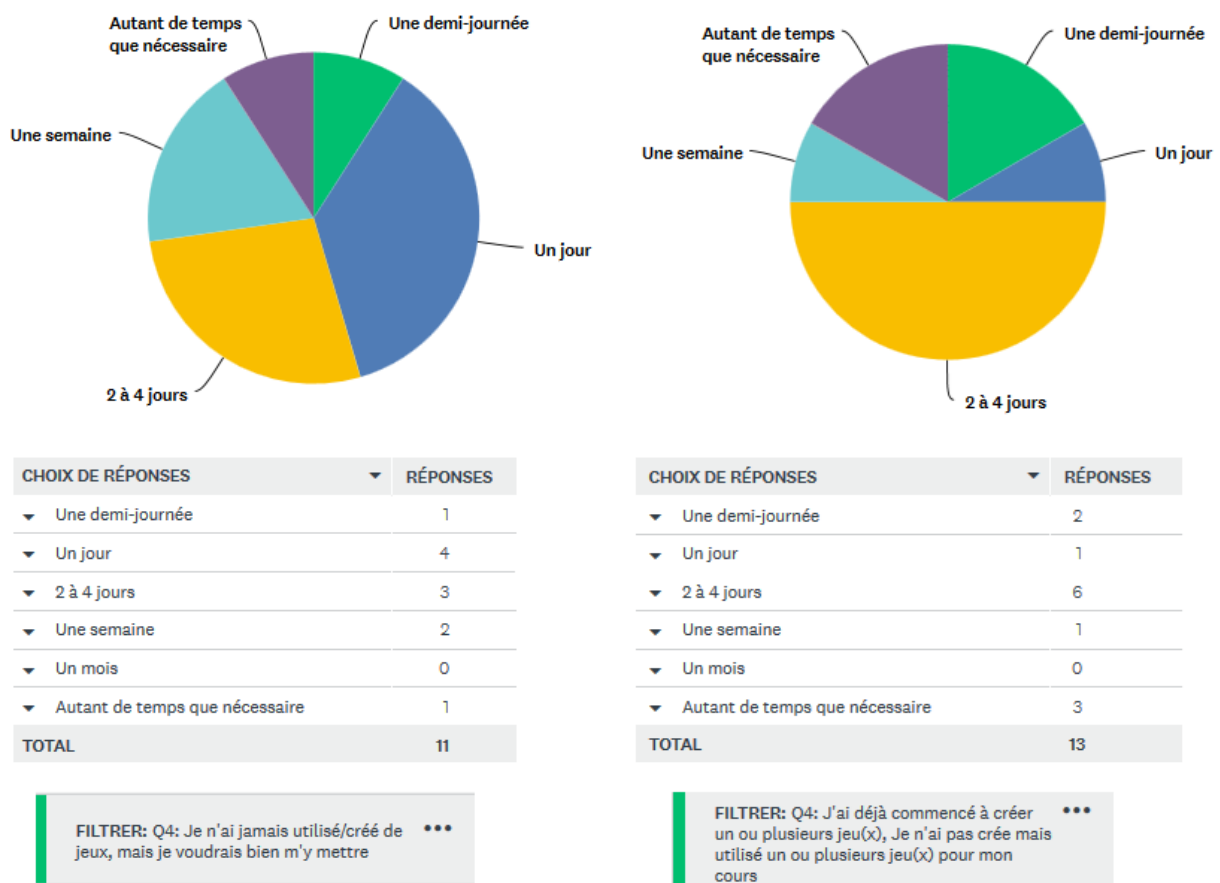


Figure 11. Investissement prévu par les enseignants en fonction de leur expérience en scénarisation ludique

2.4.3.3 Profilage des enseignants

D'après les résultats obtenus via le téléquestionnaire, il est clair que l'intention des enseignants ainsi que leur motivation est très liée à leur expérience en scénarisation ludique. Ainsi, nous avons vu que les enseignants qui avaient déjà créé ou utilisé des JEM dans le cadre scolaire étaient les plus motivés à les réutiliser et avec moins de réserves. Tandis que ceux qui n'avaient jamais créé ni utilisé de JEM étaient plus réticents et n'étaient pas prêts à investir beaucoup de temps. Cette corrélation nous rappelle des postures observées dans des études sur le rapport des enseignants aux TICE et aux artefacts mobiles, évoqués ci-dessus. En effet, le rejet, étant selon Ferrière *et al.* (2014), reflet d'incompréhensions relatives à l'intérêt et à l'utilisation. Bien que nous ne sommes pas dans le cas d'un rejet total de ces enseignants, ayant répondu à notre questionnaire par intérêt, le souhait d'un investissement limité serait donc en partie lié à une incompréhension d'utilisation ou d'intérêt. Cela explique pourquoi les plus expérimentés se donneraient plus de temps et plus d'effort pour y arriver. Il est très probable que leurs intentions d'investissement découlent d'une motivation intrinsèque liée à leur expérience en JEM.

Suite aux résultats observés ci-dessus et aux dissemblances mises en évidence par Krumsvik (2008) (section 2.4.1), nous estimons qu'il existe un *continuum* de profils d'enseignants, dont les deux catégories principales peuvent être définies comme suit :

- La 1^{ère} catégorie fait référence aux enseignants n'ayant encore jamais créé ni utilisé des JEM, mais souhaitant tout de même s'y essayer sous condition que le temps d'investissement ne soit pas trop important. Nous les appelons ***les enseignants novices en conception de JEM***.
- La 2^{ème} catégorie fait référence aux enseignants ayant déjà créé ou utilisé des JEM, prêts à s'investir visiblement plus que les *novices*. Nous les appelons ***les enseignants expérimentés en conception de JEM***.

Bien que cette catégorisation ne soit pas définitive en raison de la complexité de profils appartenant au continuum identifié, les deux catégories définies ne représentent pas forcément deux profils différents. En réalité, un même profil peut avoir l'une des deux postures à des temps différents, car c'est surtout une évolution au cours du temps entre *novice* et *expérimenté*. Ainsi, nous estimons que si les *enseignants novices en JEM* disposent d'outils adaptés pour s'insérer dans le terrain de la création des JEM, ils pourront acquérir progressivement de l'expérience jusqu'à rejoindre la deuxième catégorie.

Pour finir, les résultats montrent que les enseignants ayant répondu au sondage font majoritairement partie des *enseignants novices en JEM*. Étant donnés les problèmes évoqués dans la section précédente (rapport des enseignants aux technologies et à la mobilité), nous estimons que cette proportion n'est pas assez représentative de la population des enseignants, surtout ceux qui ne s'intéressent pas encore aux JEM. De ce fait, nous estimons que la proportion des *enseignants novices en JEM* à l'échelle de la population des enseignants est certainement encore plus grande et qu'il est important de tenir compte de cette proportion lors de la création de solutions destinées aux enseignants pour la création de JEM.

2.5 Conclusion

Dans ce chapitre représentant la première partie de l'état de l'art, nous avons mené conformément à la méthode DBR, un état de l'art de la littérature, associé à une analyse de la situation de terrain auprès des enseignants.

Nous nous sommes donc tout d'abord intéressés aux pratiques éducatives s'appuyant sur les sorties de terrain et la mobilité des apprenants. Ainsi, nous avons présenté dans la première section de ce chapitre, la pédagogie du lieu, ses origines et ses variations.

Dans la deuxième section, nous avons mené une étude sur la structure intrinsèque d'une sélection de JEM. Huit JEM au total ont été analysés en s'appuyant sur des critères de sélection par rapport aux citations d'articles pour les plus anciens et par rapport au succès d'évaluations pour les plus récents. L'analyse a débouché sur des concepts invariants comme l'incarnation de la pédagogie du lieu, la mise en valeur des effets virtuels et l'expérience sociale. En outre, l'analyse a révélé une ossature commune composée des trois éléments « indice », « contenu pédagogique » et « activité située », pouvant ainsi donner des pistes pour un modèle de JEM générique.

Dans la troisième et dernière section de ce chapitre, nous avons mené, en plus d'une revue de littérature sur le rapport des enseignants aux TICE, une enquête en ligne sur un échantillon de 24 enseignants pratiquant des sorties pédagogiques, afin d'identifier leurs besoins et leurs attentes par rapport à la création des JEM. Les résultats de cette enquête donnent des pistes pour un profilage possible des besoins des enseignants en fonction de leur expérience en JEM. Nous recensons ainsi des *enseignants novices en conception de JEM*, prêts à concevoir un JEM si cela ne leur prend pas beaucoup de temps (pas plus d'une journée en moyenne). Nous recensons également des *enseignants expérimentés en conception de JEM* qui sont prêts à y passer jusqu'à 4 jours en moyenne.

Dans le chapitre suivant, nous continuons à étudier la relation des enseignants aux JEM. Nous nous focalisons sur les moyens techniques permettant de créer des JEM.

Chapitre 3. ÉTAT DE L'ART PARTIE 2 : OUTILS AUTEURS

3.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté, dans le cadre de la démarche de conduite de recherche DBR, un état de l'art de la littérature, concernant les sorties pédagogiques et les JEM. Nous avons ensuite entamé une analyse de la situation de terrain à travers une enquête sur les besoins et les attentes des enseignants. Dans ce chapitre, nous poursuivons cette analyse en nous focalisant sur les usages possibles pour la création de JEM par des enseignants. Afin d'étudier ces usages, une analyse approfondie d'une sélection de six outils auteurs permettant de créer des JEM, a été réalisée.

À l'issue de cette étude, les résultats nous permettront tout d'abord d'établir une catégorisation des outils auteurs de JEM. Dans un deuxième temps, ces résultats, reliés à ceux du chapitre précédent, nous permettent d'enrichir la problématique de départ et de mieux cerner les questions de recherche qui en résultent.

3.2 Introduction aux outils auteurs

Dans les années 2000, des travaux de recherche ont commencé à associer étroitement les enseignants à la conception des EIAH, en les intégrant aux équipes pluridisciplinaires de conception (Tchounikine, 2002). Cependant, cette intégration ne garantit pas de répondre au besoin individuel de chaque enseignant. Ainsi, pour permettre aux enseignants de concevoir un EIAH d'une manière plus spécifique afin qu'il réponde à leurs besoins, des recherches ont été entreprises pour concevoir des outils auteurs (George et Guin, 2017).

3.2.1 Définition

Un outil auteur est, par définition, un programme informatique dont l'objectif principal est de permettre, encourager et assister des personnes ne possédant pas de compétence en programmation dans la conception, l'édition, la configuration et l'exécution de contenu virtuel (Treviranus *et al.*, 1999). Un outil auteur en général sert ainsi à créer des ressources virtuelles allant de simples pages web ou ressources audio visuelles jusqu'à des environnements informatiques plus complexes comme des applications lourdes ou des jeux.

De même, un outil auteur en EIAH est un programme informatique dont l'objectif est de permettre, encourager et assister des personnes sans compétences en programmation dans la conception, l'édition et l'exécution d'activités d'apprentissage instrumentées (George et Guin, 2017; Marne, 2014). Un outil auteur en éducation sert ainsi à créer des environnements éducatifs, allant de ressources pédagogiques peu interactives (*e.g.* hypermédia, exercices, etc.) à des systèmes plus complexes comme les tuteurs intelligents, les micromondes²⁴, les simulations ou les jeux éducatifs.

²⁴ <https://fr.wikipedia.org/wiki/Micromonde> (consulté en juin 2018)

3.2.2 Outils auteurs de jeux éducatifs sur PC

En 2002 Pierre Tchounikine (2002), dans une reprise de travaux de Murray sur les outils auteurs (1999), distingue deux types de « systèmes auteurs » d'EIAH. Ainsi il dissocie les systèmes ou les outils *orientés pédagogie* (de type scénarisation pédagogique à partir de ressources existantes, à l'époque, très utilisés en FOAD²⁵ et pour lesquels il considère que l'ingénierie est plus développée et formalisée. Le deuxième type représente les outils auteurs d'environnements supports aux situations d'apprentissage (par opposition à une simple exposition des supports de cours), qu'il appelle *orientés performance* et pour lesquels il considère que les méthodes d'ingénierie ne sont pas encore génériques. Selon Tchounikine, cette deuxième catégorie inclut les systèmes de type tuteurs intelligents ou micromondes. En réalité, ces deux types d'outils ne s'opposent pas, car un EIAH support d'activité d'apprentissage peut être associé à des composants « orientés pédagogie ». C'est d'ailleurs dans ce cadre que nous situons les outils auteurs de jeux éducatifs, et à vrai dire, les recherches ont considérablement évolué dans ce champ depuis le classement de Tchounikine. En effet, de nombreux travaux sur les outils auteurs de jeux éducatifs ont vu le jour depuis les années 2000, grâce à la démocratisation des ordinateurs personnels et aux plans d'équipement des établissements scolaires. Ainsi, de nombreux outils auteurs de jeux éducatifs existent aujourd'hui, à l'image de *e-Adventure*, un outil auteur pour concevoir des jeux sérieux de type *point and click* (Torrente *et al.*, 2010), *SimQuest*, un outil auteur pour configurer des simulations en physique (Joolingen et Jong, 2003) ou *StoryTec*, un outil auteur pour la création de mini jeux éducatifs type quizz ou puzzle (Göbel *et al.*, 2008). En France, plusieurs travaux sont également conduits dans cette direction, à l'image de LEGADEE, un outil auteur pour soutenir la conception collaborative d'une équipe de conception pluridisciplinaire (enseignants, *game-designers*, programmeurs, etc.) (Marfisi-Schottman, 2012). En 2014, Marne propose un modèle (Moppliq) et un outil auteur (Appliq) permettant aux enseignants d'adapter les jeux sérieux à leurs contextes spécifiques d'enseignement (Marne, 2014). Actuellement, un projet ANR est en cours, visant à fournir un outil auteur pour la conception de jeux botaniques géolocalisés sur dispositifs mobiles (Gicquel *et al.*, 2017). Les JEM étant un domaine récent, ils comptent moins de travaux sur les outils auteurs que les jeux éducatifs sur PC. Dans la suite, nous présentons donc une analyse d'une sélection d'outils auteurs permettant de créer des JEM.

3.3 Analyse d'outils auteurs de JEM

Dans cette section, nous présentons notre étude des outils auteurs existants, permettant de créer des JEM. Ainsi, après avoir mené une étude sur les JEM et sur les profils des enseignants, nous nous intéressons aux moyens actuels, qui permettent à ces enseignants de scénariser et de produire leurs propres JEM. Nous présentons d'abord notre méthode de recherche d'outils auteurs, puis une analyse de ces outils et les questions de recherche qui en découlent.

3.3.1 Méthode de recherche

Pour identifier des outils auteurs de JEM, nous avons principalement appliqué la même méthode de recherche documentaire, par mots-clés, définie dans le chapitre précédent (section 2.3.2). En

²⁵ Formation ouverte à distance, aujourd'hui plus connue sous le nom des MOOCs

outre, les résultats présentés dans ce chapitre sont également issus de nos participations à des colloques et de nos échanges avec les acteurs de la communauté EIAH.

Les JEM sont un objet d'étude relativement récent par rapport à d'autres en EIAH. En effet, leur apparition est liée à celle des dispositifs mobiles, tel que nous l'avons introduit dans le premier chapitre. Par conséquent, le nombre d'outils auteurs de JEM existant à l'heure actuelle est très limité par rapport au nombre d'outils auteurs de jeux sérieux sur ordinateur par exemple. Pour cette raison, nous élargissons notre état de l'art aux outils auteurs de jeux sur mobile ou d'applications mobiles, permettant de créer des JEM. Ainsi, nous avons saisi les mots-clés suivants lors de la recherche documentaire : "*authoring tool*"+"*mobile*"+"*learning game*". Nous avons également étendu le champ de recherche utilisé dans l'analyse des JEM au moteur de recherche public Google, en vue d'identifier des outils auteurs qui ne sont pas issus de la recherche publique (outils auteurs développés par des privés). Afin de couvrir le spectre des terminologies utilisées dans le domaine, nous avons remplacé le terme "*learning*" par "*serious*" et nous avons rajouté les termes "*app*" et "*mixed reality*".

La recherche nous a révélé une douzaine d'outils auteurs dans un premier temps (liste complète en Annexe 5). Cependant, plusieurs outils auteurs à l'image de *TaggingCreaditor* (Sintoris *et al.*, 2014), *Explore!* (Ardito *et al.*, 2012), *Magellan* (Clarke *et al.*, 2015) ou bien *The WalkAbout Framework* (Almeida *et al.*, 2015), sont, selon certains de leurs auteurs, des prototypes de recherche et ne sont pas encore assez aboutis pour un usage grand public.

D'autres outils auteurs comme *e-Training DS* (Tornero *et al.*, 2010) sont destinés à créer des jeux éducatifs sur console de jeux mobile. L'usage de cet outil est restreint à la console de jeu portable *Nintendo DS*²⁶, que l'on ne trouve pas dans les écoles. De plus, les atouts de la mobilité (notamment la géolocalisation) ne sont pas pris en charge par le *Nintendo DS*TM, ce qui explique que nous n'avons pas retenu cet outil pour l'analyse.

Dans la suite, nous analysons, parmi les outils auteurs recensés (voir Annexe 5), les six outils auteurs opérationnels que nous avons pu tester. Nous détaillons l'ensemble des critères d'analyse ci-dessous.

3.3.2 Méthode d'analyse

Conformément à la grille d'analyse présentée dans l'Annexe 6, nous avons méthodiquement testé les six outils auteurs recensés selon deux perspectives que nous détaillons ci-après.

3.3.2.1 Évaluation des fonctionnalités

La première perspective d'analyse consiste à évaluer les fonctionnalités proposées par chaque outil auteur pour déterminer leurs performances. Comme l'indique la grille d'analyse en Annexe 6, l'évaluation des fonctionnalités est répartie en cinq critères :

- Est-ce que l'outil auteur permet de créer des JEM qui intègrent **les atouts de la mobilité** ?
- Est-ce que l'outil auteur propose une **assistance à la scénarisation pédagogique** ? En effet, un outil auteur de jeux éducatifs doit permettre de tisser les activités pédagogiques dans le contexte ludique du jeu (Marfisi-Schottman, 2012).
- Est-ce que l'outil auteur propose **une grande variété de mécaniques de jeux** ? Pour évaluer ce critère, nous tentons de reproduire des mécanismes utilisés par les JEM qui ont été décrits dans le chapitre précédent (*e.g. Frequency1550, skattjakt, EduPark, etc.*). Ainsi, nous es-

²⁶ https://fr.wikipedia.org/wiki/Nintendo_DS (consulté en juin 2018)

sayons de recréer les représentations virtuelles aperçues dans plusieurs JEM (*e.g.* éléments archéologiques de *Gaius' Day*, la femme fantôme de *skattjakt*, *Mr Q* de *Power Agent*).

- Est-ce que l'outil auteur propose des **fonctionnalités additionnelles** ? Il peut s'agir de fonctionnalité qui permette d'intégrer de la vidéo (utilisé par exemple dans *Kiwi Mobile*), les bandes sonores (*Gaius' Day*), le suivi de la progression dans le jeu (*Edupark*), la gestion des scores, les QR-codes, etc.
- Est-ce que l'outil auteur permet aux enseignants de **partager leur JEM et les ressources créées avec sa communauté** ? Le fait de pouvoir partager des ressources représente un gain de temps et une source d'inspiration considérable pour aider les enseignants à concevoir leur JEM. En effet, ce concept est important pour les communautés d'enseignants d'une manière générale, afin de se partager les connaissances mutuelles et stratégies d'apprentissage (Sharples *et al.*, 2010).

Chacun des critères ci-dessus est équivalent à un point sur la grille d'analyse. Ainsi, l'analyse de fonctionnalités se traduit par une note sur cinq, qui correspond à la moyenne des évaluations des cinq critères, et dont les détails figurent sur la grille d'analyse (Annexe 6).

3.3.2.2 Évaluation ergonomique

La deuxième perspective d'analyse consiste en une évaluation des outils auteurs d'un point de vue ergonomique. Celle-ci comporte deux parties : une évaluation ergonomique théorique et une évaluation ergonomique pratique *via* des tests utilisateurs.

Évaluation théorique

L'évaluation théorique consiste à évaluer les interfaces de conception de l'outil auteur à partir de critères ergonomiques de Bastien et Scapin (1993) et de Baccino *et al.* (2005). La grille d'analyse, détaillée dans l'Annexe 6, est composée de cinq critères :

- **La simplicité du dialogue** : la complexité des codes et des notions présentes sur les interfaces de conception des outils auteurs analysés.
- **La charge cognitive** : l'effort mental nécessaire à l'utilisation, relatif à la concision ou la densité du parcours utilisateur proposé pour réaliser une tâche.
- **La flexibilité de la navigation** : la souplesse des passages entre les sections et l'accessibilité au contenu.
- **Le guidage** : assistance et information à la demande.
- **La gestion des erreurs** : une bonne gestion des erreurs évite de perturber l'expérience utilisateur et de rallonger le temps de réalisation.

Cette évaluation théorique résume les caractéristiques et les limites pour chaque outil auteur et se traduit par une note qui est la moyenne des notes de chaque critère.

Des tests utilisateur avec des enseignants

Cette évaluation consiste à vérifier et à consolider, *via* des tests utilisateurs, notre évaluation ergonomique fondée sur des critères théoriques. Pour cette raison, nous avons sélectionné quelques enseignants parmi ceux qui nous avaient laissé leurs coordonnées sur le questionnaire en ligne (voir section 2.4, chapitre précédent). Nous avons privilégié une démarche qualitative à travers des entretiens semi-directifs individuels menés avec cinq enseignants. Cette méthode

nous a permis de recueillir les perceptions et le ressenti des enseignants suite aux premiers abords de ces outils auteurs. En effet, les entretiens semi-directifs individuels sont préconisés dans la phase d'analyse de terrain DBR, car ils permettent de recueillir des informations précises et d'aller en profondeur dans le questionnement. Dans notre contexte, un travail de groupe par exemple aurait été moins fructueux, car le questionnement n'est pas individuel et les personnes sont de fait influencées par le groupe (Paillé et Mucchielli, 2012).

Nous avons choisi les cinq enseignants en veillant à ce que leurs profils, ainsi que leurs niveaux d'enseignement, soient diversifiés (Annexe 7). Ainsi, nous avons trois enseignants considérés comme étant *novices en conception de JEM* et deux considérés comme *expérimentés en conception de JEM* (selon la répartition proposée dans le chapitre précédent, section 2.4). Nous leur avons demandé d'utiliser les outils existants pour créer un JEM, en s'inspirant des activités qu'ils ont l'habitude de faire lors de leurs sorties pédagogiques classiques. Ainsi, à chaque fois, nous leur avons montré un outil auteur qu'ils devaient utiliser en autonomie, c'est-à-dire sans notre intervention. Ceci, dans l'objectif de les mettre en situation réelle d'une utilisation autonome de ces outils pour créer des JEM. Les sessions ont duré en moyenne 2h pour chaque enseignant. Suite à chaque utilisation, nous avons demandé aux enseignants participants d'attribuer une note d'utilisabilité sur cinq, à chaque outil auteur expérimenté. Les données ont été recueillies sous forme d'enregistrements audio. Ces derniers ont fait l'objet d'une analyse qualitative pour renseigner des critères de satisfaction suite aux tests et ainsi de valider notre évaluation ergonomique théorique. La section ci-après présente les résultats des analyses de fonctionnalités et d'ergonomie des six outils auteurs retenus.

3.3.3 Analyse d'outils auteurs

3.3.3.1 MIT App Inventor²⁷

App Inventor est projet démarré par *Google* en 2010. En 2012, il a été racheté par le centre d'études mobiles au MIT (Massachusetts Institute of Technology).

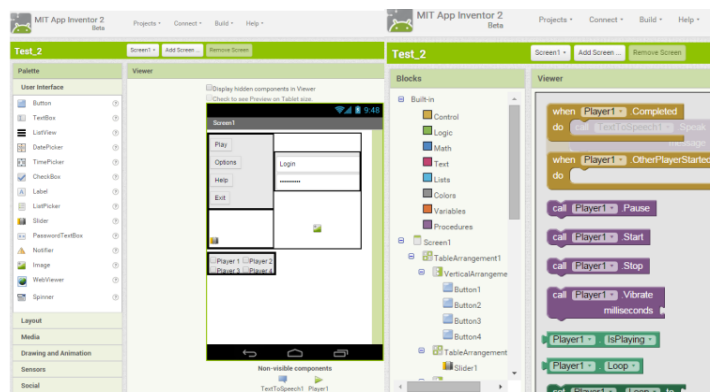


Figure 12. Interface de conception d'*App Inventor*

Évaluation des fonctionnalités

App Inventor est une plateforme open-source qui propose un grand nombre de palettes et d'outils pour concevoir des applications Android. Tel qu'illustré par la Figure 12, la palette d'outils inclut des composants basiques d'interfaces mobiles (boutons, curseurs, ressources média, animations), des capteurs de positions, d'orientation et de proximité, des outils de connectivité Bluetooth et web, ainsi que des composants de stockage de données. Il est donc possible

²⁷ <http://appinventor.mit.edu/explore/> (consulté en juin 2018)

d'intégrer des ressources vidéo, de rajouter des liens vers des sites internet grâce au composant "afficheur web", d'assurer la possibilité de prise d'image, de créer des bandes sonores avec l'élément "texte à parole" ou en téléchargeant des fichiers audio, d'assurer une connectivité entre des appareils mobiles en Bluetooth, de gérer les scores avec les variables et les composants de stockage de données... Cependant, ces différents éléments ne sont opérationnels qu'en les intégrant dans un algorithme, à travers des fonctions et des variables. En réalité, *App Inventor* propose une interface de programmation par blocs, similaire à celle de *Scratch*²⁸, afin de paramétrer tous les composants évoqués ci-dessus.

Par ailleurs, l'outil n'est pas spécifiquement destiné à l'éducation ni à la création de jeux éducatifs. En effet, l'interface de conception n'inclut pas d'aide à la scénarisation pédagogique comme c'est le cas dans d'autres outils de scénarisation de jeux sérieux (e.g. *legadee*²⁹), où il est possible de définir clairement les compétences pédagogiques visées et de les tisser dans le scénario.

Pour finir, *App Inventor* est doté d'une documentation très riche, avec un manuel d'utilisation de l'éditeur web et une documentation structurée du code source³⁰. Des milliers d'applications mobiles rééditables³¹, dont des JEM, sont gratuitement mis en ligne par la communauté qui travaille autour du projet, anime les forums et continue à enrichir la plateforme. En raison de la richesse de ses fonctionnalités, mais aussi des limites au niveau de la scénarisation pédagogique, nous attribuons 4/5 à cet outil pour son évaluation fonctionnelle.

Évaluation ergonomique

Sur le plan ergonomique, *App Inventor* propose des mécanismes d'interaction intéressants via son interface de conception entièrement graphique de type WYSIWYG³². Celle-ci permet notamment de manipuler les ressources via l'interaction *glisser-déposer* et d'avoir un aperçu de l'écran mobile. L'interface est basée sur le modèle SPI (*Single Page Interface*) qui réduit l'effort de mémorisation et facilite l'auto-repérage de l'utilisateur. En termes de guidage, des informations sur chaque composant s'affichent dans une petite bulle quand on place la souris au-dessus du composant. Cependant, la principale limite d'*App Inventor* est la nécessité de programmation. En effet, la méthode de programmation visuelle, de type *scratch*, requiert une logique algorithmique que n'ont pas la plupart des enseignants, à moins qu'ils ne s'investissent dans des tutoriels fastidieux. D'autre part, l'outil présente des limites au niveau du dialogue avec l'utilisateur. Par exemple, pour organiser les éléments de l'interface de l'application mobile, il faut appréhender la notion du mode de disposition proposée (*layout*), ce qui n'est pas intuitif pour les non-informaticiens. La mise en page n'est donc pas intuitive et il est absolument nécessaire de passer par de longs tutoriels pour pouvoir créer des applications. Ainsi, tenant compte des qualités esthétiques de son interface de conception, mais aussi de la marge d'investissement très importante pour la prise en main de l'outil, la note que nous attribuons à cet outil pour cette évaluation est de 2/5.

²⁸ <https://scratch.mit.edu/> (consulté en juin 2018)

²⁹ <http://www-lium.univ-lemans.fr/legadee/> (consulté en juin 2018)

³⁰ <http://appinventor.mit.edu/appinventor-sources/> (consulté en juin 2018)

³¹ <http://appinventor.mit.edu/explore/app-month-gallery.html> (consulté en juin 2018)

³² https://fr.wikipedia.org/wiki/What_you_see_is_what_you_get (consulté en juin 2018)

Tests utilisateurs

Au niveau des tests utilisateur, quatre sur cinq enseignants ont trouvé l'interface excessivement riche et encombrante en raison du nombre important de palettes et composants. Ils ont ainsi déclaré qu'il leur était impossible d'utiliser *App Inventor* sans les tutoriels. Cependant, même si certains étaient prêts à s'y investir, une enseignante a affirmé qu'elle abandonnerait au bout de 2 heures si les tutoriels s'avèrent trop longs.

En plus des longs tutoriels, la programmation visuelle a représenté un frein important pour quatre parmi les cinq enseignants participants aux tests. D'ailleurs, parmi nos cinq interlocuteurs, un seul avait déjà un peu d'expérience en programmation visuelle sur *scratch*. Quand ils ont appris qu'il fallait manipuler des blocs de code pour faire fonctionner les composants proposés par *App Inventor*, les quatre enseignants, n'ayant pas de notions en programmation visuelle, ont aussitôt abandonné en déclarant « *c'est pour des informaticiens* ».

La moyenne des notes attribuées par les cinq enseignants en termes d'utilisabilité a été de 1.5/5, sachant que la plus élevée était 2, provenant de celui ayant déjà utilisé *scratch*.

3.3.3.2 ARIS

ARIS (Augmented Reality and Iterative Storytelling) est un éditeur³³ de jeux sur mobile (iOS). Le projet a démarré en 2008 à l'université du Wisconsin (États-Unis) (Gagnon, 2010).

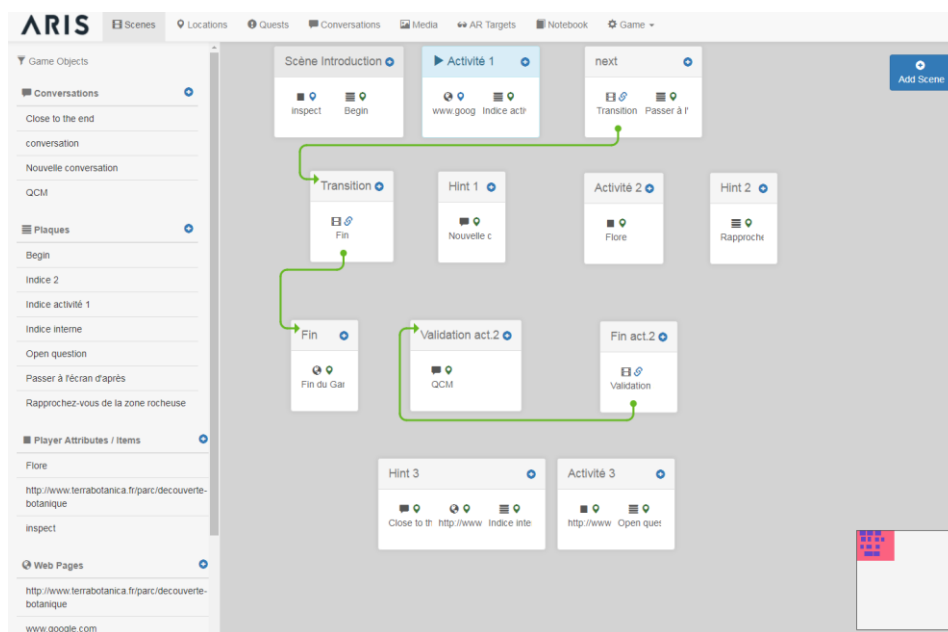


Figure 13. Interface de conception d'*ARIS*

Évaluation des fonctionnalités

ARIS est une plateforme destinée essentiellement à la création de jeux en réalité alternée sur mobile (c'est-à-dire s'appuyant sur un récit interactif utilisant différents types de média ainsi que le monde réel). Tel qu'illustré par la Figure 13, *ARIS* fournit des "objets ludiques" pour la scénarisation tels que les « plaques » (affichage statique d'informations avec du texte ou des éléments multimédias), les « conversations » (affichage interactif des informations, lors duquel le joueur peut faire des choix sur des pistes proposés par des personnages virtuels), les « ver-

³³ <https://arisgames.org/editor/> (consulté en juin 2018)

rous » (des éléments qui, une fois acquis par le joueur, permettent de rendre visibles d'autres étapes/objets du jeu), et les « quêtes » (un système de notifications pour aider les joueurs à avancer dans le jeu en leur affichant les tâches qui restent à faire). Ces "objets" peuvent être définis par l'utilisateur puis placés sur une carte qui représente le terrain du jeu. Entre autres, le système conceptuel se base sur trois éléments principaux ; à savoir les objets ludiques évoqués ci-dessus, les déclencheurs (des éléments qui permettent de passer à l'étape suivante, *via* la géolocalisation, l'insertion de QR code, ou la résolution d'un verrou) et les scènes (des structures qui organisent l'ordre d'exécution entre les objets et les déclencheurs).

Outre les éléments évoqués ci-dessus, *ARIS* propose une API *JavaScript* qui permet aux concepteurs de personnaliser leurs jeux davantage. Cette personnalisation va de la structuration de menus complexes, à la redirection des flux de navigation, en passant par la modification de l'inventaire d'un joueur d'une manière qui n'est pas actuellement prise en charge par *ARIS* natif (*e.g.* randomisation, modifications programmées ou conditionnelles, etc...).

Pour finir, *ARIS* est aussi muni d'une documentation détaillée sous la forme d'un manuel d'utilisation. Des JEM réutilisables sont également disponibles en ligne³⁴, gratuits ou payants. Une large communauté travaille autour du projet, anime les forums et continue d'enrichir la plateforme. Par contre, sur le plan pédagogique, l'outil ne propose pas d'aide spécifique. En effet, bien qu'il propose des mécanismes ludiques intéressants, l'intégration d'éléments pédagogiques dans le jeu n'est pas prise en compte. Au final, en raison de la richesse des "objets ludiques" proposés, mais aussi des limites en scénarisation pédagogique, la note technique de cet outil est de 4/5.

Évaluation ergonomique

Au niveau du confort de la navigation, l'interface de conception présente quasiment les mêmes avantages que celle d'*App Inventor* (interface WYSIWYG, *glisser-déposer*). Par contre, bien que l'outil soit destiné à des non-informaticiens, c'est-à-dire qu'il ne nécessite pas de connaissances spécifiques en informatique pour créer des jeux, il présente des problèmes au niveau du dialogue avec l'utilisateur. En effet, les composants proposés (*e.g.* conversations, plaques, scènes, quêtes, etc.) sont incompréhensibles pour les débutants en conception sur *ARIS* ou en scénarisation ludique en général. Il n'y a pas de guidage simple au niveau de ces composants (*e.g.* tutoriel intégré ou bulles d'informations). La scénarisation n'est donc pas possible sans avoir consulté l'intégralité du manuel d'utilisation et la charge cognitive est très importante en raison du nombre d'éléments important à appréhender. Par suite, la note attribuée à cet outil en termes d'ergonomie est de 2/5.

Tests utilisateurs

Mise à part la frustration de certains enseignants par rapport à l'anglais (que nous ne considérons d'ailleurs pas comme l'une de nos problématiques du point de vue scientifique), tous les enseignants participants ont affirmé avoir des difficultés de compréhension des notions mise en avant par l'interface. Ceci confirme en effet, nos observations, lors de l'évaluation ergonomique théorique, en ce qui concerne la complexité du dialogue. Ensuite, en essayant d'explorer le manuel d'utilisation en ligne (20 pages minimum), pour comprendre les différents objets proposés par *ARIS* (*e.g.* les scènes, les plaques, les quêtes, etc.), nous avons eu des réactions assez spontanées surtout de la part des *novices en conception de JEM*, du type « *là c'est sûr que je vais abandonner* », « *je ne me lance pas dedans* ». Quant aux deux enseignants considérés *expéri-*

³⁴ <https://theyardgames.org/#games> (consulté en juin 2018)

mentés en conception de JEM, l'un d'eux a reconnu que, même si l'interface lui semble assez épurée, elle ne lui permettrait pas d'implémenter facilement un scénario, car il devrait passer par les nombreux tutoriels au préalable. L'autre enseignante expérimentée en JEM a surtout exploré la longueur des tutoriels malgré son intérêt pour l'outil. « *Je suis prof d'SVT, je n'ai pas le temps de passer ma journée là-dessus* » dit-elle. Ainsi, la moyenne des notes d'utilisabilité attribuées par les enseignants participants a été de 2/5.

D'autre part, il est à noter qu'ARIS a permis la réalisation de plusieurs jeux pour l'apprentissage de langue à l'image de "*Mentira*³⁵" et "*Visitas de la colonia*³⁶" (Sykes, 2013). Cependant, ces jeux n'ont pas été conçus par des enseignants seuls, mais par des équipes de chercheurs à l'université du Wisconsin (États-Unis) et au *Local Games Lab* de l'université du Nouveau Mexique (États-Unis).

3.3.3.3 ARLearn

ARLearn³⁷ est un *toolkit* open-source permettant de créer des JEM sur Android, utilisant la réalité mixte dans différents contextes (Ternier *et al.*, 2012). Le projet a démarré en 2012 à l'*Open University* des Pays-bas.

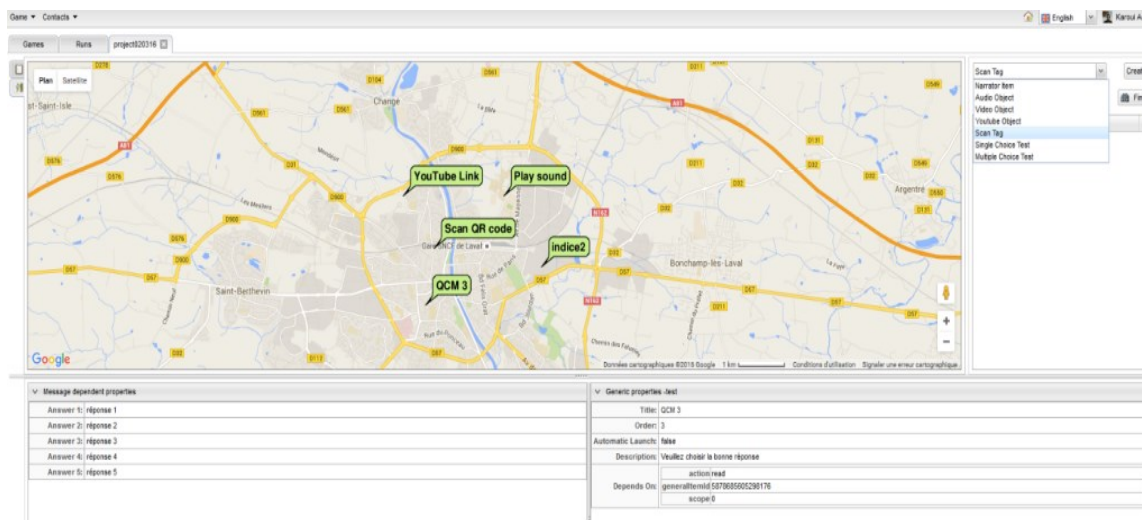


Figure 14. Interface de conception d'ARLearn

Évaluation des fonctionnalités

ARLearn permet de créer essentiellement deux types d'applications de jeux : des applications Android pour un usage dans un contexte de sorties pédagogiques (type chasse au trésor) et des applications exécutables sur PC pour un usage en classe (*type point & click*).

Ainsi, dans le premier contexte (Figure 14), ARLearn permet de créer des jeux géolocalisés enrichis par des effets de réalité augmentée. Les joueurs peuvent ainsi explorer les parcours, prendre des photos et les annoter *via* l'application. Grâce à l'objet "*dependency*", des ressources multimédias (*e.g.* vidéo, bandes sonores, QCM et questions ouvertes) peuvent être liées non seulement à des points d'intérêt du parcours, mais aussi à des instants précis ou à certaines actions dans le jeu. Outre les fonctionnalités de base telles que la géolocalisation et la gestion des QR codes, ARLearn supporte la gestion de plusieurs joueurs et de différentes équipes. En effet,

³⁵ <http://www.mentira.org/the-game> (consulté en juin 2018)

³⁶ <https://localgameslab.bq.wordpress.com/projects/span-431-visitas-de-la-colonia/> (consulté en juin 2018)

³⁷ <https://streetlearn.appspot.com/#/home> (consulté en juin 2018)

il est possible de répartir les joueurs en équipes et d'assurer leur communication *via* un système de messagerie (*chat*), tandis que leur progression est visualisée sur l'appareil de l'enseignant grâce à un système de notification. En outre, *ARLearn* permet de gérer les scores en attribuant les récompenses (*e.g.* points ou badges) en fonction des bonnes réponses lors de la conception. Pour finir, *ARLearn* permet d'inclure l'étape de débriefing dans la structure du jeu. Par le fait, les résultats d'évaluation et d'autres formats de *feedback* structuré peuvent être consultés en utilisant les formulaires à choix unique et multiple lors de la conception.

D'autre part, étant construit sur la base de *Google Street View*, *ARLearn* permet également de créer des applications en virtualité augmentée, dans lesquelles les joueurs sont dans l'environnement virtuel de *Google Street View*, enrichi d'annotations, de personnages virtuels et d'éléments interactifs (*e.g.* menu du jeu, accès aux questions, etc.). Ce type d'application peut être associé au premier (sorties de terrain) afin de produire des applications de type réalité mixte, utilisant par exemple des reproductions virtuelles de points d'intérêts, réexplorées lors d'une session post-sortie, en classe.

Malgré le fait que ce projet soit assez récent par rapport aux deux autres analysés ci-dessus, une communauté d'utilisateurs est présente sur le forum du site web et des ateliers de scénarisation sur *ARLearn* ont été organisés et ont notamment abouti à la réalisation de projets intéressants à l'image d'*Emurgency*³⁸ et d'*OBA*³⁹. Pour toutes ces raisons, nous attribuons à *ARLearn* la note de 4/5 pour ce qui concerne l'évaluation des fonctionnalités.

Évaluation ergonomique

Le processus de scénarisation, tel qu'il est présenté par les auteurs (Klemke *et al.*, 2015), n'est pas destiné à des enseignants non-informaticiens. En effet, une fois le scénario réalisé par l'enseignant, celui-ci doit être aligné sous un format XML ou JSON avant d'être implémenté par l'éditeur. Ce processus nécessite donc certaines compétences techniques que la plupart des enseignants n'ont pas. D'autre part, l'interface, bien qu'elle propose un mode de scénarisation sur carte (où l'on peut visualiser directement les points d'intérêts), et un mode de scénarisation séquentiel (où l'on visualise les étapes du scénario dans une liste), propose principalement, des notions de bas-niveau pour la scénarisation, telles que les *items*, les *runs* et les *dépendances*. Celles-ci nécessitent plusieurs tutoriels pour être appréhendées. Pour finir, en raison de la complexité du dialogue, de l'absence de guidage et aussi de la nécessité de certaines connaissances informatiques, nous attribuons 1/5 pour l'évaluation ergonomique de cet outil auteur.

Tests utilisateurs

Contrairement aux cinq autres outils auteur, nous n'avons pas effectué de test utilisateur avec les enseignants sur *ARLearn*, car, d'après les auteurs (Klemke *et al.*, 2015), l'outil n'est pas conçu pour un usage direct par des non-informaticiens.

³⁸ <http://portal.ou.nl/en/web/arlearn/emurgency> (consulté en juin 2018)

³⁹ <http://portal.ou.nl/en/web/arlearn/oba80/126> (consulté en juin 2018)

3.3.3.4 POCKET CODE

*Pocket Code*⁴⁰ est un environnement de développement créé dans le cadre du projet *Catrobat*⁴¹, pour la création et le partage d'applications éducatives sur mobile pour les jeunes.

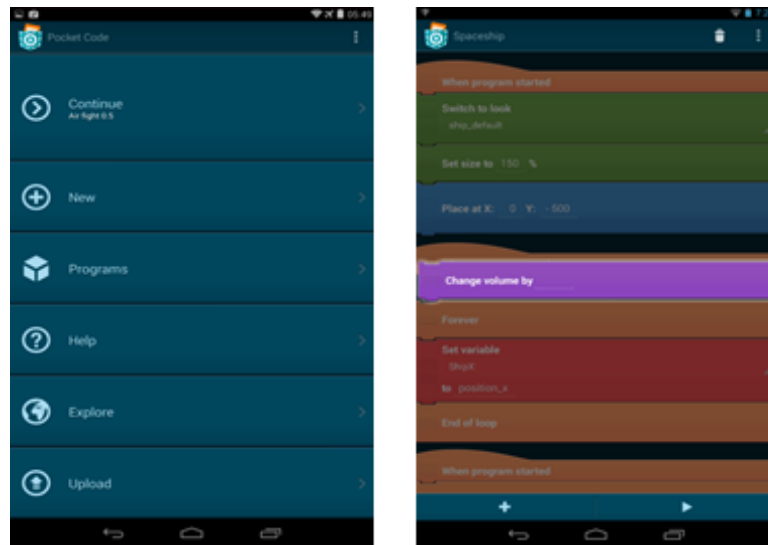


Figure 15. Interface de conception de *Pocket Code*

Évaluation des fonctionnalités

De même qu'*App Inventor*, *Pocket Code* utilise le principe de la programmation visuelle. Cependant, contrairement à *ARIS* et *App Inventor*, la conception et l'exécution des programmes se font intégralement sur support mobile. *Pocket Code* inclut de riches fonctionnalités comme la gestion du contenu multimédia (images, vidéos, bandes sonores, etc.), la géolocalisation et la reconnaissance des mouvements grâce aux détecteurs auxquels il permet l'accès (gyroscope, capteur de position, capteur d'orientation, etc.). Grâce à la programmation visuelle (Figure 15), *Pocket Code* permet de créer des éléments divers et de les coordonner pour afficher différents labels, menus, implémenter des scores, des badges, etc. En outre, l'éditeur inclut un enregistreur de scènes de jeux et des liens directs pour faciliter le partage sur YouTube des scènes enregistrées. Le projet est aussi *open-source* et existe en plusieurs langues. Tous les projets créés par les utilisateurs sont disponibles en ligne afin d'être réutilisés par la communauté. Des ressources spécifiques à l'éducation sont également disponibles en ligne⁴². Cependant, comme c'est le cas pour *ARIS*, *App Inventor* ou *ARLearn*, nous n'avons pas observé d'assistance à la scénarisation pédagogique en fournissant une analogie ou des liens entre les fragments du scénario et les compétences pédagogiques ciblées.

Les applications et les tutoriels disponibles sont alimentés par une grande communauté qui contribue au développement du projet en lui rajoutant de nouveaux *Frameworks* et des fonctionnalités. Par exemple *Pocket Paint*⁴³ ; une librairie qui permet d'éditer des images. Celles-ci peuvent être ensuite directement réutilisées pour les scénarios de JEM. Ainsi, tenant compte de la variété des fonctionnalités, mais tout de même des limites au niveau de la scénarisation pédagogique, nous attribuons 3.5/5 à cet outil pour son évaluation de fonctionnalités.

⁴⁰ <https://www.catrobat.org/intro/> (consulté en juin 2018)

⁴¹ <https://www.catrobat.org/> (consulté en juin 2018)

⁴² <https://edu.catrob.at/> (consulté en juin 2018)

⁴³ <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.catrobat.paintroid&hl=fr> (consulté en juin 2018)

Évaluation ergonomique

Bien que la scénarisation sur mobile soit une caractéristique mise en avant par les porteurs du projet en raison de son côté pratique, nous estimons que ce mode de conception limite considérablement le confort ergonomique nécessaire à la scénarisation des JEM. En effet, la taille réduite de l'écran ne permet pas d'avoir une vision intégrale des détails du scénario et, même si une fenêtre peut contenir plusieurs onglets, la vue sera très restreinte. Ainsi le modèle SPI (*Single Page Interface*) observé dans *ARIS* et *App Inventor* est remplacé dans *Pocket Code* par une multitude de fenêtres qui impliquent plus d'effort mental pour la mémorisation des éléments du scénario répartis sur chaque fenêtre. De plus, d'autres difficultés peuvent se présenter en cas d'imprécision des interactions tactiles. En outre, plusieurs fonctionnalités sont peu intuitives et nécessitent des tutoriels. Par exemple, il est nécessaire de renseigner la longitude et la latitude pour positionner un élément du jeu, au lieu de l'indiquer directement sur une carte. Au final, nous attribuons à cet outil une note ergonomique de 1.5/5.

Tests utilisateurs

Au niveau du test utilisateur, nous avons eu des commentaires très similaires à ceux des tests d'*App Inventor* à cause de la programmation visuelle et des prérequis nécessaires. En outre, il s'est avéré que la conception sur mobile est beaucoup moins pratique si les enseignants n'ont pas accès à leurs ressources pédagogiques, généralement stockées sur leurs ordinateurs : « *Cela paraît pratique, mais c'est plutôt contraignant parce qu'on ne stocke pas nos ressources pédagogiques sur nos smartphones* » reporte l'une des enseignantes. Au final, la note moyenne attribuée par les enseignants à cet outil en termes d'utilisabilité a été de 1/5.

3.3.3.5 Furet Factory

*Furet Factory*⁴⁴ est une plateforme collaborative en ligne pour la création de jeux de piste. Elle a été développée par l'entreprise *Furet Company*⁴⁵, spécialisée dans la valorisation ludique du patrimoine. Ce projet a été soutenu par *Paris Région Lab*⁴⁶.

Évaluation des fonctionnalités

Furet Factory propose plusieurs types de jeux tels que le jeu de piste, la balade interactive ou le quizz. Les concepteurs peuvent également paramétrer les étapes du jeu en agrémentant les défis : *puzzle*, QCM, rébus, géolocalisation. Les points gagnés par les joueurs se traduisent en niveaux d'expertise (e.g. détective amateur, inspecteur en chef, aventurier émérite, etc.). En outre, les joueurs peuvent également noter les jeux et attribuer des points à leurs concepteurs. Les tableaux de score sont publiés en ligne et les joueurs peuvent inviter leurs amis à jouer *via* les réseaux sociaux. Cependant, en comparant *Furet Factory* aux outils auteurs analysés précédemment, les fonctionnalités de celui-ci sont moins nombreuses. L'ordre des activités est toujours linéaire et l'outil n'inclut pas de possibilité pour créer d'autres types d'activités en dehors des *puzzle-game*, les QCM ou les rebus. Il n'est pas non plus possible d'utiliser des QR-codes et le type de ressources multimédia, que l'on peut intégrer au scénario, est limité aux images et textes. Il n'est donc pas possible de reproduire les scènes vidéos observées dans les jeux analysés dans le chapitre précédent (e.g. *Frequency*, *skattjakt*, *Kiwi-mobile*) ou même des bandes sonores. Il n'est pas non plus possible de produire des animations ou des représentations virtuelles

⁴⁴ <https://furetfactory.com/> (consulté en juin 2018)

⁴⁵ <http://www.furetcompany.com/> (consulté en juin 2018)

⁴⁶ <https://investparisregion.eu/tags/paris-region-lab> (consulté en juin 2018)

comme dans *Gaius' Day*. D'autre part, *Furet Factory* n'est pas essentiellement destiné à l'éducation. Il ne présente pas d'assistance au niveau de la conception pédagogique. L'outil ne donne pas non plus accès à l'appareil photo ou à l'enregistreur vidéo pour enregistrer ou capturer des éléments physiques de lieu d'apprentissage. Ainsi, en considérant les mécanismes de jeu intéressants proposés, mais aussi les limites au niveau des fonctionnalités et de la scénarisation pédagogique, la note technique de cet outil est de 1.5/5.

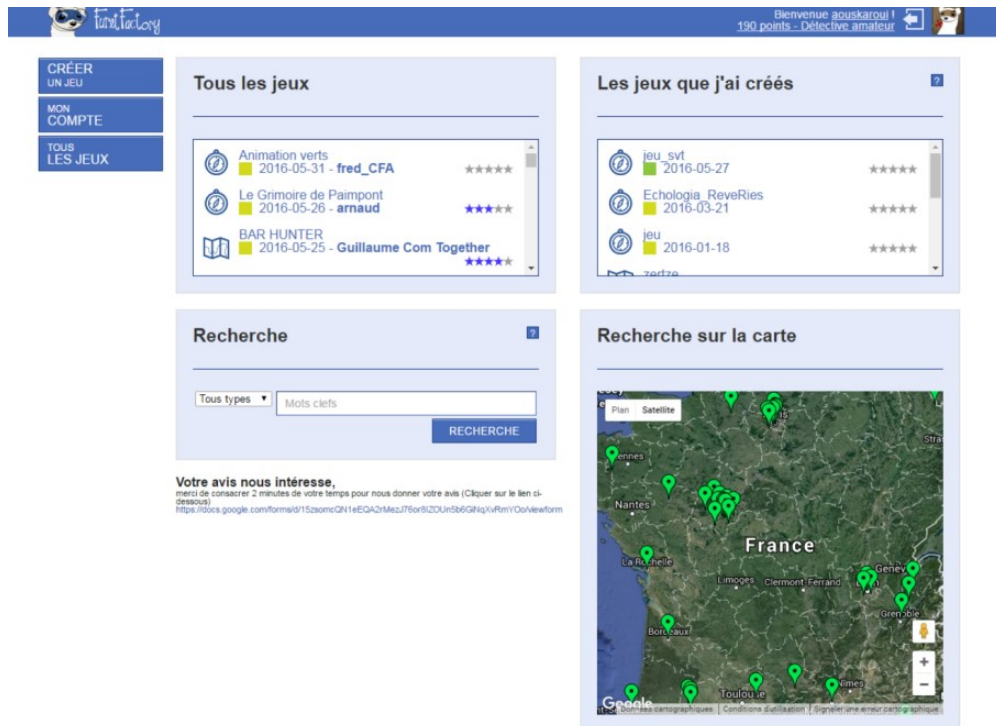


Figure 16. Interface de conception de *Furet Factory*

Évaluation ergonomique

Bien que l'interface ne soit pas basée sur le modèle SPI, elle utilise le modèle de pages uniformes (qui garde la même structure de menus quand on change de page), ce qui préserve la cohérence de l'interface quand on navigue entre les différentes pages. En termes de guidage, des informations pour les différents composants sont affichées *via* des fenêtres surgissantes (*popup*). Les notions utilisées au niveau des composants et au niveau du guidage sont intelligibles et rendent le parcours utilisateur intuitif dès la première utilisation. Il n'est donc pas nécessaire de passer par des tutoriels pour concevoir un jeu. L'outil est parfaitement adapté à des non-informaticiens et ne requiert aucune interaction avec du code ou des blocs de code. En raison de tous ces avantages, la note ergonomique de cet outil est de 4/5.

Tests utilisateurs

Les retours des enseignants étaient très positifs au premier abord. Nous avons ainsi noté des commentaires du type : « *là je comprends mieux* », « *je trouve ça très bien* », etc. En comparant aux autres outils, nous avons eu des déclarations du type : « *c'est déjà plus intuitif* ». Par contre les réactions étaient moins enthousiastes dès qu'ils avaient appris que des fonctionnalités comme les QR-code ou le téléchargement de la vidéo n'étaient pas possibles, surtout de la part des deux enseignants considérés comme *expérimentés en conception de JEM*. Ainsi, le premier a déploré l'absence d'accès aux outils comme l'appareil photo, la boussole ou le chronomètre.

« C'est dommage de ne pas pouvoir utiliser des outils qui peuvent être dans l'appareil mobile ». La deuxième évoque le même désappointement : « En SVT on utilise la boussole, l'inclinomètre qui recherche l'inclinaison de la pente, l'appareil photo, et éventuellement du son, mais cela est plus pour les collègues en histoire-géo ».

En dehors du manque de fonctionnalités constaté sur *Furet Factory*, nous avons demandé une note d'utilisabilité de la part des enseignants comme c'était le cas pour les autres outils auteurs analysés. La moyenne des notes a donc été de 4.5/5.

3.3.3.6 MLEARN4WEB

Mlearn4web est un éditeur de contenu pédagogique sur mobile (Zbick *et al.*, 2016), créé à l'université de Linnaeus (Suède).

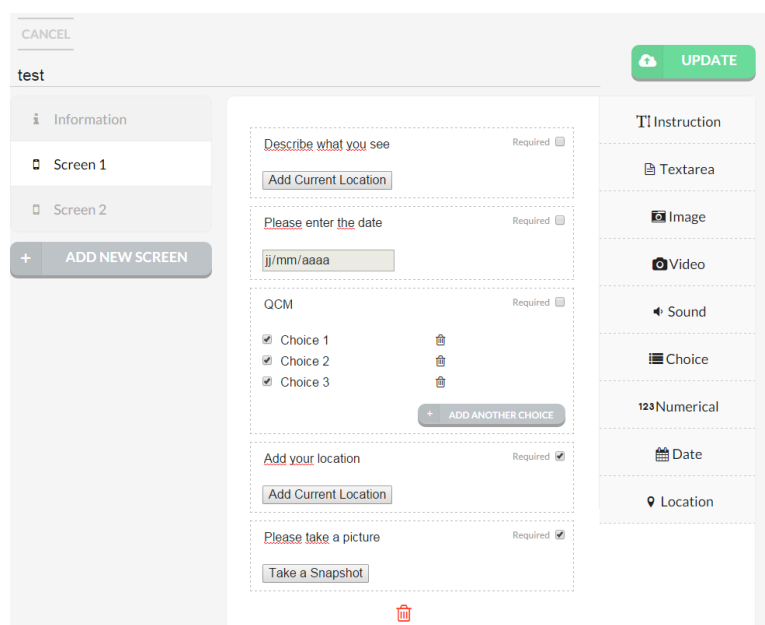


Figure 17. Interface de conception de *mLearn4web*

Évaluation des fonctionnalités

Mlearn4web intègre des fonctionnalités de géolocalisation, de gestion de contenu multimédia, la génération et la reconnaissance de QR-codes. Le format généré par l'outil auteur est du *web responsive*, ce qui rend l'exécution des applications possible sur tous les dispositifs mobiles équipés d'un navigateur web. Le projet est sous licence libre et les sources sont disponibles sur GitHub⁴⁷. Cependant, comme pour *Furet Factory*, les fonctionnalités disponibles ne sont pas aussi nombreuses que pour les quatre autres outils auteurs analysés au début de cette section. Bien que l'outil permette d'inclure des ressources multimédias (*e.g.* image, vidéo, son), il n'est pas possible de créer des animations pour illustrer des éléments pédagogiques (à l'image des représentations virtuelles dans *Gaius' Day*) comme c'est le cas sur d'autres outils auteurs. En effet, *mLearn4web* n'intègre pas d'outils pour la création d'animations virtuelles comme les « canvas » sur *App Inventor* ou bien les caractères virtuels de l'objet « conversation » sur *ARIS*. De plus, *mLearn4web* n'intègre pas de mécaniques de jeu comme c'est le cas pour *ARIS* qui propose les « objets de jeux » ou *Furet Factory* qui propose une gestion des scores. Cependant, *mLearn4web* est un projet récent qui n'est pas encore totalement abouti. Son objectif final est de

⁴⁷ <https://github.com/kj222ic/mLearn4Web> (consulté en juin 2018)

fournir un outil destiné aux enseignants pour visualiser les réponses et les données d'utilisation des apprenants, mais cette partie n'a pas encore été implémentée. Ainsi, en considérant l'exécution multiplateforme et la variété des ressources multimédias proposées, mais aussi les limites au niveau des fonctionnalités de jeu (scores, éléments virtuels), nous lui attribuons 2.5/5.

Évaluation ergonomique

L'outil auteur est bien destiné à des non-informaticiens. Bien qu'il ne soit disponible qu'en anglais, son interface de conception ne pose pas de problème de compréhension majeur. Tel qu'illustré par la Figure 17, les composants sont basiques et les termes employés sont familiers au public non expert. La navigation est flexible grâce à quelques effets *Rollover* et l'implémentation des composants est plus facilitée avec le *drag-and-drop*. Cependant, l'outil ne propose pas assez de guidage ou d'aide à l'utilisation, ce qui peut ralentir le parcours utilisateur surtout lors des premières utilisations. En outre, l'interface de conception, bien qu'elle soit dotée d'un design épuré, n'utilise pas le modèle SPI et pose quelques problèmes au niveau de l'auto-repérage. Ainsi, des indications sur la position (*e.g.* fil d'Ariane) par rapport à la structure globale du site sont nécessaires quand on est par exemple sur la page de scénarisation. Par suite, tenant compte de la simplicité d'utilisation, mais aussi des quelques limites ergonomiques (manque de guidage, problèmes d'auto-repérage), nous attribuons à *mLearn4web* une note de 3.5/5, légèrement au-dessous de *Furet Factory*.

Tests utilisateurs

En ce qui concerne les tests utilisateurs, les retours des enseignants étaient plutôt similaires à ceux de *Furet Factory* avec une préférence légère pour ce dernier. Les premières réactions ont été également positives et du type « *Je trouve ça cool* ». Cependant, les enseignants se sont rapidement aperçus que *mLearn4web* ne permet pas d'aller très loin dans la conception d'un JEM, que les composants proposés permettent de créer du simple contenu pédagogique, enrichi avec les ressources multimédias, mais sans structure ludique. L'un des enseignants considérés comme *expérimentés en JEM* aurait voulu voir sur *mLearn4web* des « *composants concrets* » pour les JEM comme par exemple les objets ludiques d'*ARIS*. En dehors du manque de fonctionnalités, les enseignants ont évalué cet outil avec des notes variant de 3/5 à 4/5, pour une moyenne de 3.5/5, identique à la note que nous avons attribuée lors de l'analyse ergonomique de cet outil. Cette note, même si elle est légèrement inférieure à celle de *Furet Factory*, est en revanche considérée importante par rapport aux notes attribuées par les enseignants lors des tests utilisateur sur les autres outils auteurs.

3.3.4 Discussion

Dans cette partie, nous présentons une synthèse des analyses faites sur les six outils auteurs précédents. Ensuite, nous réexposons la problématique de départ, enrichie des nouveaux éléments suite aux analyses.

3.3.4.1 Synthèse

L'analyse d'outils auteurs de JEM ci-dessus a été réalisée selon deux perspectives. Ainsi, une première perspective a consisté à **évaluer les fonctionnalités** fournies par chaque outil auteur analysé. Afin de parvenir à une évaluation objective de ces fonctionnalités, nous avons établi une grille d'analyse (Annexe 6) fondée sur des mécanismes ludiques et techniques observés lors de l'analyse des JEM dans le chapitre précédent. La deuxième perspective a consisté en une

évaluation ergonomique des interfaces de conception de ces outils auteurs, selon des repères théoriques d'utilisabilité. Enfin, pour appuyer ces deux premières évaluations, nous avons conclu l'analyse par des **tests utilisateurs** avec cinq enseignants plus ou moins expérimentés en conception de JEM. Cependant, ces tests utilisateurs se sont limités à une première utilisation de chaque outil auteur et les résultats en termes d'appréciation ou d'appropriation peuvent différer s'il s'agissait de tests utilisateur réalisés sur plusieurs sessions. Or, d'un point de vue général, il est tout de même très probable que la première impression soit déterminante pour une volonté d'investissement plus ou moins importante sur un outil auteur. Nous estimons qu'il est également peu probable pour des personnes en manque de temps et d'expertise de réessayer plusieurs fois de s'investir dans un outil auteur qu'ils n'ont pas compris au premier abord. C'est d'ailleurs l'une des raisons pour lesquelles les JEM ne sont, pour le moment, pas assez reproduits par des enseignants.

Ainsi, suite à ces évaluations, et au-delà du scepticisme manifesté par certains enseignants sur les problèmes de langues (« *je ne suis pas un adepte de la langue de shakespear* », reporte l'un d'eux), ou d'auto-repérage qui relèvent plutôt des problèmes d'ingénierie, nous avons cherché à identifier lors de cette analyse les verrous scientifiques qui résident dans les paradigmes d'outils auteurs actuels. À l'échelle réduite d'entretiens semi-directifs avec cinq enseignants (pour des raisons d'exploration qualitative des résultats), nous avons demandé aux enseignants d'attribuer des notes d'utilisabilité aux outils auteurs expérimentés. Ces notes ont tout d'abord été très avoisinantes des notes d'utilisabilité que nous avons attribuées aux différents outils auteurs analysés selon la grille ergonomique figurant dans l'Annexe 6. D'autre part, comparées aux notes relatives aux fonctionnalités, ces notes expriment une divergence diamétralement significative. En effet, les outils auteurs ayant obtenu les notes maximales pour leurs fonctionnalités (*App Inventor2*, *ARIS*, *Pocket Code* ou *ARLearn*) ont obtenu des notes minimales lors des évaluations d'utilisabilité. Il y a plusieurs façons d'expliquer ce phénomène. Tout d'abord, il est fort probable que la richesse de leurs fonctionnalités implique des interfaces surchargées, potentiellement encombrantes pour les non experts et nécessitant un temps d'apprentissage plus important. Outre la surcharge d'éléments visuels, certaines méthodes mises en œuvre par ces outils auteurs, comme la programmation visuelle, ne sont pas à la portée de tous les enseignants et rajoutent ainsi une couche à la complexité de la tâche. La dissemblance entre les évaluations de fonctionnalités et celles d'utilisabilité est aussi interprétable dans l'autre sens. En effet, les outils auteurs qui ont obtenu les meilleurs résultats d'utilisabilité (*Furet Factory* et *mLearn4web*) présentent des notes très réduites en termes de fonctionnalités et ne permettent pas aux enseignants de créer des JEM adaptés à leurs besoins.

Ainsi, nous répartissons ces outils auteurs en deux catégories. La première catégorie est donc composée d'outils auteurs riches en fonctionnalités, mais ayant une interface graphique chargée et complexe, tels que *ARIS*, *App Inventor*, *ARLearn* et *Pocket Code*. Bien qu'il soit possible de créer des JEM avec ces outils, l'effort et l'expertise nécessaires pour les utiliser sont assez considérables. Nous appelons donc cette catégorie : **les outils auteurs complexes**. La deuxième catégorie couvre les outils auteurs qui comportent peu de fonctionnalités, mais qui sont relativement simples à utiliser, à l'image de *Furet Factory* et *mLearn4web*. En effet, ces outils auteurs ne nous ont pas permis, lors de l'analyse des fonctionnalités, de reproduire des mécanismes ludiques retrouvés dans les JEM analysés dans le chapitre précédent. C'est une insuffisance qui a été confirmée avec les tests utilisateurs par les enseignants qui ont déploré un manque de fonctionnalités que nous considérons d'ailleurs parmi les atouts de la mobilité à

l'image de la boussole, l'inclinomètre, l'appareil photo, etc. Nous appelons cette deuxième catégorie : *les outils auteurs légers*.

Par ailleurs, nous estimons que les autres outils auteurs, figurant dans la liste complète (Annexe 5), dont nous n'avons pas détaillé les caractéristiques dans ce chapitre, rejoignent l'une des deux catégories d'outils auteurs identifiés ci-dessus. Ainsi des outils qui sont assez riches en fonctionnalités comme *Unity mobile*⁴⁸ ou *e-Adventure pour Android* (Marchiori *et al.*, 2010) nécessitent un temps d'apprentissage important et font donc partie des *outils auteurs complexes*. D'autres outils plus simples à prendre en main, mais moins riches en fonctionnalités à l'image de *Baludik*⁴⁹, *GameSalad*⁵⁰, *AdventureMaker*⁵¹, *Tactileo Cloud*⁵² ou *Seppo*⁵³ font plutôt partie de la catégorie des *outils auteurs légers*.

3.3.4.2 Question de recherche

Suite aux analyses ci-dessus et du chapitre précédent, nous formulons nos questions de recherche plus précisément en deux questions principales comme suit :

- **Q 1 : Quelle modélisation pour la création de JEM par des enseignants ?**

Étant donné les résultats du chapitre 2 sur l'analyse des JEM et l'analyse des besoins, nous proposons dans le chapitre suivant, une réflexion sur le type de conception que nous souhaitons proposer aux enseignants. En effet, parmi les approches existantes (conception collaborative, conception orientée game design, conception orientée enseignant, etc.), quel type de conception serait le plus adapté selon les résultats d'analyse précédents, à la création des JEM ? De même, quel modèle et quel vocabulaire métier doivent être employés pour permettre de concevoir des JEM de façon intuitive et adaptée à leurs objectifs pédagogiques ? D'autre part, étant donnée la variété des scénarios de JEM, comment cette modélisation permettrait-elle de couvrir cette variété tout en tissant les éléments pédagogiques aux éléments ludiques des scénarios ? Pour finir, comment donner les moyens aux non-informaticiens d'opérationnaliser leurs scénarios de JEM ; c'est-à-dire, de les exécuter sur des dispositifs mobiles ?

D'autre part, les résultats présentés dans ce chapitre enrichissent la problématique de recherche présentée dans le premier chapitre par de nouveaux éléments. En effet, l'orchestration qui consiste à fournir aux enseignants les outils auteurs adéquats, recommandée par Sung *et al.* (2016), doit passer par la conception de l'outil auteur idéal. Celui-ci, pour contourner les limites identifiées dans l'analyse de ce chapitre, doit donc avoir la meilleure ergonomie pour accrocher les enseignants novices en conception de JEM et en même temps le maximum de fonctionnalités pour attirer les enseignants expérimentés en conception de JEM. Il en est de même pour accompagner les enseignants *novices en conception de JEM* après la prise en main pour approfondir leurs scénarios et manipuler les fonctionnalités complexes. Comment donc, créer un outil auteur riche en fonctionnalités (permettant de créer des JEM adaptés aux différents besoins et contextes des enseignants), tout en étant simple à utiliser ? De ce fait, la deuxième question de recherche relative à notre problématique se dessine d'une manière plus limpide :

⁴⁸ <https://unity3d.com/fr/learn/tutorials/topics/mobile-touch/mobile-development> (consulté en juin 2018)

⁴⁹ <https://baludik.fr/fr> (consulté en juin 2018)

⁵⁰ <http://edu.gamesalad.com/> (consulté en juin 2018)

⁵¹ <http://www.adventuremaker.com/> (consulté en juin 2018)

⁵² <https://www.youtube.com/watch?v=cwvdheuA7xs> (consulté en juin 2018)

⁵³ <http://seppo.io/en/> (consulté en juin 2018)

- **Q 2 : Quels méthode et outil de conception de JEM adaptés aux différents profils et besoins des enseignants ?**

Si l'on considère cette question selon un certain premier point de vue, la problématique semble relative à l'ingénierie et une solution serait donc de rendre les outils auteurs légers plus riches en leur rajoutant plus de fonctionnalités. Cependant, selon les références en IHM (Baccino *et al.*, 2005 ; Bastien et Scapin, 1993 ; Nogier *et al.*, 2013), l'augmentation du flot d'informations implique une charge cognitive supplémentaire et nous ramène au problème de la surcharge visuelle discuté ci-dessus. Les outils auteurs légers deviendront donc complexes et le problème va subsister.

Dans le chapitre suivant, nous présentons nos hypothèses et propositions pour répondre aux deux questions de recherche formulées ci-dessus.

3.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous nous sommes focalisés sur les moyens techniques actuels, permettant aux enseignants de créer des JEM, afin d'identifier leurs limites et les freins qui empêchent les enseignants de les utiliser d'une manière plus importante. Nous avons tout d'abord présenté l'historique des outils auteurs en général et en EIAH. Nous avons ensuite cité des exemples d'outils auteurs de jeux sérieux réalisés sur le plan national et à l'échelle internationale.

Dans un deuxième temps, nous avons sélectionné six outils auteurs de jeux mobiles, de contenu pédagogique mobile ou d'applications mobiles en général qui permettent de créer des JEM. Cette sélection a fait l'objet d'une analyse selon deux perspectives. La première est une évaluation technique des fonctionnalités qui vise à déterminer la performance de ces outils auteurs. Nous avons évalué ces fonctionnalités selon des mécanismes que nous avons identifiés dans l'analyse des JEM au chapitre précédent. La deuxième perspective évalue l'ergonomie des interfaces proposées par ces outils auteurs. Cette évaluation a été réalisée selon des normes d'utilisabilité reconnues en IHM (Annexe 6). Enfin, pour appuyer notre évaluation, nous avons effectué des tests utilisateur sur les outils auteurs sélectionnés avec cinq enseignants qui avaient répondu à notre questionnaire en ligne (chapitre précédent) (voir aussi Annexe 7). Les trois évaluations sont soldées par des notes symboliques reflétant notre estimation des critères analysés selon les deux grilles, et attribuées par les enseignants lors des tests utilisateur.

Les résultats d'analyse ont montré qu'il existe deux catégories d'outils auteurs de JEM : *les outils auteurs complexes* qui sont riches en fonctionnalités, mais complexes à utiliser. Ces outils permettent en effet de recréer les JEM que nous avons analysés précédemment. Cependant, leur usage est limité à des personnes expérimentées en scénarisation ludiques et ayant passé par des tutoriels ou des formations. La deuxième catégorie représente *les outils auteurs légers* qui sont simples à prendre en main, mais dotés de fonctionnalités limitées. Ces outils auteurs ne permettent pas de créer des JEM adaptés aux différents besoins et contextes des enseignants. Ces résultats nous ont permis de réexposer dans la dernière section du chapitre, la problématique de création des JEM par les enseignants, enrichie par les limites identifiées lors de l'analyse des outils auteurs de JEM. Une question de recherche globale en résulte également ; comment créer un outil auteur simple à prendre en main, pour être utilisé par des enseignants non experts, et à la fois riche en fonctionnalités pour pouvoir s'adapter à leurs différents besoins ? Les réponses apportées à cette question de recherche seront présentées dans le chapitre suivant.

Chapitre 4. CONTRIBUTIONS : MODÈLE DE JEM, MODÈLE DE CONCEPTION GIGOGNE ET RÉIFICATION DANS JEM INVENTOR

4.1 Introduction

Faisant suite à l'état de l'art sur les JEM (Jeux Éducatifs Mobiles) et leurs outils auteurs, ce chapitre décrit nos propositions pour la scénarisation et l'exécution de JEM. Dans un premier temps, nous présentons notre démarche de conception collaborative avec les enseignants. Nous proposons ensuite un modèle de JEM exécutable à base de composants. Ce modèle repose sur un *template* de base représentant la structure d'Unité de Jeu Située (UJS). Ce *template* est destiné aux enseignants *novices en conception de JEM* pour créer rapidement des JEM basiques, mais peut également être enrichi, en fonction des besoins et compétences des enseignants, pour créer des types de JEM plus complexes et variés. Enfin, nous présentons l'approche de conception gigogne pour la création de JEM, destinée aux différents profils d'enseignants. Cette approche consiste à révéler progressivement les composants du modèle de JEM, en fonction du profil de l'utilisateur et de ses besoins. Elle comporte donc plusieurs niveaux de granularité. La dernière section présente JEM Inventor, l'outil auteur qui réifie les propositions introduites dans ce chapitre.

4.2 Démarche de conception

4.2.1 Associer les enseignants à la conception des outils auteurs

Depuis les années 2000, les recherches en EIAH ont commencé à associer de manière étroite les enseignants aux outils de conception (Murray, 2004). En effet, « *pour concevoir des environnements pertinents, une des clés de la réussite est d'associer étroitement les enseignants à leur conception* » (George et Guin, 2017). Plus particulièrement en apprentissage mobile, Sung (2016) estime que l'une des pistes pour promouvoir l'utilisation des applications mobiles par les enseignants (*cf.* chapitre 1), est de les associer au processus de conception en leur fournissant des outils auteurs d'EIAH pour mobile. Dans le cadre de cette thèse, nous adoptons la même démarche, mais en associant les enseignants à la conception des outils auteurs mêmes. Ainsi, pour créer notre outil auteur de JEM, nous adoptons la Démarche de conception Centrée Utilisateur (DCU).

La DCU (Baek *et al.*, 2008; Gould et Lewis, 1985; Mandran *et al.*, 2013) ou *conception orientée utilisateur* (*user-centered design* en anglais) est une démarche de conception très présente en ergonomie informatique (mais également dans d'autres domaines comme le design d'objet), où les besoins, les attentes et les caractéristiques propres des utilisateurs finaux sont pris en compte à chaque étape du processus itératif de développement d'un produit. Cette démarche consiste donc à expérimenter plusieurs itérations du produit et se distingue fortement d'autres démarches de conception en cherchant à adapter le produit (généralement l'interface et les fonctionnalités) à l'utilisateur final plutôt que de lui imposer un mode d'utilisation choisi par les concepteurs.

4.2.2 Entretiens exploratoires

Afin de répondre à la question de recherche Q1 : « Quelle modélisation pour la création de JEM par des enseignants ? », nous avons choisi de nous rapprocher des enseignants qui sont les acteurs de terrain. Ainsi, dans le cadre de la DCU, nous avons démarré la phase de conception par des entretiens avec des enseignants. En réalité, suite aux réponses recueillies sur le questionnaire en ligne, présenté dans le chapitre précédent, nous avons suggéré à cinq enseignants de participer au processus de conception et aux expérimentations de nos solutions. Ainsi, outre les tests d'utilisabilité des outils auteurs existants, présentés dans le chapitre précédent, nous avons eu la possibilité de présenter nos idées conceptuelles ainsi que les premières maquettes à ces cinq interlocuteurs. Ces sessions de travail nous ont permis de vérifier que le modèle de JEM (présenté dans la section suivante) convenait aux scénarios que les enseignants envisageaient de mettre en place. Ces sessions nous ont également permis d'ajuster le vocabulaire et le formalisme du modèle de JEM, afin qu'il soit compréhensible par des enseignants sans compétences en scénarisation ludique. Pour finir, ces entretiens ont été l'occasion de valider les maquettes de l'interface et le choix des fonctionnalités disponibles pour chaque niveau de l'approche de conception gigogne (section 4.4).

Dans une démarche d'entretiens qualitative, cinq sessions individuelles ont eu lieu avec les enseignants et ont duré en moyenne deux heures. Les sessions se sont passées entre mai et juin 2016 et ont été enregistrées en audio. D'autre part, nous avons choisi nos interlocuteurs en fonction de leur expérience en JEM. Ainsi, nous avons travaillé avec deux enseignants peu expérimentés que l'on peut qualifier de *novices en JEM* (cf. chapitre 2) et trois enseignants ayant déjà créé ou participé à la création de JEM ou de projets de jeux éducatifs en général (*expérimentés en JEM*). Nos cinq interlocuteurs ont également été choisis par rapport à leur niveau d'enseignement. Ainsi, nous avons une enseignante en collège, deux en lycée et deux dans l'enseignement supérieur. Ci-dessous, nous décrivons les profils de nos cinq interlocuteurs.

- Une maître de conférences à l'Université du Mans, spécialisée en biologie et géosciences, n'ayant jamais créé de JEM, mais ayant utilisé des JEM pour son cours. Ses sorties pédagogiques consistent à apprendre à identifier des plantes à l'aide d'une flore.
- Une enseignante au collège Jean Lurçat (région parisienne), spécialisée en éducation physique, n'ayant jamais créé ni utilisé de JEM pour son cours. Ses sorties pédagogiques consistent à organiser des séjours sur le thème du sport et de l'environnement.
- Une enseignante au lycée Oscar Michelet (région parisienne), spécialisée en SVT, ayant déjà créé des jeux éducatifs sur papier. Ses sorties pédagogiques consistent à favoriser l'observation de la biodiversité et la découverte de parcours botaniques.
- Un professeur agrégé de SVT dans l'académie de Montpellier, ayant déjà créé et participé à de nombreux projets de JEM. Ses sorties pédagogiques en géologie consistent à chercher les causes de la présence de bauxite dans l'environnement proche, à travers des éléments structuraux (plis, failles, discordance, sédimentation, etc.).
- Une enseignante au lycée Sainte Louise (région parisienne), ayant déjà commencé à créer des scénarios ludiques pour ses cours. Ses sorties pédagogiques consistent à visiter des exploitations agricoles et des sites archéologiques.

4.3 Modèle de JEM

Dans cette partie, nous présentons nos hypothèses pour répondre à la question de recherche Q1 : Quelle modélisation pour la création de JEM par des enseignants ? Ainsi, dans chaque sous-section, nous présentons les arguments qui nous ont menés à formuler ces hypothèses ainsi que les propositions qui s'ensuivent.

4.3.1 Une conception orientée enseignant pour plus d'accessibilité

En général, un outil auteur d'EIAH s'adresse, par définition, à des personnes ne possédant pas de compétences en programmation, afin de leur permettre de concevoir, configurer et exécuter des activités instrumentées. Cependant, le processus de conception des jeux sérieux en général et des JEM en particulier, nécessite des compétences diverses. En effet, la conception des jeux éducatifs nécessite, outre la maîtrise des éléments pédagogiques, des compétences en scénarisation ludique ou *game design*. En 2012, Marfisi-Schottman a proposé un outil auteur⁵⁴ pour faciliter la collaboration entre les différents intervenants sur le scénario d'un jeu éducatif (i.e. enseignant, développeur, graphiste, *game-designer* ...) (2012). Une telle collaboration est idéale pour créer des JEM, mais, dans la réalité, les enseignants n'ont pas souvent les moyens de faire appel à des intervenants extérieurs comme les *game-designers*, les graphistes ou les développeurs. Dans le cadre de cette thèse, nous proposons de réunir toutes les compétences à l'échelle de l'enseignant, afin de rendre la conception des JEM plus indépendante et donc plus accessible. Toutefois, cette méthode suggère que le processus de conception se recentre autour de la partie la plus maîtrisée par l'enseignant, qui est le contenu pédagogique. En effet, d'après nos échanges avec les enseignants lors des entretiens exploratoires, il est plus facile de **démarrer la conception à partir de son scénario de sortie pédagogique classique**, pour l'implémenter dans l'outil auteur, en vue de l'enrichir par des éléments ludiques. Cette implémentation peut se faire à l'aide d'un **template de base**, intégrant des mécanismes ludiques que nous détaillons dans la sous-section suivante. De ce fait, nous formulons la première hypothèse **H1** : « **Un modèle de JEM, fondé sur un template de base, permettra aux enseignants de ludifier des scénarios de sorties pédagogiques existants de façon intuitive.** ».

4.3.2 Template de base

Suite à l'analyse de différents JEM dans le chapitre 2, nous avons constaté que les JEM étudiés étaient composés de plusieurs **unités de jeu situées (UJS)**, se déroulant sur un lieu précis, que nous appelons : **point d'intérêt (POI)** en anglais pour *Point Of Interest*). Pour chaque UJS, nous avons également identifié trois composants essentiels et communs à tous les JEM analysés : **l'indice** permettant au joueur de trouver le POI, le **contenu pédagogique** fourni au joueur une fois qu'il est arrivé au POI et **l'activité située**, permettant entre autres, d'évaluer les connaissances acquises, en général, relatives au POI en question. Nous appelons cette structure commune, le *template de base* de l'UJS (Figure 18).

⁵⁴ <http://www-lium.univ-lemans.fr/legadee/> (consulté en juin 2018)

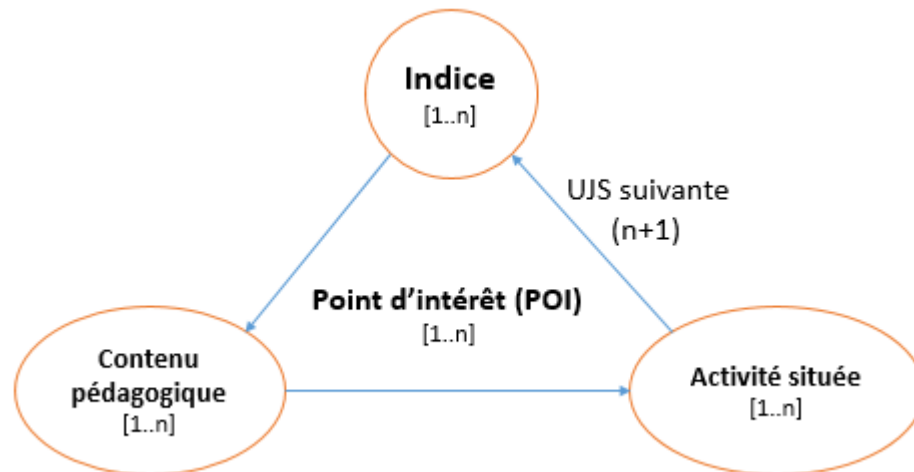


Figure 18. Structure simplifiée d'une UJS

Les trois composants définis ci-dessus s'enchaînent, tel que le montrent les flèches en bleu sur la Figure 18. Leur enchaînement est conditionné par des éléments internes aux trois composants principaux. Par exemple, dans le cas où une UJS contient plusieurs activités situées, le déclencheur d'indice de l'UJS suivante s'active lorsque le système indique la fin de ces activités. En revanche, tel que le montre la Figure 19, pour déclencher le "contenu pédagogique", l'enseignant peut choisir entre quatre modes pour valider que le joueur est bien arrivé au POI :

- une **validation manuelle**, c'est-à-dire que le joueur clique sur un bouton
- une validation par **GPS** qui détermine la géolocalisation de l'artefact mobile
- une **question à réponse unique** (QRU) du type "quelle est la couleur du bâtiment ?"
- un flash de **QR-code** préalablement imprimé et installé sur le POI par l'enseignant

D'autre part, l'enchaînement des UJS est également conditionné par le résultat des activités situées. En effet, ces activités peuvent être validées par une question ouverte, une question à réponse unique (QRU), une question à choix multiples (QCM), une prise d'image ou une captation audiovisuelle (enregistrement audio ou vidéo). Le résultat déclenche un comportement spécifique en cas de bonne ou de mauvaise réponse. Ainsi, en cas de bonne réponse, le système affiche un message de succès, attribue le nombre de points équivalent et permet de passer à la suite (voir Figure 19). Dans le cas contraire, le système affiche un message d'échec et repropose la même activité située.

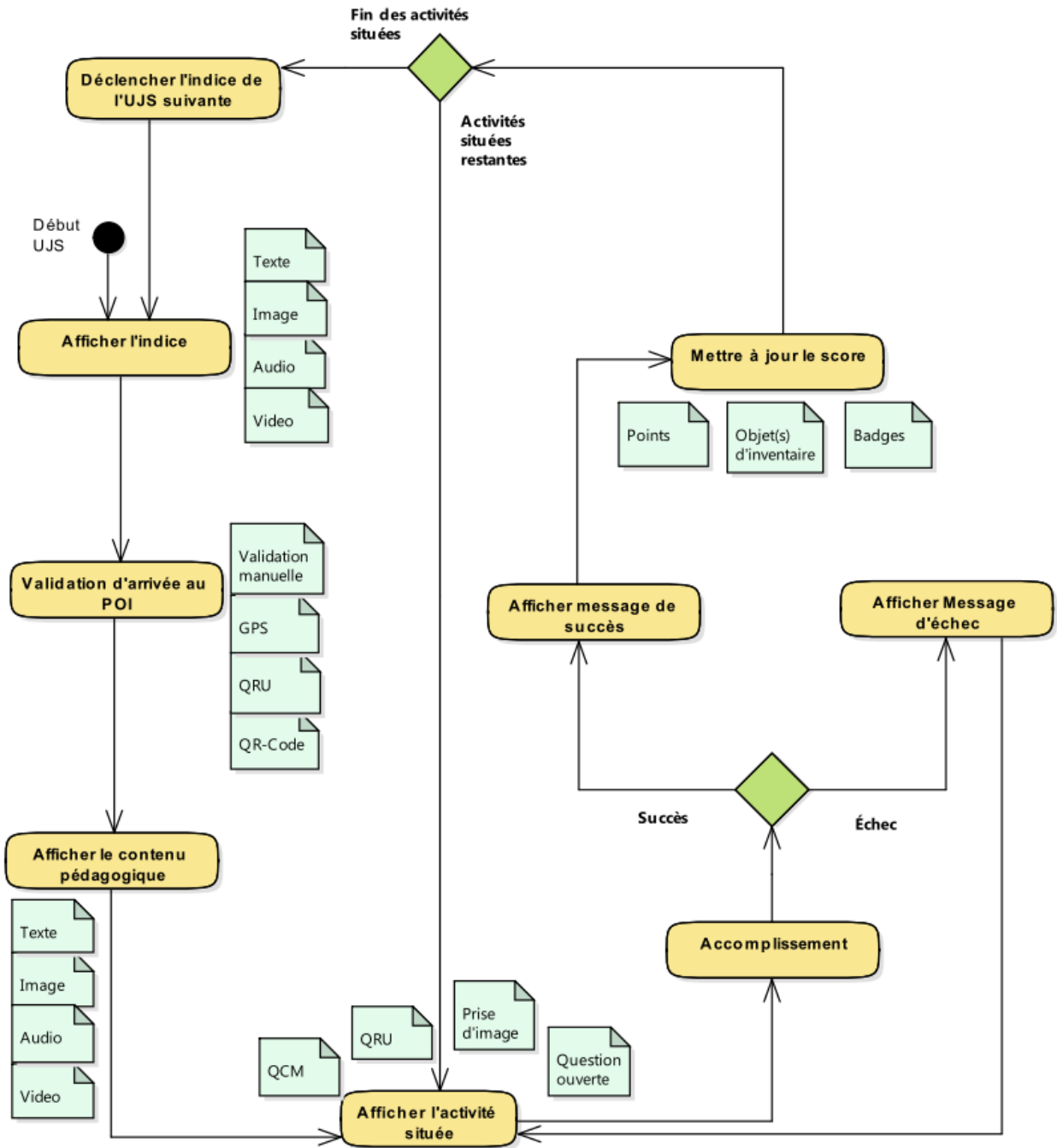


Figure 19. Enchaînement des évènements au sein de l'UJS

D'un point de vue structurel, l'UJS se constitue des trois composants de base : *indice*, *contenu pédagogique* et *activité située*. Chacun de ces composants se compose d'un déclencheur (qui permet de l'afficher), un corps (qui représente son contenu principal) et une validation (qui permet de passer ou non à la suite). Ainsi, l'indice ne sera accessible que suite à l'activation de son déclencheur qui peut être, soit le début du jeu, soit la validation de la fin de l'activité précédente. De même, le corps de l'indice ne sera accessible que suite à l'activation de la validation d'arrivée sur le POI. Il en est de même pour le contenu pédagogique et l'activité située. La Figure 20 est une vue partielle du diagramme de classe du JEM, dont l'intégralité est présentée dans la section 4.3.3.4 (Vue intégrale). Elle permet de voir avec plus de détails la structure du composant *contenu pédagogique* au sein de l'UJS. Ainsi, ce composant incorpore un déclencheur permettant de l'afficher, qui correspond à la validation de l'indice. Le corps du

contenu pédagogique correspond aux ressources qui seront téléchargées par l'enseignant. La validation est manuelle, s'effectue à la demande en appuyant sur un bouton et permet de passer à l'activité située. L'activité située incorpore à son tour les trois composants : déclencheur, corps et validation, qui correspondent respectivement à la validation de l'étape de consultation du contenu pédagogique, le type d'activité qui sera proposé par l'enseignant (qcm ou prise d'image, etc.) et la validation de l'activité même (la réponse à la tâche demandée).

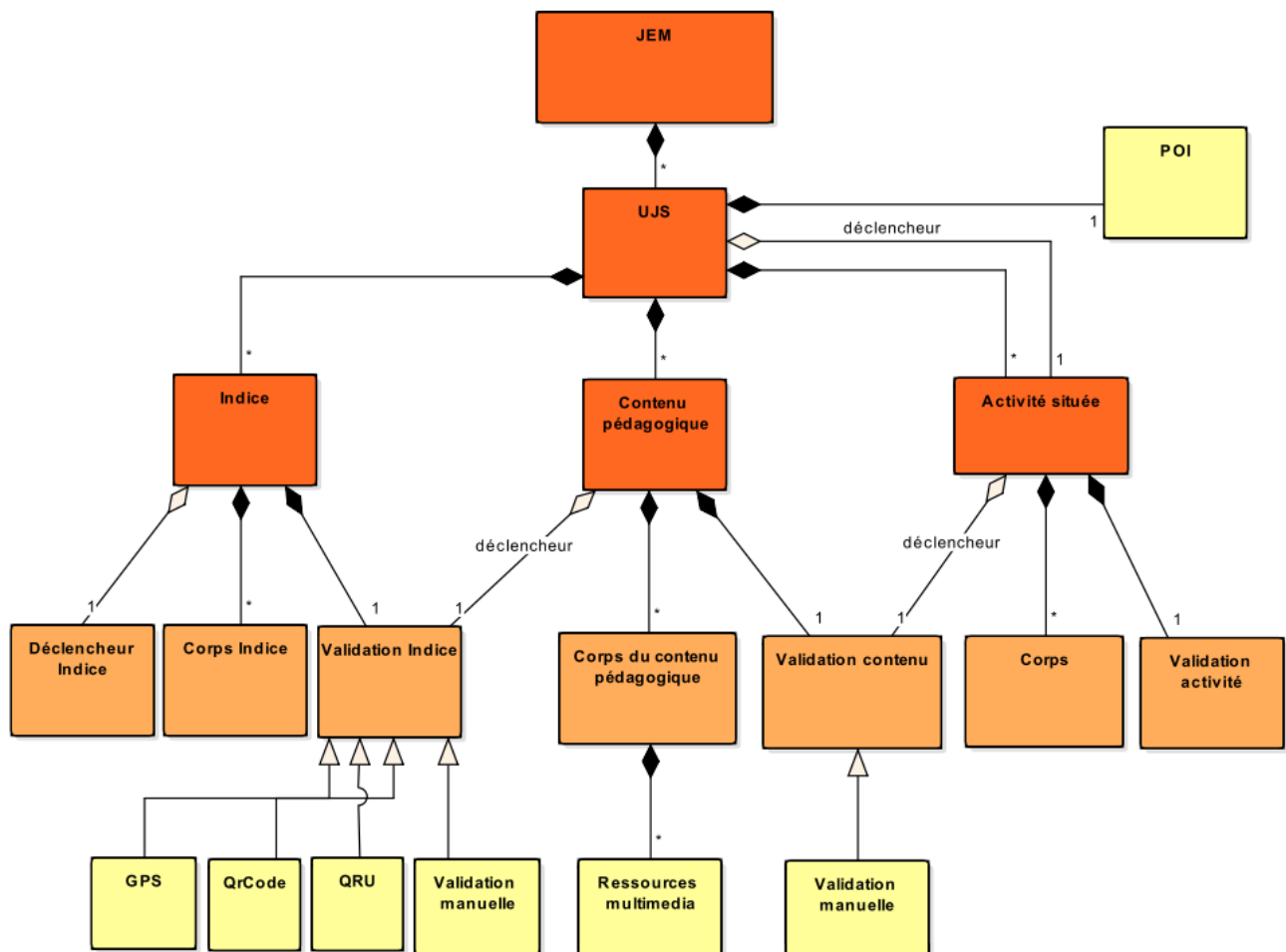


Figure 20. Vue partielle de la structure détaillée de l'UJS

Dans la suite, nous présentons nos propositions pour étendre et modifier le *template de base* présenté ci-dessus, afin de l'intégrer dans un modèle de JEM plus générique.

4.3.3 Du *template* au modèle

4.3.3.1 Une structure modifiable

La structure du *template de base* a été établie, comme nous l'avons expliqué ci-dessus, à partir d'éléments invariants observés dans les scénarios des huit JEM analysés. Cependant, afin de couvrir un spectre plus large de scénarios, cette structure doit être **modifiable**. La modification peut s'effectuer en rajoutant des étapes au trio de base (*indice*, *contenu pédagogique* et *activité située*). De plus, la modification doit aussi s'étendre à la structure interne de chacune de ces étapes, afin de permettre l'édition des déclencheurs, des corps ainsi que leurs mécanismes de

validation. Pour cette raison, nous proposons que les composants représentant ces étapes ainsi que ceux qui leur sont incorporés, soient **paramétrables**. De cette manière, les enseignants seront capables d'une part, de modifier les étapes du *template de base* et leur enchaînement en configurant les déclencheurs et mécanismes de validation. D'autre part, le paramétrage des composants leur permettra de reconcevoir la structure interne de chaque étape. Par suite, nous formulons la deuxième hypothèse **H2** : « **Un modèle de JEM proposant une structure modifiable et des composants paramétrables, couvrira une grande variété de scénarios de JEM** ». Afin d'assurer les possibilités de modification et de paramétrage évoquées ci-dessus, nous présentons dans la suite, la répartition des composants en différents niveaux, ainsi que les fonctions qui les rendent opérationnels.

4.3.3.2 Niveaux de composants et paramétrage

Le processus de scénarisation d'un EIAH requiert une capacité de conceptualisation et de structuration de concepts de haut niveau (Murray, 2015). Ainsi, un scénario doit être essentiellement constitué de séquences concevables et compréhensibles par les enseignants.

Principe des composants haut et bas niveau

En informatique, la séparation en structures en haut et en bas niveau est souvent utilisée. Un langage haut niveau est un langage qui s'adresse à l'utilisateur final, utilisant des termes et des symboles qui lui sont familiers (Mall, 2014). Le langage haut-niveau fait donc abstraction des caractéristiques techniques du matériel utilisé pour exécuter le programme, tels que les registres ou les drapeaux du processeur. Inversement, un langage de programmation est dit de bas niveau quand il ne fournit que peu d'abstractions par rapport au jeu d'instructions du processeur de la machine (Marlet, 2011).

Application au modèle de JEM

Dans notre cas, nous appelons composants haut niveau, les concepts les plus familiers aux enseignants *novices en conception de JEM*, comme par exemple un indice, une activité ou un POI (point d'intérêt). Ces concepts correspondent à un vocabulaire métier que nous avons validé auprès des cinq enseignants participant aux entretiens exploratoires. Pour opérationnaliser les concepts de haut-niveau du *template de base* et fournir des possibilités de paramétrage, nous devons les relier à des composants plus techniques, appelés "composants bas-niveau" et préciser des fonctions d'opérationnalisation que nous détaillons dans la section suivante. Ainsi, les composants bas niveau se définissent, dans notre cas, par les objets d'IHM de base tels que les boutons, labels, cases à cocher, ressources multimédia (images, bandes sonores, vidéos, etc.). Ces objets d'IHM, sont fournis par tous les environnements de développement (*e.g. Android Studio* pour *Android* et *Xcode* pour *iOS*) en tant que des classes prédéfinies. Cependant, il est plus difficile d'orchestrer des objets d'IHM dans un scénario que des composants haut niveau. De plus, le paramétrage de ces objets IHM peut s'avérer complexe. Ainsi, pour en faciliter la scénarisation et le paramétrage par des enseignants, nous proposons des composants que nous appelons "intermédiaires", faisant le lien entre les objets d'IHM et les composants haut-niveau. En outre, nous utilisons un principe d'incorporation qui relie les composants bas niveau, intermédiaires et haut niveau.

Principe d'incorporation

D'après les entretiens exploratoires et les tests réalisés sur les outils auteurs (chapitre 3), nous estimons qu'en termes de scénarisation, des composants intermédiaires comme "prise d'image" ou bien "QCM" seraient pour les enseignants, plus faciles à orchestrer que les objets d'IHM (boutons, labels, etc.). Pour expliquer ce principe, la Figure 21 décrit la structure statique du composant intermédiaire "QCM" (couleur jaune), qui incorpore plusieurs composants bas niveau de type "label", "bouton" et "case à cocher" (couleur blanche). Comme le montre la Figure 21, le composant intermédiaire "QCM" est également incorporé dans un composant supérieur qui est le "corps de l'activité située", lui-même, incorporé dans un composant de plus haut-niveau qui est "activité située" (couleur orange). Le même principe s'applique à tous les composants du *template* de base, comme la "prise d'image" par exemple. Celle-ci incorpore trois composants élémentaires, qui sont, un "label" pour décrire le type d'image à capturer, un "bouton" pour permettre la prise d'image, et "caméra" pour accéder à l'appareil photo du dispositif mobile. Le principe d'incorporation permet ainsi d'étendre ou de modifier le *template de base* en rajoutant des composants à différents niveaux.

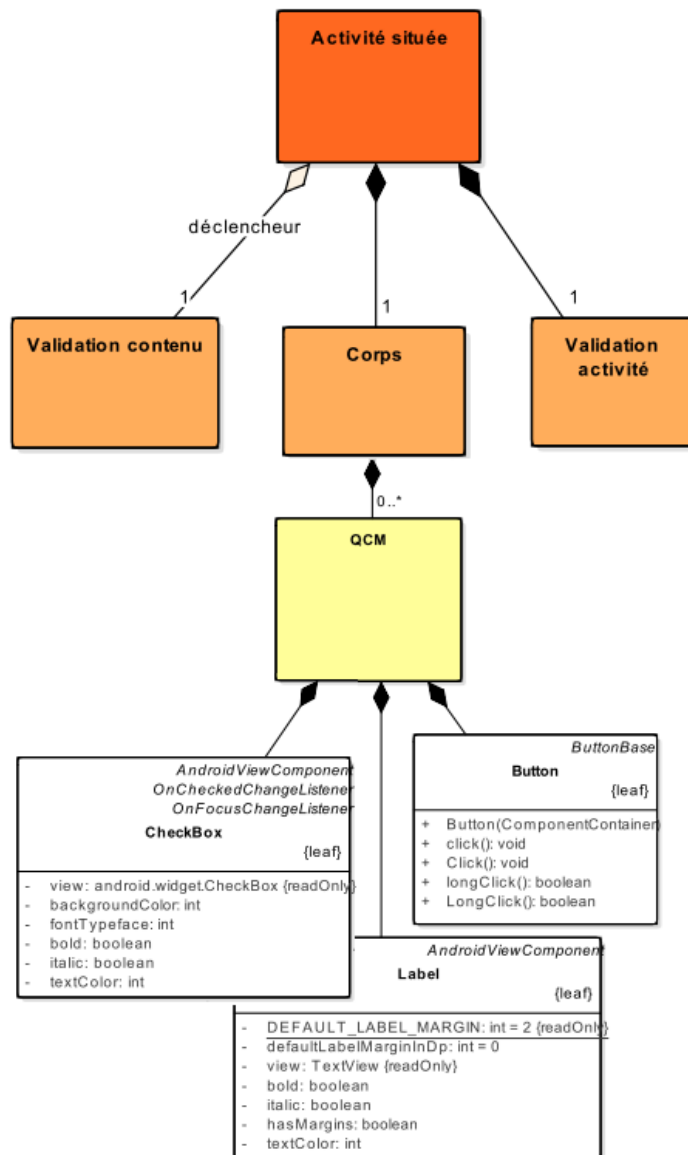


Figure 21. Principe d'incorporation du composant "QCM"

Le modèle d'incorporation décrit la structure des composants d'un point de vue statique et non fonctionnel. Dans la suite, nous détaillons les fonctions d'opérationnalisation des composants proposés.

4.3.3.3 Opérationnalisation

Afin de rendre opérationnels les composants haut niveau et intermédiaires présentés ci-dessus, il est nécessaire de spécifier tout d'abord leurs comportements à travers des algorithmes. Ainsi, comme expliqué dans la section 4.3.2 à travers la Figure 19, le composant "indice" par exemple, aura le comportement de se déclencher au début du JEM ou bien lorsque l'activité précédente est validée. De même, selon le *template de base*, le composant "validation d'activité" devra vérifier la réponse de l'activité située, mettre à jour le score et afficher l'activité suivante ou bien afficher un message d'échec et revenir à la même activité située. Cependant, tous les composants présentés sont paramétrables. Ainsi, l'enseignant peut, par exemple, paramétrer le composant "validation d'activité" pour déclencher différentes activités en fonction de la réponse donnée par le joueur. Afin d'opérationnaliser ces différents comportements et implémenter leurs différents algorithmes, nous avons développé des **fonctions d'opérationnalisation** pour chaque composant haut niveau et intermédiaire. Celles-ci consistent en un code informatique implémentant les algorithmes associés aux comportements spécifiques des différents composants, en fonction des différentes situations du scénario. De ce fait, nous formulons la troisième hypothèse **H3** : « **Des fonctions d'opérationnalisation, faisant le lien entre composants de haut niveau, intermédiaires et objets d'IHM, permettront d'exécuter les scénarios de JEM sur dispositifs mobiles** ». Ces fonctions d'opérationnalisation étant du code informatique, seront présentées dans la partie "réification" à la section 4.5.2.6 .

4.3.3.4 Vue intégrale

Les composants proposés ci-dessus décrivent les exemples d'incorporation des composants "QCM" et "prise d'image". Ce principe s'étend à tous les autres composants en allant de ceux de plus haut niveau comme l'indice, le contenu pédagogique et les activités situées (corps du *template de base*) aux composants intermédiaires et à ceux du plus bas niveau, représentés par les objets d'IHM. Une vue intégrale de la relation entre ces composants est illustrée par la Figure 22. Cependant, toutes les liaisons ne sont pas décrites sur le diagramme en raison du grand nombre des composants inter-reliés. Par exemple, l'élément "label" est lié à tous les composants incluant du texte, comme les questions (à choix multiples, à réponse unique et question ouverte), les indications, les messages de succès, les scores, etc. La représentation de toutes les liaisons de l'élément "label" avec tous ces composants entrainera une illisibilité du diagramme. Il en est de même pour d'autres composants, notamment les boutons. La Figure 22 représente le diagramme de classes intégral du modèle de JEM présenté dans cette section. Ainsi, dans ce diagramme, les composants sont répartis en quatre niveaux, illustrés par quatre couleurs différentes.

- Le premier niveau correspond au degré le plus abstrait. Il est représenté par la couleur orange foncé, et intègre les composants de plus haut-niveau comme le JEM, l'UJS, l'indice, le contenu pédagogique et l'activité située.
- Le deuxième niveau correspond à un degré moins abstrait. Il est représenté par la couleur orange, et décrit les composants internes aux trois composants du template de base, permettant ainsi l'enchaînement entre eux (c'est-à-dire les déclencheurs, les corps et les mécanismes de validation).

Chapitre 4. CONTRIBUTIONS : MODÈLE DE JEM, MODÈLE DE CONCEPTION GIGOGNE ET RÉIFICATION DANS JEM INVENTOR

- Le troisième niveau est représenté par la couleur jaune. Celui-ci représente les composants intermédiaires, qui font la liaison entre les composants de haut-niveau et les objets d'IHM.
- Le quatrième et dernier niveau est représenté par la couleur blanche et correspond aux objets d'IHM, proposés par tous les environnements de développement pour mobile comme les boutons, les boutons radio, les cases à cocher, les labels, les images, etc.

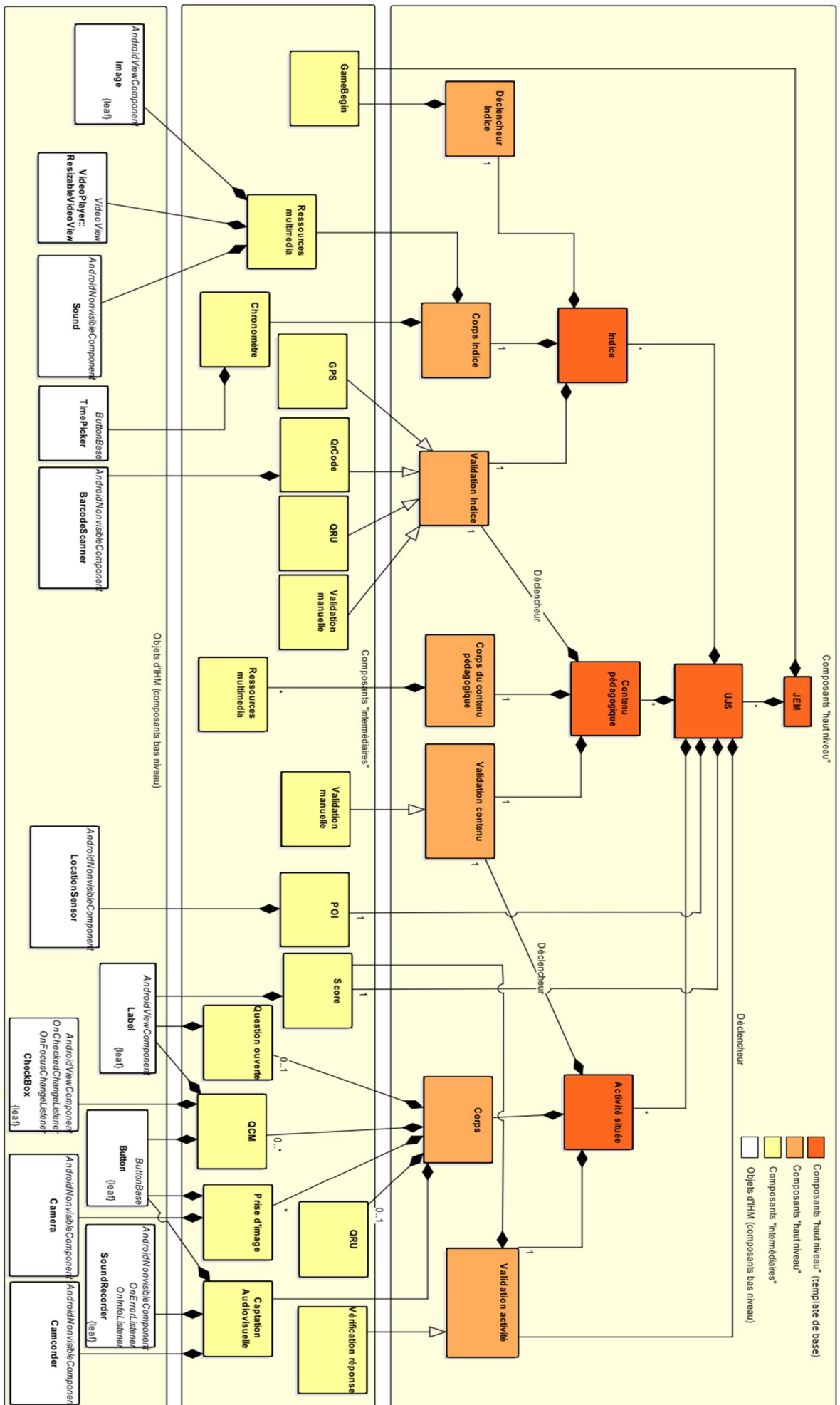


Figure 22. Vue intégrale du modèle de JEM

4.3.4 Conclusion

Dans cette première partie, nous avons essentiellement présenté une modélisation à base de composants paramétrables, pour la scénarisation et l'exécution des JEM. Ainsi, la scénarisation repose sur des composants haut-niveau, représentant un vocabulaire métier, qui a été validé auprès de cinq enseignants lors de notre étude exploratoire. Ces composants haut-niveau sont incarnés par un *template de base* pour démarrer la scénarisation. Ce *template* dont la structure est modifiable peut être ensuite plus ou moins étendu en vue de couvrir une large variété de scénarios de JEM. L'exécution repose sur les composants bas-niveau qui sont des objets d'IHM pour les systèmes mobiles comme les boutons, les textes, et les images... La liaison entre les composants de haut-niveau permettant de faciliter la scénarisation et ceux de bas-niveau permettant l'exécution, est assurée par des composants intermédiaires selon un principe d'incorporation que nous avons également présenté. L'opérationnalisation du modèle est assurée par des fonctions d'opérationnalisation dont nous avons également décrit le principe lors de cette première partie.

Dans la suite, nous présentons l'approche de conception gigogne, permettant aux enseignants d'accéder graduellement aux différents niveaux de composants, en fonction de leurs besoins et de leurs compétences.

4.4 Modèle de conception gigogne

Après avoir présenté nos trois premières hypothèses pour répondre à la question de recherche Q1. Cette partie présente nos hypothèses pour répondre à la question de recherche Q2 : « Quels méthode et outil de conception de JEM adaptés aux différents profils et besoins des enseignants ? ». Ainsi, dans chaque sous-section, nous présentons les arguments qui nous ont menés à formuler ces hypothèses ainsi que les propositions qui s'ensuivent.

4.4.1 Constat

Suite à l'état de l'art des outils auteurs de JEM, nous avons principalement relevé deux types de problèmes. Le premier est un problème d'utilisabilité. Il concerne la catégorie que nous avons appelée *les outils auteurs complexes*. Cette catégorie représente des outils auteurs techniquement puissants qui permettent de créer des JEM assez sophistiqués. Le deuxième problème réside dans le manque de fonctionnalités pour la catégorie des *outils auteurs légers*. Une première solution serait donc de rajouter plus de fonctionnalités à la catégorie des *outils auteurs légers* afin de les rendre plus puissants. Cependant, les experts en IHM s'accordent sur le fait qu'augmenter le flux d'informations implique une charge cognitive et perceptive supplémentaire (Baccino *et al.*, 2005; Bastien et Scapin, 1993). Ainsi, nous estimons que cette solution amènera de la complexité dans les *outils auteurs légers* et donc diminuera fortement leur utilisabilité.

4.4.2 Complexité des outils auteurs en EIAH

4.4.2.1 Enjeux

Étant donné que les JEM représentent un domaine récent, et que les outils auteurs de JEM le sont encore davantage, les recherches sur l'utilisabilité de ces derniers sont quasi inexistantes. À défaut, nous nous sommes intéressés aux recherches à ce sujet dans un contexte plus large,

notamment celui des EIAH. Bien que la majorité des études en EIAH s'adressent à l'utilisabilité des EIAH eux-mêmes, certains travaux concernent l'utilisabilité des outils auteurs. Murray (2004) résume les enjeux vitaux lors de la création des outils auteurs en trois points majeurs : la puissance, l'utilisabilité et le coût. Ainsi, la puissance concerne les fonctionnalités fournies par l'outil auteur ainsi que la diversité des EIAH produits. L'utilisabilité concerne deux volets : la facilité d'apprentissage et la productivité. Le premier volet est relatif à la prise en main de l'outil. Le deuxième représente la capacité pour un utilisateur exercé à produire des EIAH. Finalement, le coût réfère aux ressources requises pour la création des EIAH (i.e. le personnel, l'expertise et le temps). Cependant, le coût demeure relatif à l'utilisabilité, aux propriétés de l'EIAH à créer et aux compétences des auteurs.

4.4.2.2 Pistes de solutions

Outils auteurs collaboratifs et personnalisation d'interfaces

Afin de traiter le problème de complexité des outils auteurs d'EIAH, Murray présente dans le même article deux solutions. La première solution pointe vers la piste des outils auteurs collaboratifs. Ces derniers se caractérisent souvent par leur performance, car ils réunissent des fonctionnalités diverses destinées aux expertises variées des membres de l'équipe de conception. Ils ne présentent généralement pas des problèmes d'utilisabilité, car ils sont destinés à des intervenants experts qui n'auront pas de difficultés à gérer la partie qu'ils maîtrisent dans le processus de conception. Dans la même direction, des travaux de Ritter (2003) sur les outils auteurs pour les EIAH recommandent la méthode de conception collaborative. En outre, Ritter et ses collègues de l'université de Floride proposent de concevoir différentes interfaces pour les différents collaborateurs au lieu d'avoir un énorme outil monolithique. Cette approche est appuyée quelques années plus tard par Oja en (2010) qui affirme que les interfaces doivent anticiper la variété des rôles et des domaines d'expertise. Si nous restons d'accord sur l'utilité de cette première piste, nous estimons néanmoins que la conception collaborative n'optimise pas toujours le coût. En effet, comme nous l'avons déjà évoqué dans la section 4.3.1, la réunion de plusieurs experts peut dans certains cas être coûteuse.

Ocultation de la complexité et multiplication des niveaux

La deuxième solution proposée par Murray en (2004) serait de cacher certaines fonctionnalités. Par exemple, mettre les fonctionnalités de base dans une barre d'outils et de cacher les fonctionnalités avancées dans des menus masqués. Murray propose de multiplier les niveaux d'utilisation afin de permettre à un novice de concevoir un artefact simple et à un expert de concevoir un artefact complexe. Toutefois, le problème de cette approche est qu'elle ne permet pas aux novices de concevoir des artefacts complexes. En 2015, dans une étude sur la coordination de la complexité, entre celle des outils, celle des tâches et celle des utilisateurs, Murray, s'inspirant de la théorie de l'activité, des jeux et des formes épistémiques et de la théorie du développement cognitif chez l'adulte (appelée également la théorie de la complexité hiérarchique), propose de lier la complexité des outils de conception à la complexité des tâches et aux capacités des utilisateurs (Murray, 2015). Par exemple, une estimation des modèles mentaux que l'utilisateur est censé construire permettra d'anticiper ses potentielles interactions avec l'outil auteur et de lui proposer par la suite un parcours d'utilisation plus approprié. Ces propos, bien qu'ils soient publiés dans le champ des outils auteurs d'EIAH en général, restent valables pour la conception de n'importe quel outil auteur d'applications complexes. Cependant, une estimation réelle des modèles mentaux des utilisateurs (e.g. les enseignants) est une tâche complexe.

Toutefois, le profilage des enseignants établi dans le chapitre 2, peut être considéré comme un premier pas dans cette voie et peut nous aider à proposer des parcours différents, par exemple en multipliant les niveaux, comme discuté ci-dessus. Afin de pallier au problème d'accès de certains utilisateurs au niveau de conception complexe, nous introduisons dans la suite l'approche de conception gigogne.

4.4.3 Approche gigogne

Dans le deuxième chapitre, nous avons mis en avant un *continuum* de profils existants chez les enseignants (allant de *novices* jusqu'aux *expérimentés en conception de JEM*). De ce fait, la solution d'offrir plusieurs niveaux de conception dans un seul outil auteur nous paraît pertinente. C'est ainsi que nous introduisons le **principe de conception gigogne**.

4.4.3.1 Principe de conception gigogne

Étant données les deux catégories appartenant au *continuum* de profils d'enseignants identifiés, nous proposons *a priori*, deux niveaux de conception que nous appelons "*niveau standard*" et "*niveau expert*", destinés respectivement aux enseignants *novices en conception de JEM* et *expérimentés en conception de JEM*. De cette façon, deux interfaces différentes peuvent être proposées, relatives à des fonctionnalités spécifiques. Le *niveau standard* propose une interface épurée, s'appuyant sur une carte avec des marqueurs paramétrables pour créer ou modifier des points d'intérêt. Le *niveau expert* propose des mécanismes de programmation visuelle afin de gérer en détail les composants de JEM tels que les enchaînements entre activités ou bien les calculs des scores. Cependant, il est évident qu'il existera une courbe d'apprentissage pour passer du *niveau standard* vers le *niveau expert*. Celle-ci ne doit pas être trop brutale ni dissuasive. C'est pour cette raison que nous proposons un niveau "*intermédiaire*". En effet, un passage par un niveau intermédiaire, permettant de configurer certains composants déjà manipulés dans le premier niveau, a l'avantage de dévoiler les fonctionnalités de façon progressive aux enseignants, sans pour autant les désorienter. Ainsi, le principe de conception gigogne consiste à dévoiler graduellement les fonctionnalités en fonction du profil et des besoins du concepteur, mais aussi au fur et à mesure de son utilisation de l'outil auteur et de l'évolution de sa maîtrise des fonctionnalités proposées dans chaque niveau. Cependant, les interfaces des différents niveaux, bien qu'elles proposent plus ou moins de fonctionnalités, doivent conserver un maximum de repères comme le modèle de page uniforme (Baccino *et al.*, 2005) afin d'assurer une transition légère entre les niveaux. Ainsi, nous formulons la 4^{ème} hypothèse **H4** : « **Une méthode de conception gigogne, s'appuyant sur le modèle de JEM, permettra aux enseignants de concevoir progressivement des scénarios plus riches** ».

4.4.3.2 Les trois niveaux de conception

Comme discuté ci-dessus, l'approche gigogne a pour but de faciliter la transition entre plusieurs niveaux de conception. Cependant, d'un point de vue conceptuel, elle n'impose pas un nombre de niveaux fixe et pourrait très bien en proposer davantage. Pour l'exemple des JEM, et tenant compte des résultats d'analyse de terrain (entretiens exploratoires) et de littérature (*i.e.* profils des enseignants et catégorisation des outils auteurs), nous proposons dans le cadre de cette thèse les trois niveaux de conception suivants.

Le niveau standard : paramétrage

Le niveau "*standard*" affiche principalement les composants haut niveau tels que les points

d'intérêt sur la carte, les indices, le contenu pédagogique et les activités d'évaluation. Ce niveau implémente donc le *template de base* de JEM que nous avons présenté en début du chapitre. Il est destiné aux *enseignants novices en conception de JEM* ou bien à ceux qui ont juste besoin de créer des JEM assez rapidement. Ainsi, le *template de base* se présente sous la forme d'une brique paramétrable de type "chasse au trésor pédagogique", fournie par défaut. La tâche de l'enseignant consiste donc à rajouter ou éditer les points d'intérêts sur la carte, renseigner les indices pour s'y rendre, ajouter ses propres ressources pédagogiques et éditer les activités situées qu'il souhaite associer à ce POI. De plus, l'enseignant pourra créer un nouveau scénario basé sur le *template* fourni initialement, ou bien partir d'un scénario existant en modifiant uniquement les données (titre, indications, ressources, etc.). Les composants intermédiaires, qui sont incorporés dans le *template de base* (voir modèle de JEM, section 4.3.3.2 , sont gérés automatiquement avec des valeurs attribuées par défaut et ne sont pas modifiables à ce niveau. Ainsi, l'ordre des activités dans ce niveau est linéaire et les bonnes réponses (dans les activités situées) permettent d'avoir un nombre fixe de points. La Figure 23 illustre ce principe. Ainsi, les composants visibles et paramétrables au niveau "*standard*" sont blancs avec un contour en gras dans le diagramme. Les éléments grisés correspondent aux composants non accessibles à ce niveau. Ces derniers sont donc configurés par défaut pour assurer le fonctionnement du JEM.

Pour résumer, le niveau "*standard*" consiste à faire du paramétrage léger de quelques composants (composants intermédiaires ou d'objets d'IHM incorporés à des composants haut niveau), afin de permettre aux *enseignants novices en conception de JEM* de créer rapidement des JEM contenant des UJS linéaires et des mécaniques de jeu prédéfinies (scénario de chasse au trésor avec gain de point).

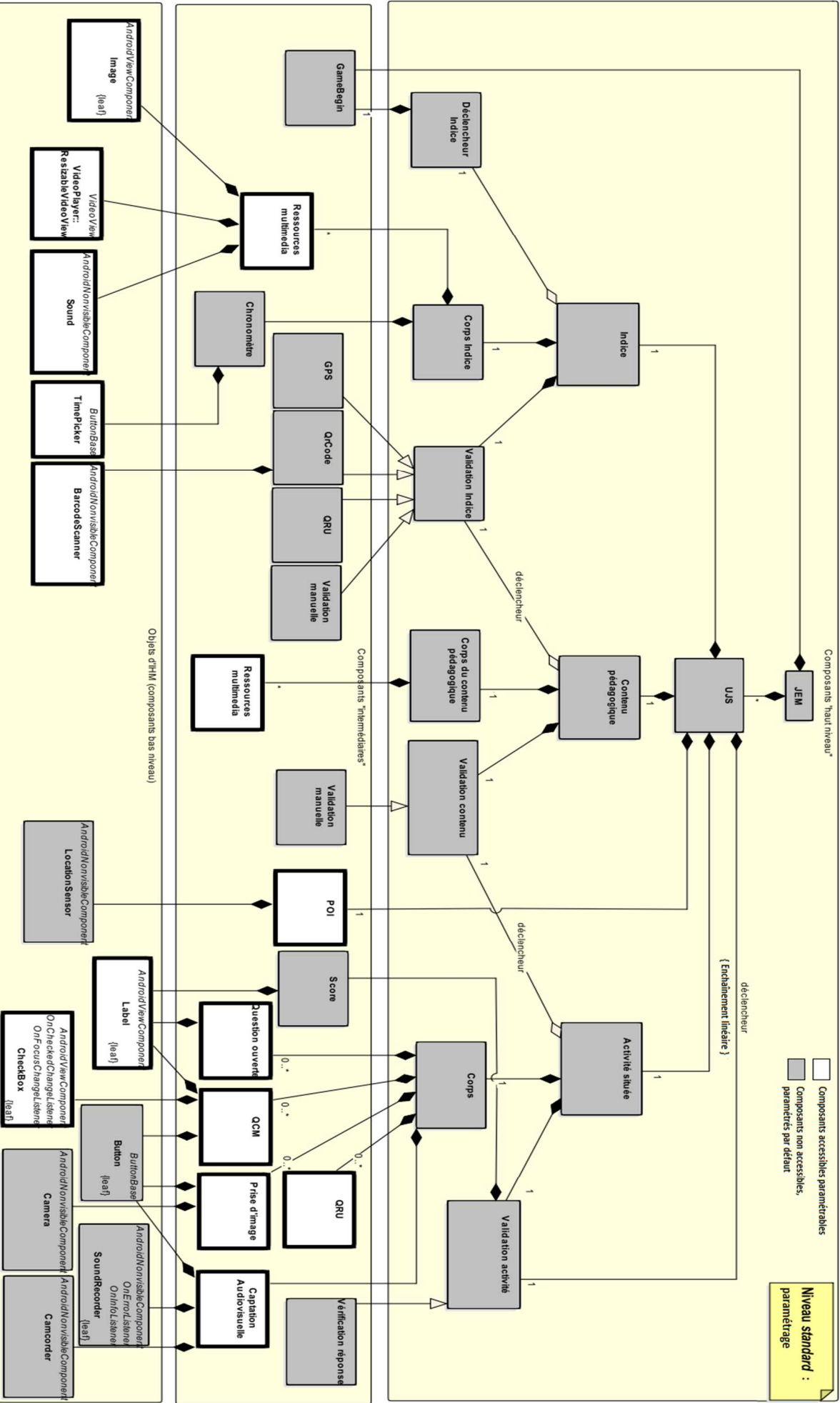


Figure 23. Accès aux composants au niveau standard

Le niveau intermédiaire : scénarisation

Au-delà du simple paramétrage expliqué ci-dessus pour le niveau *standard*, les enseignants doivent pouvoir modifier la structure du *template de base*, pour avoir des scénarios personnalisés comme expliqué dans la section 4.3.3.1. Ainsi, le *niveau intermédiaire* permet principalement un paramétrage plus fin, mais aussi de modifier la structure du jeu, c'est-à-dire sa logique d'exécution. D'une telle façon que le concepteur pourra accéder au paramétrage des scores, des rayons de points d'intérêt, mais aussi aux déclencheurs et aux validateurs d'UJS afin de sortir de l'ordre linéaire proposé dans le *niveau standard*. Ce niveau permet donc de scénariser les UJS avec un ordre d'exécution conditionnel (*i.e.* permettre l'accès à telle UJS en fonction de telle réponse). En outre, le concepteur pourra étendre le modèle de chasse au trésor pédagogique proposé dans le *niveau standard*. Il pourra donc, soit modifier les trois composants haut niveau proposés au départ, à savoir l'indice, le contenu pédagogique et l'activité située, soit y rajouter d'autres composants (*e.g.* d'autres écrans). Ceci en restant sur le même modèle d'édition (*e.g.* menus, palettes, etc.) afin de garder un maximum de repères entre le premier et le deuxième niveau de conception. La Figure 24 illustre l'évolution de l'accès aux composants dans le *niveau intermédiaire*. Ainsi, les éléments de couleur blanche, ayant un contour en gras, sont les composants visibles et accessibles au niveau intermédiaire. Les éléments grisés représentent les composants non accessibles comme les corps des composants haut niveau et certains objets d'IHM. En effet, même s'il est possible dans ce niveau d'ajuster les déclencheurs et les mécanismes de validation, les UJS conservent la structure aux trois composants principaux du *template de base*.

Pour résumer, ce niveau permet aux concepteurs d'accéder à un paramétrage avancé des composants, de changer la logique d'exécution et d'enrichir le *template de base* de JEM initialement fourni dans le *niveau standard*. Ce niveau peut s'adresser autant à certains enseignants *expérimentés en conception de JEM* qu'à des *enseignants novices en conception de JEM* qui ont besoin de personnaliser leurs scénarios.

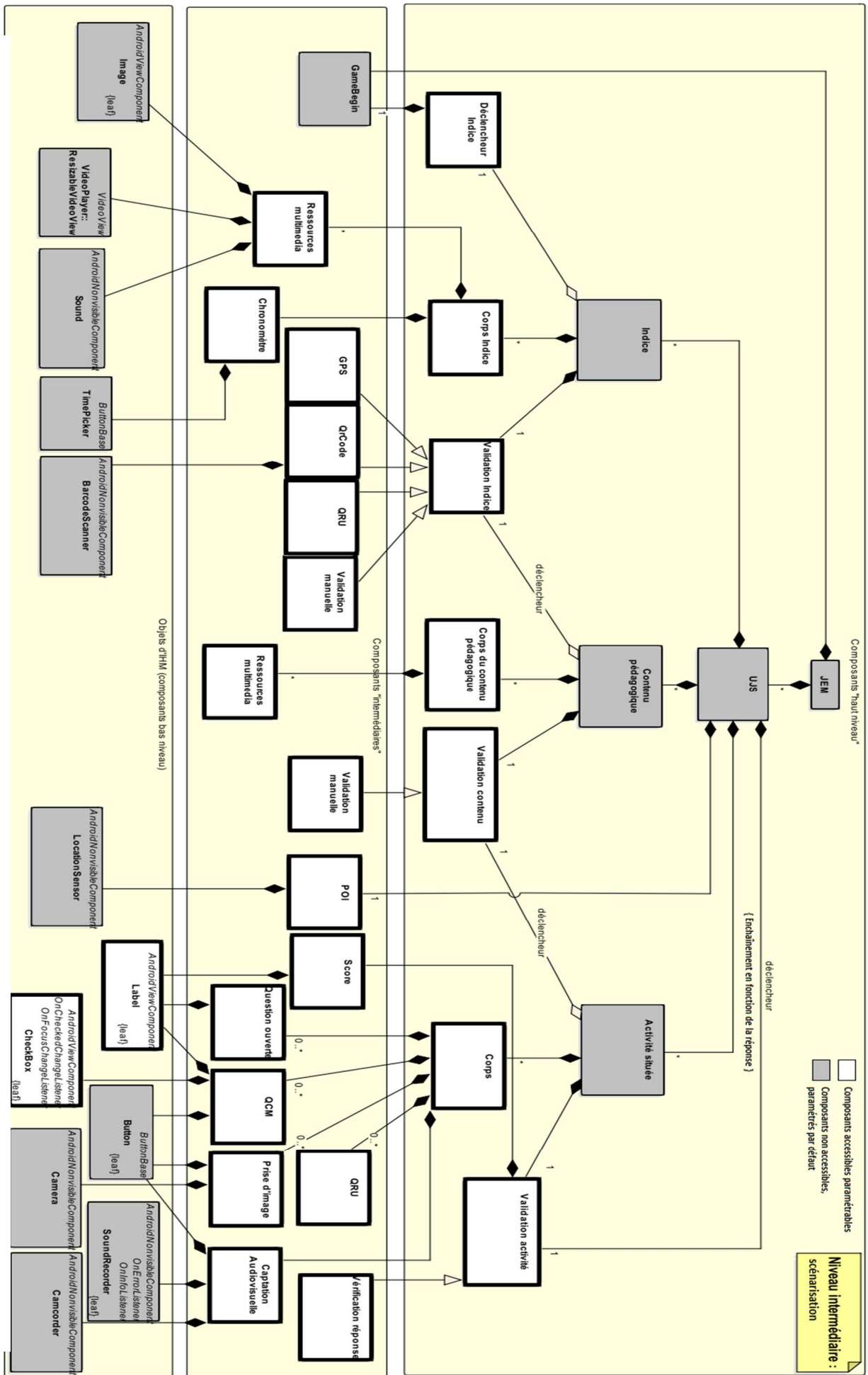


Figure 24. Accès aux composants au niveau intermédiaire

Le niveau expert : création de JEM sur mesure

Ce dernier niveau s'adresse essentiellement aux *enseignants expérimentés en conception de JEM*. Il inclut un accès à tous les composants précédemment présentés. En outre, il permet la création de composants « sur mesure », qui peuvent s'ajouter aux trois composants du noyau de JEM initialement fourni ou même les remplacer. Cependant, une fois les composants initiaux supprimés, les mécanismes de fonctionnement par défaut, tels que les scores et l'enchaînement des activités ne seront plus en place. Il faudra donc recourir à des concepts de très bas-niveau pour les recréer. De tels concepts relèvent souvent de la programmation (gestion des variables, des conditions, des boucles, etc). Pour cette raison, nous estimons que pour ce niveau de création, la programmation visuelle peut s'avérer avantageuse. De plus, au vu de notre analyse des besoins, qui a montré que la plupart des *enseignants expérimentés en conception de JEM* souhaitaient s'investir autant que nécessaire pour créer des JEM ajustés à leurs besoins, l'utilisation de programmation visuelle semble être une solution adaptée.

La Figure 25 représente la structure du niveau expert et affiche les éléments accessibles au concepteur en blanc avec un contour gras. Elle permet de voir notamment que le noyau initial (constitué des trois composants indice, contenu pédagogique et activité située) est bien accessible et modifiable dans ce mode. En effet, en vue de permettre une création de JEM sur mesure, le *niveau expert* doit permettre de s'affranchir de la structure du *template de base* proposée au départ. Il est donc possible de la garder, la modifier ou bien de la remplacer par d'autres éléments, à concevoir grâce à la programmation visuelle. Les quelques éléments toujours en gris (*e.g.* UJS, *GameBegin*, etc.), sont des composants appartenant à la base du moteur d'exécution et sont nécessaires au fonctionnement des JEM conçus. Il est par exemple obligatoire d'avoir un écran de départ dans un JEM et des UJS différentes même si leur contenu peut être profondément édité.

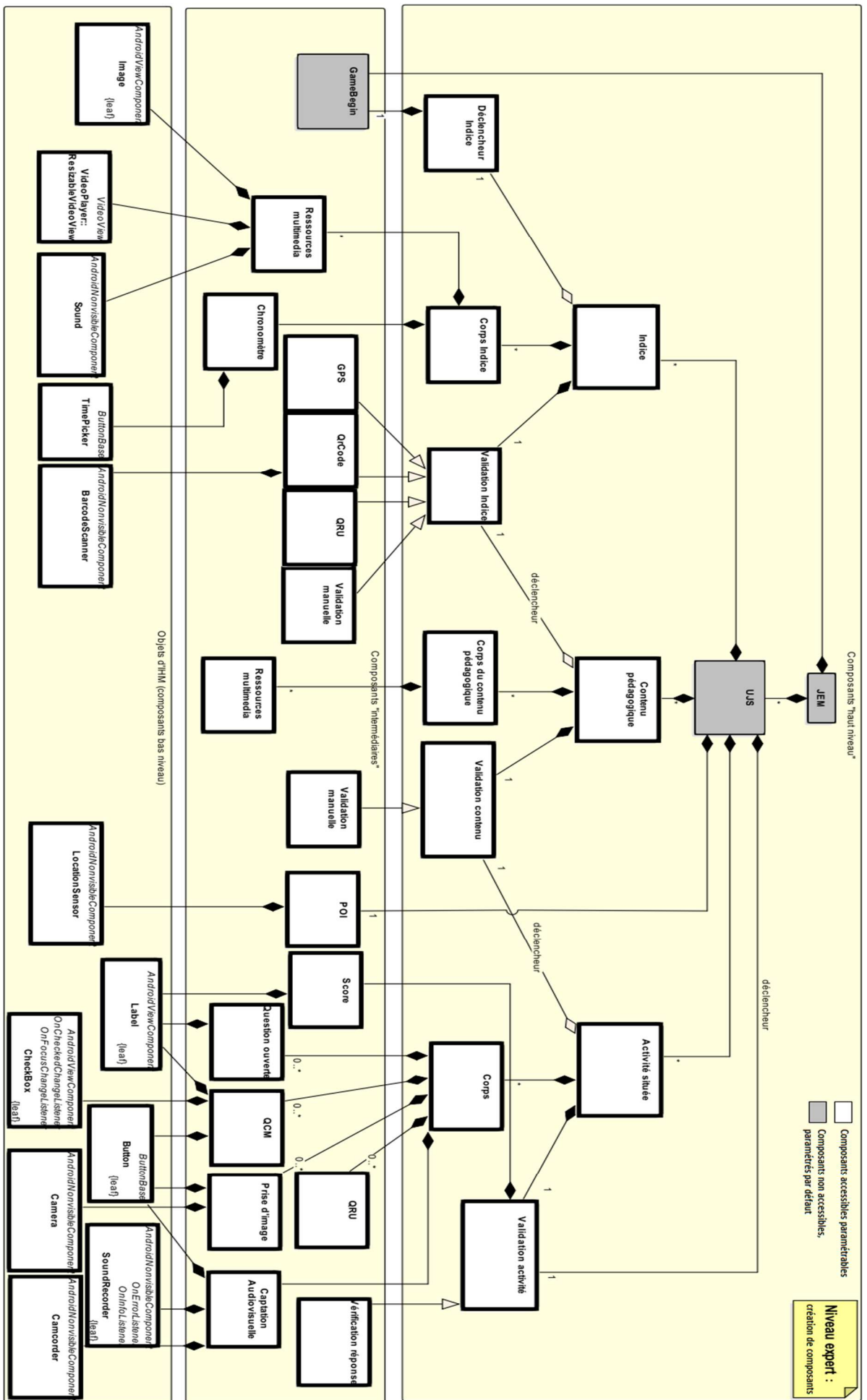


Figure 25. Accès aux composants au niveau expert

4.4.4 Conclusion

Dans cette partie, nous avons présenté une étude de la littérature sur la relation entre la complexité et l'utilisabilité des outils auteurs. Ainsi, nous nous sommes approprié certains concepts utilisés pour pallier le problème d'utilisabilité des outils auteurs en EIAH, comme l'occultation de la complexité, la différenciation des interfaces et la proposition de niveaux de conception différents selon les profils. Ensuite, nous avons présenté notre approche gigogne afin d'adapter les solutions évoquées ci-dessus à notre cas d'application : les JEM. Cette partie s'est conclue par une description de cette approche et une exposition des trois niveaux de conception proposés.

4.5 Réification des propositions dans JEM Inventor

Suite aux hypothèses et aux propositions présentées ci-dessus, nous formulons l'hypothèse suivante **H5** : « **Le modèle de JEM et la méthode de conception gigogne peuvent être supportés par un outil auteur** ». Ainsi, nous présentons dans cette partie, JEM Inventor : l'outil auteur qui intègre le modèle de JEM et l'approche de conception gigogne proposés dans ce chapitre. Nous commençons tout d'abord par expliquer nos choix techniques. Nous présentons ensuite le processus de réalisation en passant par les maquettes conçues suite à nos entretiens exploratoires avec les cinq enseignants évoqués au début de ce chapitre.

4.5.1 Réutilisation de l'existant

Nous proposons, pour réifier les propositions discutées ci-dessus, de construire un outil auteur sur la base d'un outil existant. Étant donné que nous sommes confrontés à une problématique d'ingénierie et de réutilisation, nous proposons de ne pas repartir de zéro, car les environnements auteurs sont complexes et leur réalisation dépasse parfois le cadre d'une thèse. Pour cette raison, nous proposons de voir si parmi les outils existants, certains sont suffisamment modulaires pour pouvoir les adapter à nos propositions théoriques. Ainsi, nous avons établi les critères suivants afin de nous aider à choisir l'outil auteur sur lequel nous nous appuyons :

- avoir eu une bonne évaluation pour ses fonctionnalités techniques lors de l'analyse des outils auteurs (*cf.* chapitre précédent),
- être open source,
- être muni d'une documentation explicite et bien détaillée.

4.5.1.1 MIT App Inventor

Dans une étude réalisée en 2014, Rouillard *et al.* recommandent *App Inventor* pour le prototypage des JEM (2014). En effet, dans leur étude réalisée auprès de 116 étudiants en informatique, *App Inventor* a permis de développer 79 applications mobiles dans un intervalle de 10 heures, parmi lesquels 14 applications ont été jugées comme des prototypes de JEM intéressants. D'un point de vue technique, notre analyse de fonctionnalités dans l'état de l'art (chapitre 3) confirme ces propos. En effet, *App Inventor* a eu la meilleure note en termes de fonctionnalités. En outre, *App Inventor* est un outil *open source* géré par le MIT et destiné à la communauté scientifique. De ce fait, il est fourni avec une documentation riche et structurée. D'autre part, conformément à nos hypothèses pour le mode expert, *App Inventor*, a l'avantage d'intégrer la programmation visuelle à travers la librairie *open source* "*blockly*"⁵⁵. Cependant, *App Inventor* ne permet de

⁵⁵ <https://developers.google.com/blockly/> (consulté en juin 2018)

faire que des applications pour Android. Toutefois, vu les larges taux d'utilisation d'Android à travers le monde (84.1% du marché mondial des smartphones (Dutta *et al.*, 2017)), nous estimons que cette limite est acceptable pour une large diffusion auprès des enseignants. D'autre part, les applications natives en Android ont l'avantage de pouvoir s'exécuter sans connexion Internet, contrairement aux applications mobiles de type *full web*.

4.5.1.2 Caractéristiques et architecture

App Inventor est une application web basée sur le serveur d'applications Google App Engine. Essentiellement codée en Java, mais aussi en GWT (pour la partie *front-end*) et Android pour la partie mobile. Elle est répartie ainsi en plusieurs projets dont le contenu est détaillé ci-après :

- Aiphoneapp
 - Contient le code source des composants Android.
 - L'émulateur qui permet de tester les projets créés sur le navigateur web.
 - Le MIT Compagnon, qui permet de scanner les QR-codes produits pour l'exécution sur mobile.
- Blocklyeditor
 - L'éditeur de programmation visuelle
- Appengine
 - Héberge le code source de l'interface web d'App Inventor
 - Contient les images des composants Android manipulables via l'éditeur
 - Cette partie est hébergée sur la plateforme appspot.
- Buildserver
 - Le serveur de conversion vers le format apk, exécutable sur Android
 - Peut être hébergé sur un serveur privé.

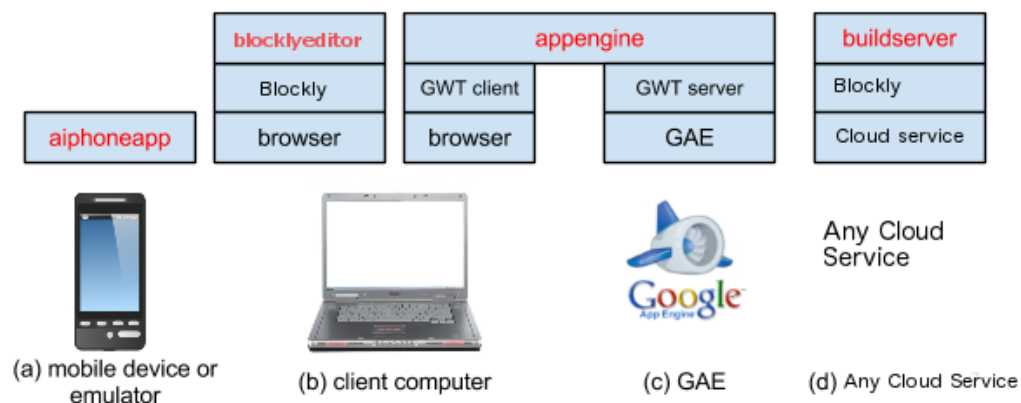


Figure 26 - Architecture d'App Inventor (documentation officielle du MIT)

Tel qu'illustré par la Figure 26, l'interface web d'*App Inventor* utilise le serveur d'applications *Google App Engine* et le Framework GWT pour la communication avec le côté client. L'éditeur de la programmation visuelle inclut dans l'interface web est développé sur la base de la librairie *open source* "blockly". Cependant, cette librairie a été modifiée afin de convenir aux spécificités des composants disponibles sur *App Inventor*. Le cœur du processus consiste à manipuler les blocs de l'éditeur de programmation visuelle. En réalité, ces blocs représentent les composants Android fournis par *App Inventor*. Cependant, afin de pouvoir manipuler des composants Android *via* le navigateur, l'interface web d'*App Inventor* fournit des « images » de chaque composant. Toute modification de ce composant doit ainsi passer par l'édition de ces « images ». Une fois, le scénario créé, un serveur de compilation (le *buildserver*) permet de reconvertir toutes les « images » vers leurs véritables correspondances en An-

droid. Le tout est ensuite compilé dans un fichier ".apk", exécutable sur Android. Ce dernier est hébergé pendant deux heures sur le serveur Appengine et téléchargeable directement sur le mobile via un QR code généré par le client.

4.5.2 JEM Inventor

L'appellation « JEM Inventor » contient l'acronyme JEM pour Jeux Éducatifs Mobiles et le terme « Inventor » pour faire référence à l'outil choisi comme base de développement.



Figure 27 - Logo de l'outil auteur « JEM Inventor »

4.5.2.1 Déploiement

Pour les applications Google Appengine, il est nécessaire d'héberger le code source sur la plateforme de conception et d'hébergement d'applications web *appspot*. Nous avons ainsi hébergé notre application sur cette plateforme en utilisant une URL dédiée⁵⁶. Cependant, comme le montre la Figure 26, le serveur de compilation (*buildserver*) est indépendant de la plateforme *appspot* et peut être hébergé sur un service cloud privé. Nous avons donc déployé notre instance du *buildserver* sur un serveur dédié à l'IUT de Laval. La Figure 28 illustre ce principe ainsi que la communication entre les deux serveurs.

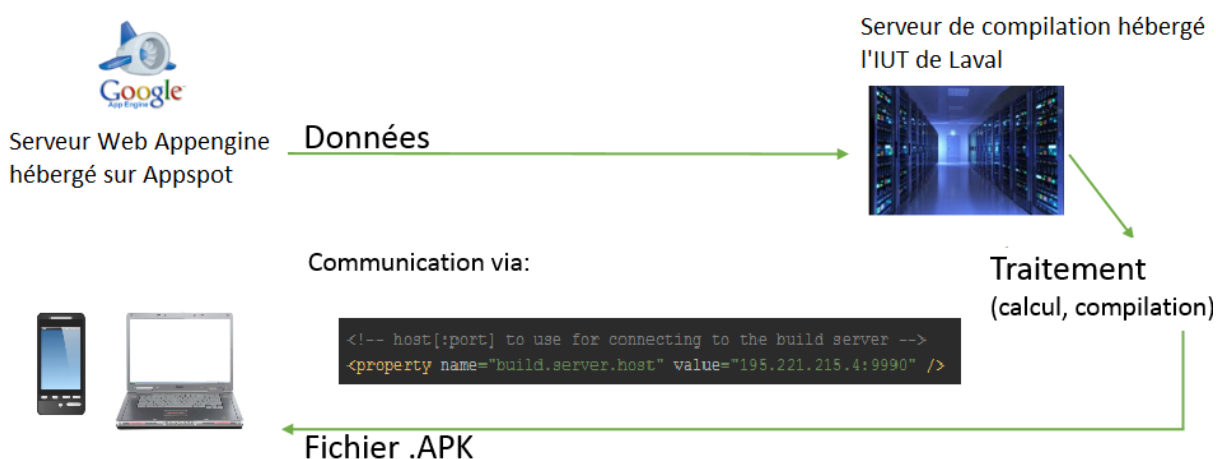


Figure 28. Communication entre serveurs Appengine et buildserver

⁵⁶ <http://lium-jem-inventor.appspot.com>

4.5.2.2 Maquettes et prototypes

Dans le cadre de notre démarche de conception centrée utilisateur, nous avons réalisé les maquettes des trois modes en collaboration avec les cinq enseignants que nous avons rencontrés lors des entretiens exploratoires. Ainsi, les discussions autour des premières maquettes a fait ressortir qu'il n'était par exemple pas nécessaire de garder certains éléments dans le *mode standard* comme la gestion des scores ou la configuration des rayons de points d'intérêt. La présence de la carte comme objet central sur l'interface a par contre fait consensus chez tous nos interlocuteurs. La Figure 29 représente l'une des premières maquettes que nous avons validées auprès des enseignants.

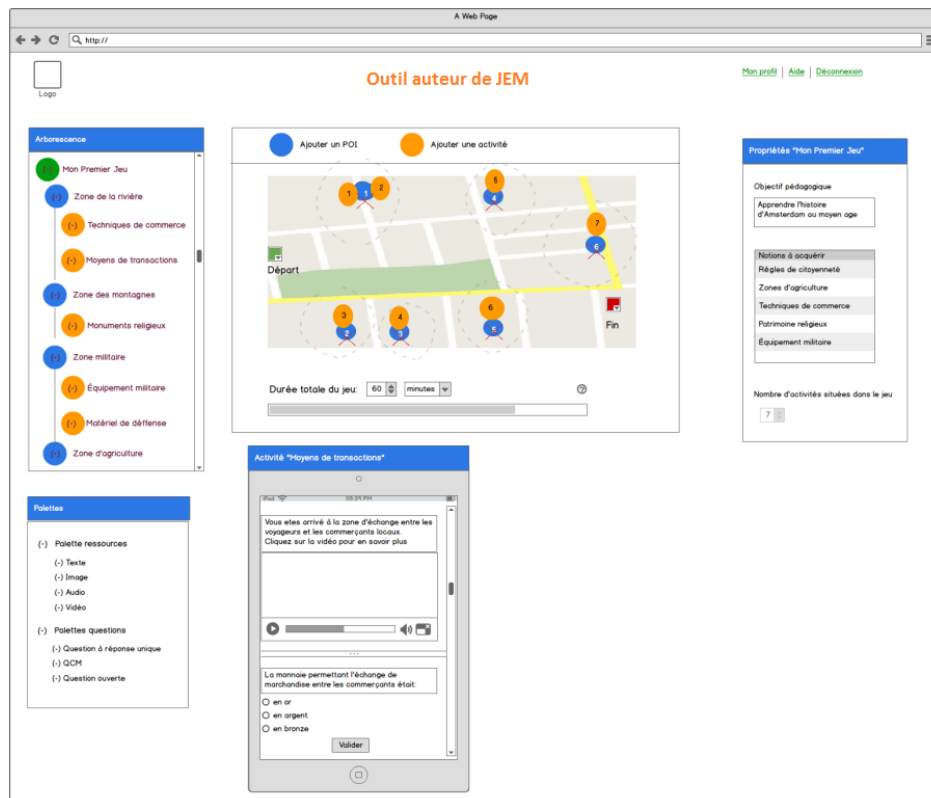


Figure 29. Maquette du mode standard validée lors des entretiens exploratoires

Dans une démarche de conception itérative et participative, nous avons créé plusieurs prototypes pour différentes expérimentations que nous présentons dans le chapitre suivant. Les différentes évolutions sont à voir dans l'Annexe 11, illustrant l'évolution des prototypes de la première version jusqu'à la dernière (v1.2). Celle-ci est illustrée par la Figure 30 ci-après.

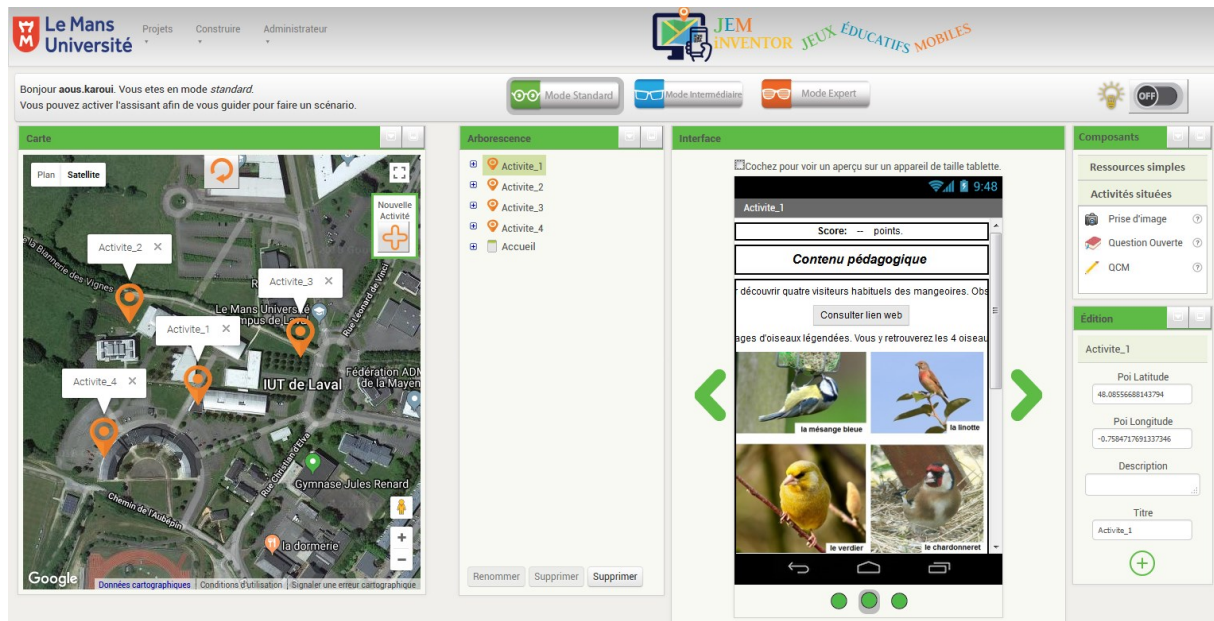


Figure 30. Aperçu de l'interface actuelle JEM Inventor (prototype v1.2)

Sur la Figure 30, la carte permettant de créer des UJS et de déplacer les POI est sur la gauche. Dans le rectangle à droite de la carte, les UJS créées, ainsi que leurs composants (indice, contenu pédagogique et activité située) sont représentés sous forme d'arborescence. Ensuite, l'écran central montre le contenu créé par l'enseignant, tel qu'il sera visible sur le terminal mobile des joueurs. Les flèches latérales permettent de naviguer entre les écrans correspondant aux composants de chaque UJS. Par défaut, il y a un écran pour l'indice, un pour le contenu pédagogique et un pour l'activité située. En haut à droite, l'encadré « palette » contient les composants disponibles pour la scénarisation, allant des objets d'IHM (e.g. label, image, vidéo, etc.) jusqu'aux composants intermédiaires (e.g. QCM, QRU, prise d'image, etc.). En bas à droite, la palette « édition » permet d'éditer chaque composant sélectionné sur l'interface. Elle permet notamment de voir les coordonnées GPS et de les modifier lors du déplacement des POI sur la carte, de modifier les noms des UJS, d'éditer les textes et de télécharger les images. Les trois boutons dans la barre transversale du haut correspondent aux trois modes de scénarisation disponibles sur JEM Inventor, qui seront détaillés dans la suite.

4.5.2.3 Un template de type chasse au trésor pédagogique

Conformément à l'hypothèse H1, le *template de base* proposé a pour but d'aider les *enseignants novices en conception de JEM* à démarrer la scénarisation, grâce à l'ossature proposée qui intègre les trois éléments « indice », « contenu pédagogique » et « activité située ». De ce fait, JEM Inventor propose un *template* de scénario de type chasse au trésor pédagogique qui implémente ces trois composants. Ainsi, au sein de chaque nouvelle unité de jeu créée (UJS), l'enseignant retrouvera trois écrans pré-remplis intitulés « Indice », « Contenu pédagogique » et « Activité située ». Il pourra ensuite naviguer entre ces écrans afin de modifier les informations et ressources. Nous reviendrons en détail sur le type de JEM produit par ce *template* et sur les mécanismes utilisés dans la section 4.5.2.7

4.5.2.4 Exemple de création d'une UJS

Tel qu'illustré par la Figure 30, le principe de scénarisation dans le *mode standard* commence par la création d'une nouvelle UJS, à travers le bouton "nouvelle activité" en haut et à droite sur la carte. Il est à signaler que dans JEM Inventor, nous avons remplacé le terme technique

« UJS : unité de jeu situé » par « activité » qui, d'après nos entretiens exploratoires, serait plus compréhensible par les enseignants. Cependant, nous avons préféré conserver le terme UJS dans le modèle pour mieux élucider les concepts. Une fois créée, l'UJS contiendra trois écrans relatifs aux trois composants du *template de base*, à travers lesquels il est possible de naviguer via les flèches latérales. Avant de commencer à éditer le contenu de l'UJS, l'enseignant peut ajuster l'emplacement du POI sur la carte, en choisissant la vue *map*, satellite ou bien *streetView*. Il est également possible de renseigner les coordonnées GPS directement dans la palette d'édition à droite et de recharger la carte (flèche orangée circulaire) afin d'apercevoir le nouvel emplacement. Pour paramétrer son UJS, l'enseignant peut commencer par l'indice, qui est le premier écran affiché. Ainsi, l'enseignant peut ajouter, *via* un glisser-déposer, des composants dans la catégorie « ressources simples » de la palette des composants (*e.g.* du texte ou des ressources multimédia) afin de donner les indices qui aideront les apprenants à trouver le POI en question. Ensuite, l'enseignant peut télécharger des informations pédagogiques dans l'écran suivant intitulé "contenu pédagogique" (Figure 30). Ainsi, il a le choix de mettre des informations textuelles, des vidéos ou bien des liens vers des sites internet en lien avec sa thématique. Pour finir le paramétrage de l'UJS, l'enseignant peut passer à l'écran suivant et choisir une activité située que ses élèves feront une fois le POI trouvé et le contenu pédagogique consulté. Cette fois, l'enseignant pourra choisir parmi les composants intermédiaires que nous avons mis en place dans la catégorie « évaluation » de la palette des composants. Tel qu'illustré par la Figure 30, il a le choix entre une prise d'image, une question à réponse unique, une question ouverte ou un QCM. Une fois, le composant choisi, il pourra renseigner la question, la bonne réponse et les messages de succès ou d'échec à travers la palette d'édition. La scénarisation dans les autres modes sera détaillée dans la section 4.5.2.7 .

4.5.2.5 Création des composants intermédiaires

App Inventor, dans sa version originale, est fondé sur l'implémentation des composants bas niveau, à travers la programmation visuelle. Pour cette raison, tous les composants proposés par son interface (voir section 3, chapitre 2) ne sont opérationnels qu'une fois leur comportement spécifié à travers la programmation visuelle.

Dans cette partie, conformément aux deux hypothèses H2 et H3, relatives aux fonctions d'opérationnalisation des composants et au principe d'incorporation (voir section 4.3.3.3), nous proposons des composants prêts à utiliser, munis de leurs fonctions d'opérationnalisation. Ces derniers sont en réalité les composants "intermédiaires", faisant le lien entre les composants de base, fournis par *App Inventor* et les composants haut niveau présent dans le modèle de JEM (*e.g.* UJS, indice, contenu, etc.).

Parmi les composants intermédiaires, nous citons le "déclencheur d'activité" qui est donc un sous-composant de l'UJS, et qui nous permet de spécifier le type de déclenchement de l'activité (*i.e.* appui sur un bouton, coordonnées GPS, QR code, etc.). Il fait donc le lien entre "UJS" et "capteur de position" si l'on est dans le mode de déclenchement par GPS. De même, le composant intermédiaire "message de succès" ou "message d'échec" fait le lien entre le composant haut-niveau "activité située" et les composants de bas-niveau "texte" et "notificateur". Le composant "POI" est un autre composant intermédiaire lié à l'UJS, et qui est construit sur la base du composant élémentaire "capteur de position" qui permet de géolocaliser la position du mobile et de mettre à jour les coordonnées GPS.

D'autre part, les composants de base fournis par *App Inventor* sont répartis dans une palette de composants par catégories selon leur type (*e.g.* animations, capteurs, stockage, etc.). Pour plus de simplification, nous avons changé cette répartition en utilisant des catégories plus familières pour les enseignants. La catégorie « ressources simples » par exemple inclut des composants de bas niveau comme du texte, des cases à cocher, ou des images. Tel qu'illustré par la Figure 31 (image à gauche), on peut retrouver également dans cette catégorie des composants que nous avons rajoutés comme « lien web » et « fichier audio », et qui incorporent bien entendu des sous-composants qui permettent de les exécuter (*e.g.* boutons d'exécution, du texte pour renseigner l'URL, le son à télécharger, etc.). Nous avons également créé la catégorie « Activités situées » qui incorpore des composants intermédiaires (*e.g.* "prise d'image", "question ouverte", "QCM", etc.) que nous avons détaillés dans la section 4.3.3.2. La catégorie ressources simples se replie alors pour laisser place à l'affichage des composants d'évaluation tel qu'illustré par la Figure 31 (image à droite).

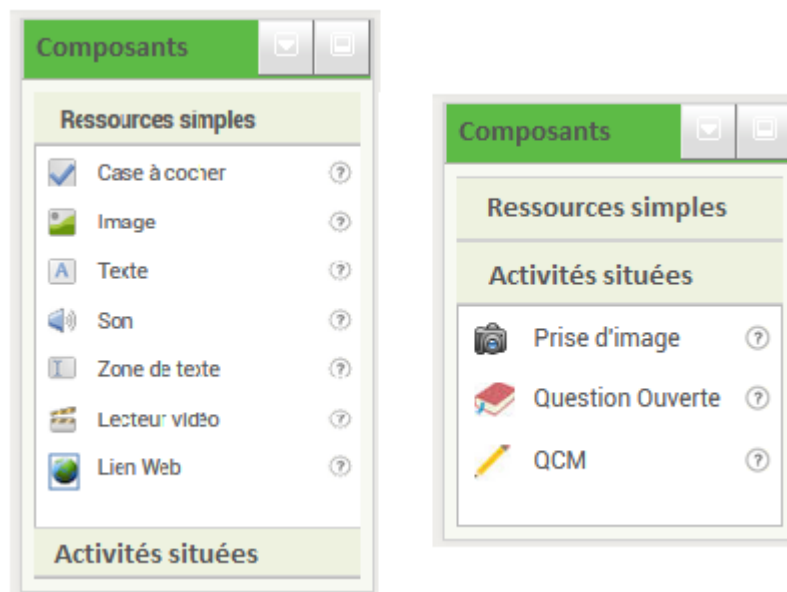


Figure 31. Palette de composants de JEM Inventor

4.5.2.6 La gestion automatisée des blocs

Dans la section précédente, nous avons présenté des exemples de composants que nous appelons intermédiaires, liant les composants haut niveau aux objets d'IHM. Comme expliqué ci-dessus, ces composants nécessitent une description de la logique d'exécution, que ce soit vis-à-vis des autres composants, ou des objets d'IHM qui font le lien avec le matériel. La logique d'exécution dans la version originale d'*App Inventor* est effectuée à travers la programmation visuelle, en manipulant des blocs algorithmiques. Ainsi, l'enseignant travaille au niveau algorithmique durant tout le processus de scénarisation (*e.g.* en créant un bouton, l'utilisateur doit lui associer une fonction *via* des blocs algorithmiques). Dans JEM Inventor, nous proposons des composants munis de fonctions d'opérationnalisation, c'est-à-dire, qui intègrent déjà des blocs algorithmiques, cependant, masqués pour l'enseignant. Pour donner un exemple, en créant une nouvelle activité, l'enseignant aura un POI incorporé dans l'activité, avec des blocs algorithmiques précisant que l'on ne peut afficher l'écran "contenu pédagogique", qu'après avoir détecté la position du mobile sur les coordonnées renseignées par l'enseignant à l'aide de la carte. S'il choisit une validation manuelle de l'arrivée sur le POI, les blocs existants disparaîtront pour laisser leur place à de nouveaux blocs algorithmiques qui permettent d'afficher le "contenu pédagogique"

après l'appui manuel sur le bouton "suivant", préalablement mis en place. Il en est de même pour le choix du mode "QR-code" pour la validation de l'arrivée sur le POI. En général, toutes les interactions dans JEM Inventor (e.g. ajout ou suppression de nouveaux composants) impliquent un changement des blocs algorithmique d'une manière automatisée. La Figure 32 montre l'exemple de l'appel de la fonction *displayLearningContent* à travers le bouton "Suivant" relatif à l'indice dans le mode de déclencheur manuel. Le changement vers le mode de déclencheur par GPS supprime l'appel via l'appel précédent de la fonction *displayLearningContent* et fait apparaître un nouvel appel via une fonction de vérification de la géolocalisation, tel qu'indiqué par la Figure 33. Celle-ci montre également que le bouton "suivant" de l'écran indice affiche désormais un message demandant de trouver le POI au lieu de l'appel à la fonction *displayLearningContent*.



Figure 32. Affichage du contenu pédagogique en mode déclencheur manuel, au moment d'appui sur le bouton suivant



Figure 33. Affichage du contenu pédagogique en mode déclencheur par GPS

4.5.2.7 Les trois modes de JEM Inventor : standard, intermédiaire et expert

Conformément aux hypothèses discutées ci-dessus, JEM Inventor propose trois modes de conception relatifs aux trois niveaux de conceptions présentés dans la section « modèle de conception gigogne ».

Ainsi le *mode standard* contient essentiellement des composants de haut-niveau et intermédiaires que nous avons présentés ci-dessus. Ceci permettra au concepteur de manipuler essentiellement des composants dont le nom lui est familier et qui sont grâce à la gestion automatisée des blocs, du type « prêt à utiliser ».

Le *mode intermédiaire* est également basé sur la gestion automatisée des blocs. Le principe de ces deux modes est que tous les choix que l'enseignant n'a pas à se soucier des blocs algorithmiques et que tous les choix qu'il effectue dans le *mode standard* et *intermédiaire* entraînent une modification automatique des blocs algorithmiques. D'autre part, le *mode intermédiaire* conserve exactement les mêmes repères du premier mode. C'est-à-dire que les palettes d'édition se développent pour donner accès à des fonctionnalités supplémentaires tout en restant sur le même modèle des menus. La Figure 34 résume ce principe en illustrant le développement de la palette d'édition en fonction des trois modes.

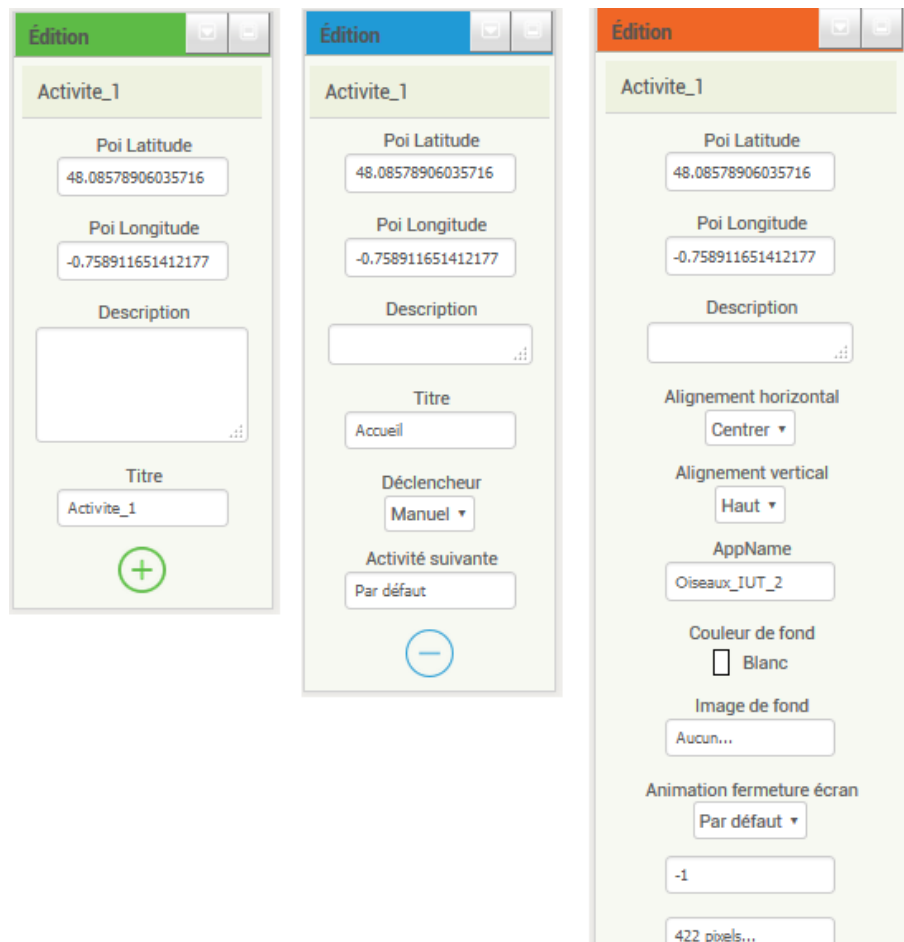


Figure 34. Évolution des fonctionnalités de la palette édition entre les trois modes

Conformément au diagramme du *niveau expert*, présenté dans la section "modèle de conception gigogne", le *mode expert* dans JEM Inventor permet l'accès à tous les composants existants et toutes les fonctionnalités possibles. La Figure 34 illustre l'évolution des fonctionnalités depuis le *mode standard* jusqu'au *mode expert*. Ainsi, la palette d'édition dans le *mode standard* affiche les fonctionnalités minimales nécessaires à la description et aux coordonnées du POI d'une activité (image à droite). Sur l'image au milieu, la palette d'édition dans le *mode intermédiaire*, affiche quelques fonctionnalités en plus relatives au déclencheur (manuel, GPS ou QR-code) et à l'activité suivante (mode linéaire ou personnalisé). Sur l'image à droite, la palette d'édition ouvre l'accès à toutes les fonctionnalités possibles.

D'autre part, l'affichage de certains composants peut différer entre les modes, tel qu'illustré par la Figure 35. Ainsi, la palette d'arborescence affiche uniquement les noms des activités dans le *mode standard* (image à gauche), tandis qu'elle donne l'accès aux composants de bas-niveau dans le *mode expert* (image à droite). Pour finir, le *mode expert* donne l'accès aux blocs algorithmiques (Figure 32) afin de donner un maximum de liberté et de fonctionnalités *via* la programmation visuelle. Ce mode permet donc, conformément au principe du niveau de conception expert (section 4.4.3.2) la création des composants à partir des variables, conditions, fonctions et opérateurs logiques et arithmétiques disponibles dans la librairie "blockly".

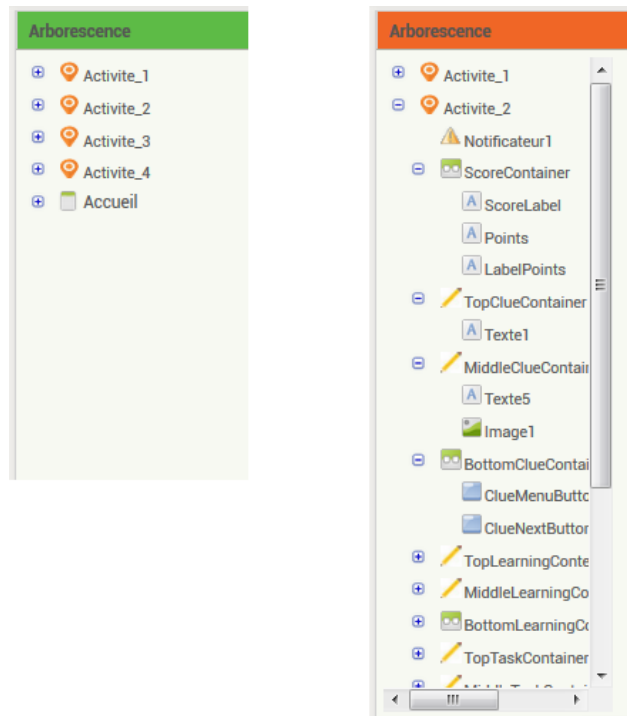


Figure 35. Évolution de la visibilité des éléments dans l'arborescence entre les modes

4.5.2.8 Défis techniques

Pendant la phase de développement, nous avons rencontré plusieurs défis techniques que nous décrivons rapidement dans cette partie.

L'API Google Maps pour GWT

Étant construit sur la base d'App Inventor, JEM Inventor est essentiellement codé en Java, ce qui simplifie la création et la communication avec les composants Android. Pour l'interface client, GWT est utilisé pour transformer le code Java en JavaScript interprétable par le navigateur web. Pour cette raison, nous ne pouvions pas rajouter du code JavaScript au code généré automatiquement par GWT afin de préserver son bon fonctionnement. Cette contrainte ne nous a par exemple pas permis d'utiliser l'API javascript pour intégrer *GoogleMaps* à l'éditeur. À la place, nous avons utilisé une API GWT de *GoogleMaps* qui n'est pas officielle et qui est mise à jour moins régulièrement⁵⁷. Parmi les problèmes spécifiques à GWT que nous avons rencontrés, l'affichage des panels GWT avant le retour des *callbacks* AJAX de la carte. En effet, les panels GWT s'initialisaient dès le chargement de la page, alors que le contenu de la carte n'était pas encore chargé. Les solutions proposées par les autres API (l'API JavaScript par exemple) proposaient de redimensionner légèrement la carte pour rappeler la fonction d'affichage avec les données AJAX une fois arrivées. Dans notre cas, cette solution n'était pas fonctionnelle, car les panels GWT ne permettaient pas le redimensionnement de la carte. Nous avons donc retardé les fonctions d'affichage des panels jusqu'à l'arrivée des données AJAX en rajoutant des *timer()* dans les différentes fonctions d'affichage⁵⁸.

⁵⁷ <https://github.com/branflake2267/GWT-Maps-V3-Api> (consulté en juin 2018)

⁵⁸ <https://github.com/branflake2267/GWT-Maps-V3-Api/issues/235> (consulté en juin 2018)

Communication entre les serveurs

Comme le montre la Figure 28 dans la section 4.5.2.1 , la création des fichiers "apk" nécessite une communication entre le serveur d'application Appengine et le serveur de compilation *buildserver*. Cependant, l'hébergement du *buildserver* sur une machine virtuelle de l'IUT de Laval a complexifié le processus de communication en rajoutant la barrière de proxy. Pour contourner cette difficulté, nous avons configuré les deux fichiers permettant la communication depuis les deux serveurs en paramétrant la commande java de lancement. Celle-ci concerne les arguments DproxyHost et DproxyPort que nous avons configuré avec les données du proxy de l'université du Mans.

Les expressions régulières

Afin de concrétiser les fonctions d'opérationnalisation expliquées dans la section 4.3.3.3 , nous avons choisi d'intégrer des blocs algorithmiques aux composants utilisés dans les deux modes *standard* et *intermédiaire*. En outre, les interactions de l'utilisateur dans ces deux modes doivent être prises en charge afin d'adapter les blocs de code associés aux composants utilisés à ces interactions. Pour cette raison, nous avons conçu des procédures pour la gestion automatisée des blocs sur "blockly". En sachant que les blocs algorithmiques sur "blockly" sont stockés et chargés à partir de fichiers XML, nous avons donc utilisé des fichiers XML préconfigurés pour la génération des blocs à chaque utilisation d'un composant haut niveau ou intermédiaire (tel qu'expliqué dans la section 4.3.3.2). Cependant, pour manipuler automatiquement les blocs lors des interactions d'utilisateur, il fallait modifier automatiquement les fichiers XML. En raison du nombre important des variables dans le corps des fichiers XML (*e.g.* les identifiants différents pour chaque instance du même composant), nous avons utilisé les expressions régulières afin de pouvoir modifier méthodiquement les fichiers XML en fonction des nombreuses interactions qui peuvent se passer *via* l'interface JEM Inventor.

Occultation des composants sur l'écran mobile

L'une des limites d'App Inventor que nous avons découvert pendant la phase du développement est celle du nombre d'écrans possible à créer dans une application. En effet, nous avons découvert qu'à partir de 12 écrans (au sens d'une classe "Activity" en Android) par application mobile, la gestion des *callbacks* asynchrones par le serveur Appengine devient insuffisante et provoque des bugs au niveau de l'interface web. En sachant que pour des raisons scénaristiques et aussi ergonomiques, nous avions des préférences pour un écran par composant du *template de base* (*e.g.* un écran pour afficher l'indice, un autre pour afficher le contenu, et un écran pour l'activité située, etc.), nous étions confrontés au problème de nous retrouver déjà avec 12 écrans (limite de l'éditeur) au bout de quatre UJS. Pour cette raison, nous avons utilisé un principe d'occultation des composants sur le même l'écran mobile. Ainsi, chaque UJS s'exécuterait donc sur un seul écran avec un seul composant visible à la fois. De telle sorte que le bouton "suivant" ne donnera pas lieu à un nouvel écran au sens de la classe "Activity" en Android, mais permettra plutôt de masquer le composant "indice" et d'afficher celui du "contenu pédagogique" en restant sur la même classe "Activity". Il en est de même pour le composant "activité située".

4.5.3 Conclusion

Dans cette partie, nous avons présenté notre solution technique pour réifier les propositions théoriques précédemment introduites dans le chapitre. Nous avons tout d'abord argumenté notre choix de réutilisation d'un outil auteur existant comme base de développement. Nous avons en-

suite présenté "JEM Inventor", l'outil auteur de JEM, fondé sur l'approche de conception gigogne présentée, ainsi que la manière dont il réifie chacune des propositions du modèle de JEM, présentées dans ce chapitre.

4.6 Conclusion

Ce chapitre résume les contributions qui ont été apportées dans le cadre de cette thèse. Nous avons tout d'abord présenté la démarche de conception choisie, centrée sur l'utilisateur. Ensuite, nous avons présenté nos hypothèses pour pallier les problèmes identifiés dans l'état de l'art, comme l'équilibre délicat à trouver entre utilisabilité et complexité des outils auteurs. Ainsi, nous avons présenté les cinq hypothèses suivantes :

- H1 : « Un modèle de JEM, fondé sur **un *template de base***, permettra aux enseignants de ludifier des scénarios de sorties pédagogiques existants de façon intuitive. ».
- H2 : « Un modèle de JEM proposant une **structure modifiable et des composants paramétrables**, couvrira une grande variété de scénarios de JEM ».
- H3 : « Des **fonctions d'opérationnalisation**, faisant le lien entre composants de haut niveau, intermédiaires et objets d'IHM, permettront d'exécuter les scénarios de JEM sur dispositifs mobiles ».
- H4 : « Une **méthode de conception gigogne**, s'appuyant sur le modèle de JEM, permettra aux enseignants de concevoir progressivement des scénarios plus riches ».
- H5 : « Le modèle de JEM et la méthode de conception gigogne peuvent être supportés par un **outil auteur** ».

Suite à ces hypothèses, nous avons présenté nos propositions, dont un *template de base* qui s'adresse aux *enseignants novices en conception de JEM* afin de pouvoir démarrer la scénarisation à partir d'une brique de scénario réutilisable. Ce *template* consiste à répartir le JEM sur plusieurs unités de jeu situées (UJS). Chaque UJS, constituée des trois composants principaux, identifiés dans l'état de l'art (chapitre 2), qui sont « indice », « contenu pédagogique » et « activité située ». En outre, nous avons proposé des composants intermédiaires munis de fonction d'opérationnalisation afin de lier les composants haut niveau du *template de base* par exemple aux objets d'IHM permettant l'exécution sur mobile. Dans un deuxième temps, nous avons ensuite présenté l'approche gigogne pour remédier au problème d'utilisabilité des *outils auteurs complexes*. Cette approche, fondée sur l'occultation de la complexité et la personnalisation des interfaces, consiste à dévoiler progressivement des fonctionnalités à travers les différents niveaux de conception que nous avons présentés, et *via* un modèle d'incorporation de composants que nous avons également exposé dans ce chapitre. À la fin du chapitre, nous avons présenté la solution technique JEM Inventor pour réifier les propositions précédemment évoquées.

Dans le chapitre suivant, nous présentons les expérimentations réalisées dans le cadre de cette thèse pour l'évaluation des hypothèses ci-dessus exposées.

Chapitre 5. ÉVALUATION

5.1 Introduction

Dans le quatrième chapitre, nous avons présenté les cinq hypothèses relatives à nos propositions théoriques : le modèle de JEM et l'approche de conception gigogne. Ces propositions ont été réifiées dans l'outil informatique "JEM Inventor". Ainsi, nous présentons dans ce chapitre, une évaluation itérative des trois prototypes de JEM Inventor qui ont été développés au fur et à mesure de cette thèse. Parallèlement à ces évaluations, nous proposons également d'évaluer quelques JEM, créés par des enseignants avec JEM Inventor, dans plusieurs contextes.

Ce chapitre commence par une présentation des critères d'évaluation ainsi que des précisions concernant la structure des expérimentations. Ensuite, nous présentons chaque étude expérimentale en décrivant ses objectifs, son contexte et son protocole. Dans un deuxième temps, nous présentons pour chaque expérimentation une analyse des résultats obtenus. Pour finir, la cinquième section présente un bilan général des expérimentations.

5.2 Méthodes

5.2.1 Critères d'évaluation

Étant confrontés à une problématique d'appropriation et de réutilisation, nous avons choisi le modèle d'acceptation de la technologie (TAM) (Davis *et al.*, 1989) pour identifier nos critères d'évaluation. Ce modèle, largement employé depuis 1989 pour prédire si un individu utilisera ou refusera d'utiliser une application informatique, repose sur deux critères principaux : son **utilité** et son **utilisabilité** (la facilité d'utilisation perçue d'une application). Ainsi, nous proposons d'évaluer l'outil auteur JEM Inventor selon ces deux principaux critères. De plus, le TAM, tel qu'illustré par la Figure 36, indique que l'intention d'un usage effectif d'une technologie dépend de l'utilité perçue (influencée également par la facilité d'utilisation) et de l'**attitude vis-à-vis de l'utilisation**. Dans notre cas, nous identifions l'attitude vis-à-vis de l'utilisation à la première expérimentation des JEM conçus par les enseignants en situation d'apprentissage. C'est une étape particulièrement importante, car elle impliquera l'enseignant et les élèves et sera ainsi décisive pour développer ou non une intention d'usage effectif des JEM à long terme. Pour cette raison, nous proposons d'évaluer la qualité de certains JEM produits, en plus de l'utilisabilité et de l'utilité de l'outil auteur JEM Inventor. Pour résumer, nous adoptons les trois critères d'évaluation suivants : **utilisabilité**, **utilité** et **qualité des JEM** produits.

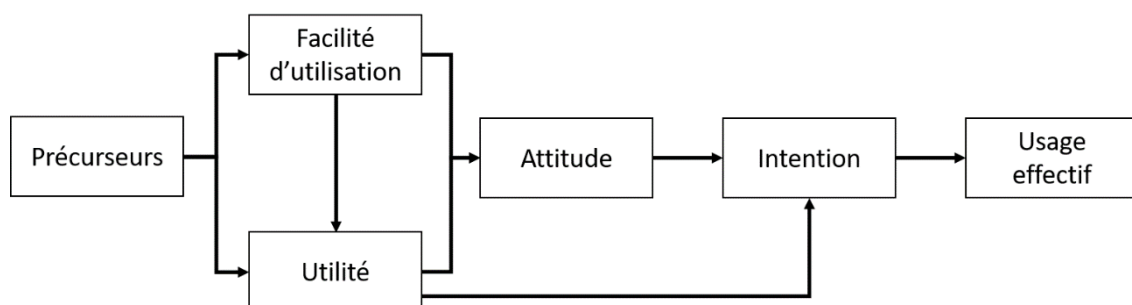


Figure 36. Modèle d'acceptation de la technologie TAM (Davis *et al.*, 1989)

Dans la suite, nous précisons les trois critères d'évaluation évoqués ci-dessus, en fonction de la démarche centrée utilisateur (DCU) (*cf.* chapitre 2) et des caractéristiques de notre étude. Nous développons davantage les mécanismes d'évaluation dans la section 5.2.3 : "Protocole général de recueil de données".

5.2.1.1 Utilisabilité

La phase d'évaluation de la DCU consiste à mesurer l'utilisabilité du produit. C'est-à-dire, valider la satisfaction des utilisateurs dans la réalisation des tâches évaluées, ce qui rejoint parfaitement le premier critère que nous avons identifié à partir du modèle TAM. L'utilisabilité est définie par la norme ISO 9241-11⁵⁹ comme « *le degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts définis avec **efficacité, efficacité et satisfaction**, dans un contexte d'utilisation spécifié* ». Ainsi, dans le cadre de cette thèse, nous proposons d'évaluer l'**utilisabilité** de JEM Inventor selon ces trois sous-critères.

5.2.1.2 Utilité

Bien que, dans le cadre de notre démarche de conduite de recherche DBR, associée à la DCU, l'utilité est établie lors des deux premières phases d'analyse et de conception (*cf.* chapitre 2), nous souhaitons tout de même évaluer l'utilité de nos propositions théoriques lors de cette étape. En effet, nous estimons qu'après avoir validé les premières maquettes d'interface et le *template de base* de JEM auprès des cinq enseignants participant aux entretiens exploratoires, les différentes expérimentations de ce chapitre seront également l'occasion d'éprouver nos propositions théoriques à une échelle plus large.

L'utilité, telle que définie par Tricot *et al.*, est la possibilité d'atteindre le but de l'objet (Tricot *et al.*, 2003). Son évaluation correspond à l'adéquation entre l'objectif défini par l'enseignant et l'atteinte de cet objectif. Ainsi, nous proposons d'évaluer l'utilité de JEM Inventor selon ses fonctionnalités et les structures de scénarisation qu'il permet de créer.

5.2.1.3 Qualité des JEM

Comme nous l'avons évoqué ci-dessus, l'attitude vis-à-vis de l'utilisation dans notre cas est une étape importante pour l'acceptation de l'outil auteur JEM Inventor, car elle implique l'enseignant et les élèves. En effet, en plus des évaluations d'utilisabilité et d'utilité perçus par les enseignants, nous souhaitons vérifier si JEM Inventor permet de créer des JEM de qualité, réellement utilisables dans des contextes pédagogiques. Pour cela, nous proposons d'évaluer des exemples de JEM produits par les enseignants participants aux expérimentations. Cette évaluation implique donc l'usage avec des étudiants sur le terrain. Nous détaillons les procédures de ces évaluations dans les sous-sections suivantes.

5.2.2 Structure des expérimentations

Afin qu'elles se rapportent aux critères d'évaluation établis (utilisabilité, utilité et qualité des JEM), nous articulons les expérimentations ci-après en deux sessions : "session de conception" et "session de terrain".

5.2.2.1 Session de conception

La session de conception permet d'évaluer l'utilisabilité et l'utilité. Elle consiste à expérimenter

⁵⁹ <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en> (consulté en juin 2018)

directement l'outil auteur JEM Inventor et à tester en temps réel le rendu sur mobile du scénario créé *via* l'éditeur. Cette session est obligatoire pour tous les enseignants participants.

5.2.2.2 Session de terrain

La session de terrain sert à évaluer la qualité des JEM produits. Elle permet aux enseignants de tester en situation réelle les JEM qu'ils ont créés, c'est-à-dire, sur le lieu d'apprentissage et avec leurs élèves. Elle consiste donc à organiser une sortie pédagogique de terrain. Cette session n'est toutefois pas obligatoire à tous les enseignants participants, étant donné que plusieurs d'entre eux n'avaient pas de disponibilités imminentes pour réaliser les sorties pédagogiques. Pour cette raison, nous présentons dans la partie "session de terrain" quelques exemples de JEM qui ont été réalisés pendant la durée de la thèse et dont nous avons pu étudier leur usage. Les mécanismes d'évaluation utilisés lors de ces deux sessions sont détaillés dans la suite.

5.2.3 Protocole général de recueil de données

Dans cette section, nous présentons nos choix pour les mécanismes de recueil de données en vue d'être en rapport avec les critères d'évaluation que nous avons définis ci-dessus.

5.2.3.1 Utilisabilité

Afin d'évaluer l'utilisabilité, nous nous appuyons sur deux types de données : les traces d'utilisation et les questionnaires.

Traces d'utilisation

Étant une application *Google App Engine*, JEM Inventor utilise la plateforme Google Cloud Console pour collecter, filtrer et analyser les traces d'actions des utilisateurs, à travers des logs, initialement stockés sur le *cloud*, mais pouvant être importés localement (exemple dans Annexe 8). Nous avons ainsi la possibilité d'avoir des données sur les connexions, les activités réalisées ainsi que la navigation entre les modes de conception. L'analyse de ces traces nous permet d'avoir des indicateurs sur l'efficacité (temps de création) et sur l'utilisation en général (création, suppression, navigation entre les modes, etc.).

Questionnaire d'utilisabilité

Afin d'obtenir des résultats quantifiables de l'utilisabilité, nous avons utilisé, lors de chacune des expérimentations suivantes, la méthode *System Usability Scale* (SUS) (Brooke *et al.*, 1996). En effet, le SUS (Annexe 9) prend bien en compte les trois critères définis par la norme ISO (efficacité, efficacité et satisfaction). Le questionnaire SUS repose sur 10 questions, l'utilisateur devant répondre pour chacune d'elle sur une échelle de *Likert* à 5 points, de "pas du tout d'accord" à "tout à fait d'accord". Les résultats du questionnaire SUS permettent de construire le score de satisfaction compris entre 0 et 100. Ainsi, un score est estimé « correct » entre 39 et 52, « bien » entre 52 et 72, « excellent » entre 72 et 85 etc., tel qu'indiqué par la Figure 37. Cette figure affiche également des interprétations relatives aux différents scores de satisfaction. Ces interprétations représentent des types de rangs plus larges que les estimations relatives aux scores, permettant ainsi de classer les mesures dans des gammes telles que "marginal" pour les scores inférieurs à 70 et "non acceptable" pour les scores inférieurs à 50.

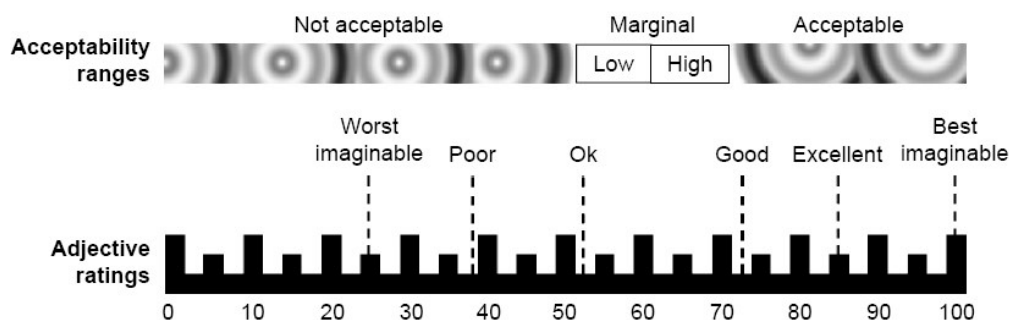


Figure 37. Grille de scores SUS accompagnés des interprétations équivalentes

5.2.3.2 Utilité

Afin d'évaluer l'utilité, nous nous focalisons, lors des expérimentations suivantes, sur deux types de données : les questionnaires et les productions des participants.

Questionnaires d'utilité

Nous utilisons les questionnaires pour recueillir les perceptions subjectives des participants quant à l'utilité du système. Ainsi, selon les objectifs particuliers, les questionnaires peuvent varier d'une expérimentation à l'autre. Toutefois, nos questionnaires d'utilité consistent à proposer des affirmations et à leur attribuer des notes sur une échelle de *Likert* entre 1 et 5 (de « pas du tout d'accord » à « tout à fait d'accord »). Les participants sont également invités à faire part de leurs commentaires sur chaque affirmation s'ils le souhaitent. Nous détaillons les questionnaires d'utilité pour chaque expérimentation dans la section 5.3 : "Expérimentations".

Production des participants

Les productions des participants sont les scénarios de JEM (sous format "aia", voir chapitre 4 : section 4.5.2.8) créés *via* JEM Inventor, ainsi que les fichiers des applications exécutables sous Android (apk⁶⁰). Les données issues de ces productions nous apportent des informations concernant le travail individuel de chaque participant et les scénarios réalisés.

5.2.3.3 Qualité des JEM

EGameFlow

Afin d'obtenir des résultats quantifiables concernant la qualité des JEM créés par les enseignants avec JEM Inventor, nous avons choisi d'utiliser le questionnaire *EGameFlow* (Fu *et al.*, 2009), qui permet d'évaluer notamment le niveau de plaisir éprouvé ainsi que le niveau de connaissances développé dans les jeux éducatifs. En effet, le *EGameFlow* est une échelle de mesure spécifique aux jeux éducatifs qui a été construite sur la base du "*GameFlow*", un modèle proposé en 2005 par Sweetser et Wyeth, pour évaluer les jeux en général (Sweetser et Wyeth, 2005). L'échelle d'évaluation du *EGameFlow* prend en compte huit mesures qui sont la concentration, le contrôle, la clarté des objectifs, le défi, le feedback, l'immersion, l'interaction sociale et le développement des connaissances.

⁶⁰ Le format apk (Android Package Kit) correspond aux fichiers exécutables sur Android.

5.3 Expérimentations

5.3.1 Pré-expérimentation : « Mise à l'essai »

5.3.1.1 Session de conception

Conditions expérimentales

Objectif

L'objectif principal de la pré-expérimentation menée avec le prototype JEM Inventor v1.0 (voir Annexe 11) consiste à obtenir des retours préliminaires sur l'interface. Plus particulièrement, sur l'interface du *mode standard* et son usage lors d'un premier abord et sans assistance de notre part. À cette fin, nous avons cherché à obtenir des retours d'experts en IHM et en EIAH, le but étant de mieux préparer les expérimentations avec les enseignants. L'objectif a été aussi de repérer d'éventuels problèmes techniques lors de cette première mise à l'essai.

Participants et matériel

Pour atteindre les objectifs énoncés ci-dessus, nous avons sollicité des enseignants-chercheurs de l'équipe IEIAH du Laboratoire d'Informatique de l'Université du Mans (LIUM). Ainsi, nous avons organisé une demi-journée de travail sous forme d'atelier, à laquelle 10 enseignants-chercheurs ont participé. Parmi ces 10 participants, il y avait quatre Maîtres de Conférence, deux ATER (Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche), trois doctorants et un stagiaire en master 2. Neuf participants étaient physiquement présents dans la salle d'expérimentations du LIUM à Laval et une personne a participé à distance. Les participants étaient âgés de 24 à 45 ans et avaient tous créé ou participé à la création d'interfaces d'EIAH.

Tous les participants étaient équipés d'un poste connecté à internet, pour accéder à l'éditeur en ligne JEM Inventor v1.0 et d'un smartphone Android pour tester en temps réel leurs scénarios. Tous les participants présents dans la salle d'expérimentations du LIUM ont été filmés pendant la durée de l'atelier.

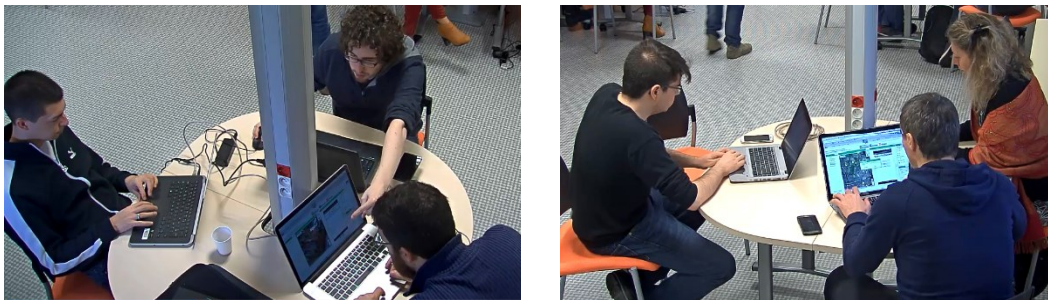


Figure 38. Mise à l'essai du prototype expérimental avec les chercheurs du LIUM

Processus et caractéristiques de l'expérimentation

Afin d'évaluer une première expérience utilisateur, aucun des chercheurs que nous avons sollicités n'avait une expérience antérieure de JEM Inventor v1.0. Toutefois, comme les participants n'étaient pas des enseignants faisant des sorties pédagogiques, nous leur avons fourni un modèle de scénario comme source d'inspiration. Le modèle de scénario était composé de trois UJS, et représentait une mini-sortie pédagogique pour apprendre la botanique. Il s'agissait de répartir les UJS sur des points d'intérêts (POI) sur la carte (*GoogleMap*). Chaque UJS devait inclure un indice pour trouver une plante, des informations pédagogiques relatives à cette plante et une ac-

tivité située, selon la structure du *template de base* (indice, contenu pédagogique et activité située) que nous avons détaillé dans le 4^{ème} chapitre. Nous avons tout de même laissé libre choix aux participants de choisir le type de plante et les ressources multimédia à mettre en place.

Étant donné que l'objectif était de laisser les participants découvrir l'interface sans assistance de notre part, nous ne leur avons pas fourni d'assistance. Nous avons cependant préparé une vidéo démonstrative d'environ trois minutes pour expliquer brièvement les étapes nécessaires pour la création d'une activité. Une fois cette vidéo⁶¹ visionnée, les participants doivent créer leur JEM avec le mode standard de JEM Inventor, puis le tester sur mobile, *via* le QR-code généré.

Pour finir, les participants remplissent les deux questionnaires. Comme nous l'avons évoqué précédemment, nous avons eu recours au questionnaire SUS afin d'évaluer l'utilisabilité du prototype. Le questionnaire SUS étant composé de 10 affirmations à noter sur une échelle de 1 à 5 (de « pas du tout d'accord » jusqu'à « tout à fait d'accord »), nous y avons rajouté des cases de commentaires pour chaque affirmation afin d'expliquer la note attribuée et recueillir les appréciations subjectives des participants. En outre, nous y avons rajouté cinq affirmations supplémentaires relatives à l'évaluation de l'utilité du système, de la structure proposée (indice-contenu-évaluation) et la clarté de la vidéo démonstrative.

Résultats et analyse

Pour créer un JEM *via* le modèle de scénario que nous avons fourni, les participants ont passé entre 1h30 et 2h20. Tous les participants ont réussi à créer un scénario selon le modèle donné avec plus ou moins de personnalisation au niveau des ressources.

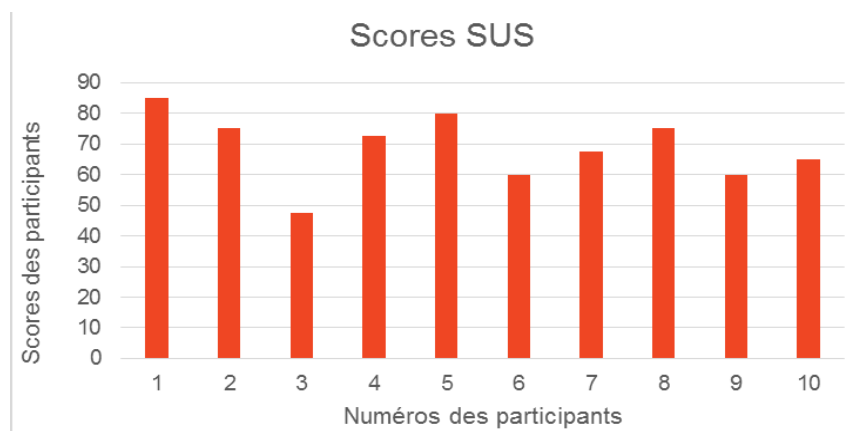


Figure 39. Scores SUS de tous les participants à la pré-expérimentation

Au niveau de l'utilisabilité, les notes SUS ont été plutôt dispersées, tel que le montre la Figure 39. En effet, pour une moyenne de 68,75/100, l'écart type est de l'ordre de 11,07 et peut être considéré comme important si l'on considère les intervalles entre les échelons SUS (souvent entre 15 et 20 points). Le Tableau 3 présente les interprétations relatives aux scores SUS le plus bas, le plus haut ainsi que la moyenne. La moyenne indique que le type du rang est « Ok » et rentre dans la gamme « Marginal (haut) ». Certains participants ont été gênés par des bugs techniques et nous ont fait part de cela dans la rubrique remarques du questionnaire SUS. Nous estimons que ces problèmes techniques ont influencé les résultats d'utilisabilité, surtout pour les notes les plus basses.

⁶¹ <https://www.youtube.com/watch?v=7ntDVX-yr-M>

Tableau 3. Moyenne des scores SUS à la pré-expérimentation

	Moyenne	Score le plus haut	Score le plus bas
Score SUS	68.75	85	47.5
Gamme d'acceptabilité	Marginal (haut)	Acceptable	Non Acceptable
Type du rang	Ok	Bien	Faible

Afin de déterminer l'utilité de JEM Inventor, nous avons adressé le questionnaire par rapport au modèle de scénario fourni. Ainsi, chaque participant devait, par exemple, attribuer une note à l'affirmation « la structure proposée (indice, contenu pédagogique, activité située) couvre bien mon scénario » par rapport au scénario qu'il avait en main. Une partie des résultats du questionnaire d'utilité sont illustrés par le Tableau 4. Elle comprend les moyennes des notes attribuées par les participants aux différentes affirmations.

Tableau 4. Résultats subjectifs sur l'utilité de JEM Inventor v0.1, à la pré-expérimentation

Affirmation	Note moyenne	Écart type
1- J'ai réussi à effectuer les tâches souhaitées sans problème.	3.3	0.94
2- La structure proposée (indice, contenu pédagogique, activité située) couvre bien mon scénario pédagogique.	3.8	1.13
3- J'ai trouvé les fonctionnalités dont j'ai besoin dans au moins l'un des trois modes proposés.	3.9	1.37
4- La vidéo de démonstration me semble nécessaire pour effectuer mon scénari.	3.8	1.47
5- La vidéo était très claire pour moi.	4.3	0.82

La moyenne de réussite à effectuer les tâches a été de 3.3/5 avec un écart type de 0.94. De plus, nous avons obtenu des notes supérieures à 3.3 pour toutes les autres affirmations. La valeur de neutralité étant 3, nous estimons que les participants étaient plutôt d'accord avec toutes les autres affirmations du questionnaire d'utilité, dont les notes moyennes étaient entre 3.8 et 4.3/5. En ce qui concerne la nécessité du visionnage de la vidéo, cette affirmation a obtenu l'écart type le plus grand. En effet, les opinions ont été plutôt divergentes entre les participants, certains ayant attribué « 1 » à la question correspondante (question 4) alors que d'autres ont mis « 5 ». Par ailleurs, deux participants ont affirmé ne pas avoir eu besoin de regarder la vidéo pour utiliser JEM Inventor v0.1. Toutefois, nous corrélons ce résultat aux profils des participants plutôt qu'à la facilité d'utilisation de l'éditeur. En effet, le fait que les participants soient tous informaticiens et experts en EIAH ou en IHM, explique ces résultats. Or, comme nous le verrons, les résultats seront quelque peu différents lors des expérimentations avec d'autres profils d'enseignants.

5.3.1.2 Session de terrain

Étant donné les profils des participants et les objectifs particuliers de cette première expérimentation, notre évaluation se limitera à la session de conception pour cette mise à l'essai.

5.3.1.3 Conclusion et évolution de JEM Inventor

Lors de cette pré-expérimentation, le but a été de mettre à l'essai le premier prototype de JEM Inventor v1.0. Cette étude avait pour objectif de recueillir des retours d'experts en EIAH et IHM sur l'interface du prototype expérimental, avec un focus particulier sur le mode standard.

Les retours sur l'utilisabilité ont été assez dispersés avec un écart type assez important (11,07) pour une moyenne de 68,75/100. Cette moyenne est équivalente au rang « Ok » de la gamme « Marginal haut » pour un système informatique (cf. Figure 37). Nous considérons ce résultat comme étant plutôt positifs, venant de la part d'experts en IHM et EIAH au LIUM. Toutefois, nous estimons que certains scores ont été influencés négativement par des bugs techniques dans le prototype expérimental, et nous les prenons en compte afin d'améliorer le prochain prototype. Au niveau de l'utilité, les résultats étaient plutôt positifs, avec des écarts-types plus réduits et des moyennes entre 3,3 et 3,8 pour l'utilité des fonctions.

Suite à cette expérimentation et les remarques des participants, nous avons pu apporter un certain nombre d'améliorations à JEM Inventor. Ainsi la version suivante, v1.1, comporte des ajustements techniques pour la mise à jour des POI sur la carte et modification au niveau de l'interface : la carte et l'arborescence des UJS ont été rapprochées pour faciliter le lien entre les POI et les UJS (voir Annexe 11).

5.3.2 Expérimentation 1 : « Focus sur le mode standard »

5.3.2.1 Session de conception

Conditions expérimentales

Objectif et hypothèses

Nous avons expérimenté le prototype JEM Inventor v1.1 avec des enseignants effectuant des sorties pédagogiques, utilisant déjà des JEM ou simplement intéressés par leur expérimentation. L'objectif de cette expérimentation est de recueillir les appréciations subjectives des participants, suite à l'utilisation du *mode standard*. Elle nous permet de valider les hypothèses H1 et H3, et en partie l'hypothèse H5 (pour ce qui concerne le modèle de JEM) :

- H1 : « Un modèle de JEM, fondé sur un *template de base*, permettra aux enseignants de ludifier des scénarios de sorties pédagogiques existants de façon intuitive ».
- H3 : « Des **fonctions d'opérationnalisation**, faisant le lien entre composants haut niveau, intermédiaires et objets d'IHM, permettront d'exécuter les scénarios de JEM sur dispositifs mobiles ».
- H5 : « Le modèle de JEM et la méthode de conception gigogne peuvent être supportés par un **outil auteur** ».

Participants et matériel

Nous nous sommes mis en contact avec les participants grâce au questionnaire diffusé en ligne, que nous avons présenté dans le deuxième chapitre. Le questionnaire ciblait des enseignants à différents niveaux (collège, lycée, université) qui pratiquent des sorties pédagogiques et qui seraient intéressés par les JEM. En outre, nous avons pu mobiliser des enseignants locaux à Laval et au Mans. En tout, 14 personnes ont participé à l'expérimentation, dont les profils sont présentés ci-dessous :

- Quatre enseignants en SVT du collège Jules Renard à Laval, Lycée Michelet en région parisienne, de l'IUT de Laval et de l'IUT de Montpellier.
- Quatre responsables de recherches documentaires de la BU de Laval.
- Deux enseignants d'histoire de l'UCO de Laval.

- Trois futurs enseignants en histoire en formation à l'UCO Laval.
- Une ingénieure pédagogique du service TICE de l'université du Mans.

Les détails des profils ainsi que les objets des sorties pédagogiques sont décrits dans l'Annexe 10.



Figure 40. Deux sessions de conception sur JEM Inventor v1.1, lors de l'expérimentation 1

Comme pour la première expérimentation, la session de conception consiste à réserver une séance d'une demi-journée pour la scénarisation, sans connaissance préalable de JEM Inventor. Nous avons dû organiser plusieurs séances, car les participants avaient des disponibilités différentes. Ainsi, les différentes sessions ont eu lieu pendant le premier trimestre de l'année 2017. Deux participants (de l'IUT de Montpellier et du Lycée Michelet) ont participé à distance.

De même que lors de la première expérimentation, tous les participants étaient équipés d'un poste connecté à internet, pour accéder à l'éditeur en ligne JEM Inventor v1.1 et d'un smartphone Android pour tester en temps réel leurs scénarios.

Processus et caractéristiques de l'expérimentation

Juste avant de démarrer, les participants, n'ayant pas répondu au questionnaire en ligne (voir chapitre 2), répondent à un pré-questionnaire d'identification de profil. Ce pré-questionnaire permet d'identifier leur profil selon la catégorisation que nous avons définie dans le deuxième chapitre. Ainsi, huit participants sont dans la catégorie novice *en conception de JEM* et six dans la catégorie *expérimentée en conception JEM*.

De même que pour la pré-expérimentation, aucun des participants n'avait d'expérience antérieure sur JEM Inventor. Sans assistance de notre part, nous avons donc recommandé à tous les participants de visionner la vidéo, présentée dans la section précédente (expérimentation 1), autant de fois que nécessaire, afin d'acquérir rapidement les repères nécessaires pour l'utilisation de JEM Inventor.

Afin de valider l'hypothèse H1, nous avons demandé aux enseignants de retranscrire tout simplement le scénario classique qu'ils utilisaient lors de leurs sorties pédagogiques usuelles. Pour ceux qui étaient en manque d'inspiration, nous avons fourni le modèle de scénario botanique, que nous avons utilisé pour la pré-expérimentation. Ainsi, le processus consistait à remplir le pré-questionnaire si besoin, se munir de son scénario pédagogique, visionner la vidéo de démonstration, retranscrire un scénario pédagogique existant *via* JEM Inventor v1.1 en personnalisant le contenu et les ressources. Une fois le scénario créé, il était possible de le tester le JEM sur mobile *via* le QR-code généré par JEM Inventor v1.1. À la fin, les participants remplissent les deux questionnaires (utilisabilité et d'utilité).

Résultats et analyse

D'après les traces d'utilisation, les différentes sessions ont duré en tout entre 2h10 et 2h50. Tous les participants ont réussi à créer un JEM plus ou moins personnalisé.

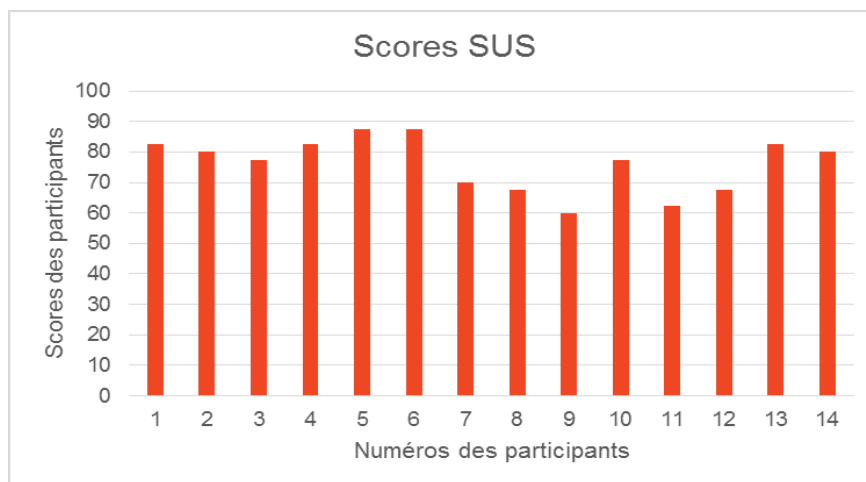


Figure 41. Scores SUS de tous les participants à l'expérimentation 1

Au niveau de l'utilisabilité, les scores obtenus avec le prototype v1.1 sont nettement supérieurs à ceux obtenus à la pré-expérimentation (Figure 41), et l'écart type est plus réduit. Ainsi nous avons obtenu une moyenne de 76.07/100 avec écart type de 8,97 points sur les 14 participants. Le Tableau 5 présente les interprétations relatives aux scores SUS le plus bas, le plus haut ainsi que la moyenne. D'après ces résultats, JEM Inventor v1.1 est considéré « bien » même dans le pire des cas. La moyenne obtenue est classée dans la gamme « Acceptable ». Son type de rang est « Excellent » d'après la Figure 37, qui résume les interprétations SUS. Le score le plus bas étant de 60/100 et le plus haut étant 87.5/100. Les résultats complets des scores des 14 participants sont illustrés par la Figure 41. Nous estimons que ces résultats valident l'utilisabilité du *mode standard* de l'outil auteur JEM Inventor.

Tableau 5. Moyenne des scores SUS à l'expérimentation 1

	Moyenne	Score le plus haut	Score le plus bas
Score SUS	76.07	87.5	60
Gamme d'acceptabilité	Acceptable	Acceptable	Marginal
Rang	Bien	Excellent	Bien

Concernant l'utilité, nous avons observé une nette amélioration par rapport à la pré-expérimentation. Les enseignants ont surtout apprécié la structure proposée et les fonctionnalités. Ainsi, la moyenne des notes attribuées à l'affirmation « la structure proposée couvre bien mon scénario pédagogique » est de 4,07/5 avec un écart type de 1,07 points. De même, la moyenne des notes attribuées à l'affirmation « j'ai trouvé les fonctionnalités dont j'ai besoin dans au moins l'un des modes proposés » est de 4,28/5 avec un écart type de 0,99 points. En outre, la moyenne des notes la plus haute est celle de la nécessité de visionnage de la vidéo pour pouvoir utiliser l'éditeur (4,57/5).

Tableau 6. Résultats subjectifs sur l'utilité de JEM Inventor v1.1, à l'expérimentation 1

Affirmation	Moyenne	Écart type
1- J'ai réussi à effectuer les tâches souhaitées sans problème.	3.28	0.82
2- La structure proposée (indice, contenu pédagogique, activité située) couvre bien mon scénario pédagogique.	4.07	1.07
3- J'ai trouvé les fonctionnalités dont j'ai besoin dans au moins l'un des trois modes proposés.	4.28	0.99
4- La vidéo de démonstration me semble nécessaire pour effectuer mon scénario.	4.57	0.75
5- La vidéo était très claire pour moi.	3.85	1.16

Bien que la nécessité de visionner le tutoriel vidéo s'est avérée essentielle (moyenne de 4.57/5), le fait que les enseignants soient arrivés à réaliser leurs scénarios sans problème (moyenne de 3,28/5), sans expérience préalable avec JEM Inventor, prouve l'utilité de cet outil. Ainsi, nous considérons que ces résultats d'utilisabilité et d'utilité valident les hypothèses rappelées ci-dessus, relatives à l'utilité du modèle de JEM et du *template de base* intégré.

1.1.1.1 Session de terrain

Bien que cette session ne soit pas obligatoire en raison de la divergence des disponibilités et des problèmes d'organisation, plusieurs enseignants ont souhaité y participer pour tester leurs JEM pendant des sorties pédagogiques avec leurs élèves ou étudiants. Ainsi, sur cinq JEM expérimentés dans le cadre de cette session, nous présentons deux exemples ci-après.

« Oiseaux IUT »

But pédagogique

Le jeu a été conçu pour faire découvrir et sensibiliser les étudiants de l'IUT de Laval aux oiseaux présents sur le campus universitaire.

Scénario

Le jeu se déroule sur l'IUT de Laval. Il est constitué de trois UJS. La première consiste à retrouver les mangeoires de la « cabane aux oiseaux » situés près de la bibliothèque. Une fois arrivés, les joueurs observent les oiseaux présents. Une fois que les joueurs ont trouvé les mangeoires, le contenu pédagogique s'affiche sur le mobile, donnant accès à une vidéo en ligne, des images et des informations sur les oiseaux observés à ce point d'intérêt. À la fin de l'activité, les joueurs doivent répondre à un QCM à propos des oiseaux qui fréquentent les mangeoires de l'IUT. Ensuite, la deuxième activité consiste à trouver le bassin de rétention d'eau à proximité du département informatique. Une fois arrivés, les joueurs ont la possibilité d'observer la "bergeronnette grise" aux alentours du point d'intérêt. Ils ont simultanément accès à des informations pédagogiques, à la page Wikipédia de cet oiseau, et à un QCM à la fin de l'activité. La troisième activité permet de découvrir un nichoir installé dans un tilleul à proximité du restaurant universitaire. Cette fois, les joueurs ont accès à une bande sonore qui reproduit le chant d'oiseau. À la fin de l'activité, les joueurs doivent identifier l'oiseau auteur du chant. À chaque fois, que les joueurs donnent une bonne réponse, ils obtiennent des points. Cependant, les points sont attribués en fonction du nombre d'essais (50 pts pour la première tentative, 30 pts pour la deuxième et 10 pts pour la troisième). Si au bout de trois essais, les joueurs n'ont toujours pas réussi à trouver la bonne réponse, le joueur ne gagne aucun point et l'activité suivante est lan-

Chapitre 5. ÉVALUATION

cée.

Participants et résultats

L'expérimentation s'est déroulée en plusieurs sessions. Ainsi, une première sortie a été réalisée en juin 2017, avec 6 étudiants en génie biologique à l'IUT de Laval. Pendant cette session, les joueurs ont fait le parcours individuellement. Chacun a ainsi installé le JEM sur son *smartphone* et a ensuite réalisé les activités. La Figure 42 illustre la répartition des joueurs sur le terrain dans ce mode de jeu individuel. Une deuxième session a été réalisée six mois plus tard, auprès de 8 étudiants de la même formation. Cette fois les joueurs ont été répartis par groupes (deux groupes de trois et un groupe de deux). Pour finir, une troisième session a eu lieu en décembre 2017, cette fois auprès de 12 élèves du lycée agricole de Laval, dans le cadre d'une sortie scolaire pour observer les oiseaux qui fréquentent le campus universitaire de Laval (Figure 43).



Figure 42. Les étudiants en train de jouer individuellement au JEM « Oiseaux IUT »



Figure 43. Les élèves du lycée agricole en train de jouer par groupes au JEM « Oiseaux IUT »

Les résultats des trois sessions ont été recueillis à l'aide du questionnaire d'évaluation de la qualité des jeux éducatifs *EGameFlow* (voir section 5.2.3.3). Selon l'échelle *Likert* à 7 éléments utilisée par *EGameFlow*, nous considérons que les résultats sont positifs à partir de la valeur 4. Ainsi, tel que le montre le Tableau 7, les deux dernières sessions ont été nettement plus réussies au niveau de l'immersion, de l'interaction sociale et de l'apprentissage.

La Figure 43 illustre le déroulement du jeu lors de la troisième itération, à laquelle 12 élèves du lycée agricole ont participé, en étant répartis en quatre groupes de trois. Cette itération a obtenu les meilleurs résultats dans tous les facteurs analysés par *EGameFlow* tel que le montre le Tableau 7.

Tableau 7. Résultats du questionnaire *EGameFlow* pour les trois sessions du JEM « Oiseaux IUT »

Facteur de jeu	Session 1 (6 joueurs) Moyenne (écart-type)	Session 2 (8 joueurs) Moyenne (écart-type)	Session 3 (12 joueurs) Moyenne (écart-type)
Concentration	5.08 (0.83)	5.06 (1.02)	6.51 (0.39)
Clarté des objectifs	4.86 (1.58)	5.47 (1.45)	6.78 (0.34)
Commentaires	5.49 (1.11)	5.07 (1.44)	6.2 (0.99)
Défi	4.69 (0.77)	4.75 (0.83)	5.94 (0.6)
Autonomie	5.27 (1.20)	5.59 (0.65)	6.14 (0.74)
Immersion	2.66 (1.68)	5.36 (0.65)	6.5 (0.52)
Interaction sociale	3.71 (0.87)	4.47 (1.19)	6.22 (0.57)
Connaissances	3.86 (1.49)	4.57 (0.76)	6.62 (0.85)

D'après le Tableau 7, les résultats ont été nettement meilleurs lors des deux dernières sessions. Nous expliquons cette différence essentiellement par le mode de répartition des joueurs. En effet, lors de la première session, les 6 étudiants du département GB de l'IUT de Laval ont joué d'une façon individuelle. Les résultats au niveau de l'immersion et de l'interaction sociale ont été les plus bas lors de cette session et sont considéré comme négatifs, car inférieurs à 4/7. D'après nos échanges directs avec les joueurs, la satisfaction était moyenne et nous avons eu des retours du genre « *c'était bien, mais ça peut être amélioré* », ou « *on aurait voulu qu'il y ait plus de défi ou d'activités* ». Lors de la deuxième itération, nous avons convenu avec l'enseignant ayant créé le JEM d'expérimenter une répartition des joueurs par groupes sans modifier son scénario. Cette deuxième session, réalisée avec le même profil d'étudiants, a affiché une nette amélioration dans la quasi-totalité des facteurs analysés par *EGameFlow*. En effet, en répartissant les joueurs par groupes, favorisant ainsi les échanges et la réflexion collective, nous avons observé non seulement une meilleure satisfaction au niveau de l'interaction sociale, mais aussi au niveau de l'immersion qui passe de 2.66 à 5.36/7. Ce lien positif entre l'immersion et l'interaction sociale fait d'ailleurs l'objet de nombreux travaux (Hamalainen, 2008 ; Sung *et al.*, 2017).

D'autre part, le Tableau 7 affiche de meilleurs résultats de satisfaction lors de la troisième itération par rapport à la deuxième. Étant donné la répartition similaire des joueurs dans les deux itérations, ces résultats légèrement meilleurs, par exemple au niveau de l'immersion et du défi, s'expliquent par la différence de profils des joueurs. En effet, nous estimons que les élèves du lycée agricole ont perçu plus de difficulté à trouver les POI (du fait qu'ils ne sont pas des étudiants de l'IUT) et à répondre aux questions (du fait qu'ils soient des lycéens). Le niveau des élèves du lycée agricole inférieur aux étudiants du département GB de l'IUT a influencé également leur perception subjective par rapport aux connaissances acquises. Il se peut donc que cette perception ait influencé leur satisfaction générale par rapport aux autres facteurs analysés

via le questionnaire.

« Au parc de saint-germain »

But pédagogique

Le but du jeu est de promouvoir l'activité physique en observant la biodiversité au parc de Saint-Germain (région parisienne).



Figure 44. Les élèves du lycée Michelet expérimentent le JEM du parc de saint-germain

Scénario

Le jeu comporte neuf UJS réparties sur neuf POI différents. Ainsi, les joueurs se rendent sur les POI pour prendre en photo par exemple les ruches, observer les mitochondries ou les végétations présentes dans le parc de saint germain (le peuplier noir, les herbacées, etc.). Lors de chaque UJS, les joueurs consultent des informations pédagogiques relatives aux sujets observés autour des points d'intérêt et répondent à des questions simples ou QCM. En outre, certaines activités sont accompagnées de défis physiques (e.g. marquer des paniers de basket, escalader des arbres, se tenir en équilibre sur un plateau pivotant, etc.). En effet, plusieurs *game-master* (la prof SVT et deux collègues profs de sport) sont présents sur certains points d'intérêt pour compter le nombre de points acquis par les joueurs de chaque groupe suite à ces défis. Des friandises sont également cachées dans les arbres et des indications apparaissent sur les dispositifs mobiles des joueurs pour les aider à les retrouver. Les *game-master* additionnent le nombre de points acquis par chaque groupe lors des défis physiques à ceux générés par l'application à la fin du jeu, qui se déroule sur une demi-journée.

Participants et résultats

L'expérimentation a été réalisée auprès de 15 élèves du lycée Oscar Michelet (région parisienne) en juin 2017. Les élèves ont ainsi été répartis en trois groupes de quatre et un groupe de trois. Une enseignante SVT et deux enseignants en éducation physique ont joué le rôle des *game-master* décrit ci-dessus.

Pour l'évaluation de ce JEM, nous avons utilisé le même questionnaire (*EGameFlow*) utilisé lors de l'évaluation précédente. Les résultats illustrés par le Tableau 8 affichent une satisfaction générale sur les huit facteurs analysés, notamment en termes d'immersion et d'interaction sociale.

Tableau 8. Résultats du questionnaire *EGameFlow* pour le JEM « Au parc saint-germain »

Facteur de jeu	Session (15 joueurs) Moyenne (écart-type)
Concentration	5.39 (1.00)
Clarté des objectifs	5.86 (0.64)
Commentaires	5.24 (0.87)
Défi	5.62 (0.57)
Autonomie	5.48 (0.91)
Immersion	5.25 (0.97)
Interaction sociale	5.06 (0.88)
Connaissances	4.94 (1.38)

Comme illustré par le Tableau 8, les résultats sont très proches les uns des autres et reflètent une satisfaction globale par rapport au jeu (valeurs positives si elles sont supérieures à 4/7). L'expérimentation s'est déroulée dans une ambiance générale d'enthousiasme et les défis physiques combinés aux activités sur mobile ont réellement favorisé l'immersion. En termes d'exécution, les joueurs ont trouvé la navigation à travers l'application simple et rapide. Cependant, ils ont trouvé que l'esthétique de l'application pouvait être améliorée, notamment en ajoutant des graphismes. Mis à part les remarques sur les qualités esthétiques du jeu, les élèves ont fortement apprécié la sortie pédagogique et ont exprimé leur envie de refaire ce type de JEM lors de leurs prochaines sorties : « *c'est génial !* », « *nos camarades n'ayant pas pu venir seront jaloux quand on leur racontera notre sortie* », etc.

L'enseignante ayant créé ce JEM avait déjà fait partie de notre panel d'interlocuteurs lors des entretiens exploratoires et a donc été très satisfaite d'avoir accompagné le développement du projet de l'étape conceptuelle jusqu'à la réalisation. Elle fera également partie des sept participants à l'expérimentation des modes *intermédiaire* et *expert*, que nous détaillons dans la sous-section suivante.

5.3.2.2 Conclusion et évolution de JEM Inventor

Lors de cette série d'expérimentations, nous avons tout d'abord évalué le mode *standard* de JEM Inventor v1.1. Ainsi, une expérimentation a été menée auprès de 14 enseignants n'ayant jamais utilisé JEM Inventor auparavant. La moyenne des scores d'utilisabilité est de 76.07/100, correspond au rang « excellent » du questionnaire SUS (voir section 99). De même, les moyennes obtenues *via* le questionnaire d'utilité sont satisfaisantes (entre 3,28 et 4,57/5). De ce fait, nous considérons que la v1.1 de JEM Inventor, ainsi que le modèle de scénarisation proposé, intégrant un *template* de chasse au trésor, sont bien adaptés aux enseignants *novices en conception de JEM*. En outre, cinq enseignants sont allés jusqu'à l'utilisation de leurs JEM conçus avec leurs élèves. Nous en avons présenté deux, à titre d'exemple : les JEM « Oiseaux IUT » et « Au parc de saint-germain ». Les résultats obtenus à l'aide du questionnaire *EGameFlow*, ont montré que les élèves ont beaucoup apprécié ces JEM, surtout quand ils ont joué par équipes de deux ou trois.

Lors de cette expérimentation, nous avons tout de même noté certaines limites techniques du prototype v1.1. Ainsi, une enseignante a souhaité avoir un champ de saisie direct sur la carte pour trouver facilement l'adresse voulue du POI. Un autre participant a souhaité pouvoir indiquer directement les coordonnées GPS du POI. D'autres enseignants ont déploré le fait qu'il n'était pas possible de changer les noms des activités. En effet, le prototype v1.1 utilise les

noms des activités (« ex. Activité 1, activité 2) pour gérer leur enchaînement et la modification des noms n'était donc pas possible. D'autres enseignants ont souhaité voir plus de fonctionnalités dans le *mode standard* comme par exemple la modification de la couleur et de la taille de la police du texte. Toutes ces limitations ont été prises en compte pour développer la nouvelle version de JEM Inventor (v1.2). Nous avons également bloqué l'accès à certains objets d'IHM (e.g. Activity Starter, Location Sensor) depuis l'arborescence dans le *mode standard*, afin d'éviter d'altérer leur configuration par défaut.

5.3.3 Expérimentation 2 : L'avis des « experts »

5.3.3.1 Session de conception

Conditions expérimentales

Objectif et hypothèses

Après avoir évalué l'utilisation de JEM Inventor v1.1 auprès d'un effectif d'enseignants composé en grande partie de la catégorie *novices en conception de JEM* et avec un focus particulier sur le *mode standard*, l'objectif de cette deuxième expérimentation est désormais d'évaluer JEM Inventor v1.2 avec des enseignants de la catégorie *expérimentés en conception de JEM* avec un focus particulier sur les modes *intermédiaire* et *expert*. À travers cet objectif, nous cherchons à valider les trois hypothèses suivantes :

- H2 : « Un modèle de JEM, proposant une **structure modifiable** et des **composants paramétrables**, couvrira une grande variété de scénarios de JEM ».
- H4 : « Une **méthode de conception gigogne**, s'appuyant sur le modèle de JEM, permettra aux enseignants de concevoir progressivement des scénarios plus riches ».
- H5 : « Le modèle de JEM et la méthode de conception gigogne peuvent être supportés par un **outil auteur** ».

Pour valider ces hypothèses, nous proposons dans cette partie, d'évaluer l'utilisabilité et l'utilité des trois modes de JEM Inventor v1.2. Nous évaluons également la qualité des JEM produits à travers l'exemple d'un jeu de découverte à la Bibliothèque Universitaire du Mans.

Participants et matériel

La sélection des participants pour cette expérimentation a été répartie en deux phases. La première consistait à nous mettre en contact avec des enseignants de la même manière que pour la première expérimentation (questionnaire en ligne + contacts locaux). La deuxième phase consistait à identifier les participants correspondant au profil *expérimenté en conception de JEM* que nous recherchions. En effet, afin d'atteindre l'objectif décrit ci-dessus, nous avons ciblé des enseignants ayant créé, ou au moins utilisé, des jeux éducatifs dans leurs enseignements. Au final, sept personnes ont participé à l'expérimentation, parmi lesquels quatre enseignants ayant déjà participé à l'expérimentation précédente. Ci-dessous la liste des profils des participants à l'expérimentation :

- Un enseignant au collège Jules Renard à Laval (ayant déjà participé à la 1^{ère} expérimentation)
- Une enseignante SVT au lycée Sainte Louise à Paris (ayant déjà participé à la 1^{ère} expérimentation)
- Une ingénieure pédagogique de l'université du Mans (ayant déjà participé à la 1^{ère} expérimentation)

tation)

- Une coordinatrice de visites de groupes de la BU du Mans (ayant déjà participé à la 1^{ère} expérimentation)
- Un professeur de lycée professionnel dans la section SEGPA du collège Lassale à Laval
- Une institutrice ayant déjà expérimenté *scratch*, en détachement dans l'atelier Canopé de Laval (médiatrice formatrice numérique)
- Un enseignant de technologie expert en programmation visuelle, en détachement dans l'atelier Canopé du Mans (médiateur numérique éducatif)

Les détails des profils ainsi que les sorties pédagogiques des participants figurent dans le Tableau 11.

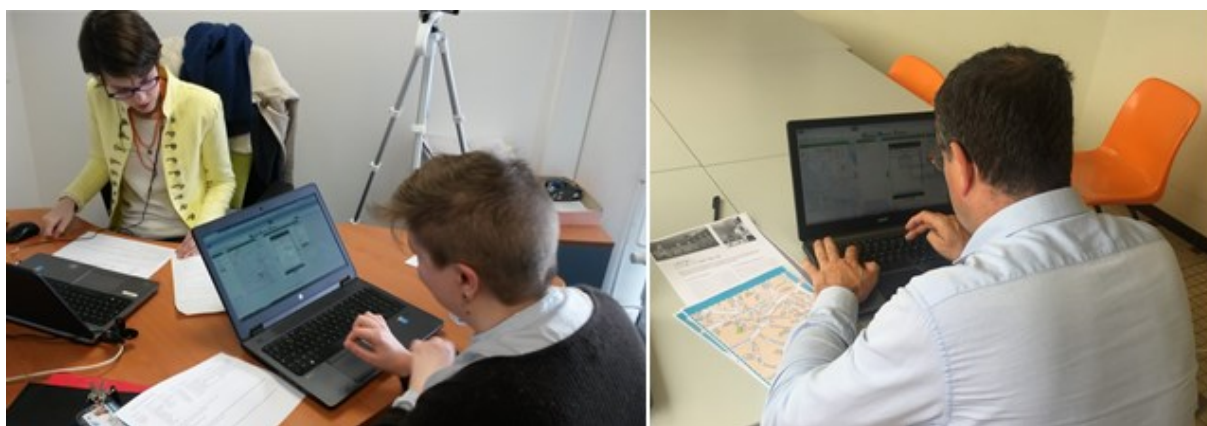


Figure 45. Deux sessions de conception sur JEM Inventor v1.2, lors de l'expérimentation 2

Processus et caractéristiques de l'expérimentation

L'expérimentation 2 commence par une explication des différents modes proposés, en plus de la vidéo en ligne utilisée précédemment. Ensuite, les enseignants, venus avec leurs propres scénarios de sortie pédagogique, expérimentent progressivement JEM Inventor en démarrant par le *mode standard*, affiché par défaut dès la connexion (Figure 45). Nous leur expliquons aussi qu'ils peuvent chercher les fonctionnalités souhaitées en naviguant entre les modes, au fur et à mesure de leur utilisation. En effet, contrairement à l'expérimentation précédente, les participants sont prêts à investir plus de temps pour créer leur JEM, et sont donc susceptibles de vouloir améliorer le scénario qu'ils utilisent habituellement pour leurs sorties pédagogiques en ajoutant les activités, des ressorts ludiques ou des parcours différenciés. Par exemple, deux participantes souhaitent créer un jeu de piste pour découvrir la bibliothèque universitaire, dans lequel les joueurs reçoivent des indices, à la fin de chaque UJS, afin de les aider à résoudre une énigme globale, à la fin du jeu.

À la fin de la conception, les enseignants répondent à deux types de questionnaires. Le premier est le questionnaire d'utilisabilité SUS, comme lors de l'expérimentation précédente, mais servant cette fois, à évaluer l'utilisabilité des trois modes de JEM Inventor. Le deuxième est un questionnaire évaluant l'utilité de chaque mode en termes des fonctionnalités proposées, de la charge mentale estimée des tâches réalisées, ainsi que des transitions entre les trois modes (Annexe 13).

Résultats et analyse

Au niveau de l'utilisabilité, la moyenne des scores est très proche de celle de l'expérimentation précédente (76.07/100 et 75.41/100 pour celle-ci). Ce résultat montre que l'utilisabilité de JEM Inventor v1.2 reste bonne, même en utilisant les trois modes. En effet, tel qu'illustré par le Tableau 9, l'utilisabilité de JEM Inventor v1.2 correspond au rang « Bien » même dans le pire des cas. De plus, la moyenne correspond au rang « Excellent », certains participants vont jusqu'à donner la note maximale.

En revanche, contrairement à l'expérimentation précédente, les notes SUS sont plutôt dispersées. En effet, l'écart type est de 13,26 pour une moyenne de 75,41/100 sur sept participants. Nous expliquons ces résultats d'une part par la différence d'effectif qui est plus réduit dans cette expérimentation. D'autre part, nous octroyons ce résultat à l'hétérogénéité des profils et des compétences des enseignants participants. Ainsi, un enseignant de profil médiateur numérique éducatif, ayant une grande expertise en programmation visuelle et en conception de JEM a trouvé JEM Inventor v1.2 très facile à utiliser et n'a pas hésité à donner les notes maximales sur le questionnaire d'utilisabilité SUS. En revanche, une enseignante responsable de recherche documentaire à la BU, a perçu, malgré son expérience en conception de JEM, des difficultés au niveau du *mode expert* qui requiert des compétences en programmation visuelle, et a donc donné la note SUS la plus basse (60). Pour ces raisons, nous expliquons les chiffres obtenus par la différence de perception de la charge mentale, lors des transitions entre les modes *intermédiaire* et *expert* par exemple.

Tableau 9. Moyenne des scores SUS à l'expérimentation 2

	Moyenne des scores	Score le plus haut	Score le plus bas
Score SUS	75.41	100	60
Gamme d'acceptabilité	Acceptable	Acceptable	Marginal
Rang	Excellent	Le meilleur	Bien

Le Tableau 10 montre les réponses relatives à l'utilité perçue de JEM Inventor v1.2, lors de cette deuxième expérimentation. Pour valider les hypothèses rappelées ci-dessus, les questions ont été réparties par catégories. Ainsi, les catégories "efficacité", "fonctionnalités" et "scénarisation" valident les deux hypothèses H2 et H4.

Dans l'ensemble, les notes sont très positives, avec des moyennes supérieures ou égales à quatre sur cinq pour neuf parmi les 12 questions. Les notes les plus basses ont été attribuées aux questions numéro 8 « *Comment évaluez-vous le rapport charge mentale / fonctionnalités proposées dans le mode expert ?* » et numéro 10 « *Comment évaluez-vous la transition entre le mode intermédiaire et expert ?* ». Similairement aux résultats d'utilisabilité, ces notes s'expliquent par l'hétérogénéité des compétences entre les participants. Par exemple, l'enseignant expert en programmation visuelle a trouvé la transition tout à fait convenable et a lui donc attribué la note maximale (5). Par contre, l'enseignante travaillant à la BU, de profil *expérimenté en conception de JEM*, mais pas en programmation visuelle, a trouvé la transition brutale et lui a donc attribuée la note minimale (0).

Tableau 10. Résultats partiels sur l'utilité de JEM Inventor v1.2, lors de l'expérimentation 2

Catégorie	Question	Moyenne	Écart type
Efficacité	1- Avez-vous réussi à réaliser votre scénario ?	4.14	0.89
	2- Avez-vous réussi à réaliser l'intégralité des tâches même dans les détails ?	4.42	0.78
Fonctionnalités	3- Par rapport à vos besoins, comment évaluez-vous les fonctionnalités proposées dans le mode standard ?	4	1.41
	4- Par rapport à vos besoins, comment évaluez-vous le niveau de détail proposé dans le mode intermédiaire ?	4.14	0.69
	5- Par rapport à vos besoins, comment évaluez-vous le niveau de détail proposé dans le mode expert ?	3.57	1.13
Charge mentale	6- Comment évaluez-vous le rapport charge mentale / fonctionnalités proposées dans le mode standard ?	4	1.15
	7- Comment évaluez-vous le rapport charge mentale / fonctionnalités proposées dans le mode intermédiaire ?	4	1.15
	8- Comment évaluez-vous le rapport charge mentale / fonctionnalités proposées dans le mode expert ?	2	2
Transitions	9- Comment évaluez-vous la transition entre le mode standard vers intermédiaire ?	4.57	0.53
	10- Comment évaluez-vous la transition entre le mode intermédiaire vers expert ?	1.85	1.95
Scénarisation	11- Le mécanisme fourni pour modifier la structure (indice, contenu, évaluation) vous a-t-il semblé adéquat ?	4.4	0.54
	12- Comment évaluez-vous les mécanismes ludiques mis en œuvre par JEM Inventor ?	4	1.09

Étant donné que les participants à cette expérimentation font partie de la catégorie *expérimentés en conception de JEM*, qu'ils avaient déjà des scénarios prévus en amont, et que nous ne leur avons pas imposé un modèle quiconque, les notes 4,14/5 et 4,42/5 pour les questions 1 et 2, valident le fait que JEM Inventor **a permis de concevoir des scénarios de JEM variés**. Pour la question 13 (voir Annexe 12), relative au besoin de modifier le *template de base*, six enseignants ont affirmé en avoir eu besoin et un seul a affirmé se contenter du *template* proposé. En outre, la moyenne (4,4/5) obtenue pour la question 11, relative à la structure modifiable, montre que les enseignants ayant eu besoin de **modifier cette structure** ont réussi à le faire. « *Ce qui m'intéresse dans le mode intermédiaire, c'est le fait de pouvoir moduler et de ne pas être imposé dans un cadre et de pouvoir l'adapter à mes élèves* », indique l'une des enseignantes. Ces résultats valident donc l'hypothèse H2, selon laquelle le modèle de JEM proposant une structure modifiable et des composants paramétrables **permet de couvrir une grande variété de scénarios de JEM**.

Pour vérifier si la méthode gigogne, s'appuyant dans notre cas, sur trois modes, permet de concevoir progressivement des scénarios plus riches, nous avons recueilli les appréciations subjectives des enseignants par rapport aux fonctionnalités proposées dans chaque mode. Tout d'abord, les questions 3, 4 et 5, relatives aux fonctionnalités des trois modes, ont obtenu des notes supérieures à la moyenne. Ceci valide le fait que JEM Inventor propose, à travers ses trois modes, assez de fonctionnalités pour réaliser les scénarios prévus par les enseignants partici-

pants. Cependant, nous avons tout de même veillé à proposer assez de fonctionnalités dans chaque mode sans pour autant surcharger l'interface et le parcours utilisateur. Pour cette raison, nous avons évalué le rapport charge mentale / fonctionnalités proposée, pour chaque mode. Celui-ci a été évalué comme convenable pour les deux premiers modes (4/5 et 4/5) et inférieur à la moyenne pour le *mode expert* (2/5).

Ensuite, nous avons souhaité savoir si les enseignants, à la recherche de plus de fonctionnalités, les avaient trouvées, en passant dans le mode suivant. Les appréciations ont été légèrement en faveur des fonctionnalités proposées dans le *mode intermédiaire* (4.14) par rapport au *mode standard* (4.00). De même, la transition entre les deux modes est jugée très convenable (4,57/5). Par contre, la transition du *mode intermédiaire* vers le *mode expert* a été jugée un peu brutale et, mis à part les deux enseignants ayant de l'expérience en programmation visuelle, les autres ont très vite quitté le *mode expert* (2 minutes en moyenne) et ont préféré revenir rapidement aux modes précédents : « *le mode expert porte bien son nom* » reporte une enseignante en SVT (Tableau 11). Ceci explique aussi le fait que la moyenne des notes attribuées aux fonctionnalités du *mode expert* soit inférieure à celles des deux autres modes. Nous estimons que les enseignants, n'ayant pas apprécié le *mode expert* en raison de sa complexité, n'ont donc pas pris le temps de comprendre la programmation visuelle et n'ont donc pas pu explorer toutes les fonctionnalités.

En dehors des problèmes d'utilisabilité et de transitions, nous estimons que les résultats relatifs aux fonctionnalités proposées par les modes *standard* et *intermédiaires*, ainsi qu'à la transition entre ces deux modes, valident en partie la 4^{ème} hypothèse, selon laquelle la méthode gigogne permet de concevoir progressivement des scénarios plus riches en dévoilant progressivement plus de fonctionnalités. Nous proposons d'optimiser la transition du *mode intermédiaire* vers le *mode expert* en rajoutant un quatrième mode entre les deux pour exploiter au mieux le principe de la méthode gigogne comme c'est le cas entre les modes *standard* et *intermédiaire*.

Globalement, tous les participants ont expérimenté les trois modes de conception proposés. Cependant, la plupart ont passé plus de temps sur le *mode standard*. En effet, ce dernier étant proposé par défaut, les participants ont pris le temps de créer les UJS, de personnaliser le *template de base* et de télécharger leurs ressources (Tableau 11). Ensuite, certains ont commencé à nous interroger sur les possibilités de personnalisation plus poussées au niveau du paramétrage (e.g. paramétrage des rayons de POI, couleur et font de texte) et de la scénarisation (e.g. configuration des modes de déclenchement des écrans, modification des enchaînements linéaires prévus par défaut). Nous leur avons donc présenté progressivement les fonctionnalités du *mode intermédiaire* et du *mode expert*.

Les deux enseignants ayant déjà utilisé la programmation visuelle se sont très vite approprié le *mode expert* et ont pu ajouter et modifier des fonctions existantes par exemple pour la gestion des scores et pour la personnalisation des QCM. Les autres participants ont simplement exploré le *mode expert*, pendant 5 et 10 minutes, sans pour autant se l'approprier. Certains ont affirmé avoir compris le principe, sans pour autant vouloir s'y investir tout de suite. « *Pour le mode expert, cela demande un peu de pratique, mais cela ne me paraît pas insurmontable. Il y a une logique derrière* ».

Les cases grisées dans le Tableau 11 correspondent au mode que les enseignants ont trouvé le plus utile par rapport à leurs besoins. En effet, les deux expérimentés en programmation visuelle ont indiqué une préférence pour le *mode expert*. « Cela me permet de faire ce que je veux » affirme l'une des enseignantes. Deux enseignants ont préféré le *mode standard*, en raison de sa simplicité, et trois enseignants ont indiqué une préférence pour le mode intermédiaire,

Chapitre 5. ÉVALUATION

en raison des possibilités de modification incluses du *template de base*. « *Ce qui m'intéresse dans le mode intermédiaire est le fait de pouvoir moduler et de ne pas être imposé dans un cadre. De ne pas être imposé dans son vocabulaire et pouvoir l'adapter à ses élèves* ».

En dehors des appréciations plutôt positives concernant les fonctionnalités disponibles sur JEM Inventor, les enseignants participants ont mis en lumière quelques limites et ont fait des propositions d'améliorations techniques comme avoir un suivi de progression et un classement des joueurs ou avoir un émulateur pour voir le rendu avant de compiler. D'autres ont souhaité retrouver des fonctions de synthèse vocale sans avoir à recourir à la programmation visuelle (*mode expert*) ou des animations qui apparaissent en cas de succès.

Tableau 11. Temps passé et fonctionnalités utilisées dans les trois modes

Profil enseignant Objet du scénario	Temps passé et principales fonctionnalités utilisées		
	Mode Standard	Mode Intermédiaire	Mode Expert
- Professeur de lycée professionnel (SEGPA du collège Lassale à Laval) - Visite de monuments historiques (Laval)	1h40 minutes - Création des UJS - Localisation des POI - Ajout de ressources	10 minutes - Personnalisation du rayon des POI (5 mètres) - Changement de déclencheurs de contenu pédagogique (GPS et manuel)	20 minutes - Ajout d'un score pour la prise d'image - Paramétrage des actions des boutons de navigation entre les écrans de l'UJS (réorganisation des écrans à l'intérieur de l'UJS)
- Institutrice (professeur des écoles), expérimentée en scratch - Découverte de la ville de Bonchamp	1h35 minutes - Localisation des POI - Ajout de ressources	20 minutes - Création d'UJS et téléchargement de bande sonore - Ajout/suppression d'activités situées	40 minutes - Personnalisation des actions des boutons de l'écran d'accueil - Ajout de questions supplémentaires dans QCM
- Ingénieure pédagogique - Découverte de la BU de l'université du Mans ⁶²	1h40 minutes - Création des UJS - Localisation des POI - Ajout de ressources	20 minutes - Ajout/suppression d'écrans - Réorganisation des UJS - Changement police et couleurs	10 minutes - Exploration des blocs de code pour comprendre la logique algorithmique
- Coordinatrice de visites à la BU - Découverte de la BU de l'université du Mans	1h - Création des UJS - Localisation des POI - Ajout de ressources	40 minutes - Ajout/suppression d'écrans - Réorganisation des UJS - Paramétrage de la police et des couleurs	10 minutes - Exploration des blocs de code pour comprendre la logique algorithmique
- Enseignante SVT - Sortie géologique (région parisienne)	40 minutes - Création des UJS - Localisation des POI - Ajout de ressources	20 minutes - Ajout/suppression d'écrans	5 minutes - Exploration des blocs de code pour comprendre la logique algorithmique
- Enseignant SVT - Découvrir les relations alimentaires entre les êtres vivants dans différents milieux.	1h15 minutes - Création des UJS - Localisation des POI - Ajout de ressources	30 minutes - Ajustement de la disposition des ressources - Paramétrage de la taille des écrans	10 minutes - Exploration des blocs de code pour comprendre la logique algorithmique
- Enseignant Canopé du Mans - Visite de bâtiments sur le thème de l'habitat.	45 minutes - Création des UJS - Localisation des POI - Ajout de ressources	15 minutes - Personnalisation des rayons de POI (5 mètres) - Ajout/suppression d'écrans	30 minutes - Paramétrage des fonctions de calcul de score - Paramétrage de boutons

⁶² Les deux conceptrices à la 4^{ème} et 5^{ème} ligne du tableau ont utilisé le même scénario mais ont conçu des parcours différents d'où la similarité dans les fonctionnalités utilisées.

5.3.3.2 Session de terrain

Parmi les JEM issus de cette expérimentation, nous présentons ci-dessous un JEM conçu par une ingénieure pédagogique et une responsable de recherche documentaire, coordinatrice de visites de groupes à la bibliothèque universitaire du Mans.

Leur idée de départ correspondait au *template* de chasse au trésor pédagogique proposé par JEM Inventor. Elles ont ainsi démarré la scénarisation avec le *mode standard*. Dans un deuxième temps, les deux conceptrices ont expérimenté le *mode intermédiaire* et ont modifié le *template* initial en rajoutant des messages sous forme d'indices à récolter au bout de chaque activité, en vue de proposer une énigme à résoudre au terme du jeu.

« Visites ta BU ! »

But pédagogique

Le but du jeu est de présenter la bibliothèque universitaire ainsi que ses différents services aux nouveaux étudiants à l'Université du Mans. Le jeu vise également à introduire les principes de recherche documentaire aux participants.

Scénario

Il est possible de jouer collectivement (par groupes de deux ou trois) ou d'une manière individuelle. Dans le jeu, les étudiants recherchent des ouvrages ou un membre du personnel de la BU, aidés par des indices fournis sur les terminaux mobiles. Sept parcours thématiques différents ont été conçus (sciences, STAPS, droit, économie, sciences humaines, lettres, pluridisciplinaires), étalés sur les trois étages de la BU du Mans. Chaque parcours contient quatre variations dans l'enchaînement des missions afin d'éviter les passages simultanés sur les mêmes points d'intérêts. D'autres missions permettent de découvrir les services disponibles dans la BU (e.g. la gestion des emprunts, la numérisation, les impressions, etc.). Au terme de chaque UJS, chaque groupe reçoit un indice permettant de résoudre une énigme qui se présente à la fin du jeu. Ainsi, les étudiants doivent relever le défi de réussir toutes les missions, remporter le plus grand nombre de points et résoudre l'énigme finale.



Figure 46. Deux groupes d'étudiants qui jouent au JEM la BU du Mans, expérimentation 2

Implémentation sur JEM Inventor

Le JEM a d'abord été conçu avec le *mode standard*. Ainsi, les conceptrices sont parties avec l'idée de mettre en place un scénario donnant des indices au terme de chaque UJS pour résoudre une énigme finale. Ces indices ne sont pas à confondre avec les indices pour trouver les POI. Pour transmettre ces indices, les conceptrices ont utilisé la personnalisation des messages de succès pour chaque activité située, depuis le *mode standard*. Ensuite, les conceptrices ont esti-

mé que l'écran "contenu pédagogique" du *template de base* ne leur était pas nécessaire, comme la plupart des informations sur les services de la BU ou sur les ouvrages, se trouvent directement sur les POI (ouvrage ou personnels de la BU). Les conceptrices ont donc utilisé le *mode intermédiaire* pour supprimer le composant "contenu pédagogique" du *template de base*. En outre, étant donné le nombre important des étudiants, il a été décidé que chacun des sept parcours propose quatre enchaînements différents des UJS, pour éviter que plusieurs étudiants ne se retrouvent sur un même POI au même moment. Pour cela, les conceptrices ont modifié depuis le *mode intermédiaire* l'ordre des UJS, à travers la propriété "activité suivante" dans la palette d'édition de chaque UJS, pour chacun des 28 parcours avant de générer à chaque fois le QR-code. Pour finir, le jeu étant intramuros (à l'intérieur de la BU), les conceptrices ont désactivé le déclenchement automatique par GPS des UJS et ont opté pour un déclenchement manuel (à travers un appui sur un bouton). Les propriétés du *mode intermédiaire* comme le paramétrage du rayon du POI n'ont donc pas été utilisés. De même, le système de calcul des scores proposé par le *mode standard* a été conservé.

Participants et résultats

Le jeu a été expérimenté auprès de 1389 étudiants du campus universitaire du Mans, à la rentrée universitaire 2017⁶³. En raison du caractère non obligatoire du questionnaire, nous avons fait une version courte d'*EGameFlow*, pour maximiser le nombre de réponses (voir Annexe 14). Parmi les 1389 participants, nous avons réussi à interroger un échantillon de 468 participants *via* ce questionnaire de satisfaction.

Tableau 12. Résultats du questionnaire de satisfaction du JEM de la BU du Mans

Question	Pas du tout % (n)	Plutôt non % (n)	Plutôt oui % (n)	Tout à fait % (n)
Avez-vous trouvé l'activité amusante ?	0.2% (1)	4.9% (23)	76.3% (357)	18.6% (87)
Avez-vous trouvé motivant de visiter la bibliothèque en jouant sur mobile ?	0% (0)	4.1% (19)	28.9% (135)	66.8% (312)
Avez-vous trouvé l'application facile à utiliser ?	0.9% (4)	3.6% (17)	36.6% (171)	58.9% (275)
Voudriez-vous rejouer à ce genre d'activité une nouvelle fois ?	3.6% (17)	22.5% (105)	55.9% (261)	18% (84)

Tel qu'illustré par le Tableau 12, 94.9 % des participants ont trouvé le jeu amusant, 95.7 % ont trouvé cette forme de visite de la bibliothèque motivante et 73.9% souhaitent y rejouer une nouvelle fois. De plus 95.5% des participants ont trouvé l'application facile à utiliser. D'autres ont trouvé le jeu plutôt court (20 minutes en moyenne pour six activités) et ont souhaité que cela dure plus longtemps la prochaine fois. Parmi les termes qui sont le plus ressortis, suite à une question ouverte sur l'intérêt du JEM, le mot « découvrir » est spontanément apparu 45 fois, le mot « ludique » 34 fois et les termes « connaître » et « autonomie » 15 fois parmi 420 réponses spontanées obtenues pour cette question. Pour finir, nous estimons que les résultats recueillis montrent que le JEM a été globalement satisfaisant d'un point de vue motivation et apprentissage. De plus, les conceptrices souhaitent réutiliser JEM Inventor de nouveau, en explorant davantage les fonctionnalités fournies par les modes *intermédiaire* et *expert* afin d'enrichir davantage le JEM, et prendre en compte les remarques des joueurs ayant répondu au question-

⁶³ <https://umotion.univ-lemans.fr/video/1780-jeu-de-piste-a-la-bu-du-mans-reportage-france-3/> (consulté en juin 2018)

naire.

5.3.4 Conclusion

Lors de cette deuxième série d'expérimentations, nous avons analysé l'utilisabilité du prototype JEM Inventor v1.2 dans son intégralité, incluant les trois modes de conception proposés : *standard*, *intermédiaire* et *expert*. Ayant ciblé un public d'enseignants susceptibles d'utiliser les trois modes proposés, nous avons également évalué l'utilité des fonctionnalités présentes dans chacun des modes ainsi que les transitions entre eux. Les résultats d'utilisabilité affichent une bonne satisfaction quant à l'utilisabilité de JEM Inventor d'un point de vue global. De même, les résultats quant à l'utilité des fonctionnalités et des structures proposées peuvent être considérés comme satisfaisants. Cependant, certains enseignants ont trouvé que la transition entre la *mode intermédiaire* (permettant un paramétrage avancé du scénario), et la *mode expert* (permettant de recréer des composants en utilisant la programmation visuelle) n'était pas adaptée.

D'autre part, plusieurs enseignants ont souhaité continuer à améliorer leurs scénarios même après l'expérimentation pour le tester avec leurs étudiants. Ainsi, l'un des JEM produits par deux enseignantes *expérimentées en conception de JEM*, ayant utilisé les deux modes *standard* et *intermédiaire* de JEM Inventor v1.2, a permis à 1389 étudiants à l'université du Mans de découvrir la bibliothèque universitaire lors de la rentrée 2017. Les résultats en termes de motivation et d'apprentissage sont très encourageants.

5.4 Conclusion

Ce chapitre résume les expérimentations menées afin d'évaluer l'utilisabilité et l'utilité de l'outil auteur JEM Inventor, ainsi que la qualité des JEM qu'il permet de créer. Ainsi, le chapitre présente tout d'abord les critères d'évaluation adoptés, issus de la Démarche de conception Centrée Utilisateur (DCU) et du modèle d'acceptation de la technologie TAM (Davis *et al.*, 1989). Ensuite, le chapitre présente la structure des expérimentations à réaliser ainsi que les protocoles de recueil de données à appliquer.

Une pré-expérimentation a été menée au sein du laboratoire LIUM sur le prototype JEM Inventor v1.0, en vue d'identifier les éventuels problèmes d'IHM et bugs techniques. Cette pré-expérimentation nous a permis d'avoir des retours de la part d'experts en IHM et en EIAH au LIUM qui ont été pris en compte pour l'amélioration de ce premier prototype.

La première expérimentation, "focus sur le *mode standard*", a donc été menée avec le prototype JEM Inventor v1.1. Elle a été réalisée auprès de 14 enseignants issus de contextes différents (niveaux d'enseignement, matières enseignées) en vue d'évaluer l'utilisabilité de l'outil auteur lors d'une toute première utilisation, ainsi que l'utilité des fonctions et structures proposées dans le *mode standard*, et notamment le *template de base*. Elle valide les hypothèses H1, H3 et en partie H5 pour ce qui concerne le support du modèle de JEM et du *template de base* par un outil auteur. En outre, cette expérimentation a été suivie par une série d'expérimentations de terrain de JEM réalisés par certains enseignants participants. Les résultats ont montré une satisfaction générale par rapport aux JEM expérimentés et une préférence des joueurs pour le mode de jeu à plusieurs.

La deuxième expérimentation, "le point des experts", a ciblé un public plus restreint, constitué de sept enseignants *expérimentés en conception de JEM*, en vue d'évaluer l'utilisabilité et l'utilité de JEM Inventor v1.2 dans son intégralité, incluant les trois modes proposés. Elle valide les hypothèses H2 et H4 et H5, relatives à la structure modifiable et à la mé-

Chapitre 5. ÉVALUATION

thode de conception gigogne, permettant aux enseignants de prendre en main rapidement l’outil auteur et d’accéder progressivement à des fonctionnalités plus complexes. Une expérimentation de terrain d’un JEM créé par deux enseignants a permis à 1389 étudiants de l’université du Mans de découvrir la bibliothèque universitaire lors de la rentrée 2017. Cependant, même si les hypothèses sont validées, il reste néanmoins des améliorations à apporter pour faciliter la transition entre les modes *intermédiaire* et *expert*. Nous étudions donc la possibilité de proposer un mode supplémentaire et d’autres solutions dans le chapitre suivant.

Chapitre 6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

6.1 Principales contributions

Les travaux de cette thèse s'inscrivent dans le cadre des Jeux Éducatifs Mobiles (JEM). Les JEM témoignent d'un grand potentiel pour améliorer la motivation et l'apprentissage. Cependant, leur utilisation en contexte scolaire demeure très limitée. Ainsi, dans le cadre de cette thèse, nous avons tenté d'apporter des solutions pour pallier ce problème.

Nous avons tout d'abord présenté le contexte d'apparition des JEM, en passant en revue les statistiques prouvant la démocratisation des artefacts mobiles chez les adolescents et jeunes adultes, mais aussi dans les établissements scolaires. Nous avons également défini notre objet de recherche (les JEM), en les distinguant des Jeux Éducatifs Sur Mobile qui n'exploitent pas les atouts de la mobilité. En effet, nous nous sommes particulièrement intéressés aux Jeux Éducatifs, tirant profil des contextes d'apprentissage en dehors des classes, utilisés notamment en « pédagogie du lieu », et des fonctionnalités disponibles sur les appareils mobiles (*e.g.* la géolocalisation, les QR-codes, la prise de photos, etc.). Après avoir présenté des travaux de recherche qui montrent les effets positifs que peuvent avoir les JEM sur le processus d'apprentissage, nous avons adressé la problématique de l'utilisation effective des JEM dans les établissements scolaires. En effet, l'utilisation de JEM est freinée par le coût élevé de leur création et par le manque d'outils de conception et de solutions adaptées aux besoins des enseignants.

Dans un premier temps, nous avons passé en revue les caractéristiques de la « pédagogie du lieu » et l'historique de ses différentes variations. Ensuite, nous avons analysé une sélection de cinq JEM, choisis parmi les articles de recherche les plus cités dans ce domaine. En outre, nous avons étoffé notre analyse par une sélection complémentaire de trois JEM plus récents, qui avaient montré de très bons résultats en termes de motivation et d'apprentissage. L'analyse de ces JEM nous a permis d'identifier une structure commune, composée des trois éléments : « indice », « contenu pédagogique » et « activité située ».

En vue d'apporter des solutions pratiques à la problématique énoncée, nous avons inscrit nos travaux dans le cadre de la méthode de conduite de recherche DBR (*Design Based Research*) (DBR Collective, 2003; Wang et Hannafin, 2005), associée à la Démarche Centrée sur l'Utilisateur (DCU) (Baek *et al.*, 2008; Gould et Lewis, 1985). Nous avons donc étudié les pratiques des enseignants vis-à-vis des JEM et de la technologie en général, en nous appuyant sur la littérature, mais aussi sur un questionnaire mené en ligne auprès de 24 enseignants pratiquant des sorties pédagogiques. Suite aux résultats de cette enquête, nous avons mis en évidence un *continuum* de profils d'enseignants, allant d'enseignants *novices en conception de JEM*, prêts à en créer si cela ne leur prend pas beaucoup de temps jusqu'à des enseignants plus *expérimentés en conception de JEM* avec des intentions d'investissement plus importantes.

Toujours dans le cadre de l'analyse des situations de terrain et en vue de poursuivre l'analyse des pratiques des enseignants vis-à-vis des JEM, nous nous sommes focalisés sur les outils auteurs. Ainsi, nous avons réalisé une analyse détaillée de six outils auteurs permettant de créer des JEM. Cette analyse s'est déroulée selon deux perspectives complémentaires. Tout d'abord, une évaluation par fonctionnalités, lors de laquelle nous avons cherché à reproduire des mécanismes de jeux observés dans l'analyse de JEM précédente (*e.g.* des représentations virtuelles d'informations pédagogiques à travers des images, des vidéos ou des bandes sonores, le suivi de progression des joueurs, la gestion des scores, les QR-codes, etc.). La deuxième pers-

pective a consisté en une analyse ergonomique des outils auteurs retenus. Celle-ci s'est déroulée en deux temps. En effet, nous avons analysé les outils auteurs dans un premier temps selon des critères ergonomiques d'utilisabilité (Baccino *et al.*, 2005; Bastien et Scapin, 1993). Dans un deuxième temps, nous avons réalisé des tests utilisateur avec cinq enseignants parmi ceux qui ont répondu à notre questionnaire en ligne. Suite aux résultats de ces analyses, nous avons réparti les outils auteurs en deux catégories : des *outils auteurs complexes*, riches en fonctionnalités, mais difficiles à prendre en main, et des *outils auteurs légers*, simples à utiliser, mais dont les fonctionnalités sont assez limitées. De même, nous avons démontré que d'autres outils auteurs n'ayant pas fait l'objet de notre analyse détaillée rejoignent forcément l'une de ces deux catégories.

Suite aux résultats de la phase d'analyse, notre objectif a été de fournir un outil auteur de JEM, à la fois simple à prendre en main, pour les enseignants *novices en conception de JEM*, et riche en fonctionnalités, pour les plus *expérimentés*. Au-delà de ces résultats, nous avons construit l'hypothèse que les enseignants *novices en conception de JEM* ont des besoins de prototype rapide de JEM basiques, typiques d'un *outil auteur léger*. Cependant, en acquérant de l'expérience, ces besoins peuvent évoluer vers la conception de JEM plus sophistiqués. Le besoin d'un outil auteur plus riche en fonctionnalités peut donc s'établir. Nous nous sommes ainsi focalisés sur une question de recherche liée à une méthode et un environnement de conception qui s'adapte à l'expérience et aux besoins des enseignants.

Notre première contribution est un **modèle de JEM**, intégrant un *template de base*, qui reprend l'ossature commune observée lors de l'analyse structurelle de JEM dans le chapitre 2. Ce *template de base* représente un point de départ pour les enseignants. L'objectif est ainsi d'éviter le « syndrome de la page blanche » et de fournir des scénarios pouvant répondre aux besoins les plus courants ou pouvant servir de base d'inspiration. Les enseignants peuvent ainsi intégrer directement leurs scénarios de sorties pédagogiques existants sous la forme d'une chasse au trésor par défaut, d'où la première hypothèse H1 : « Un modèle de JEM, fondé sur un **template de base**, permettra aux enseignants de ludifier des scénarios de sorties pédagogiques existants de façon intuitive ». Afin que les scénarios créés sur la base de ce *template* puissent être modifiés et enrichis, le modèle de JEM est bâti sur une structure modifiable à base de composants. Nous avons également défendu l'idée que le paramétrage détaillé de ces composants offrira davantage de possibilités de personnalisation et d'adaptation en fonction des besoins spécifiques des enseignants, d'où la 2^{ème} hypothèse H2 : « Un modèle de JEM proposant une **structure modifiable** et des **composants paramétrables**, couvrira une grande variété de scénarios de JEM ».

D'autre part, le modèle de JEM présenté est fondé sur un principe d'incorporation de composants bas niveau tels que les objets d'IHM sur mobile (*e.g.* boutons, cases à cocher, capteur de position, etc.) dans des composants de niveau intermédiaire et de haut niveau, qui sont plus proches du vocabulaire des enseignants (*e.g.* activité, indice, point d'intérêt, etc.). En outre, cette incorporation est accompagnée de fonctions permettant d'opérationnaliser le *template de base* et les autres composants de niveau intermédiaire et de haut niveau, d'où la 3^{ème} hypothèse H3 « Des **fonctions d'opérationnalisation**, faisant le lien entre composants haut niveau, intermédiaires et objets d'IHM, permettront d'exécuter les scénarios de JEM sur dispositifs mobiles ».

Notre deuxième contribution est l'**approche de conception gigogne**. Celle-ci consiste à dévoiler les composants du modèle de JEM, selon leur niveau de granularité (haut, intermédiaire ou bas), donnant accès à plus de fonctionnalités. De ce fait, le concepteur peut naviguer entre

les modes pour dévoiler les fonctionnalités, au fur et à mesure de son utilisation, en fonction de ses besoins et de ses compétences. Nous avons proposé trois niveaux de conception. Le niveau « standard », consiste à faire essentiellement du paramétrage et permet ainsi de créer des JEM standards en paramétrant le *template* générique évoqué ci-dessus. Le niveau « intermédiaire », permet de créer des scénarios personnalisés, et pour finir, le niveau « expert », consiste à recréer des composants à l'aide d'une interface de programmation visuelle pour obtenir des JEM sur mesure. Cette contribution incarne l'hypothèse H4 « Une **méthode de conception gigogne, s'appuyant sur le modèle de JEM**, permettra aux enseignants de concevoir progressivement des scénarios plus riches ».

Pour réifier ces propositions, nous avons tout d'abord formulé la 5^{ème} hypothèse « Le modèle de JEM et la méthode de conception gigogne peuvent être supportés par un **outil auteur** ». Ainsi, nous avons développé **JEM Inventor**, l'outil auteur support du modèle de JEM et fondé sur l'approche de conception gigogne. En effet, JEM Inventor permet à des enseignants de créer des JEM avec trois modes de scénarisation, à savoir le *mode standard*, le *mode intermédiaire* et le *mode expert*, relatifs aux trois niveaux de conception évoqués ci-dessus.

Nos hypothèses ont été validées par **deux expérimentations** de JEM Inventor auprès d'une vingtaine d'enseignants, issus de différents contextes et niveaux d'enseignement, et ayant des niveaux d'expertises variés en conception de JEM. La première expérimentation a été réalisée auprès de 14 enseignants issus de différents contextes (histoire, SVT, recherche documentaire, etc.) et niveaux d'enseignement (collège, lycée, enseignement supérieur). Elle a validé l'utilité et l'utilisabilité du mode standard proposé par JEM Inventor v1.1 ainsi que les hypothèses H1, H3 et en partie H4, relatives au modèle de JEM et au *template de base* ainsi que les fonctions d'opérationnalisation. Cette expérimentation a été suivie par une série d'expérimentations de terrain afin de tester des JEM réalisés par les enseignants participants. Les résultats ont montré une satisfaction générale par rapport aux JEM expérimentés et une préférence des joueurs pour les modes de jeux collaboratifs.

La deuxième expérimentation a été menée auprès de sept enseignants de profil *expérimenté en conception de JEM*. Elle a validé l'utilisabilité et l'utilité des trois modes proposés par JEM Inventor v1.2 ainsi que les hypothèses H2, H4 et H5, relatives à l'extension du *template de base*, et à la méthode de conception gigogne supportée par l'outil auteur. En outre, une expérimentation de terrain d'un JEM créé suite à cette expérimentation a été menée auprès de 1389 étudiants de l'université du Mans et leur a permis de découvrir la bibliothèque universitaire lors de la rentrée 2017. En effet, la majorité des participants ont trouvé le jeu amusant et souhaitent y rejouer une nouvelle fois. Toutefois, des remarques sur la qualité esthétique du JEM produit montrent la voie vers des perspectives d'améliorations pour les prochaines itérations.

Bien que les hypothèses citées ci-dessus soient validées par les expérimentations réalisées, ces dernières nous ont permis de mettre en évidence certaines limites de nos travaux, que nous exposons dans la section suivante de ce chapitre. L'approche de conception gigogne proposée ouvre également la voie à de nombreuses perspectives.

6.2 Limites et perspectives

Suite aux expérimentations réalisées, nous avons relevé certaines limites de JEM Inventor. Certaines limites sont tout d'abord d'ordre technique. Elles concernent principalement l'interface web et l'exécution sur mobile et seront présentées dans la section des prochaines améliorations ci-dessous. D'autres limites concernent des verrous scientifiques comme la scénarisation des

modes collaboratifs, les tableaux de bord, etc. Nous les présentons dans la section questions de recherche.

6.2.1 Perspectives techniques et diffusion des travaux

6.2.1.1 Prochaines améliorations

Émulateur

Au niveau de l'interface de scénarisation, JEM Inventor propose actuellement une vue qui simule l'écran mobile de chaque activité (cf. section 4 du 4^{ème} chapitre). Cependant, cette vue ne permet pas de tester le fonctionnement des ressources téléchargées ou l'enchaînement des activités. Ainsi, certains enseignants ont souhaité avoir accès à un émulateur permettant de faire des tests au lieu de devoir recompiler à chaque fois le projet. En réalité, la version "App Inventor" que nous avons utilisé propose un émulateur qui fonctionne uniquement sur "App Inventor" en raison du programme MIT Compagnon, intégré à cet émulateur. Techniquement, il sera donc question de configurer celui-ci pour une utilisation avec JEM Inventor.

L'automatisation de plus de fonctionnalités

Certaines fonctionnalités sont uniquement disponibles en *mode expert*, mais des enseignants nous ont cependant déclaré vouloir retrouver des composants, comme le chronomètre ou la synthèse vocale, dans les modes *standard* ou *intermédiaire*. D'un point de vue technique, le déplacement ou la mise en place de nouveaux composants dans ces deux derniers modes nécessite la création de nouveaux arbres de décision (voir chapitre 4, section 4.5.3) traduisant les interactions des utilisateurs sur l'interface de conception par une génération automatique des blocs du côté du serveur "blockly". Cette amélioration aura lieu dans la prochaine version de JEM Inventor.

Espace de partage

Dans une perspective d'utilisation plus large, nous souhaitons proposer un espace de partage des JEM créés par chaque enseignant, et également de ceux qui sont fournis comme *templates* de démarrage ou encore des briques de scénarios réutilisables. Ainsi, nous prévoyons de mettre en place des filtres pour affiner les recherches selon des critères précis. Parmi ces critères, il sera possible de filtrer selon le modèle du jeu, c'est-à-dire, scénario linéaire, scénario émergent ou hub d'activités. Il est également prévu de pouvoir filtrer par type de jeu, c'est-à-dire, jeu de piste, jeu de rôle, chasse au trésor, résolution d'énigme, balade interactive ou parcours de découverte. En outre, les filtres concerneront le domaine d'enseignement (histoire, botanique, archéologie, etc.), la nature du lieu (parc, forêt, musée, campus universitaire, etc.) et les fonctionnalités utilisées par les JEM (géolocalisation, QR-codes, chronomètre, etc.). Le développement de cette partie est actuellement en cours, tel qu'illustré par la Figure 47. Cette amélioration aura lieu dans la prochaine version de JEM Inventor.

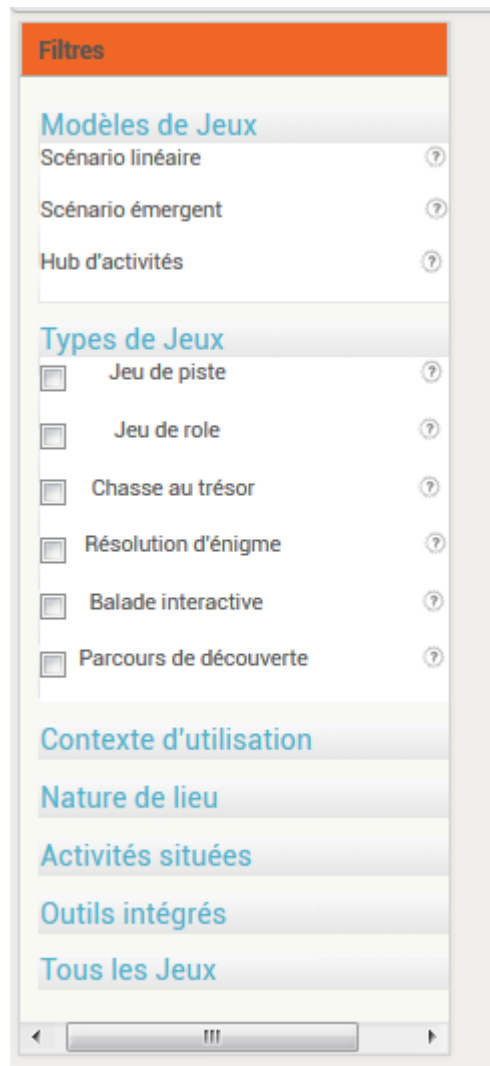


Figure 47. Filtres relatifs à l'espace de partage des JEM (en cours de développement)

Exécution sur iPhone

L'une des principales limites que nous avons rencontrées pendant la phase des expérimentations est l'exécution uni-plateforme, en l'occurrence Android. Par ailleurs, tenant compte des proportions d'utilisation d'Android par rapport aux autres systèmes d'exploitation mobiles et aussi des nombreuses fonctionnalités d'*App Inventor*, nous avons estimé que cette limite était acceptable pour un premier prototype de recherche (voir chapitre 4, section 5). En revanche, dans une optique d'évolution continue de JEM Inventor, nous estimons désormais qu'il serait avantageux d'élargir son exécution à d'autres systèmes d'exploitation mobiles. Parmi les pistes techniques pour atteindre cet objectif, nous considérons l'investissement dans la nouvelle version d'*App Inventor*, avec une sortie prévue pour la fin 2018. Celle-ci intégrera une compilation au choix entre format ".apk" ou ".ipa" pour une exécution sur un support Android ou iPhone.

6.2.1.2 Diffusion des travaux

L'utilisation du JEM pour la découverte de la BU (bibliothèque universitaire) du Mans a eu un grand succès auprès des étudiants, mais également auprès du personnel de la BU. Ces derniers ont souhaité valoriser leurs initiatives en écrivant des articles et en participant à des colloques

sur l'innovation pédagogique à l'université. Suite à ces interventions, ils ont été contactés par plusieurs autres universités qui souhaitent mettre en place un JEM pour leur BU. Nous prévoyons notamment un JEM pour la BU de l'Université d'Angers à la rentrée 2018. Ce JEM sera adressé aux étudiants en "Pluripass" (1^{ère} année de médecine).

De même, le jeu de piste expérimenté à la BU du Mans sera réitéré à la rentrée 2018, par la responsable de recherche documentaire, tandis que l'ingénieure pédagogique qui s'était également impliquée dans la même expérimentation, est actuellement en train de préparer via JEM Inventor, un nouveau jeu de piste pour présenter le campus universitaire du Mans aux nouveaux étudiants.

D'autre part, le centre de santé de l'université du Mans est également intéressé par une utilisation de JEM Inventor pour créer un JEM dédié à la journée "Campus en Fête" le 20 septembre 2018. Le projet est en cours de réflexion à l'heure actuelle.

6.2.2 Perspectives de recherche

6.2.2.1 Assistance à la scénarisation pédagogique

Le *template de base* inclus dans le *mode standard* de JEM Inventor permet une intégration simple des ressources pédagogiques dans l'unité de jeu située. Cette intégration, permet de simplifier le tissage du contenu pédagogique au scénario ludique, en l'intégrant dans la structure prédéfinie de l'UJS. En outre, la version actuelle de JEM Inventor propose des composants d'évaluation prêts à utiliser comme les QCM, les questions ouvertes, les questions à réponses unique, ou la prise d'image. Cependant, nous aimerions améliorer ces mécanismes afin de fournir une meilleure assistance à la scénarisation pédagogique. Nous aimerions ainsi aider les enseignants à identifier clairement les compétences cibles qu'ils souhaitent intégrer dans leurs JEM. En outre, nous aimerions leur permettre de structurer des activités pédagogiques vis-à-vis des compétences ciblées pour augmenter le potentiel éducatif du JEM. Par exemple, si un concepteur renseigne une compétence cible, le système doit lui proposer une série d'activités relatives à son contexte d'utilisation, beaucoup plus riches que les composants actuellement proposés (qcm, prise d'image, etc.). Pour cela, un travail de modélisation spécifique des compétences métiers sera nécessaire pour aider les enseignants à spécifier clairement les compétences pédagogiques.

D'autre part, le composant prise d'image, proposé actuellement, n'effectue pas la reconnaissance d'image et la validation de l'activité n'est donc pas effective. Il serait possible d'utiliser la technique de reconnaissance de formes utilisée actuellement en réalité augmentée pour valider la prise d'image. De cette façon, l'enseignant pourra préciser la validation en fonction du type de forme qui sera placé sur le point d'intérêt.

6.2.2.2 Intégration de la réalité augmentée

Dans une perspective d'amélioration, nous aimerions donc enrichir JEM Inventor avec des activités intégrant de la réalité augmentée. Au-delà de la lecture des QR-codes et de la validation des prises d'image grâce à la reconnaissance de formes, la réalité augmentée permet d'enrichir les scénarios de JEM, notamment en proposant un contenu virtuel attrayant sur les sites d'apprentissage visités ou les POI (Fotouhi-Ghazvini et al., 2011). Par exemple, nous avons vu que les effets de réalité augmentée (représentations virtuelles du site archéologique dans "Gaius' Day" et images et annotations dans "Mystery at The Lake") ont contribué à améliorer le processus d'apprentissage dans plusieurs JEM analysés (chapitre 2). En effet, « une relation

plus directe avec le milieu dans sa réalité physique et sensorielle en alternance avec le virtuel permet à la fois la construction d'une conscience citoyenne et un engagement réel des élèves » (Campeau, 2016). En outre, la réalité augmentée permet d'identifier des objets manipulés et leur position. Par exemple, dans un cadre d'apprentissage en botanique, il est possible de valider que l'apprenant ait bien trouvé tel type de feuille ou qu'il utilise bien la flore (ouvrage contenant la description et la classification des plantes). Ainsi, le système peut fournir des rétroactions sous forme d'indicateurs visuels ou d'annotations pour lui indiquer qu'il n'est pas sur la bonne page de la flore par rapport au type de feuille recueilli. Il existe actuellement des kits pédagogiques qui proposent ce type de rétroaction⁶⁴. Cependant, ces kits ne sont pas adaptés aux dispositifs mobiles et nécessitent d'avoir du matériel spécifique (e.g. objets avec puces RFID, table interactive, ordinateur, camera). En plus des contraintes matérielles, ces dispositifs ne proposent qu'un nombre réduit d'exercices que les concepteurs ne peuvent pas modifier. De plus, ces applications ne proposent que des rétroactions basiques puisqu'elles permettent uniquement de détecter si les objets sont posés dans une zone ou non. Pour toutes ces raisons, nous estimons qu'un travail de recherche spécifique visant à modéliser les interactions de réalité augmentée dans le cadre des scénarios de JEM est nécessaire. De même, cette modélisation peut être couplée au modèle de JEM actuel afin de faciliter son intégration sur JEM Inventor.

6.2.2.3 Aspect multi-joueurs et scénarios collaboratifs

L'une des limites que nous avons observée suite aux expérimentations du prototype actuel JEM Inventor, est l'absence d'un mode multi-joueurs. En effet, lors des expérimentations de terrain avec les JEM créés, la méthode qui a été utilisée, pour mettre en œuvre des mécanismes d'interaction sociale, comme la collaboration et la compétition, est une méthode de répartition manuelle des joueurs par groupes, autour d'un artefact mobile pour chaque groupe. Cette méthode a donc permis aux joueurs de réfléchir collaborativement à la résolution des problèmes (e.g. les énigmes pour le jeu de la BU) et aussi à chercher à obtenir un meilleur score que les autres groupes (e.g. le jeu du parc de saint-germain). Toutefois, les outils numériques aujourd'hui, permettent de faciliter cette collaboration avec des possibilités de communication à distance et d'enregistrement. Ainsi, d'un point de vue technique, de telles fonctionnalités peuvent être intégrées aux deux premiers modes de JEM Inventor à l'aide des composants de communication qui ont été jusqu'à présent réservées au *mode expert*, comme l'accès aux SMS, ou à l'envoi des mails à travers l'application JEM. Ces composants nécessiteront l'établissement de nouveaux arbres de décision pour la génération automatique des blocs comme discuté dans le paragraphe d'automatisation des fonctionnalités de la section 6.2.1.1 .

D'un point de vue conceptuel, la conception de scénarios collaboratifs pose un certain nombre de questions. En premier lieu, des verrous résident autour de l'association des aspects ludiques, des spécificités de l'apprentissage ainsi que la scénarisation multi-joueurs (Wendel *et al.*, 2013). Dans ce cadre, Wendel *et al.* proposent une approche pour la scénarisation des jeux sérieux collaboratifs. Celle-ci intègre plusieurs critères comme l'hétérogénéité des ressources ou objets virtuels mis à disposition, en vue de diversifier les tâches individuelles, l'interchangeabilité de ces ressources entre les joueurs pour promouvoir l'expérience sociale. De même, la collecte individuelle de ces objets hétérogènes mène les apprenants à résoudre les missions collectives à chaque groupe et favorise ainsi la collaboration. L'approche repose également sur les moyens de communication à mettre en œuvre pour faciliter les échanges entre les joueurs à l'image des systèmes de *chat* ou la communication vidéo (e.g. Skype, TeamSpeak ou

⁶⁴ <https://www.playosmo.com/fr/>

Mumble). Cependant, cette approche, testée dans le cadre d'un jeu de rôle 3D sur PC, peut ne pas convenir à d'autres contextes de jeux sérieux, à l'image des JEM, où d'autres paramètres comme l'espace physique rentrent en jeu.

D'autres travaux ont été menés pour créer des scénarios collaboratifs, appelés aussi CSCL (Computer Supported Collaborative Learning) *scripts*, dynamiques et adaptatifs, permettant de paramétrer en amont le déclenchement et la structuration des activités collaboratives, en vue d'accompagner les apprenants le plus loin possible dans l'achèvement des tâches. Les CSCL *scripts* ont ainsi évolué de simples formalismes d'activités collaboratives jusqu'aux outils auteurs de scénarios collaboratifs. Cependant, ces outils ne sont pas adaptés aux outils d'apprentissage comme les artefacts mobiles et tactiles (Alharbi *et al.*, 2014), où le processus collaboratif peut prendre plusieurs formes en raison de la variation des dispositifs ou encore la séparation spatiale entre les apprenants (la présence à différents endroits).

Plus récemment, Marty *et al.* (2016) proposent une méthode qui s'appuie sur l'interterritorialité (Scott *et al.*, 2004) pour la conception des activités ludiques collaboratives en utilisant des terminaux différents. Ainsi, dans un environnement utilisant des écrans privés (des tablettes, des téléphones mobiles et les extrémités d'une table interactive) et un écran partagé (la partie centrale de la table interactive), cette méthode suggère d'adapter le contenu en fonction de l'espace de travail (privé ou partagé). Par suite, l'espace de travail personnel affiche les activités individuelles et un contenu relatif à l'utilisateur en question. Tandis que l'espace de travail partagé affiche les informations que les joueurs ont accepté de partager avec les autres et permet des interactions faciles afin de faciliter la communication entre le groupe d'apprenants. Nous estimons qu'il serait intéressant d'expérimenter de tels scénarios dans des configurations en dehors de la classe, en transposant le matériel dans des configurations extérieures adaptées (utilisant les terminaux mobiles pour l'expérience du jeu et l'espace partagé pour le *débriefing* par exemple).

6.2.2.4 Suivi de progression et tableaux de bord

Nous avons vu que dans certains des jeux analysés comme "Edupark" (chapitre 2), il était possible pour les enseignants de suivre en temps réel la progression des apprenants. Dans d'autres exemples, il était possible de consulter les positions des joueurs des équipes adverses sur le terminal mobile (*e.g.* "TheMobileGame"). En effet, les informations issues du suivi dans un JEM peuvent être utiles pour différentes raisons. Tout d'abord, le suivi peut être utilisé pour évaluer la performance de l'apprenant (Gee, 2003). Le suivi peut également permettre de guider le joueur, adapter le jeu en fonction des actions de l'apprenant (Conlan *et al.*, 2009) ou améliorer la conception même du jeu (Marty et Carron, 2011). Pour ces raisons, nous souhaitons intégrer à JEM Inventor le suivi de la progression des joueurs pendant le jeu. D'un point de vue technique, cette fonctionnalité sera possible en mettant en place un serveur pour les JEM créés. Il est possible d'utiliser des composants récupérés depuis "App Inventor" comme le *tiny data base component*, ou bien le *web data base*. Ainsi, les enseignants pourront accéder à un écran de suivi de progression des apprenants et aux actions réalisées en temps réel. C'est un besoin que nous avons relevé lors des expérimentations réalisées avec JEM Inventor. En outre, ces possibilités de suivi permettent de pallier à des problématiques d'organisation et de gestion d'effectifs qui freinent les sorties pédagogiques.

D'autre part, les indicateurs fournis à l'issue d'une session de JEM sont insuffisants pour décortiquer le parcours d'un apprenant. Il est donc nécessaire de mettre en place non seulement un suivi des actions du joueur, mais aussi des outils d'analyse et de diagnostic automatique pour

traiter en détail les traces recueillies (Thomas *et al.*, 2011). Dans ce cadre, de récents travaux ouvrent la voie vers des pistes de traitement des données recueillies, comme l'automatisation de la détection des séquences d'usage (Vermeulen *et al.*, 2017) ou encore la proposition de tableaux de bord contextuels et adaptatifs, intégrant des indicateurs paramétrables (Dabbebi *et al.*, 2017). En effet, des quantités de données importantes sont recueillies lors des sessions de JEM et peuvent être enregistrées pour une analyse ultérieure par l'enseignant. Ce mode d'analyse de données nécessite donc la mise en place de tableaux de bord pour gérer la quantité importante des traces pouvant être recueillies. Il est ainsi possible d'établir des indicateurs en vue de tirer des conclusions sur les situations d'apprentissage ou pour réaliser des séances de *débriefing* avec les élèves. Des verrous résident cependant dans l'adaptation de ces tableaux de bords aux différents besoins des utilisateurs.

6.2.2.5 Vérification d'une hypothèse sur la montée en compétence

Le travail accompli dans cette thèse ouvre la voie vers une sixième hypothèse qui n'a pas été introduite dans ce manuscrit, en raison des délais d'expérimentations qui dépassent le cadre de la thèse. En effet, l'hypothèse H5, relative à l'approche gigogne, vérifie que les enseignants peuvent « *prendre en main rapidement l'outil et accéder progressivement à des fonctionnalités plus complexes* ». Cependant, l'accès à certaines fonctionnalités ne signifie pas une appropriation du mode de conception qui les propose. Ainsi, un concepteur peut, par exemple, consulter rapidement le *mode intermédiaire* pour personnaliser la gestion des scores, sans pour autant explorer les autres options qui permettent d'aller plus loin dans la scénarisation (*e.g.* modification du *template* etc.). Dans un cadre d'utilisation à long terme, nous pensons que cette navigation entre les modes peut donner lieu à l'exploration progressive des éléments de chaque mode de conception, et éventuellement une utilisation effective de la majorité des fonctionnalités proposées. Le gain d'expérience sur l'outil pourra donc se traduire par une montée en compétence, pour passer, par exemple, d'un enseignant *novice en conception de JEM* à un enseignant *expérimenté en conception de JEM*. Par suite nous établissons l'hypothèse H6 : « L'adoption de la méthode de conception gigogne aidera les enseignants à monter en compétence pour la conception de JEM ».

Néanmoins, nous estimons que l'évaluation de cette hypothèse ne peut se dérouler sur deux ou trois séances chronologiquement rapprochées, mais plutôt sur plusieurs séances d'expérimentations distantes dans le temps afin d'évaluer l'acquisition réelle des notions avancées et un éventuel développement des compétences en scénarisation.

6.2.2.6 Game modding : des JEM créés par les élèves

L'une des perspectives intéressantes pour la suite de nos travaux serait l'implication des élèves dans la conception des JEM. Cette approche appelée aussi le *game modding* consiste à faire modifier des jeux existants par les joueurs eux-mêmes (El-Nasr et Smith, 2006). Elle est à l'origine issue de l'industrie des jeux vidéo. Le concept est apparu dans les années 1990 avec des jeux incarnant des modifications de jeux existants, appelés aussi les « *mods* », à l'image du célèbre "*Counter Strike*", une modification du célèbre "*Half Life*" (Kucklich, 2005). Dans le cadre éducatif, le *game modding* peut améliorer l'apprentissage des joueurs si l'on considère l'approche constructiviste, dans la mesure où l'apprenant construit le jeu qui correspond à sa propre conception.

Dans notre cas d'étude, l'idée a été évoquée pour la première fois lors d'un échange avec un enseignant souhaitant expérimenter JEM Inventor. En effet, après avoir exploré le contenu des trois modes proposés, cet enseignant en collègue nous a confié qu'il n'avait pas les compé-

tences pour utiliser le *mode expert* (nécessitant la programmation visuelle), mais que ses élèves y arriveraient certainement. Ainsi, il souhaiterait mettre en place, dans un premier temps, un JEM basique depuis le *mode standard*. Dans un deuxième temps, l'idée serait de proposer à ses élèves de tester le JEM créé puis de le modifier selon leurs préférences. D'un point de vue pragmatique, cette perspective nous paraît tout à fait plausible, étant donné que tous les élèves de collège sont aujourd'hui formés aux bases de la programmation. En effet, depuis la rentrée 2016, le socle commun qui définit les connaissances et les compétences nécessairement acquises à l'issue de la scolarité obligatoire intègre l'initiation à la programmation⁶⁵.

Parmi les travaux menés dans cette direction, George et ses collègues (2013) proposent un *Framework* pour faciliter le *game modding* collaboratif de jeux sérieux. Celui-ci relie le jeu à une plateforme de discussions contextuelles et une cartographie des connaissances. Ainsi, en connectant ces trois éléments, les élèves peuvent partager leurs idées et faire des choix collectifs. Cependant, la cartographie des connaissances, liée au jeu et aux discussions, est réalisée par l'enseignant et lui permet de spécifier les éléments pédagogiques cibles du jeu. Ce cadre pourrait être utilisé pour une expérimentation de *game modding* de JEM créés par des enseignants sur JEM Inventor et repris par des élèves. Dans cette perspective, nous avons d'ailleurs été contactés par la communauté de communes des Coevrons⁶⁶ afin de mettre en place des JEM sur le domaine des grottes de Saulges. L'idée serait de demander à des élèves (de collège et lycée) de créer leurs propres jeux sur JEM Inventor en travaillant le contenu pédagogique en classe avec leurs enseignants, puis de pouvoir les expérimenter sur le domaine des grottes, lors de leur sortie pédagogique annuelle.

6.2.2.7 Quelle place pour les artefacts mobiles en classe ?

Dans les perspectives d'usage à long terme, les politiques actuelles seraient en direction d'une interdiction de l'usage du téléphone portable dans les collèges. En effet, si les JEM commencent à être plébiscités dans les établissements supérieurs (*cf.* section 6.2.1.2), leur place dans les écoles et les collèges semble incertaine en raison de ces politiques d'interdiction. Toutefois, sans préciser les contours d'une telle mesure, le ministre ayant proposé le projet de loi d'interdiction a tout de même rappelé l'importance du téléphone « pour des usages pédagogiques » et « pour des situations d'urgence », privilégiant ainsi le confinement des appareils, par exemple, dans des « casiers fermés ». Ces déclarations laissent émerger des questions sur la place du mobile dans les classes à l'avenir. Cependant, on peut imaginer que l'idée de confiner les téléphones portables des élèves et de les leur accorder dans le cadre du cours, pour expérimenter un JEM, serait plutôt stimulante pour eux. C'est en tout cas l'avis d'une des enseignantes, qui a participé à nos expérimentations. Celle-ci nous a déclaré habituellement interdire l'usage de téléphone en classe et que le fait d'interrompre cette interdiction pour jouer à un jeu éducatif ne pourrait que stimuler les élèves.

En dehors des règles d'interdiction ou d'usage souvent contestées, des questions de recherche se posent également sur les attitudes ou les usages ayant conduit à ces mesures. L'une des principales raisons, selon notre point de vue, est forcément la distraction qui accompagne les usages des artefacts mobiles et tactiles. Quelques travaux qui traitent la question ont récemment été menés sous le thème du « *mindful learning* » ou bien « *learning with mindfulness*⁶⁷ ». Ces travaux consistent à exploiter des résultats issus des neurosciences et des sciences cogni-

⁶⁵ <http://www.ac-grenoble.fr/tice74/spip.php?article1170> (consulté en juin 2018)

⁶⁶ <https://www.coevrons.fr/> (consulté en juin 2018)

⁶⁷ <http://www.themindfulnessinitiative.org.uk/> (consulté en juin 2018)

tives pour améliorer la concentration et réduire les problèmes de distraction observés dans ses différents contextes (*i.e.* à l'intérieur ou en dehors de la classe). En effet, l'expérience d'apprentissage peut être entravée par plusieurs facteurs comme le multitâches, la distraction, l'errance mentale et même la dépendance à l'égard des appareils numériques. Cependant, les découvertes récentes sur la plasticité cérébrale ont montré que les apprenants peuvent entraîner leur esprit à réagir aux stimuli d'une manière ciblée et contrôlée, ce qui mène à un usage plus approprié des artefacts mobiles, pour un apprentissage plus réussi. Dans ce cadre, des travaux de recherche sont en voie de fournir des outils numériques aux apprenants en vue de les impliquer dans le *mindful learning* et ses pratiques (Palalas, 2018), de même que la conception des EIAH mobiles peut adopter des stratégies et des pratiques attentionnelles pour soutenir le processus métacognitif de l'autocontrôle et de l'autorégulation (Rechtschaffen, 2014). Même si le contexte est celui de l'apprentissage mobile en général, nous pouvons déjà nous interroger sur l'intégration de ces techniques ou stratégies dans le processus de scénarisation des JEM en particulier. Toutefois, davantage de recherches sont requises dans ce champ pour un usage réel et efficace des JEM dans les milieux scolaires.

6.2.2.8 Le modèle gigogne en dehors du cadre des JEM

Dans une perspective d'utilisation plus large, nous estimons que l'approche de conception gigogne, proposée dans cette thèse, peut être utilisée dans un cadre plus large que la conception et la création de JEM. Un premier cadre d'usage peut s'étendre par exemple, aux jeux sérieux dans leur définition générale. La conception et la création de jeux sérieux étant un processus complexe nécessitant des compétences diverses et des outils auteurs dotés de fonctionnalités variées. L'approche de conception gigogne permet donc d'étaler ces fonctionnalités sur plusieurs niveaux et de les présenter aux utilisateurs en fonction de leurs compétences ou de leurs besoins. En outre, les fondements de l'approche gigogne (voir chapitre 4) sont issus de plusieurs théories concernant la conception d'outils auteurs d'EIAH et d'IHM en général. D'ailleurs, les travaux qui nous ont inspirés sont liés aux problématiques de coordination de la complexité entre outils, tâches et utilisateurs mais également les problématiques liées à la conception collaborative et la théorie de la complexité hiérarchique (*cf.* section 3 du 4^{ème} chapitre). Il semble donc logique que l'approche gigogne puisse aussi apporter des solutions dans ces domaines variés. Ainsi, nous estimons qu'il est tout à fait possible d'appliquer l'approche de conception gigogne pour pallier des problèmes d'utilisation d'outils auteurs d'EIAH dans le sens large. Pour aller encore plus loin, et en raison de la similarité des problématiques IHM dans plusieurs domaines, nous estimons qu'il est également possible de réutiliser l'approche de conception gigogne, non seulement pour des outils auteurs d'EIAH, mais aussi pour tout type d'outils auteurs.

Bibliographie

- Abt, C.C., 1987. *Serious Games*. University Press of America.
- Admiraal, W., Huizenga, J., Akkerman, S., Dam, G. ten, 2011. The concept of flow in collaborative game-based learning. *Computers in Human Behavior, Group Awareness in CSCL Environments* 27, 1185–1194.
- Admiraal, W., Raessens, J., Van Zeijts, H., 2007. Technology enhanced learning through mobile technology in secondary education. *Expanding the knowledge economy. Issues, applications, case studies (Part 2)* 1241–1248.
- Ailincai, R., Bernard, F.-X., 2010. Apprendre hors de la classe : l'exemple d'une sortie scolaire au Musée de l'Espace de Kourou 57–72.
- Akçayır, M., Akçayır, G., 2017. Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review* 20, 1–11.
- Akkerman, S., Admiraal, W., Huizenga, J., 2009. Storification in History education: A mobile game in and about medieval Amsterdam. *Computers & Education* 52, 449–459.
- Alharbi, N.M., Athauda, R.I., Chiong, R., 2014. A survey of CSCL script tools that support designing collaborative scenarios, in: *2014 International Conference on Web and Open Access to Learning (ICWOAL)*. Presented at the 2014 International Conference on Web and Open Access to Learning (ICWOAL), pp. 1–8.
- Almeida, F., Bolaert, H., Dowdall, S., Lourenço, J., Milczarski, P., 2015. The WalkAbout framework for contextual learning through mobile serious games. *Education and Information Technologies* 20, 415–428.
- Amanda Lenhart, 2015. *Teens, Social Media & Technology Overview 2015*. Pew Research Center: Internet, Science & Tech.
- Amiel, M., 2013. *Une fenêtre ouverte*. Cahiers Pédagogiques.
- Amiel, M., Ferrerons, M., 2013. *Hors les murs*. Cahiers pédagogiques.
- Ardito, C., Buono, P., Costabile, M.F., Lanzilotti, R., Piccinno, A., 2009. Enabling Interactive Exploration of Cultural Heritage: An Experience of Designing Systems for Mobile Devices. *Know Techn Pol* 22, 79–86.
- Ardito, C., Costabile, M.F., De Angeli, A., Lanzilotti, R., 2012. Enriching Archaeological Parks with Contextual Sounds and Mobile Technology. *Computer-Human Interactions* 19, 1–30.
- Ardito, C., Lanzilotti, R., 2008. “Isn’T This Archaeological Site Exciting!?”: A Mobile System Enhancing School Trips, in: *Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual Interfaces, AVI '08*. ACM, New York, NY, USA, pp. 488–489.
- Baccino, T., Bellino, C., Colombi, T., 2005. *Mesure de l'utilisabilité des Interfaces*, Hermès Science-Lavoisier. ed.
- Baek, E.-O., Cagiltay, K., Boling, E., Frick, T., 2008. User-centered design and development. *Handbook of research on educational communications and technology* 1, 660–668.
- Bang, M., Gustafsson, A., Katzeff, C., 2007. Promoting New Patterns in Household Energy Consumption with Pervasive Learning Games, in: Kort, Y. de, IJsselsteijn, W., Midden,

- C., Eggen, B., Fogg, B.J. (Eds.), *Persuasive Technology*, Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, pp. 55–63.
- Bang, M., Torstensson, C., Katzeff, C., 2006. The PowerHouse: A Persuasive Computer Game Designed to Raise Awareness of Domestic Energy Consumption, in: *Persuasive Technology*, Lecture Notes in Computer Science. Presented at the International Conference on Persuasive Technology, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 123–132.
- Bastien, J.M.C., Scapin, D.L., 1993. Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces (No. RT-0156). INRIA.
- Becker, H.J., 2001. How are teachers using computers in instruction, in: *Annual Meeting of the American Educational Research Association*, Seattle, WA.
- Becker, H.J., 1991. How Computers are Used in United States Schools: Basic Data from the 1989 I.E.A. Computers in Education Survey. *Journal of Educational Computing Research* 7, 385–406.
- Brooke, J., others, 1996. SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry* 189, 4–7.
- Bruillard, É., Villemonteix, F., 2013. Editorial du Numéro Spécial “Artefacts Tactiles et Mobiles en Éducation.” *Revue STICEF* 20.
- Cajete, G., 1994. *Look to the Mountain: An Ecology of Indigenous Education*. First Edition. Kivaki Press, 585 E.
- Campeau, D., 2016. Lien entre réel et virtuel : enseignement de la géographie et construction de la conscience citoyenne. *mje* 51, 733–744.
- Clarke, S., Lamas, P., Balet, O., Brados, T., Avantagelou, E., Dunwell, I., 2015. OPTIMISING THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF LOCATION-BASED GAMES: THE LBE FRAMEWORK. *Strategic Industrial Applications of Games and Gamification* 61.
- Coffin, T., Lyle, H., Evans, A., 2015. 2015 Report on the Use of Mobile Devices for Academic Purposes at the University of Washington.
- Conlan, O., Hampson, C., Peirce, N., Kickmeier-Rust, M., 2009. Realtime Knowledge Space Skill Assessment for Personalized Digital Educational Games, in: *2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*. Presented at the 2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, pp. 538–542.
- Costabile, M.F., De Angeli, A., Lanzilotti, R., Ardito, C., Buono, P., Pederson, T., 2008. Explore! Possibilities and Challenges of Mobile Learning, in: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '08*. ACM, New York, NY, USA, pp. 145–154.
- Dabbebi, I., Iksal, S., Gilliot, J.-M., May, M., Garlatti, S., 2017. Towards Adaptive Dashboards for Learning Analytic: An Approach for Conceptual Design and implementation, in: *9th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2017)*. Porto, Portugal, pp. 120–131.
- Davis, F.D., Bagozzi, R.P., Warshaw, P.R., 1989. User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science* 35, 982–1003.
- DBR Collective, 2003. *Design-Based Research Collective (2003)*. *Design-Based Research: an emerging paradigm for educational inquiry*. *Educational Researcher* 1, 5–8.
- Dewey, J., 1938. *Experience and Education*. Kappa Delta Pi.

- Drayton, B., Falk, J.K., Stroud, R., Hobbs, K., Hammerman, J., 2010. After Installation: Ubiquitous Computing and High School Science in Three Experienced, High-Technology Schools. *The Journal of Technology, Learning and Assessment* 9.
- Dutta, A., Puvvala, A., Roy, R., Seetharaman, P., 2017. Technology diffusion: Shift happens — The case of iOS and Android handsets. *Technological Forecasting and Social Change* 118, 28–43.
- El-Nasr, M.S., Smith, B.K., 2006. Learning Through Game Modding. *Comput. Entertain.* 4.
- Ferrière, S., Cottier, P., Lacroix, F., Lainé, A., Pulido, L., 2014. Dissémination de tablettes tactiles en primaire et discours des enseignants : entre rejet et adoption. 20.
- Fotouhi-Ghazvini, F., Earnshaw, R., Robison, D., Moeini, A., Excell, P., 2011. Using a Conversational Framework in Mobile Game Based Learning - Assessment and Evaluation, in: Kwan, R., McNaught, C., Tsang, P., Wang, F.L., Li, K.C. (Eds.), *Enhancing Learning Through Technology. Education Unplugged: Mobile Technologies and Web 2.0, Communications in Computer and Information Science*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 200–213.
- Fu, F.-L., Su, R.-C., Yu, S.-C., 2009. EGameFlow: A scale to measure learners' enjoyment of e-learning games. *Computers & Education* 52, 101–112.
- Gagnon, D.J., 2010. ARIS (Master's Thesis). The University of Wisconsin-Madison.
- Garellek, Y., 1972. The development of a library skills game for children aged eleven and twelve years to aid in reinforcing information retrieval skills and improve their attitudes toward the use of libraries for data retrieval. (PhD Thesis). Concordia University.
- Gee, J.P., 2003. What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy. *Comput. Entertain.* 1, 20–20.
- George, S., 2011. Interactions et communications contextuelles dans les environnements informatiques pour l'apprentissage humain. Citeseer.
- George, S., Guin, N., 2017. Outiller les enseignants pour la conception d'activités d'apprentissage instrumentées, in: *La Recherche Sur l'éducation, Éléments Pour Une Stratégie Globale*. Dans F. Thibault, C.Garbay (dir.), pp. 188–191.
- George, S., Lavoué, E., Monterrat, B., 2013. An Environment to Support Collaborative Learning by Modding, in: *8th European Conference on Technology Enhanced Learning (ECTEL 2013), Lecture Notes in Computer Science Volume 8095*. Springer, Paphos, Cyprus, pp. 111–124.
- Georgiou, Y., Kyza, E.A., 2017. A Design-based Approach to Augmented Reality Location-based Activities: Investigating Immersion in Relation to Student Learning, in: *Proceedings of the 16th World Conference on Mobile and Contextual Learning, MLearn 2017*. ACM, New York, NY, USA, pp. 13:1–13:8.
- Gicquel, P.-Y., George, S., Laforcade, P., Marfisi-Schottman, I., 2017. Design of a Component-Based Mobile Learning Game Authoring Tool, in: *Games and Learning Alliance*. Presented at the International Conference on Games and Learning Alliance, Springer, Cham, pp. 208–217.
- Gikas, J., Grant, M.M., 2013. Mobile computing devices in higher education: Student perspectives on learning with cellphones, smartphones & social media. *The Internet and Higher Education* 19, 18–26.
- Giordan, A., 1998. Repenser le musée à partir de comprendre et d'apprendre.

- Göbel, S., Salvatore, L., Konrad, R., 2008. StoryTec: A Digital Storytelling Platform for the Authoring and Experiencing of Interactive and Non-Linear Stories, in: 2008 International Conference on Automated Solutions for Cross Media Content and Multi-Channel Distribution. Presented at the 2008 International Conference on Automated Solutions for Cross Media Content and Multi-Channel Distribution, pp. 103–110.
- Göth, C., Häss, U.-P., Schwabe, G., 2005. Requirements for mobile learning games shown on a mobile game prototype.
- Gould, J.D., Lewis, C., 1985. Designing for Usability: Key Principles and What Designers Think. *Commun. ACM* 28, 300–311.
- Gruenewald, D.A., 2003. The Best of Both Worlds: A Critical Pedagogy of Place. *Educational Researcher* 32, 3–12.
- Guichard, J., 1995. Nécessité d'une recherche éducative dans les expositions à caractère scientifique et technique. *Culture & Musées* 7, 95–115.
- Guichard, J., 1990. Diagnostic didactique pour la production d'un objet muséologique.
- Gustafsson, A., Katzeff, C., Bang, M., 2010. Evaluation of a Pervasive Game for Domestic Energy Engagement Among Teenagers. *Comput. Entertain.* 7, 54:1–54:19.
- Hamalainen, R., 2008. Designing and evaluating collaboration in a virtual game environment for vocational learning. *Computers & Education* 50, 98–109.
- Herrington, A., Herrington, J., 2007. Authentic mobile learning in higher education. In: AARE 2007 International Educational Research Conference, 28 November 2007, Fremantle, Western Australia. Presented at the AARE 2007 International Educational Research Conference, Association for Research in Education, Fremantle, Western Australia.
- Hoibian, P., Croutte-S, Lautié-S, 2016. Baromètre du Numérique (Edition 2016)
- Huizenga, J., Admiraal, W., Akkerman, S., Dam, G. ten, 2009. Mobile game-based learning in secondary education: engagement, motivation and learning in a mobile city game. *Journal of Computer Assisted Learning* 25, 332–344.
- Huizenga, J., Admiraal, W., Akkerman, S., Ten Dam, G., 2007. Learning history by playing a mobile city game, in: Proceedings of the 1st European Conference on Game-Based Learning (ECGBL) October. pp. 127–134.
- Hwang, G.-J., Chu, H.-C., Lin, Y.-S., Tsai, C.-C., 2011. A knowledge acquisition approach to developing Mindtools for organizing and sharing differentiating knowledge in a ubiquitous learning environment. *Computers & Education* 57, 1368–1377.
- Ioannou, I., Kyza, E.A., 2017. The Role of Gamification in Activating Primary School Students' Intrinsic and Extrinsic Motivation at a Museum, in: Proceedings of the 16th World Conference on Mobile and Contextual Learning, MLearn 2017. ACM, New York, NY, USA, pp. 8:1–8:4.

- Joolingen, W.R.V., Jong, T.D., 2003. Simquest. Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments 1–31.
- Jovanovic, M., Starcevic, D., Stavljanin, V., Minovic, M., 2008. Educational Games Design Issues: Motivation and Multimodal Interaction, in: *Emerging Technologies and Information Systems for the Knowledge Society, Lecture Notes in Computer Science*. Presented at the World Summit on Knowledge Society, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 215–224.
- Karsenti, T., Fievez, A., 2013. L'iPad à l'école: usages, avantages et défis (Rapport préliminaire des principaux résultats).
- Keegan, D., 2005. The incorporation of mobile learning into mainstream education and training, in: *World Conference on Mobile Learning*, Cape Town. p. 11.
- Kelly, H., Howell, K., Glinert, E., Holding, L., Swain, C., Burrowbridge, A., Roper, M., 2007. How to Build Serious Games. *Commun. ACM* 50, 44–49.
- Kim, M.J., 2013. A framework for context immersion in mobile augmented reality. *Automation in Construction, Augmented Reality in Architecture, Engineering, and Construction* 33, 79–85.
- Klemke, R., van Rosmalen, P., Ternier, S., Westera, W., 2015. Keep It Simple: Lowering the Barrier for Authoring Serious Games. *Simulation & Gaming* 46, 40–67.
- Knapp, C.E., 1999. In Accord with Nature: Helping Students Form an Environmental Ethic Using Outdoor Experience and Reflection. ERIC/CRESS, Appalachia Educational Laboratory, P.
- Krumsvik, R.J., 2008. Situated learning and teachers' digital competence. *Educ Inf Technol* 13, 279–290.
- Kucklich, J., 2005. Precarious Playbour: Modders and the Digital Games Industry.
- Ladage, C., Ravenstein, J., 2013. Internet et enseignants : entre contrastes et clivages. *Enquête auprès d'enseignants du secondaire* 20.
- Laurillard, D., 2009. The pedagogical challenges to collaborative technologies. *Computer Supported Learning* 4, 5–20.
- Lee, H., Parsons, D., Kwon, G., Kim, J., Petrova, K., Jeong, E., Ryu, H., 2016. Cooperation begins: Encouraging critical thinking skills through cooperative reciprocity using a mobile learning game. *Computers & Education* 97, 97–115.
- Lepp, A., Barkley, J.E., Karpinski, A.C., 2015. The Relationship Between Cell Phone Use and Academic Performance in a Sample of U.S. College Students. *SAGE Open* 5, 2158244015573169.
- Mall, R., 2014. *FUNDAMENTALS OF SOFTWARE ENGINEERING*. PHI Learning Pvt. Ltd.
- Mandran, N., Dupuy-Chessa, S., Front, A., Rieu, D., 2013. Démarche centrée utilisateur pour une ingénierie de langages de modélisation de qualité. *Revue des Sciences et Technologies de l'Information - Série ISI : Ingénierie des Systèmes d'Information XVIII*, 65–93.
- Marchiori, E.J., Torrente, J., Blanco, Á. del, Martínez-Ortiz, I., Fernández-Manjón, B., 2010. Extending a game authoring tool for ubiquitous education, in: *2010 3rd IEEE International Conference on Ubi-Media Computing*. Presented at the 2010 3rd IEEE International Conference on Ubi-Media Computing, pp. 171–178.

- Marfisi-Schottman, I., 2012. *Méthodologie, modèles et outils pour la conception de Learning Games*. INSA de Lyon.
- Marlet, R., 2011. *Ingénierie de la spécialisation de programmes: Tome 1, Principes et applications*. Lavoisier.
- Marne, B., 2014. *Modèles et outils pour la conception de jeux sérieux : une approche meta-design (phdthesis)*. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI.
- Marty, J.C., Carron, T., 2011. Observation of Collaborative Activities in a Game-Based Learning Platform, *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol 4, n°1, pp 98–110.
- Marty, J.-C., Serna, A., Carron, T., Pernelle, P., Wayntal, D., 2016. Multi-device Territoriality to Support Collaborative Activities. *Adaptive and Adaptable Learning* 152–164.
- Motiwalla, L.F., 2007. Mobile learning: A framework and evaluation. *Computers & Education* 49, 581–596.
- Murray, T., 2015. Coordinating the Complexity of Tools, Tasks, and Users: On Theory-based Approaches to Authoring Tool Usability. *Int J Artif Intell Educ* 26, 37–71.
- Murray, T., 2004. Design tradeoffs in usability and power for advanced educational software authoring tools. *EDUCATIONAL TECHNOLOGY-SADDLE BROOK THEN ENGLEWOOD CLIFFS NJ- 44*, 10–16.
- Murray, T., 1999. Authoring Intelligent Tutoring Systems: An analysis of the state of the art. *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)* 10, 98–129.
- Natkin, S., 2009. Du ludo-éducatif aux jeux vidéo éducatifs. *Les dossiers de l'ingénierie éducative* 65, 12–15.
- Natkin, S., 2004. Jeux Vidéo et Médias au XXI siècle, in: *Jeux Vidéo et Médias Au XXI Siècle*. p. 112.
- Newman, D.R., Johnson, C., Webb, B., Cochrane, C., 1997. Evaluating the quality of learning in computer supported co-operative learning. *Journal of the American Society for Information Science* 48, 484–495.
- Oja, M.-K., 2010. Designing for Collaboration: Improving Usability of Complex Software Systems, in: *CHI '10 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '10*. ACM, New York, NY, USA, pp. 3799–3804.
- Paillé, P., Mucchielli, A., 2012. *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales*. Armand Colin.
- Palalas, A., 2018. Mindfulness in Mobile and Ubiquitous Learning: Harnessing the Power of Attention. *Mobile and Ubiquitous Learning* 19–44.
- Piaget, J., 1936. *La naissance de l'intelligence chez l'enfant* (Neucha^a tel: Delachaux & Niestle).
- Pombo, L., Marques, M.M., Carlos, V., Guerra, C., Lucas, M., Loureiro, M.J., 2017. Augmented Reality and Mobile Learning in a Smart Urban Park: Pupils' Perceptions of the EDU-PARK Game, in: *Citizen, Territory and Technologies: Smart Learning Contexts and Practices*. Presented at the Conference on Smart Learning Ecosystems and Regional Development, Springer, Cham, pp. 90–100.

- Rabardel, P., 1995. Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains. Armand Colin.
- Rae, K., Pearse, B., 2004. Value of place-based education in the urban setting, in: *Communication Présentée Au Colloque Effective Sustainability Education: What Works*.
- Rechtschaffen, D., 2014. *The Way of Mindful Education: Cultivating Well-Being in Teachers and Students*. W. W. Norton & Company.
- Rickinson, M., Dillon, J., Teamey, K., Morris, M., Choi, M.Y., Sanders, D., Benefield, P., 2004. A review of research on outdoor learning. National foundation for educational research and King's college London. Field studies council, ISBN 1, 893.
- Ritter, S., Blessing, S.B., Wheeler, L., 2003. Authoring Tools for Component-Based Learning Environments, in: Murray, T., Blessing, S.B., Ainsworth, S. (Eds.), *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments*. Springer Netherlands, pp. 467–489.
- Rouillard, J., Serna, A., David, B., Chalon, R., 2014. Rapid Prototyping for Mobile Serious Games, in: Zaphiris, P., Ioannou, A. (Eds.), *Learning and Collaboration Technologies. Technology-Rich Environments for Learning and Collaboration*, Lecture Notes in Computer Science. Springer International Publishing, pp. 194–205.
- Sánchez, J., Olivares, R., 2011. Problem solving and collaboration using mobile serious games. *Computers & Education* 57, 1943–1952.
- Sauvé, L., 2006. Complexité et diversité du champ de l'éducation relative à l'environnement 11.
- Schito, J., Sailer, C., Kiefer, P., 2015. Bridging the gap between location-based games and teaching.
- Schlieder, C., Kiefer, P., Matyas, S., 2006. Geogames: Designing location-based games from classic board games. *Intelligent Systems, IEEE* 21, 40–46.
- Schwabe, G., Göth, C., 2005. Mobile learning with a mobile game: design and motivational effects. *Journal of computer assisted learning* 21, 204–216.
- Schwabe, G., Goth, C., Froberg, D., 2005. Does team size matter in mobile learning?, in: *Mobile Business, 2005. ICMB 2005. International Conference On. IEEE*, pp. 227–234.
- Scott, S.D., Carpendale, M.S.T., Inkpen, K.M., 2004. Territoriality in Collaborative Tabletop Workspaces, in: *Proceedings of the 2004 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, CSCW '04*. ACM, New York, NY, USA, pp. 294–303.
- Sharples, M., Taylor, J., Vavoula, G., 2010. A Theory of Learning for the Mobile Age, in: Bachmair, B. (Ed.), *Medienbildung in neuen Kulturräumen*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, pp. 87–99.
- Sintoris, C., Yiannoutsou, N., Ortega-Arranz, A., López-Romero, R., Masoura, M., Avouris, N., Dimitriadis, Y., 2014. TaggingCreaditor: A tool to create and share content for location-based games for learning, in: *Interactive Mobile Communication Technologies and Learning (IMCL), 2014 International Conference On. IEEE*, pp. 280–284.
- Spikol, D., 2009. *Exploring Novel Learning Practices Through Co-Designing Mobile Games*. Peter Lang.
- Spikol, D., 2007. Designing Mobile Games that Explore Novel Learning Practices with Co-Design 41–47.
- Spikol, Daniel, Milrad, M., 2008. Physical activities and playful learning using Mobile Games 03, 275–295.
- Spikol, D., Milrad, M., 2008. Combining Physical Activities and Mobile Games to Promote Novel Learning Practices, in: *Fifth IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technology in Education, 2008. WMUTE 2008*. Presented at the Fifth

- IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technology in Education, 2008. WMUTE 2008, pp. 31–38.
- Sun, Q., Ardito, C., Buono, P., Costabile, M.F., Lanzilotti, R., Pederson, T., Piccinno, A., 2008. Experiencing the Past through the Senses: An M-Learning Game at Archaeological Parks. *IEEE MultiMedia* 15, 76–81.
- Sung, Y.-T., Chang, K.-E., Liu, T.-C., 2016. The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis. *Computers & Education* 94, 252–275.
- Sung, Y.-T., Yang, J.-M., Lee, H.-Y., 2017. The Effects of Mobile-Computer-Supported Collaborative Learning: Meta-Analysis and Critical Synthesis. *Rev Educ Res* 87, 768–805.
- Sweetser, P., Wyeth, P., 2005. GameFlow: A Model for Evaluating Player Enjoyment in Games. *Comput. Entertain.* 3, 3–3.
- Sykes, J.M., 2013. *tecHnology—“Just” Playing Games? A Look at the Use of Digital Games for Language Learning*. *Language* 32.
- Tchounikine, P., 2002. Pour une ingénierie des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. *Revue I3 - Information Interaction Intelligence* 2 (1), 59–95.
- Ternier, S., Klemke, R., Kalz, M., Van Ulzen, P., Specht, M., 2012. ARLearn: Augmented Reality Meets Augmented Virtuality. *J. UCS* 18, 2143–2164.
- Thomas, P., Yessad, A., Labat, J.-M., 2011. Réseaux de Petri et ontologies : des outils pour le suivi de l'apprenant dans les jeux sérieux. Presented at the EIAH 2011 - Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Editions de l'UMONS, Mons 2011, pp. 435–447.
- Thomas, S., Schott, G., Kambouri, M., 2004. Designing for learning or designing for fun? Setting usability guidelines for mobile educational games, in: Attewell, J., Savill-Smith, C., Attwell, S. (Eds.), *Learning with Mobile Devices: Research and Development*. Learning and Skills Development Agency, London, pp. 173–181.
- Tornero, R., Torrente, J., Moreno-Ger, P., Manjón, B.F., 2010. e-Training DS: An Authoring Tool for Integrating Portable Computer Science Games in e-Learning, in: Luo, X., Spaniol, M., Wang, L., Li, Q., Nejd, W., Zhang, W. (Eds.), *Advances in Web-Based Learning – ICWL 2010, Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 259–268.
- Torrente, J., Blanco, Á. del, Marchiori, E.J., Moreno-Ger, P., Fernández-Manjón, B., 2010. e-Adventure : Introducing educational games in the learning process, in: *IEEE EDUCON 2010 Conference*. Presented at the IEEE EDUCON 2010 Conference, pp. 1121–1126.
- Trevisanus, J., Richards, J., Jacobs, I., McCathieNevile, C., 1999. *Authoring Tool Accessibility Guidelines*.
- Tricot, A., Pléat-Soutjis, F., Camps, J.-F., Amiel, A., Lutz, G., Morcillo, A., 2003. Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH. Presented at the Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2003, ATIEF ; INRP, pp. 391–402.

- Vermeulen, M., Guigon, G., Mandran, N., Labat, J.M., 2017. Teachers at the Heart of the Learning Games Design: The DISC Model, in: 2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT). Presented at the 2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), pp. 145–149.
- Wang, A.I., fsdahl, T., Morch-Storstein, O.K., 2008. An Evaluation of a Mobile Game Concept for Lectures, in: IEEE 21st Conference on Software Engineering Education and Training, 2008. CSEET '08. Presented at the IEEE 21st Conference on Software Engineering Education and Training, 2008. CSEET '08, pp. 197–204.
- Wang, F., Hannafin, M.J., 2005. Design-based research and technology-enhanced learning environments. *ETR&D* 53, 5–23.
- Weiler, A., 1955. Qu'est-ce que l'étude du milieu ? - Les Cahiers pédagogiques.
- Wendel, V., Gutjahr, M., Göbel, S., Steinmetz, R., 2013. Designing collaborative multiplayer serious games. *Educ Inf Technol* 18, 287–308.
- Woodhouse, J.L., Knapp, C.E., 2000. Place-Based Curriculum and Instruction: Outdoor and Environmental Education Approaches. ERIC Digest. ERIC/CRESS, P.
- Zaibon, S.B., Shiratuddin, N., 2010. Heuristics Evaluation Strategy for Mobile Game-Based Learning, in: 2010 6th IEEE International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technologies in Education (WMUTE). Presented at the 2010 6th IEEE International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technologies in Education (WMUTE), pp. 127–131.
- Zbick, J., Vogel, B., Spikol, D., Jansen, M., Milrad, M., 2016. Toward an Adaptive and Adaptable Architecture to Support Ubiquitous Learning Activities, in: Peña-Ayala, A. (Ed.), *Mobile, Ubiquitous, and Pervasive Learning, Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer International Publishing, pp. 193–222.
- Zyda, M., 2005. From visual simulation to virtual reality to games. *Computer* 38, 25–32.

Annexes

Annexe 1. Les 10 premiers JEM trouvés sur les différents moteurs de recherche.

IEEEExplore	ACM DL	Science Direct	Springer	Google Scholar
<i>Skillville</i> [1]	<i>On the Edge</i> [10]	<i>Bauboss</i> [21]	<i>HeartRun</i> [32]	<i>The MobileGame</i> [42]
<i>Lecture Quiz</i> [2]	<i>Chinese-PP game</i> [11]	<i>HeartRun</i> [22]	<i>TonsWars</i> [33]	<i>Explore!</i> [43][44][36]
<i>Skatjakt</i> [3]	<i>Parrot Game</i> [12]	<i>QuesTInSitu</i> [23]	<i>Power Agent</i> [34]	<i>Frequency1550</i> [45][46]
<i>Bagamoyo Caravan</i> [4]	<i>Frogger&Flooded</i> [12]	<i>Frequency1550</i> [24][25]	<i>MobileMath</i> [35]	<i>Skatjakt</i> [47][48][49]
<i>FreshUp</i> [5]	<i>Power Agent</i> [13]	<i>EarlyBird</i> [26]	<i>Explore!</i> [36]	<i>Parrot Game</i> [12]
<i>Cardinal direction</i> [6]	<i>Kurio</i> [14]	<i>Furio's</i> [27]	<i>Detective Alavi</i> [37]	<i>Frogger&Flooded</i> [12]
<i>Tower of London</i> [6]	<i>Power Explorer</i> [15]	<i>MSGs</i> [28]	<i>Preserving Famosa fortress</i> [38]	<i>Power agent</i> [13][34]
<i>The Amazing City</i> [7]	<i>iFitQues</i> [16]	<i>Reenactment</i> [29]	<i>Mindergis</i> [39]	<i>Lecture Quiz</i> [50][2]
<i>CatchBob!</i> [8]	<i>Explore!</i> [17][18][19]	<i>BoomRoom</i> [30]	<i>Language Learning Game</i> [40]	<i>MuseumScrabble</i> [51]
<i>The MobileGame</i> [9]	<i>TimeWarp</i> [20]	<i>EasyLexia</i> [31]	<i>Nat. Palace Museum Adventure</i> [41]	<i>Mentira</i> [52]

Annexe 2. Classement par nombre de citations total des JEM présélectionnés.

JEM	Référence	Année de parution	Nombre de citations	Nombre de citations total
<i>Frequency1550</i>	[53]	2009	412	795
	[24]	2009	229	
	[25]	2011	134	
	[46]	2007	15	
	[45]	2007	5	
<i>The MobileGame</i>	[42]	2005	352	380
	[42]	2005	28	
<i>Explore!</i>	[43]	2008	152	291
	[44]	2008	55	
	[36]	2009	37	
	[19]	2008	18	
<i>Power Agent</i>	[18]	2012	29	237
	[13]	2009	154	
	[34]	2007	83	
<i>Skattjakt</i>	[3]	2008	64	139
	[47]	2008	61	
	[48]	2007	4	
	[49]	2009	10	
<i>CatchBob!</i>	[8]	2005	47	76
	[54]	2006	29	
<i>TimeWarp</i>	[55]	2008	58	68
	[56]	2008	6	
	[20]	2007	4	
<i>Parrot Game</i>	[12]	2008	58	58
<i>Frogger&Floored</i>	[12]	2008	58	58
<i>MSGs</i>	[28]	2011	50	50
<i>Lecture Quiz</i>	[2]	2008	29	52
	[50]	2007	23	
<i>MobileMath</i>	[35]	2010	22	43
	[57]	2008	18	
	[58]	2010	3	
<i>Kurio</i>	[14]	2009	37	37
<i>Mentira</i>	[52]	2011	30	30
<i>Power Explorer</i>	[15]	2009	26	26
<i>Chinese-PP game</i>	[11]	2011	22	22
<i>MuseumScrabble</i>	[51]	2010	20	20
<i>The MOBO city</i>	[59]	2009	17	17
<i>iFitQuest</i>	[16]	2012	15	15
<i>Bagamoyo Caravan</i>	[4]	2011	4	4
<i>HeartRun</i>	[32]	2013	6	6
<i>FreshUp</i>	[5]	2014	3	3
<i>The Amazing City</i>	[7]	2011	3	3
<i>Tower of London</i>	[6]	2011	2	2
<i>Cardinal direction</i>	[6]	2011	2	2
<i>Skilville</i>	[1]	2014	0	0
<i>Bauboss</i>	[21]	2014	0	0
<i>Evil Rush</i>	[60]	2013	0	0

Annexe 3. Lettre d'information diffusée en ligne



Vous entendez de plus en plus parler de "jeux sérieux", "classes inversées" et toutes ces notions parfois difficiles à cerner ... ?
Vous voulez bénéficier des dernières technologies et expérimenter des innovations pédagogiques ?
Cette lettre-informations est donc faite pour vous !
Elle vous présentera les :

Jeux Éducatifs sur Mobile

 Mais tout d'abord ...

Qu'est-ce qu'un Jeu Sérieux ?

Les **Jeux Sérieux** combinent ressorts ludiques et éléments pédagogiques pour **faciliter l'apprentissage**.
Les Jeux Sérieux sont aujourd'hui utilisés dans le cadre de formations de tous niveaux.



Qu'est-ce qu'un Jeu Sérieux sur Mobile ?

Une application exécutable sur un **support mobile** (smartphone, tablette, console portable), qui met en oeuvre des ressorts ludiques en exploitant des **fonctionnalités** disponibles sur des dispositifs mobiles (e.g. **géolocalisation**, **réalité augmentée**, capteurs de proximité, etc.)



Puis-je profiter du Jeu Sérieux sur Mobile pour mon cours ?

Vous faites des **sorties pédagogiques** ? Plus concrètement, vous vous déplacez (avec vos élèves/étudiants) **en dehors de la classe** pour étudier des objets réels ?
Vous êtes donc un enseignant éligible aux Jeux Sérieux sur Mobile !



Vous êtes intéressé ?

[Le laboratoire d'informatique LIUM](#) est actuellement en train de concevoir des outils adaptés pour vous assister dans **l'enseignement de demain**.

Notre équipe est prête à vous **initier** aux Jeux Sérieux et à vous **accompagner** lors de leur utilisation en tant que complément d'apprentissage.

Annexe 4. Questionnaire diffusé en ligne

Partie 1

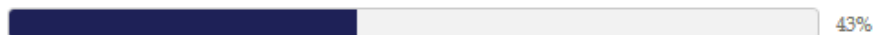
* 2. Quelle est votre spécialité ?

3. Pourriez-vous nous décrire l'objet de votre sortie pédagogique ?

* 4. Avez-vous de l'expérience en scénarisation ludique ?

- J'ai déjà commencé à créer un ou plusieurs jeu(x)
- Je n'ai pas crée mais utilisé un ou plusieurs jeu(x) pour mon cours
- Je n'ai jamais utilisé/créé de jeux, mais je voudrais bien m'y mettre

N'hésitez pas à commenter vos réponses ci-dessous



Préc.

Suivant

Questionnaire diffusé en ligne

Partie 2

* 5. Seriez-vous prêt à utiliser des Jeux Sérieux pendant votre cours ?

- Oui sans aucun doute
- Cela dépendra de l'investissement nécessaire
- Non je ne pense pas

N'hésitez pas à commenter vos réponses ci-dessous

* 6. Combien de temps idéalement, seriez-vous prêt à investir pour créer votre jeu éducatif ?

- Une demi-journée
- Un jour
- 2 à 4 jours
- Une semaine
- Un mois
- Autant de temps que nécessaire

N'hésitez pas à commenter vos réponses ci-dessous



Préc.

Suivant

Annexe 5. Liste d’outils auteurs recensés

MLG Authoring Tool	Overview	Link	Reference
APP Inventor 2	An open source authoring environment for Android mobile apps. Can be used for prototyping mobile serious games	http://ai2.appinventor.mit.edu/	Rouillard, J., Serna, A., David, B., Chalou, R.: Rapid Prototyping for Mobile Serious Games. In: Learning and Collaboration Technologies, Technology-Rich Environments for Learning and Collaboration. pp. 194–205. Springer International Publishing (2014).
<i>Pocket Code</i>	An open source authoring tool realized within the Catrobat project for creating and sharing mobile learning apps by children and teenagers	http://www.catrobat.org/intro/	Slany, W.: Pocket Code: A Scratch-like Integrated Development Environment for Your Phone. In: Proceedings of the Companion Publication of the 2014 ACM SIGPLAN Conference on Systems, Programming, and Applications: Software for Humanity. pp. 35–36. ACM, New York, NY, USA (2014).
ARIS	An open source tool for creating learning games for iPhones	http://arisgames.org/make/	Gagnon, D.J.: ARIS. The University of Wisconsin-Madison (2010).
Furet factory	An online platform for designing mobile games	http://www.furetfactory.com/	Zbick, J., Nake, I., Jansen, M., Millrad, M.: mLearn4Web: A Web-based Framework to Design and Deploy Cross-platform Mobile Applications. In: Proceedings of the 13th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia. ACM, New York, USA (2014).
<i>mLearn4Web</i>	An open-source authoring tool for creating mobile learning activities that can be used for creating MLGs	http://www.mlearn4web.eu/	Klemke, R., van Rosmalen, P., Ternier, S., Westera, W.: Keep It Simple: Lowering the Barrier for Authoring Serious Games. Simul. Gaming. 46, 40–67 (2015).
<i>ARLearn</i>	An open-source toolkit for designing and playing mobile serious games developed by the Open University (Netherlands)	http://portal.ou.nl/web/arlearn	C. Ardito, M. F. Costabile, A. De Angeli, and R. Lanzilotti. “Enriching Archaeological Parks with Contextual Sounds and Mobile Technology.” <i>Computer-Human Interactions</i> , vol. 19, no. 4, pp. 1–30, 2012.
<i>Explore !</i>	A system aimed at supporting children exploring sites of cultural interest	Not available	Tornero, R., Torrente, J., Moreno-Ger, P., Manjón, B.F.: e-Training DS: An Authoring Tool for Integrating Portable Computer Science Games in e-Learning. In: Luo, X., Spaniol, M., Wang, L., Li, Q., Neld, W., and Zhang, W. (eds.) <i>Advances in Web-Based Learning – ICWL 2010</i> . pp. 259–268. Springer Berlin Heidelberg (2010).
e-Training DS	An Authoring Tool for Integrating Portable Computer Science Games in e-Learning	Not available	Clarke, S., Lamerar, P., Dunwell, I., Balet, O., Prados, T., Avantangelou, E.: A Training Framework for the Creation of Location-Based Experiences Using a Game Authoring Environment. In: <i>ECGBL2015-9th European Conference on Games Based Learning: ECGBL2015</i> . p. 125. Academic Conferences and publishing limited (2015).
MAGELLAN	A Training Framework for the Creation of Location-Based Experiences Using a Game Authoring Environment	http://www.mageellanproject.eu/	Almeida, F., Bollaert, H., Dowdall, S., Lourenço, J., Miliczarski, P.: The WalkA-bout framework for contextual learning through mobile serious games. <i>Educ. Inf. Technol.</i> 1–14 (2013).
<i>The WalkAbout framework</i>	A development framework and a learning process that enables learners to practice and enhance skills, while generating and playing mobile contextual games	Not available	Sintoris, C., Yannoutsou, N., Ortega-Arnanz, A., López-Romero, R., Masoura, M., Avouris, N., Dimitriadis, V.: <i>TaggingCreator</i> : A tool to create and share content for location-based games for learning. In: <i>Interactive Mobile Communication Technologies and Learning (IMCL)</i> , 2014 International Conference on. pp. 280–284. IEEE (2014).
TaggingCreator	A tool to create and share content for location-based games for learning	Not available	

Annexe 6. Grille d'évaluation des outils auteurs

Authoring Tool	Scale	Criterion	 ARIS	 App Inventor 2	 Pocket Code	 Furet Factory	 mLearn4web
	1	Mobile Assets	1	1	1	0,5	1
	1	Assistance to setting up learning content	0,25	0,5	0	0	0,5
	1	Game mechanics	1	1	0,5	1	0
	1	Additional Features (data base managing, multiplayer, progression tracking, ...)	0,75	1	0,5	0	0
	1	Users' community (forums and reusable projects)	1	1	0,5	0	1
	5	Feature Rating	4	4,5	2,5	1,5	2,5
	1	Significance of Codes and Names	0	0,5	0,5	1	1
	1	Workload (Brevity, Information Density)	0,5	0,25	0	1	1
	1	Adaptability (Flexibility - User experience)	0,5	0,25	0,5	0,75	0,5
	1	Guidance (Assistance, Information on demand)	0,5	0,5	0,5	0,75	0
1	Managing Errors	0,5	0,5	0,5	0,5	1	
5	Usability Rating	2	2	2	4	3,5	
5	Teachers Average Rating	2	1	1	4	2,5	
5	Final Usability Rating	2	1,5	1,5	4	3	

Annexe 7. Enseignants participants aux entretiens exploratoires

Enseignant	Organisme	Objet de sortie pédagogique	Expérience en conception de jeux éducatifs
Géraldine B.	Lycée Sainte Louise (Paris)	Sortie de géologie en terminale S Sortie astrophysique et SVT en 2de Sortie agriculture et homme en 1ère S	A déjà commencé à créer des présentations ludiques pour ses supports de cours
Cécile R.	Lycée Michelet (Paris)	Découverte d'un parcours botanique dans les alpes ou le parc de saint-germain	A déjà commencé à créer des scénarios ludiques pour ses sorties pédagogiques
Florence B.	Collège Jean Lurçat (Paris)	Séjour sport et environnement	N'a jamais créé ni utilisé de jeux sérieux pour son cours.
Ludovic D.	Université Montpellier	Retrouver à travers des éléments structuraux (plis, failles, discordance, sédimentation...) les causes de la présence de bauxite dans l'environnement proche.	A déjà créé plusieurs jeux. A participé à des projets de gamification. A de l'expérience sur scratch.
Aurore C.	Le Mans Université	Comprendre une flore d'identification	N'a jamais créé ni utilisé de jeux sérieux pour son cours.

Annexe 8. Aperçu général de logs d'actions effectuées sur JEM Inventor via Google Cloud Platform

Google Cloud Platform lium-jem-inventor 🔍

Stackdriver Logging

CREATE METRIC CREATE EXPORT ↻ ▶

Filter by label or text search

GAE Application, Default Service request_log Info ⌚ Jump to time Apr 21, 2017,

Showing logs from Apr 20, 2018, 11:18:05 AM to Apr 22, 2018, 11:18:05 AM (CEST)

▶	i	2017-04-21 08:11:29.476 CEST	POST	200	202 B	316 ms	Firefox 59	/ode/projects
▶	i	2017-04-21 08:11:29.568 CEST	POST	200	202 B	807 ms	Firefox 59	/ode/projects
▶	i	2017-04-21 08:11:29.729 CEST	POST	200	202 B	659 ms	Firefox 59	/ode/projects
▶	i	2017-04-21 08:21:58.441 CEST	POST	200	192 B	235 ms	Firefox 59	/ode/userinfo
▶	i	2017-04-21 08:21:58.766 CEST	POST	200	194 B	29 ms	Firefox 59	/ode/userinfo
▶	i	2017-04-21 08:21:58.843 CEST	POST	200	194 B	28 ms	Firefox 59	/ode/userinfo
▶	i	2017-04-21 08:21:58.864 CEST	GET	200	1.48 KB	10 ms	Firefox 59	/images/form.png?t=152
▶	i	2017-04-21 08:21:58.879 CEST	POST	200	192 B	150 ms	Firefox 59	/ode/userinfo
▶	i	2017-04-21 08:21:58.970 CEST	POST	200	194 B	626 ms	Firefox 59	/ode/userinfo
▶	i	2017-04-21 08:21:58.980 CEST	GET	200	349 B	16 ms	Firefox 59	/media/handopen.cur
▶	i	2017-04-21 08:22:03.950 CEST	POST	200	202 B	432 ms	Firefox 59	/ode/projects
▶	i	2017-04-21 08:22:04.548 CEST	POST	200	194 B	37 ms	Firefox 59	/ode/userinfo
▶	i	2017-04-21 08:22:04.560 CEST	POST	200	192 B	137 ms	Firefox 59	/ode/userinfo
▶	i	2017-04-21 08:22:04.651 CEST	GET	200	349 B	10 ms	Firefox 59	/media/handopen.cur
▶	i	2017-04-21 08:22:04.734 CEST	POST	200	194 B	194 ms	Firefox 59	/ode/userinfo
▶	i	2017-04-21 08:22:10.515 CEST	POST	200	202 B	374 ms	Firefox 59	/ode/projects
▶	i	2017-04-21 08:22:32.259 CEST	GET	200	333 B	15 ms	Firefox 59	/media/handclosed.cur
▶	i	2017-04-21 08:22:40.889 CEST	POST	200	202 B	242 ms	Firefox 59	/ode/projects
▶	i	2017-04-21 08:22:47.469 CEST	POST	200	194 B	31 ms	Firefox 59	/ode/userinfo
▶	i	2017-04-21 08:22:47.481 CEST	POST	200	192 B	199 ms	Firefox 59	/ode/userinfo
▶	i	2017-04-21 08:22:47.509 CEST	GET	200	1.48 KB	70 ms	Firefox 59	/images/form.png?t=152
▶	i	2017-04-21 08:22:47.592 CEST	POST	200	194 B	83 ms	Firefox 59	/ode/userinfo
▶	i	2017-04-21 08:22:52.577 CEST	POST	200	202 B	99 ms	Firefox 59	/ode/projects
▶	i	2017-04-21 08:22:55.704 CEST	POST	200	194 B	75 ms	Firefox 59	/ode/userinfo
▶	i	2017-04-21 08:22:55.715 CEST	POST	200	192 B	100 ms	Firefox 59	/ode/userinfo
▶	i	2017-04-21 08:22:55.789 CEST	POST	200	194 B	64 ms	Firefox 59	/ode/userinfo
▶	i	2017-04-21 08:23:01.612 CEST	POST	200	202 B	265 ms	Firefox 59	/ode/projects

Aperçu détaillé d'un log de connexion à JEM Inventor via Google Cloud Platform

GAE Application, Default Service request_log Info ⌚ Jump to time Jun 11, 2017, 10:18:07

Showing logs from Jun 10, 2017, 10:18:07 AM to Jun 12, 2017, 10:18:07 AM (CEST)

```
87.231.222.247 - bossardlucie49 [10/Jun/2017:20:23:20 +0200] "GET /closure-library/closure/goog/deps.js HTTP/1.1; rv:60.0) Gecko/20100101 Firefox/60.0" "lium-jem-inventor.appspot.com" ms=NaN cpu_ms=70 cpm_usd=0.000000403773 app_engine_release=1.9.54 trace_id=2aabf9d3b923208916abafe85fb7eb64
```

```
{
  httpRequest: {...}
  insertId: "5b1d6c98000dea27f8d8bb2f"
  labels: {...}
  logName: "projects/lium-jem-inventor/logs/appengine.googleapis.com%2Frequest_log"
  operation: {...}
  protoPayload: {
    @type: "type.googleapis.com/google.appengine.logging.v1.RequestLog"
    appEngineRelease: "1.9.54"
    appId: "e~lium-jem-inventor"
    cost: 0.000000403773
    endTime: "2017-06-10T18:23:20.685700Z"
    finished: true
    first: true
    host: "lium-jem-inventor.appspot.com"
    httpVersion: "HTTP/1.1"
    instanceId: "00c61b117c4339eb80e87270b73d9b3c35a23386bd3b47713cbfbf5c39cf84bd714751e6b598"
    instanceIndex: -1
    ip: "87.231.222.247"
    latency: "0.020234s"
    line: [1]
    megaCycles: "70"
    method: "GET"
    nickname: "bossardlucie49"
    referrer: "http://lium-jem-inventor.appspot.com/blocklyframe.html"
    requestId: "5b1d6c9800ff0a277aece30c420001657e6c69756d2d6a656d2d696e76656e746f72000131000100"
    resource: "/closure-library/closure/goog/deps.js"
    responseSize: "36129"
    startTime: "2017-06-10T18:23:20.665466Z"
    status: 200
    traceId: "2aabf9d3b923208916abafe85fb7eb64"
    urlMapEntry: "unused"
  }
}
```

Annexe 9. Questionnaire d'utilisabilité SUS utilisé lors des expérimentations.

System Usability Scale : JEM iNVENTOR

Veillez donner votre opinion sur chacune des propositions sur l'échelle d'accord : de pas du tout d'accord à tout à fait d'accord, les notes 2, 3 et 4 servent à moduler votre réponse.

	Pas du tout d'accord	2	3	4	Tout à fait d'accord	Commentaires (facultatif)
1 - Je pense que je vais utiliser ce système fréquemment						
2 - Je pense que ce système est inutilement complexe						
3 - Je pense que le système était facile à utiliser						
4 - Je pense avoir besoin de l'aide d'un technicien pour utiliser ce système						
5 - J'estime que les différentes fonctions du système sont bien intégrées						
6 - Je pense qu'il y a trop d'incohérences dans ce système						
7 - J'imagine que la plupart des gens peuvent apprendre très rapidement à se servir de ce système						
8 - L'effort mental nécessaire pour utiliser ce système est assez important						
9 - Je me sentais très en confiance en utilisant ce système						



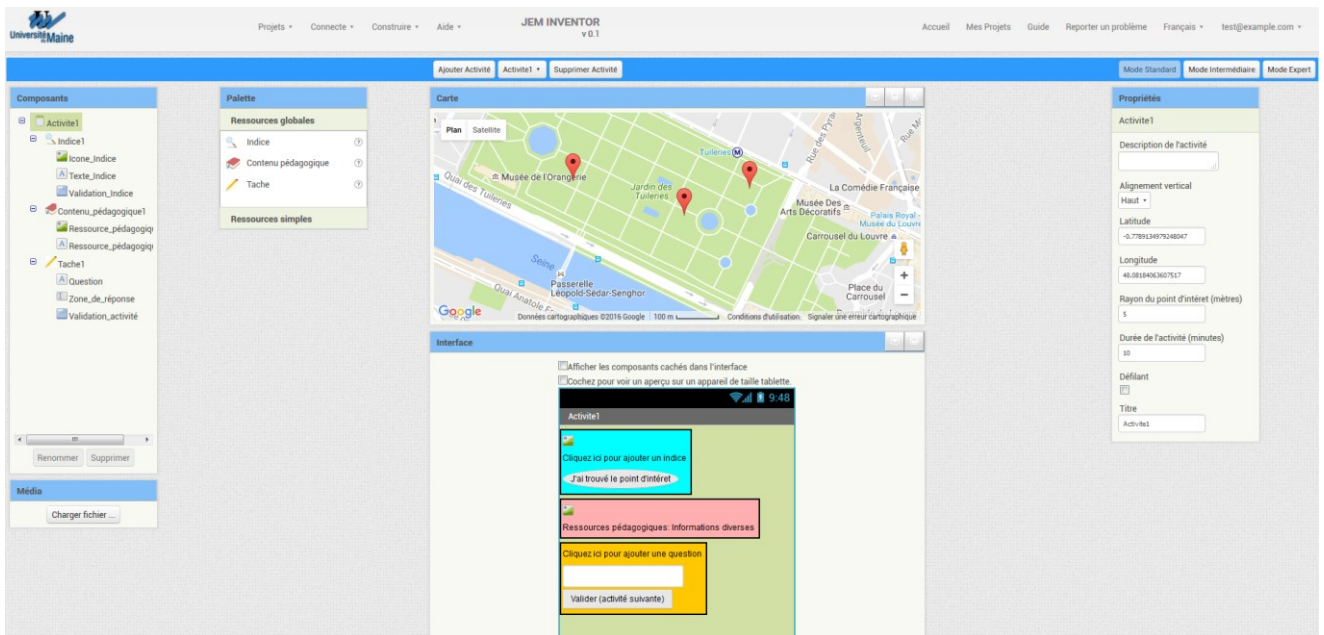
Expérimentation JEM iNVENTOR (Jeux Éducatifs Mobiles)

Annexe 10. Enseignants participants à l'expérimentation 1

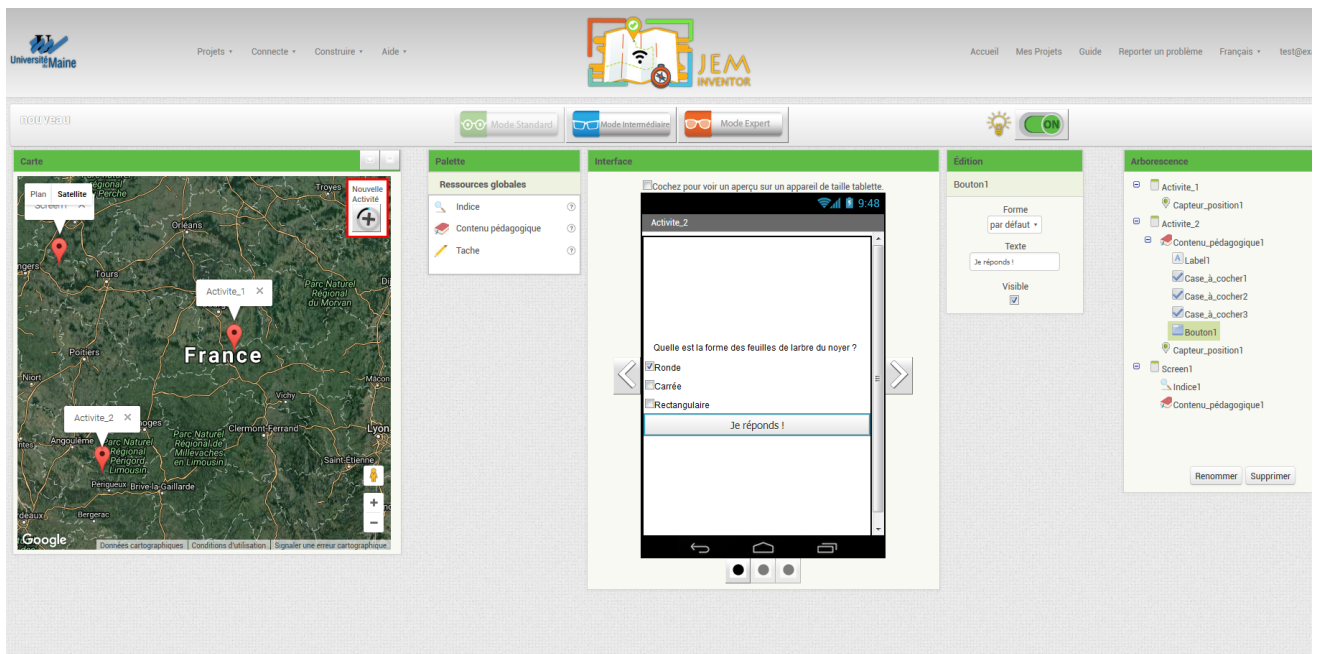
Enseignant	Organisme	Objet de sortie pédagogique	Expérience en JEM
Cécile R.	Lycée Michelet (Paris)	Découverte d'un parcours botanique dans les alpes ou le parc de saint-germain	J'ai déjà commencé à créer un ou plusieurs jeu(x)
Michel P.	UCO Laval	Visite d'entreprise	Je n'ai pas créé mais déjà utilisé un ou plusieurs jeu(x) pour mon cours
Alexandre M.	UCO Laval	Découverte de patrimoine historique (Laval)	Je n'ai jamais utilisé/créé de jeux, mais je voudrais bien m'y mettre
Stany M.	UCO Laval	Découverte de patrimoine historique (Laval)	Je n'ai jamais utilisé/créé de jeux, mais je voudrais bien m'y mettre
Valentin D.	UCO Laval	Une sortie au château de Mayenne, avec l'utilisation d'un jeu de piste à l'aide de tablettes.	Je n'ai jamais utilisé/créé de jeux, mais je voudrais bien m'y mettre
Antony D.	UCO Laval	Sortie culturelle et approfondissement sur l'époque médiévale : château d'Angers	Je n'ai pas créé mais déjà utilisé un ou plusieurs jeu(x) pour mon cours
Jean-Louis N.	Collège Jean Lassal (Laval)	Construction de pavillon dans un lotissement, visite de monuments anciens, portes ouvertes ...	J'ai déjà commencé à créer un ou plusieurs jeu(x)
Guy T.	Collège Jules Renard (Laval)	Découvrir les relations alimentaires entre les êtres vivants dans différents milieux.	Je n'ai jamais utilisé/créé de jeux, mais je voudrais bien m'y mettre
Jean-Michel L.	Université du Mans (IUT de Laval)	Sortie Nature sur site IUT ou proches environs (faune, flore)	Je n'ai jamais utilisé/créé de jeux, mais je voudrais bien m'y mettre
Émilie D.	Université du Mans	Visites de la Bibliothèque Universitaire de l'Université du Mans	Je n'ai jamais utilisé/créé de jeux, mais je voudrais bien m'y mettre
Mona L.	Université du Mans	Visites de rentrée de la BU	J'ai déjà commencé à créer un ou plusieurs jeu(x)
Sylvie R.	Université du Mans (IUT de Laval)	Découverte la bibliothèque universitaire de Laval pour les nouveaux étudiants	Je n'ai jamais utilisé/créé de jeux, mais je voudrais bien m'y mettre
Françoise M.	Université du Mans (IUT de Laval)	Découverte la bibliothèque universitaire de Laval pour les nouveaux étudiants	Je n'ai jamais utilisé/créé de jeux, mais je voudrais bien m'y mettre
Laureline M.	Université du Mans (IUT de Laval)	Découverte la bibliothèque universitaire de Laval pour les nouveaux étudiants	Je n'ai jamais utilisé/créé de jeux, mais je voudrais bien m'y mettre

Annexe 11. Évolution des prototypes JEM Inventor

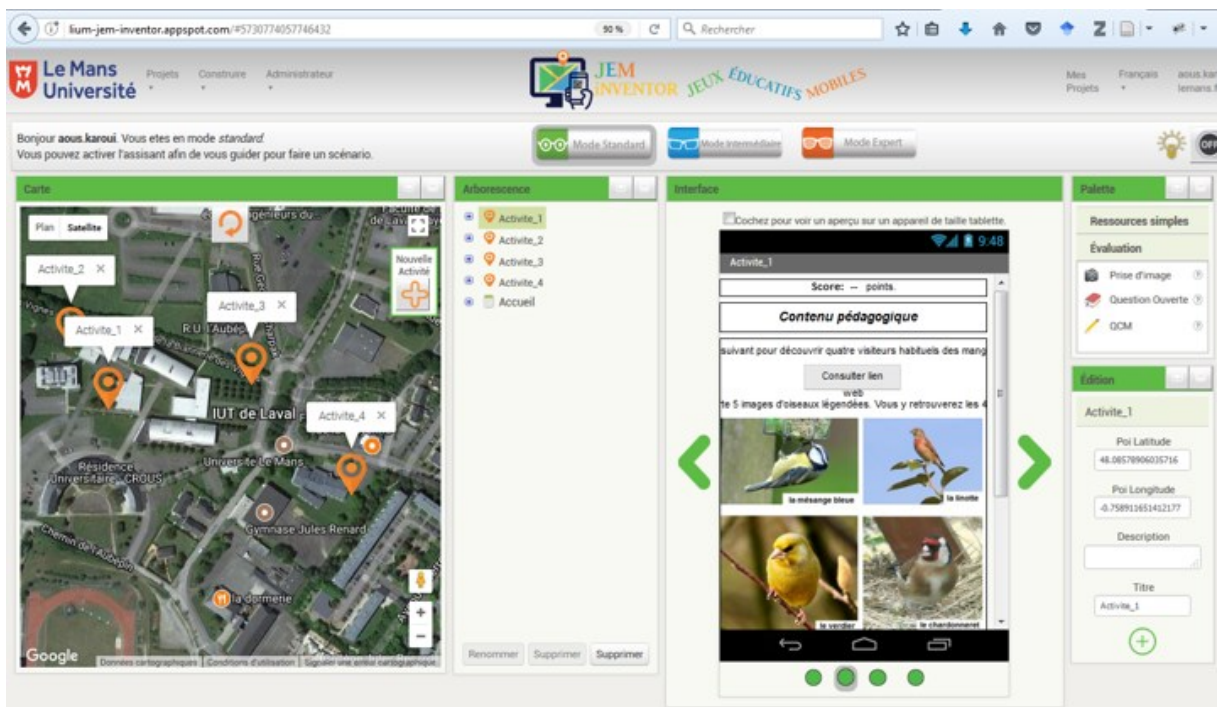
Prototype v0.1



Prototype v1.0



Prototype v1.1



Annexe 12. Questionnaire d'utilisabilité (1-10) et d'utilité (11-15) utilisé lors de la pré-expérimentation « mise à l'essai ».

Questionnaire suite à l'expérimentation JEM iNVENTOR (session 1)

Veillez donner votre opinion sur chacune des propositions sur l'échelle d'accord : de pas du tout d'accord à tout à fait d'accord, les notes 2, 3 et 4 servent à moduler votre réponse.

	Pas du tout d'accord	2	3	4	Tout à fait d'accord	Commentaires (facultatif)
1 - J'ai réussi à effectuer les tâches souhaitées sans problème						
2 - La structure proposée (indice-ressources-activité), couvre bien mon scénario pédagogique						
3 - J'ai trouvé les fonctionnalités dont j'ai besoin dans au moins l'un des trois modes proposés						
4 - La vidéo de démonstration me semble nécessaire pour effectuer mon scénario						
5 - La vidéo était très claire pour moi						
6 - Je pense que ce système est inutilement complexe						
7 - Je pense que le système était facile à utiliser						
8 - Je pense avoir besoin de l'aide d'un technicien pour utiliser ce système						
9 - J'estime que les différentes fonctions du système sont bien intégrées						
10 - Je pense qu'il y a trop d'incohérences dans ce système						
11 - J'imagine que la plupart des gens peuvent apprendre très rapidement à se servir de ce système						
12 - L'effort mental nécessaire pour utiliser ce système est assez important						
13 - Je me sentais très en confiance en utilisant ce système						
14 - J'ai dû apprendre beaucoup de choses avant de pouvoir utiliser ce système						
15 - Je souhaiterais utiliser ce système fréquemment						

Annexe 13. Questionnaire d'utilité utilisé lors de l'expérimentation 2 « le point des experts ».

Catégorie	Question	Moyenne des notes / 5	Écart type
Efficacité	1- Avez-vous réussi à réaliser votre scénario ?	4.14	0.89
	Avez-vous réussi à réaliser l'intégralité des 2- tâches même dans les détails ?	4.42	0.78
Fonctionnalités	3- Par rapport à vos besoins, comment évaluez-vous les fonctionnalités proposées dans le mode standard ?	4	1.41
	4- Par rapport à vos besoins, comment évaluez-vous le niveau de détail proposé dans le mode intermédiaire ?	4.14	0.69
	5- Par rapport à vos besoins, comment évaluez-vous le niveau de détail proposé dans le mode expert ?	3.57	1.13
Charge mentale	6- Comment évaluez-vous le rapport charge mentale / fonctionnalités proposées dans mode standard ?	4	1.15
	7- Comment évaluez-vous le rapport charge mentale / fonctionnalités proposées dans le mode intermédiaire ?	4	1.15
	8- Comment évaluez-vous le rapport charge mentale / fonctionnalités proposées dans le mode expert ?	2	2
Transitions	9- Comment évaluez-vous la transition du <i>mode standard</i> vers <i>intermédiaire</i> ?	4.57	0.53
	10- Comment évaluez-vous la transition du <i>mode intermédiaire</i> vers <i>expert</i> ?	1.85	1.95
Scénarisation	11- Le mécanisme fourni pour modifier la structure (indice, contenu, évaluation) vous a-t-il semblé adéquat ?	4.4	0.54
	12- Comment-évaluez-vous les mécanismes ludiques mis en œuvre par JEM Inventor	4	1.09
Questions semi-directives	13- Est-ce que vous avez eu besoin de modifier la structure proposée pour personnaliser votre scénario ?		
	14- Est-ce que le mécanisme fourni pour modifier cette structure vous a semblé adéquat ?		
Questions ouvertes	15- Auriez-vous une préférence pour l'utilisation de l'un des trois modes particulièrement ?		
	16- Dans l'idéal que voudriez-vous trouver au niveau de chaque mode ?		
	17- Quel est votre ressenti général suite à cette expérimentation ?		

Questionnaire « Visite ta BU ! »

1- Avez-vous trouvé l'activité amusante ?

Pas du tout Plutôt non Plutôt oui Tout à fait

2- Avez-vous trouvé motivant de visiter la bibliothèque en jouant sur mobile ?

Pas du tout Plutôt non Plutôt oui Tout à fait

3- Avez-vous trouvé l'application facile à utiliser ?

Pas du tout Plutôt non Plutôt oui Tout à fait

4- Voudriez-vous rejouer à ce genre d'activité une nouvelle fois ?

Pas du tout Plutôt non Plutôt oui Tout à fait

5- Quel est le principal intérêt de l'application selon vous ?

.....

6- Quel est le principal défaut de l'application selon vous ?

.....



Expérimentation JEM iNVENTOR (Jeux Éducatifs Mobiles)

Titre : Jeux Éducatifs Mobiles : JEM Inventor, un outil auteur fondé sur une approche de conception gigogne

Mots clés : jeux éducatifs mobiles, conception, scénario, outil auteur

Résumé : L'essor des périphériques mobiles (ex. tablettes, *smartphones*) ainsi que leurs applications pédagogiques et ludiques ont contribué à la naissance des Jeux Éducatifs Mobiles (JEM). De nombreux chercheurs ont prouvé les effets positifs de ces JEM sur la motivation des apprenants et même sur certains apprentissages. Cependant, l'utilisation de JEM en contexte scolaire reste très limitée. En effet, les JEM existants, parfois assez coûteux, sont souvent conçus pour un domaine très spécifique, et n'offrent donc pas de possibilités de réutilisation. De plus, les outils auteur existants sont, soit riches en fonctionnalités mais nécessitent un investissement important des enseignants pour être pris en main, soit simples à utiliser mais ne permettent pas de concevoir des JEM qui répondent aux besoins pédagogiques.

Pour s'attaquer à ces problématiques, nous proposons JEM Inventor, un outil auteur de JEM, fondé sur une approche de conception gigogne, destiné aux enseignants, conservateurs de musée, ou toute personne non-informaticienne, qui souhaitent scénariser leurs propres JEM et les déployer sur les systèmes mobiles.

L'approche de conception gigogne consiste à dévoiler progressivement les fonctionnalités de l'outil auteur, selon des niveaux de granularité qui correspondent aux compétences et aux besoins de chaque utilisateur. Pour notre exemple d'application, nous proposons trois niveaux de conception dans l'outil JEM Inventor. Ainsi, le *niveau standard* permet de paramétrer des JEM basés sur un modèle générique, le *niveau intermédiaire* permet de créer des scénarios personnalisés, et enfin, le *niveau expert* permet de programmer des JEM sur mesure.

Le modèle de conception gigogne a été validé par une série d'expérimentations auprès d'une vingtaine d'enseignants ayant des niveaux d'expertises et des domaines d'enseignement très variés. Nous avons également mené des expérimentations de terrain, auprès d'environ 1500 étudiants et élèves, afin d'évaluer la qualité des JEM créés avec JEM Inventor ainsi que leur impact sur les apprenants.

Title : Mobile Learning Games: JEM Inventor, an authoring tool based on a nested design approach

Keywords : mobile learning games, design, storytelling, authoring tool

Abstract : The rise of mobile devices (e.g. tablets, smartphones) and their educational and recreational applications have contributed to the emergence of Mobile Learning Games (MLGs). Indeed, MLGs show great potential for increasing engagement, creativity and authentic learning. Yet, despite their great potential for education, the use of MLGs by teachers, remains very limited. This is partly due to the fact that MLGs are often designed to match a specific learning context, and thus cannot be directly reusable for other contexts. In addition, existing authoring tools are either feature-rich but require a significant investment by teachers to be used, or simple to use but do not offer enough features for the design of MLGs that meet pedagogical needs.

To tackle these problems, we propose JEM Inventor, a MLG authoring tool, based on a nested design approach, intended for teachers, museum curators, or any person without computer skills,

wishing to script their own MLG and deploy them on mobile systems.

The nested design approach consists in progressively revealing the functionalities of the authoring tool, according to the complexity level that corresponds to the skills and needs of each user. For our case of study, we offer three design levels in the JEM Inventor tool. Thus, the standard level allows MLGs based on a generic model to be configured, the intermediate level allows customized scenarios to be created, and finally, the expert level allows customized MLGs to be programmed.

The nested design model was approved through a series of experimentations with some twenty teachers from a wide range of expertise levels and teaching fields. We also conducted field experimentations with about 1500 students and pupils in order to evaluate the quality of MLGs created with JEM Inventor as well as their impact on learners.