



ÉLABORATION D'UNE MÉTHODE FACILITANT LA CONCEPTION D'UN JEU VIDÉO DESTINÉ AUX APPRENTISSAGES CIBLÉS

Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en
technologie de l'information

Par Isabelle Aubuchon

Avril 2017



<http://r-libre.telug.ca/1100>



Cette licence *Creative Commons* signifie qu'il est permis de diffuser, d'imprimer ou de sauvegarder sur un autre support une partie ou la totalité de cette œuvre à condition de mentionner l'auteur, que ces utilisations soient faites à des fins non commerciales et que le contenu de l'œuvre n'ait pas été modifié.

Résumé

Un jeu vidéo destiné aux apprentissages ciblés est un système informatique complexe dont l'objectif est d'enseigner à un apprenant de nouvelles compétences dans un domaine de connaissances précis. Les équipes interdisciplinaires chargées de réaliser ce type de jeu vidéo se trouvent devant d'importants défis de communication et de conception. Elles doivent donc pouvoir s'appuyer sur un mode d'emploi formel et bien structuré pour réussir à composer avec la délicatesse de réunir éducation et jeux vidéo.

La méthode exposée dans ce mémoire allie l'ingénierie pédagogique, le développement d'un jeu vidéo et la gestion de projet. Elle est le fruit d'une réflexion faisant suite à l'étude de la documentation scientifique concernant tout ce qui touche aux liens entre le jeu vidéo et les apprentissages, à la façon dont ces apprentissages sont présentés dans le jeu et, enfin, à la difficulté de concevoir un jeu vidéo combinant de manière interactive les aspects éducatifs et ludiques.

La démarche empruntée pour arriver à créer et à évaluer cette nouvelle méthode découle d'une formation en ingénierie pédagogique ainsi que d'une formation en développement de jeux vidéo. Cette méthode, appelée la MIJDAÇ, a permis de concrétiser les dossiers d'analyse, de conception ainsi qu'un prototype fonctionnel du jeu *Al-jabr* ayant comme objectif pédagogique le perfectionnement et la révision des opérations mathématiques sur des expressions algébriques.

Mots-clés : Jeu sérieux, jeu vidéo, apprentissage, ingénierie pédagogique, méthode

Abstract

A video game for learning is a complex computer system whose objective is to teach a learner new skills in a specific area of knowledge. Interdisciplinary teams responsible for this type of video game face significant communication and design challenges. They must therefore be able to rely on a formal and well-structured process in order to deal with the delicacy of bringing together education and video games.

The method described in this paper combines instructional engineering video game development and project management. It is the result of a reflection following the literature review about the connection between video games and learning, how is the educational part presented in the game, and finally the difficult task of designing a video game that interactively combines learning and game.

The approach taken to create and evaluate this new method follows our training in instructional design as well as our training in game development. This method, called the MIJDAC, made it possible to concretize the analysis and design report as well as a functional prototype of the *Al-jabr* game whose pedagogical objective is the improvement and revision of mathematical operations on algebraic expressions.

Keywords : Serious Game, Video Game, Learning, Instructional Design, Method

Table des matières

Résumé	iii
Abstract	iv
Liste des tableaux.....	viii
Liste des figures	ix
Liste des sigles	x
Dédicace	xi
Remerciements	xii
Introduction.....	1
1. Problématique	4
1.1. Contexte de la recherche	4
1.2. Définitions et objet de recherche.....	5
1.2.1. Jeu vidéo	6
1.2.2. Jeu sérieux.....	10
1.2.3. Ludification.....	12
1.2.4. Apprentissage par le jeu.....	14
1.2.5. Jeu vidéo destiné aux apprentissages ciblés.....	14
1.3. Énoncé de la problématique	16
1.4. Questions et hypothèses de recherche	17
1.5. Esquisse méthodologique	18
2. Considérations théoriques.....	20
2.1. Quand le jeu vidéo devient éducatif	20
2.2. Les liens entre apprentissage, pédagogie et jeu vidéo	24
2.3. Les apprentissages dans un JDAC	29
2.3.1. La motivation et l'état de flux	32
2.3.2. Approche extrinsèque <i>versus</i> approche intrinsèque	33
2.3.3. À propos de la réflexion ou le débriefage	37
2.4. La difficulté de concevoir des JDAC.....	39
3. Méthodologie	43
3.1. Contexte	43

3.2. Une méthode pour faciliter la conception d'un JDAC	45
3.3. Le développement d'un jeu vidéo.....	52
3.3.1. Naissance d'une idée	53
3.3.2. Conception.....	54
3.3.2.1. Mécaniques (<i>Mechanics</i>).....	55
3.3.2.2. Interactions (<i>Dynamics</i>).....	59
3.3.2.3. Esthétique (<i>Aesthetics</i>).....	60
3.3.2.4. Documentation	61
3.3.3. Développement.....	63
3.3.4. Mise en marché	63
3.4. Méthode d'ingénierie pédagogique MISA.....	64
3.4.1. Une conception pédagogique axée sur les compétences.....	68
3.4.2. L'importance du scénario pédagogique	70
3.5. Méthode d'ingénierie d'un JDAC (MIJDAC)	71
3.5.1. Définition.....	71
3.5.2. Phase 1 : Dossier d'analyse	76
3.5.2.1. Définir et analyser le projet.....	76
3.5.2.2. Proposer une solution préliminaire	80
3.5.3. Phase 2 : Dossier de conception.....	82
3.5.3.1. Concevoir l'architecture pédagogique.....	82
3.5.3.2. Concevoir le jeu	83
3.5.4. Phases 3 et 4 : Développement et mise en marché	83
3.6. Comparatif des méthodes	84
3.7. Réalisation du devis de conception du jeu <i>Al-jabr</i>	87
3.7.1. Mise en contexte.....	87
3.7.2. Phase 1 : Dossier d'analyse	88
3.7.2.1. Définir et analyser le projet.....	88
3.7.2.2. Proposer une solution préliminaire	94
3.7.3. Phase 2 : Dossier de conception.....	101
3.7.3.1. Concevoir l'architecture pédagogique.....	102
3.7.3.2. Concevoir le jeu	108
3.7.4. Phase 3 : Développement du jeu	110

3.8. Discussion	116
3.8.1. Les apprentissages à cibler sont-ils clairement définis ?	116
3.8.2. Le jeu est-il attrayant et efficace au niveau ludique ?	117
Conclusion.....	119
Bibliographie.....	122
Annexe A.....	131
Annexe B.....	133
Annexe C.....	137
Annexe D.....	138
Annexe E.....	140

Liste des tableaux

Tableau 1-1 : Différenciation des différents champs de recherche liés au jeu	19
Tableau 2-1 : Le cadre de référence 4DF	26
Tableau 2-2 : Les éléments du jeu selon le 4DF	26
Tableau 3-1 : Lignes directrices pour la conception d'un jeu vidéo éducatif	51
Tableau 3-2 : Principaux types de mécaniques de jeu	56
Tableau 3-3 : Principaux éléments inclus dans la synthèse de haut niveau	62
Tableau 3-4 : Principaux éléments inclus dans le document de conception	62
Tableau 3-5 : Présentation de MISA selon les axes et les phases	67
Tableau 3-6 : Échelle de performance	69
Tableau 3-7 : Taxonomie des habiletés	69
Tableau 3-8 : Facteurs de succès et d'échecs des projets en TI	75
Tableau 3-9 : Présentation de la MIJDAC selon les axes et les phases	77
Tableau 3-10 : Comparatif des méthodes pour la phase 1	84
Tableau 3-11 : Comparatif des méthodes pour la phase 2	85
Tableau 3-12 : Comparatif des méthodes pour la phase 3 et la phase 4	86
Tableau 3-13 : Description des publics cibles	91
Tableau 3-14 : Tableau des compétences démontrant les habiletés seuils et visées ..	97
Tableau 3-15 : Ressources humaines pour la réalisation du jeu <i>Al-jabr</i>	98
Tableau 3-16 : Ressources matérielles pour la réalisation du jeu <i>Al-jabr</i>	100
Tableau 3-17 : Services complémentaires à la réalisation du jeu	100
Tableau 3-18 : Recommandations quant à l'opportunité du projet	100
Tableau 3-19 : Modèle d'un tableau pour la définition des ressources financières	101
Tableau 3-20 : Contenu des unités d'apprentissage	103
Tableau 3-21 : Ressources pédagogiques incluses dans le jeu	107
Tableau 3-22 : Synthèse des mécaniques de jeu d' <i>Al-jabr</i>	108

Liste des figures

Figure 1 : Impression d'écran de la plateforme <i>3D GameLab</i>	13
Figure 2 : Impression d'écran du jeu <i>Slice Fractions</i>	15
Figure 3 : Les différentes mécaniques inscrites dans le cadre LM-GM	30
Figure 4 : Cartographie d'une analyse du jeu <i>Re-Mission</i>	31
Figure 5 : <i>The Magic Bullet</i>	47
Figure 6 : Cadre de référence pour une conception de jeu éducatif	50
Figure 7 : Cycle de vie du développement d'un jeu vidéo	57
Figure 8 : Relation entre les phases internes et externes de MISA	66
Figure 9 : Patron de scénario pédagogique (<i>Learning Game Scenario</i>)	72
Figure 10 : Modèle de connaissances principal	96
Figure 11 : Réseau des événements d'apprentissage (RÉA)	99
Figure 12 : Scénario pédagogique du niveau 3	105
Figure 13 : Sous-modèle du scénario pédagogique du niveau 3	106
Figure 14 : Structure des écrans et menus du jeu <i>Al-jabr</i>	109
Figure 15 : Légende du modèle de connaissances principale et du RÉA	137
Figure 16 : Sous-modèle de connaissances, addition et soustraction des EA	138
Figure 17 : Sous-modèle de connaissances, multiplication des EA	139

Liste des sigles

4DF	<i>Four-Dimensional Framework</i>
AA	Activité d'apprentissage
DICE	Définir, imaginer, créer, évaluer
ÉD	Éléments de documentation
EA	Expression algébrique
ÉA	Événement d'apprentissage
EIAH	Environnements informatiques pour l'apprentissage humain
GaLA	<i>Game and Learning Alliance</i>
JA	Joueur-apprenant
JDAC	Jeu vidéo destiné aux apprentissages ciblés
KSMS	<i>Kids' Smart Mobile School</i>
LICEF	Laboratoire en informatique cognitive et environnements fonctionnels
LM-GM	<i>Learning Mechanics-Game Mechanics</i>
MDA	<i>Mechanics, Dynamics, Aesthetics</i>
MIJDAC	Méthode d'ingénierie d'un jeu vidéo destiné aux apprentissages ciblés
MISA	Méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage
MJ	Mécanique de jeu
MOT	Modélisation par objet type
RÉA	Réseau des événements d'apprentissage
SA	Système d'apprentissage
SMS	<i>Short Message Service</i>
TI	Technologie de l'information
TIC	Technologie de l'information et de la communication
UA	Unité d'apprentissage

Dédicace

Pour ma mère, Louise Castonguay, décédée le 17 avril 2001, à l'âge de 63 ans, des
suites de la maladie d'Alzheimer.

Pour mon père, Marcel Aubuchon, décédé le 5 juillet 2001, à l'âge de 70 ans, des
suites de la démence à corps de Lewy.

Pour le plaisir et la satisfaction d'utiliser pleinement mon cerveau.

Remerciements

Merci à mon directeur, M. Richard Hotte, pour son appui éclairé et sa généreuse disponibilité tout au long de la rédaction de ce document. Ses explications et ses commentaires ont favorisé grandement la réussite de mon ouvrage. Sa préoccupation d'un mémoire de maîtrise bien rédigé, selon les règles de l'art, m'a aussi aidée à produire un écrit de qualité. Grâce à son accompagnement chaleureux, je ressentais la sécurité nécessaire à la poursuite d'une telle tâche. De plus, il m'a invitée à contribuer au programme de recherche KSMS, enrichissant du même coup ma problématique.

J'aimerais justement remercier les membres de cette équipe, en particulier Colombiano Kedowide et Éric Le Magoaric. J'ai eu avec ces derniers de nombreux échanges fructueux, non seulement à propos de la recherche, mais aussi à titre plus personnel. Je les compte maintenant parmi mes amis.

Mon compagnon de vie a influencé d'une façon marquée la réussite de mes études. Auprès de lui je ressens la sécurité nécessaire pour exister avec mes forces et mes faiblesses. Merci Jean-Luc pour ton appui indéfectible.

Je termine en remerciant les autres personnes importantes de mon entourage, qui, simplement par leur présence affectueuse, ont contribué à mon succès : ma belle-mère Aline et mes enfants, Louis-Philippe, Jean-François et Béatrice.

Introduction

Les innovations technologiques des dernières années ont permis l'essor de l'un des secteurs culturels les plus dynamiques au monde, l'industrie du jeu vidéo, générant au Québec près de 10 000 emplois directs et indirects répartis dans environ 100 entreprises (Alliance numérique, 2014).

La place des technologies de l'information (TI) dans nos sociétés, en particulier dans les milieux scolaires, est de plus en plus importante. Elle nous amène à nous questionner sur leurs utilisations, sur les conséquences qu'elles ont sur les utilisateurs et sur leurs potentiels d'efficacité sur les processus d'apprentissage. En 2016, les revenus mondiaux des produits d'enseignement dans le domaine des jeux ont atteint 2,6 milliards de dollars (Adkins, 2016).

Ce mémoire s'intéresse tout particulièrement aux jeux vidéo destinés aux apprentissages ciblés. Ce type de jeu vidéo est un système informatique complexe dont l'objectif est d'enseigner à un apprenant de nouvelles compétences dans un domaine de connaissances précis. Il est aussi un objet informatique élaboré à l'aide des techniques de simulation, de graphisme vidéo, d'effets sonores et d'intelligence artificielle. Pour de plus en plus d'experts de l'éducation, cet objet est perçu comme une solution pédagogique.

La conception d'un jeu vidéo que l'on destine à l'enseignement de connaissances ciblées est un pari de taille. Elle nécessite une équipe interdisciplinaire dont les défis de communication sont importants puisque les disciplines en jeu possèdent souvent leur propre langage. De plus, imaginer des situations de jeu motivantes et attrayantes pour les jeunes apprenants, tout en s'assurant de l'efficacité des objectifs pédagogiques, est une des tâches les plus difficiles à accomplir. Cela demande une expertise approfondie en développement de jeux vidéo en plus d'une excellente connaissance des processus d'apprentissage que le jeu cherche à cibler.

Les jeux vidéo éducatifs existants manquent souvent d'attrait pour les jeunes ou ne diffusent pas toujours les théories de l'éducation dans un format adapté à ce média. L'équilibre entre l'aspect ludique et les apprentissages est fréquemment mal harmonisé. De plus, les coûts financiers associés au développement d'un tel jeu vidéo sont un frein à leur réalisation.

Par ce mémoire de maîtrise, nous avons souhaité utiliser les connaissances et les compétences acquises dans le cadre de deux formations en lien avec notre objet de recherche. La première, l'ingénierie pédagogique, nous a permis de bien comprendre l'aspect éducatif du jeu tandis que la deuxième, le développement d'un jeu vidéo, nous a aidée à approfondir l'aspect ludique. Ces connaissances et ces compétences nous ont servie à élaborer une méthode pour faciliter la conception d'un jeu vidéo destiné aux apprentissages ciblés.

Ce mémoire comporte trois sections. La première section décrit notre problématique qui s'inscrit dans le cadre d'un programme de recherche dirigé par le laboratoire en informatique cognitive et environnements fonctionnels (LICEF) de la Télé-université. Afin de préparer notre question et notre hypothèse de recherche, nous présentons les définitions des concepts de jeu vidéo, de jeu sérieux, de ludification, d'apprentissage par le jeu et de notre objet de recherche, le jeu vidéo destiné aux apprentissages ciblés. Nous terminons cette section avec un aperçu de la démarche nous servant à répondre à notre hypothèse.

La deuxième section porte sur les considérations théoriques en lien avec notre problématique. C'est-à-dire tout ce qui touche aux liens entre le jeu vidéo et les apprentissages, à la façon dont ces apprentissages sont présentés dans le jeu et enfin, à la difficulté de concevoir un jeu vidéo qui réussit à équilibrer les aspects éducatifs et ludiques.

Enfin, la troisième section décrit la démarche que nous avons suivie pour répondre à notre question de recherche. Nous avons exploré le développement d'un jeu vidéo et la méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA) pour arriver à proposer une nouvelle méthode faisant le pont entre le jeu vidéo et l'ingénierie pédagogique.

1. PROBLÉMATIQUE

1.1. Contexte de la recherche

La rédaction de ce mémoire s'inscrit dans le cadre d'un programme qui ambitionne d'utiliser les technologies de l'information et de la communication (TIC) pour atténuer les difficultés quant à l'accessibilité à l'éducation pour les enfants en zones défavorisées.

Initiée par la firme DataWind, fournisseur de produits et de services d'accès au Web sans fil, en partenariat avec une équipe du Centre de recherche LICEF, la première phase du programme nommée *Kids' Smart Mobile School* (KSMS) regroupe plusieurs chercheurs issus des domaines de l'éducation, de l'informatique cognitive, de l'ingénierie des systèmes et des environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH).

La réalisation de cette première phase est fondée sur l'utilisation des méthodes et techniques les plus récentes dans les domaines de l'éducation et du jeu vidéo pour réussir à concevoir une application mobile qui permettra aux enfants n'ayant pas accès à l'école primaire et secondaire de s'instruire malgré tout (Ferreira, Gouin-Vallerand et Hotte, 2016).

La durée prévue du programme s'étale sur cinq itérations d'une année chacune. La rédaction de ce mémoire s'effectue durant la première itération. Elle se concentre sur la conception d'une méthode qui servira à faire le pont entre les méthodes issues de la technologie éducative, discipline de l'éducation, et celles issues de l'ingénierie des systèmes et du domaine du jeu vidéo.

1.2. Définitions et objet de recherche

Notre objet de recherche porte sur le jeu vidéo destiné aux apprentissages ciblés. Ce type de jeu vidéo est lié à des objectifs pédagogiques précis auxquels il doit répondre efficacement à travers ses mécaniques. Ce concept est communément confondu avec d'autres qui utilisent aussi les ressorts des jeux vidéo pour des finalités autres que le divertissement.

Les frontières entre les définitions du jeu vidéo, du jeu sérieux (*Serious Game*), de l'apprentissage par le jeu (*Game-based Learning*) et de la ludification (*Gamification*) sont minces. Dans la documentation scientifique, les différentes appellations de ces concepts dépendent souvent du contexte culturel dans lequel évoluent les chercheurs ou du contexte dans lequel ils sont employés. Ils sont parfois francisés ou laissés dans leur version d'origine, nous mettant en présence d'une grande variété d'étiquettes (voir le tableau 1-1 pour une synthèse).

1.2.1. Jeu vidéo

Une définition formelle du concept de jeu restera toujours en partie incomplète (Wittgenstein, 1953). Chaque définition ne sera qu'une infime partie ou un sous-ensemble d'un phénomène global appelé jeu. Le jeu se transforme chaque fois qu'il est joué, selon la construction mentale que s'en fait le joueur. Il n'est pas un objet matériel inaltérable, mais plutôt un objet analytiquement indéfinissable. Par exemple, le jeu de billes de notre enfance sera joué et aura des règles différentes d'après le contexte culturel du joueur ou de sa communauté.

Il en est de même pour le jeu vidéo. Le joueur y joue à sa manière, parcourant le monde du jeu selon son bon vouloir et ses propres habiletés. Chaque joueur adapte les règles et les objectifs du jeu dans le sens qui lui convient. Il n'y a pas une façon de jouer, mais plusieurs façons d'aborder le jeu vidéo. Sans le joueur, le jeu n'existe pas.

En étudiant le travail des auteurs les plus cités sur ce sujet (Aarseth et Calleja, 2015; Costikyan, 2002; Crawford, 1984; Hunicke, LeBlanc et Zubek, 2004; Juul, 2005; Salen et Zimmerman, 2004), on peut tout de même constater qu'il en ressort certains points communs qui vont nous permettre de spécifier la signification que nous donnons au concept de jeu vidéo.

Un des premiers à travailler sur la définition du concept de jeu vidéo est le concepteur de jeu (*Game Designer*), Chris Crawford (1984). Souvent présenté comme un précurseur, il explore, dans *The Art of Computer Game Design*, le sens du jeu vidéo et sa relation avec le joueur. Plutôt qu'une définition formelle, il conclut que les jeux vidéo possèdent quatre caractéristiques communes : la représentation, l'interaction, le conflit et la sécurité.

Dans une critique sur le vocabulaire utilisé dans le domaine des jeux, Greg Costikyan (2002) est d'avis que le jeu est une structure interactive qui demande aux joueurs de lutter pour atteindre des objectifs. « *A game is an interactive structure that requires players to struggle toward goals.* » (*Ibid.*, p. 13).

Salen et Zimmerman (2004) définissent quant à eux le jeu comme étant un système s'établissant par des règles dans lequel les joueurs s'engagent à y résoudre un conflit artificiel et qui produit un résultat quantifiable. « *A game is a system in which players engage in an artificial conflict, defined by rules, that results in a quantifiable outcome.* » (*Ibid.*, p. 80).

Reprenant le travail de Salen et Zimmerman, Jesper Juul (2005) approfondit le concept de jeu en identifiant six caractéristiques qui le décrivent selon trois aspects (l'objet, l'expérience du joueur, le contexte social). Il en donne la définition suivante :

A game is a rule-based formal system with a variable and quantifiable outcome, where different outcomes are assigned different values, the player exerts effort in order to influence the outcome, the player feels attached to the outcome, and the consequences of the activity are optional and negotiable. (Ibid., p. 36)

1. Un système à base de règles ;
2. Ayant un résultat quantifiable variable ;
3. Proposant une valorisation du résultat ;
4. Avec un effort du joueur qui s'attache au résultat ;
5. Et des conséquences négociables.

Dans un autre ordre d'idées, Sid Meier, le concepteur du jeu [Civilization](https://www.civilization.com/)¹, définit le jeu comme étant une série d'options intéressantes. « *A game is a series of interesting choices* » (Cité par Rollings et Morris, 2003, p. 61). Cette définition, très simplifiée, décrit le rôle du joueur sans tenir compte du contexte dans lequel il est joué ou de la motivation du joueur à faire ces choix.

Mais alors, comment arriver à se comprendre si les mots que l'on emploie prennent un sens différent d'une personne à l'autre ? Comment réussir à cerner la signification que l'on donne au concept du jeu vidéo dans ce mémoire ? Nous serons d'accord avec Aarseth et Calleja (2015) qui propose d'en rester à un métaniveau conceptuel au lieu d'essayer de trouver une définition formelle qui conviendrait à tous.

¹ <https://www.civilization.com/>

Toutes ces tentatives de formaliser le concept de jeu vidéo demeurent utiles et pratiques pour appréhender et comprendre le concept. Cependant, tout comme Aarseth et Calleja (2015), Hunicke *et al.* (2004) préfèrent le métaniveau qu'ils explicitent dans un modèle qui décompose le jeu selon trois composantes :

1. Les mécaniques (*Mechanics*) : composantes principales du jeu qui définissent la manière de jouer. Ce sont les règles qui sont appliquées quand le joueur interagit avec le système du jeu (voir la section 3.3.2.1 pour une définition précise des mécaniques de jeu) ;
2. Les interactions (*Dynamics*) : interactions entre le joueur et le système du jeu ;
3. L'esthétique (*Aesthetics*) : produit les réponses émotives du joueur quand il interagit avec le système du jeu.

Les trois niveaux d'abstraction du modèle MDA réussissent à conceptualiser les dynamiques à l'intérieur du système de jeu. Comprendre les jeux comme étant un système dynamique nous aide à combler le fossé entre la conception et le développement du jeu.

Dans ce mémoire, nous appréhenderons le jeu vidéo selon l'approche du modèle MDA tout en gardant à l'esprit qu'il est avant tout un objet informatique élaboré à l'aide des techniques de graphisme vidéo, d'effets sonores et d'intelligence artificielle.

1.2.2. Jeu sérieux Le jeu sérieux (*Serious Game*) est un terme qui est parfois utilisé dans la documentation scientifique pour parler d'un jeu vidéo destiné aux apprentissages ciblés. Cependant, la portée de ce concept est beaucoup plus large que celle de notre objet de recherche. Pour éviter toute confusion, il nous apparaît important de présenter les principales définitions des chercheurs les plus cités dans le domaine.

La définition la plus souvent employée, simple et pourtant très juste, nous dit qu'un jeu sérieux est un jeu dont l'intention première est autre que le divertissement. « *The simplest definition of serious games, then is games that do not have entertainment, enjoyment or fun as their primary purpose.* » (Michael et Chen, 2005, p. 21).

Michael Zyda (2005), qui a participé à l'élaboration du premier jeu sérieux [America's Army](#)², offre une définition un peu plus élaborée ciblant des secteurs bien arrêtés. Il nous dit qu'un jeu sérieux est un défi cérébral joué contre un ordinateur conformément à des règles précises utilisant le divertissement pour atteindre des objectifs liés à la formation institutionnelle ou professionnelle, l'éducation, la santé, la politique ou la communication.

² <https://www.americasarmy.com/>

Serious game: a mental contest, played with a computer in accordance with specific rules, that uses entertainment to further government or corporate training, education, health, public policy, and strategic communication objectives. (Ibid., p. 26)

Il ajoute de plus que le jeu sérieux est plus qu'une histoire, des graphiques ou des programmes informatiques. Ils se caractérisent aussi par des activités pédagogiques qui ont comme fonction d'éduquer ou d'instruire, créant ainsi de nouvelles compétences et de nouveaux savoirs.

Serious games have more than just story, art, and software, however. [...] they involve pedagogy: activities that educate or instruct, thereby imparting knowledge or skill. This addition makes games serious. (Ibid., p. 26)

Le chercheur français Julian Alvarez (2007), pousse le détail de la définition d'un jeu sérieux encore plus loin en précisant son aspect pédagogique.

Application informatique, dont l'intention initiale est de combiner, avec cohérence, à la fois des aspects sérieux (Serious) tels, de manière non exhaustive et non exclusive, l'enseignement, l'apprentissage, la communication, ou encore l'information, avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo (Game). Une telle association, qui s'opère par l'implémentation d'un « scénario pédagogique », qui sur le plan informatique correspondrait à implémenter un habillage (sonore et graphique), une histoire et des règles idoines, a donc pour but de s'écarter du simple divertissement. Cet écart semble indexé sur la prégnance du « scénario pédagogique ». (Ibid., p. 51)

Un autre important chercheur français, Damien Djaouti (2011), synthétise la définition du jeu sérieux en disant qu'« *Un "Serious Game" se caractérise par la présence d'une dimension "ludique" et d'une dimension "sérieuse" explicitement souhaitées par son concepteur.* » (Ibid., p. 25).

Michel Lavigne (2012, 2014a, 2014b, 2016), enseignant-chercheur en multimédia à l'Université Paul Sabatier de Toulouse, est quant à lui très critique par rapport aux jeux sérieux qui se prétendent être « ludiques » et « sérieux ». Les personnes qui se divertissent à l'aide des jeux vidéo traditionnels recherchent le plaisir de jouer et n'ont pas besoin de motivation extrinsèque pour pratiquer cette activité. C'est cette attractivité qui est convoitée dans les jeux vidéo dits « sérieux ». L'ajout du terme « sérieux » redorant le blason d'une activité parfois mal vue. Il souligne de plus qu'il n'y a rien de probant quant à leur utilisation et leur efficacité réelle.

1.2.3. Ludification

Dans une étude parue dans le journal *Sciences du jeu*, Deterding, Dixon, Khaled et Nacke (2014) recensent les usages et le sens du mot *Gamification*, leur ambition étant d'élaborer une définition du concept de ludification. Ils soulignent combien le terme *Gamification* est contesté au sein même de l'industrie du jeu et par les chercheurs étudiant le jeu.

La ludification est parfois définie comme un système de récompense et de réputation avec des points, des badges, des niveaux et des classements, l'objectif étant d'utiliser le jeu dans une intention de marketing. Les auteurs de l'étude précédemment citée retiennent quant à eux la définition suivante : « *la gamification est l'usage d'éléments de game design dans des contextes non ludiques.* » (*Ibid.*, p. 5).

Par exemple, Chris Haskell (2012) a développé une plateforme d'apprentissage en ligne pour améliorer l'enseignement en classe traditionnel. Cette plateforme, appelée [3D GameLab](http://rezzly.com/)³, permet aux enseignants de gérer les contenus pédagogiques qui sont proposés aux apprenants sous la forme de quêtes. Nous sommes en présence d'ajout de ressorts du jeu (badges, points, classements, défi entre utilisateurs, barres de progression, etc.) dans un contexte qui n'est pas un jeu.

Figure 1 : Impression d'écran de la plateforme 3D GameLab

The screenshot displays the user interface of the 3D GameLab platform. At the top, the user profile for 'silverwolf' is shown with a 'Noob' rank and 'System XP 1950'. Below this, a navigation menu on the left includes 'Pre-Algebra 1', 'QUESTS' (0), 'REWARDS' (0), 'GROUP', 'ANNOUNCEMENTS' (5), and 'GROUP MANAGER' with sub-options for 'QUEST BUILDER', 'REWARD BUILDER', and 'QUEST APPROVER' (3). The main content area shows a list of available quests with columns for Name, XP, Avg Time, Rating, Category, and Due Date.

Name	XP	Avg Time	Rating	Category	Due Date
Algebra Activity	15	15 mins	★★★★★	Slope-Intercept	No end date
Buzzmath: Slope-Intercept	70	30 mins	★★★★★	Slope-Intercept	No end date
Glencoe quizzes: Slope and Slope-Intercept	45	63 mins	★★★★★	Slope-Intercept	No end date
Graphing linear equations pathway	50	65 mins	★★★★	Slope-Intercept	No end date
Khan Academy: Slope-Intercept form	15	28 mins	★★★★	Slope-Intercept	No end date

³ <http://rezzly.com/>

1.2.4. Apprentissage par le jeu

L'apprentissage par le jeu (*Game-based Learning*) se définit simplement comme étant les pratiques et les méthodes d'apprentissage utilisant le jeu. Plusieurs auteurs emploient donc le terme de *Game-based Learning* pour parler du jeu exploité dans un contexte d'éducation. Ce concept plus général contient ainsi les concepts de jeu sérieux, de ludification et de jeu traditionnel.

L'intention principale derrière ce concept est d'améliorer les processus d'apprentissage en y intégrant le jeu. Ce n'est pas un jeu, mais plutôt une façon d'appréhender les enseignements en utilisant le jeu, qu'il soit numérique ou traditionnel.

1.2.5. Jeu vidéo destiné aux apprentissages ciblés

Le jeu vidéo destiné aux apprentissages ciblés (JDAC) est une sous-catégorie des jeux sérieux. Il est conçu spécifiquement pour en faire un outil d'apprentissage d'un domaine de connaissances ciblé. Il est lié à des objectifs pédagogiques précis et sa conception doit répondre efficacement à ces objectifs.

Notre définition se rapproche beaucoup de celle des jeux épistémiques numériques proposée par Loup, George et Serna (2015), c'est-à-dire, un jeu offrant « *à l'apprenant un apprentissage expérientiel et théorique afin qu'il construise un maximum de connaissances et de compétences qu'il sera capable de transférer dans plusieurs situations.* » (*Ibid*, p. 45).

Par exemple, le jeu *Slice Fractions*⁴, conçu par *Ululab*⁵, est destiné à l'apprentissage des fractions chez les apprenants de 5 à 12 ans. L'objectif du jeu est de couper des blocs de glace pour libérer le passage afin que le jeune mammouth puisse poursuivre son chemin. Le joueur doit donc bien maîtriser les concepts liés aux fractions s'il veut réussir à aider le petit mammouth.

Figure 2 : Impression d'écran du jeu *Slice Fractions*



⁴ http://ululab.com/fr/slice_fractions/

⁵ Ululab est une entreprise de Montréal qui œuvre dans le domaine des jeux vidéo

1.3. Énoncé de la problématique

Plusieurs auteurs (Alvarez, 2007; Becker, 2008a; Djaouti, 2011; Gee, 2003; Prensky, 2001; Salen, 2011; van Staalduinen et de Freitas, 2011) s'accordent pour dire que les jeux vidéo sont des vecteurs de motivation et d'engagement chez les apprenants et que leur utilisation dans un contexte d'éducation s'avère positive.

Cependant, d'autres auteurs (Arnab *et al.*, 2015; Becker, 2008a; Capdevila Ibañez, 2013) s'entendent aussi pour dire que la conception des jeux vidéo destinés aux apprentissages est un processus délicat et complexe nécessitant une bonne synergie entre les diverses parties prenantes dès le début de la conception.

Concevoir et développer un jeu vidéo traditionnel est déjà une tâche exigeante qui requiert de nombreux intervenants selon l'ampleur du projet : concepteur, concepteur de niveau, artiste 2D et 3D, artiste du son, programmeur de jeu, programmeur d'outils et d'environnement pour développer le jeu, etc.

La conception d'un jeu vidéo destiné à un apprentissage spécifique demande que l'on ajoute à la liste des intervenants l'expert en contenu pédagogique, l'expert en didactique ou tout autre expert en lien avec le domaine de connaissances que l'on souhaite ciblé dans le jeu.

Comme la majorité des auteurs le mentionnent, réussir à faire collaborer ces nombreux intervenants provenant de milieux différents, utilisant des langages différents, exige un doigté et une sensibilité particulière que le gestionnaire de projet se doit de posséder. Peu d'auteurs étudient la problématique de la gestion d'un projet dans un contexte de JDAC. Et pourtant, nous croyons qu'un bon gestionnaire de projet devrait avoir une connaissance substantielle du domaine de l'éducation ET du domaine des jeux vidéo.

La solution à ce type de problématique n'est pas unique et dépend souvent du domaine de connaissances à traiter, du contexte dans lequel il est employé, des moyens techniques, financiers et humains disponibles et enfin du degré d'expertise des parties prenantes.

L'idée de procéder de façon formelle et structurée n'est pas inédite, mais s'inspirer de la MISA pour élaborer une nouvelle méthode adaptée pour les JDAC propose un point de vue original. De plus, travailler avec une méthode explicite, mais souple, permet au chef de projet de planifier et de hiérarchiser les tâches à accomplir.

1.4. Questions et hypothèses de recherche

Nous tenterons de répondre à la question suivante : **Quelle est la meilleure façon de concevoir un JDAC pour réussir à cibler les apprentissages d'un domaine de connaissances en particulier ?**

Pour discuter de cette question, nous émettons l'hypothèse suivante : **Grâce à une méthode rigoureuse de conception d'un JDAC, nous pouvons nous assurer que le jeu satisfait aux objectifs pédagogiques souhaités tout en restant attrayant et efficace au niveau ludique.** Pour ce faire, nous poursuivons les objectifs suivants :

- Analyser la documentation scientifique en lien avec notre objet de recherche ;
- Explorer les méthodes existantes, dont la MISA, et les étapes de développement d'un jeu vidéo ;
- Proposer une méthode facilitant la conception d'un JDAC qui pourra servir à l'avancement du projet industriel cité plus haut ;
- Élaborer le devis de conception d'un JDAC en utilisant la méthode proposée.

1.5. Esquisse méthodologique

Pour infirmer ou confirmer notre hypothèse, nous poursuivrons, parallèlement à la rédaction de ce mémoire, une formation sur le développement du jeu vidéo et une autre sur l'ingénierie pédagogique afin d'accroître nos compétences à bien comprendre et utiliser les techniques et méthodes issues de ces deux domaines.

Puis, nous explorerons la MISA, et les étapes de développement d'un jeu vidéo dans l'objectif de créer une nouvelle méthode convenant mieux à un contexte de conception d'un JDAC. De plus, cette nouvelle méthode sera employée pour l'élaboration d'un devis de conception d'un jeu vidéo destiné à l'apprentissage et à la révision des opérations mathématiques sur des expressions algébriques.

Tableau 1-1 : Différenciation des différents champs de recherche liés au jeu⁶

	Jeu vidéo <i>Video Game</i>	Jeu sérieux <i>Serious Game</i>	Apprentissage par le jeu <i>Game-based Learning</i>	Ludification <i>Gamification</i>	JVDAC <i>Game for Learning</i>
Définition de base	Système interactif qui oblige le joueur à batailler ferme pour atteindre des objectifs	Jeu dont l'intention principale n'est pas le divertissement, le plaisir ou l'amusement	Pratiques et méthodes d'apprentissage utilisant le jeu	Utilisation des éléments du jeu dans un contexte autre que le jeu	Jeu conçu selon des objectifs pédagogiques précis et ciblés
Utilité	N'importe quelle	Modifier des comportements, des attitudes ou des habitudes	Façon d'appréhender les apprentissages (pas un jeu)	Susciter la motivation en ajoutant des éléments du jeu	Atteindre des objectifs pédagogiques
Intention principale	Jouer, obtenir des récompenses ou les deux	Prendre connaissance du message du jeu	Améliorer les apprentissages	Récompenser extrinsèquement, intrinsèquement	Apprendre quelque chose
Question essentielle	Est-ce amusant ?	Est-ce invitant ?	Est-ce efficace ?	Est-ce efficace ?	Est-ce efficace ?
Accent	L'expérience du joueur	Contenu du message	Contenu à apprendre	L'expérience de l'utilisateur	Contenu à apprendre
Budgets	De presque rien à des centaines de millions de dollars	De presque rien à des centaines de milliers de dollars	Généralement compris dans les budgets institutionnels	De presque rien à des dizaines de milliers de dollars	De presque rien à des centaines de milliers de dollars
Modèle d'affaires	Payé par l'utilisateur	Payé par le producteur	Payé par l'institution	Payé par le producteur	Varie
Catalyseur	Amusement	Message	Jeu en tant qu'outil pour une leçon	Pour l'éducation, c'est la manière d'enseigner	Réussite ou déficit de connaissance
Exactitude	Cohérente, sinon hors de propos	Fidèle à l'essence du message	Fidèle à l'essence du message	Ne s'applique pas	Fidèle à l'essence du message

⁶Reproduit à partir de <http://minkhollow.ca/beckerblog/2015/06/21/games-vs-game-based-learning-vs-gamification-my-version/>

2. CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES

2.1. Quand le jeu vidéo devient éducatif

À la suite du déclin des logiciels ludo-éducatifs (*Edutainment*) vers la fin des années 1990, l'intérêt pour les jeux vidéo utilisés pour des intentions autres que le divertissement reprend son essor au début des années 2000.

Les logiciels ludo-éducatifs ont connu un certain succès auprès des parents qui souhaitaient favoriser les apprentissages chez leurs enfants (Lavigne, 2014b). Sauf que la promesse ludique de ces logiciels ne tenait pas la route et restait somme toute marginale. Leurs contenus étaient calqués sur des exercices scolaires classiques. Dans ce type de logiciel, le jeu servait de prétexte pour attirer les jeunes apprenants dans une logique behavioriste de récompense du travail accompli.

L'arrivée des jeux sérieux change la donne avec Zyda (2005) qui propose que la pédagogie soit subordonnée au jeu, laissant le divertissement prendre la place qui lui revient. Raph Koster (2013) résume bien les objectifs à atteindre lors de la conception d'un JDAC, c'est-à-dire que **le processus d'apprentissage devrait être le moteur de la motivation**, « la drogue » faisant en sorte que le joueur souhaite poursuivre et s'amuser avec le jeu. « *Fun from games arises out of mastery. It arises out of comprehension. It is the act of solving puzzles that makes games fun. In other words, with games, learning is the drug* » (Koster, 2013, p. 40).

De façon similaire, faisant suite à une analyse de plus de 30 jeux sérieux, Michel Lavigne (2016) conclut qu'« *...un bon serious game devrait d'abord être perçu comme un jeu* » (Ibid., p. 7). Brougère (2012) quant à lui émet l'hypothèse que les pédagogies hostiles au jeu sont d'abord réfractaires à la reconnaissance du pouvoir de décision que possède l'apprenant dans le jeu.

Pour notre part, nous soutenons le principe de base qu'un JDAÇ est en premier lieu un jeu vidéo dans lequel un joueur choisit librement de s'engager et qu'il est conçu comme un outil d'apprentissage d'un domaine de connaissances précis. Ce joueur est donc au cœur de toutes les décisions prises par l'équipe de conception. Le jeu est avant tout conçu pour lui, pour qu'il puisse s'approprier de nouvelles connaissances et développer de nouvelles compétences.

L'évolution grandissante de la technologie et la popularité des jeux vidéo fournissent l'opportunité aux chercheurs d'étudier et de comprendre l'utilisation des jeux vidéo en éducation. Les nombreux appareils (ordinateur personnel, console, tablette, téléphone cellulaire) qui tiennent lieu de supports aux jeux rendent ceux-ci attrayants pour une large variété d'utilisateurs ayant l'occasion de transporter ces équipements avec eux et, ainsi, de s'en servir dans un contexte d'apprentissage ou de formation.

Les recherches des quarante dernières années concernant l'usage des jeux vidéo en éducation ont porté sur différentes problématiques traitant de thèmes divers. Ces recherches sont regroupées dans plusieurs revues de littérature scientifique (Becker, 2010; Connolly, Boyle, MacArthur, Hainey et Boyle, 2012; de Freitas, 2006; Egenfeldt-Nielsen, 2006; Galaup, Viallet et Amade-Escot, 2013; Jong, Lee et Shang, 2013; Kirriemuir et McFarlane, 2004; Mayes et de Freitas, 2004; Mitchell et Savill-Smith, 2004).

- L'impact sur les jeunes ;
- Le potentiel éducatif ;
- Les apports pour la formation et les apprentissages ;
- La motivation et l'engagement dans les jeux vidéo ;
- L'expérience utilisateur des jeunes, leurs préférences et ce qu'ils aiment ;
- La conception des jeux vidéo destinés à l'éducation ;
- L'utilisation des jeux dans un environnement d'éducation traditionnel.

Les travaux de Sara de Freitas (2006) sont particulièrement intéressants parce qu'ils touchent à l'utilisation des jeux dans les processus d'apprentissages (*Game-based Learning*). Ils comprennent un examen attentif de la littérature, une série d'études de cas servant à illustrer la gamme d'usages possibles des jeux et synthétisent les questions et les thèmes clés en lien avec les apprentissages dans les mondes immersifs, c'est-à-dire des lieux virtuels (par exemple une salle d'autopsie dans le cas d'une formation médicale) dans lesquels les utilisateurs interagissent.

Katrin Becker (2010) et Jan-Paul van Staalduinen (2012) mentionnent que même s'il existe plusieurs travaux portant spécifiquement sur les jeux utilisés dans un contexte d'éducation, il n'y a pas de théorie du jeu et encore moins de théorie du jeu vidéo dans ce champ de recherche.

Plusieurs barrières apparaissent concernant l'emploi des jeux vidéo dans des conditions d'apprentissage (Klopfer, Osterweil et Salen, 2009). Ces barrières sont en lien avec leur adoption, leur conception et leur développement, leur durabilité ou l'innovation. En voici les principales :

1. Les exigences des programmes traditionnels d'éducation ;
2. L'attitude négative des enseignants, des parents et des médias envers le jeu vidéo ;
3. Les complexités logistiques et l'insuffisance d'expérience des éducateurs avec les nouvelles technologies ;
4. L'absence d'études démontrant l'efficacité des jeux ;
5. Les coûts de développement et d'entretien ;
6. La difficulté d'avoir accès au public cible dans les classes ;
7. La nature changeante des jeux et l'évolution rapide de la technologie ;
8. Des limites à l'innovation dues au manque de données et de recherches sur le sujet.

Nous verrons plus en détail, dans les prochaines sections, que la conception d'un JDAC est un travail délicat accompli par une équipe interdisciplinaire. Auparavant, il nous apparaît important d'étudier les liens qui existent entre le domaine de l'éducation et le domaine du jeu vidéo.

2.2. Les liens entre apprentissage, pédagogie et jeu vidéo

La compréhension des relations complexes qui unissent apprentissage et jeu est une tâche essentielle quand vient le temps de concevoir un JDAC. La dichotomie souvent mise en évidence entre les apprentissages et le jeu rend cependant cette tâche délicate.

Les recherches traitant de ce thème s'organisent autour de deux approches. La première consiste à analyser les jeux vidéos traditionnels pour en retirer de nouveaux savoirs, théories et stratégies ayant comme objectif d'améliorer l'enseignement en classe (Becker, 2005, 2007, 2008b; Gee, 2003, 2005a, 2008, 2009, 2013; Juul, 2005; Prensky, 2001, 2005a; Salen et Zimmerman, 2004).

La deuxième s'emploie plutôt à améliorer la conception des JDAC en analysant les liens entre la conception pédagogique et celle des jeux (Amory, 2007; Becker, 2008a; Kiili et Ketamo, 2007; Marfisi-Schottman, 2012; Marne, Carron et Labat, 2013; Suttie *et al.*, 2012; van Staalduinen et de Freitas, 2011) ou bien en explorant la façon de cibler le contenu pédagogique sous différents angles (Bugmann, 2016; Grey, 2011; Habgood, 2007; Habgood et Ainsworth, 2011; Habgood, Ainsworth et Benford, 2005; Rapeepisarn, Wong, Fung et Khine, 2008; Sutter Widmer, 2010; Szilas et Sutter Widmer, 2009)

Si les auteurs de la première approche affirment que les jeux vidéo traditionnels possèdent déjà des éléments pédagogiques intéressants, ceux de la deuxième mettent plutôt en lumière la difficulté de concevoir des JDAC qui connaissent à la fois les qualités d'une bonne conception pédagogique et les qualités d'un bon jeu vidéo.

Des auteurs précurseurs comme Marc Prensky (2001, 2002, 2005b) et James Paul Gee (2003, 2005a, 2005b, 2008, 2009, 2010, 2013) laissent un apport capital dans la compréhension du fonctionnement des apprentissages à l'intérieur du jeu vidéo traditionnel.

Les travaux de de Freitas et Oliver (2006) et van Staalduinen et de Freitas (2011) ont produit le cadre de référence *Four-Dimensional Framework* (4DF) développé pour expliciter formellement le lien entre les objectifs d'apprentissage et le jeu. Inspiré par Amory (2007) et de Kiili (2005a), les auteurs ont défini quatre dimensions dans lesquelles ils classent les caractéristiques importantes à prendre en compte (voir le tableau 2-1).

À la base, le 4DF a été conçu dans un contexte d'éducation traditionnelle pour aider les enseignants et formateurs à évaluer et choisir des jeux vidéo existants. Cependant, les auteurs mentionnent que ce cadre de référence peut très bien être employé lors de la conception d'un jeu.

Tableau 2-1 : Le cadre de référence 4DF
(de Freitas et Oliver, 2006)

Apprenant (<i>Learner Specifics</i>) <ul style="list-style-type: none"> · Profil · Rôle · Compétences 	Pédagogie (<i>Pedagogy</i>) <ul style="list-style-type: none"> · Béhaviorisme · Cognitivisme · Constructivisme · Apprentissage situé
Présentation (<i>Representation</i>) <ul style="list-style-type: none"> · Fidélité · Interactivité · Immersion 	Context (<i>Context</i>) <ul style="list-style-type: none"> · Environnement · Accessibilité · Ressources disponibles

Tableau 2-2 : Les éléments du jeu selon le 4DF⁷
(van Staalduinen et de Freitas, 2011)

Apprenant <ul style="list-style-type: none"> · Défi · Conflit · Progrès 	Pédagogie <ul style="list-style-type: none"> · Progression de la difficulté · Réussite / Feedback · Débriefage / Évaluation · Informations / Aide / Indices · Sécurité
Présentation <ul style="list-style-type: none"> · Lien Action / Domaine · Contrôle · Interaction (Équipement) · Interaction (Interpersonnelle) · Interaction (Sociale) · Localisation · Lien Apprenant / Problème · Présentation · Stimuli sensoriel 	Context <ul style="list-style-type: none"> · Fantaisie · Buts / Objectifs · Langage / Communication · Mystère · Objets ou personnages · Mono ou multi joueur · Règles · Thème

⁷ Voir la description complète des éléments du jeu dans (van Staalduinen et de Freitas, 2011, pp. 13-18)

Poussant l'analyse un peu plus loin, les mêmes auteurs utilisent le 4DF pour trier les éléments du jeu vidéo qui contribuent aux apprentissages selon les quatre dimensions du cadre. Cette présentation s'approche beaucoup plus de la conception d'un jeu vidéo (voir le tableau 2-2).

Arnab *et al.* (2015) ont cherché à comprendre les liens entre apprentissage et jeu pour l'élaboration de leur cadre de référence *Learning Mechanics-Game Mechanics* (LM-GM) (voir la figure 3). Les auteurs de ce cadre de référence font partie du *Game and Learning Alliance (GaLA)*, une association de chercheurs, concepteurs, praticiens et autres parties prenantes dont l'objectif est d'étudier les jeux sérieux à vocation éducative pour en faire un champ de recherche explicite comprenant les meilleures pratiques, les théories associées au domaine et les applications qui en découlent. Depuis 2011, leurs travaux sont publiés en ligne⁸ de façon systématique et constituent une base d'informations importantes et pertinentes pour les chercheurs.

⁸ <http://www.galanoe.eu/index.php>

Le cadre LM:GM est un outil de cartographie des liens entre les mécaniques d'apprentissage et les mécaniques du jeu (voir la section 3.3.2.1 pour une définition détaillée des mécaniques du jeu). Conçu avec l'intention d'aider les utilisateurs à mieux décrire les jeux selon les différentes approches pédagogiques, il s'avère possible d'étudier les relations qui unissent ces mécaniques à travers trois dimensions : les théories pédagogiques, les mécaniques d'apprentissage et les patrons de structure des jeux.

D'après Lim, Louchart et Suttie (2012), les *Serious Game Mechanics* (SGMs) se définissent à un plus haut niveau que les mécaniques du jeu, mais à un plus bas niveau d'abstraction que les mécaniques d'apprentissages (voir la figure 4 pour un exemple d'utilisation). Il est donc primordial que les SGMs soient directement liés aux pratiques pédagogiques ou aux activités pédagogiques puisqu'elles représentent concrètement la transformation des processus d'apprentissage en éléments de mécaniques de jeu.

Dans sa thèse de doctorat, Katrin Becker (2008a), cherche à comprendre comment améliorer la conception des jeux numériques destinés aux apprentissages en étudiant en profondeur la conception des jeux vidéos commerciaux qui ont du succès auprès de la communauté des joueurs (*Gamers*). Son objectif initial était d'élaborer une théorie pour la conception des jeux vidéo destinés aux apprentissages. À la fin, elle conclut qu'un tel objectif est plutôt ardu à atteindre. Pour elle, ce genre de conception est un problème insoluble (*Wicked Problem*) ou difficile à résoudre pour lequel il n'existe pas de solution unique.

Nous sommes d'accord pour dire que la conception d'un JDAC est une tâche complexe et délicate et que travailler à trouver une réponse unique est vain. Même si les outils présentés précédemment sont utiles pour évaluer ou concevoir des jeux, ils n'en restent pas moins à un niveau théorique abstrait. Par exemple, il est facile après coup de prendre le cadre LM-GM et de cartographier les liens entre apprentissage et jeu. Par contre, employer ce même cadre pour concevoir un jeu à partir de zéro est à notre avis beaucoup plus difficile. Nous verrons dans la prochaine section pourquoi la conception d'un JDAC est un problème corsé.

2.3. Les apprentissages dans un JDAC

Un JDAC est un dispositif qui permet à l'apprenant d'atteindre un objectif pédagogique précis et par conséquent de réaliser un apprentissage. Il est donc primordial que la démarche de conception démarre avec ce but qui est lié à la nature des connaissances que l'on veut cibler dans le jeu. À partir du moment où le domaine de connaissances et les objectifs à atteindre sont définis, quelles sont les options qui s'offrent aux concepteurs pour la suite ?

Figure 3 : Les différentes mécaniques inscrites dans le cadre LM-GM

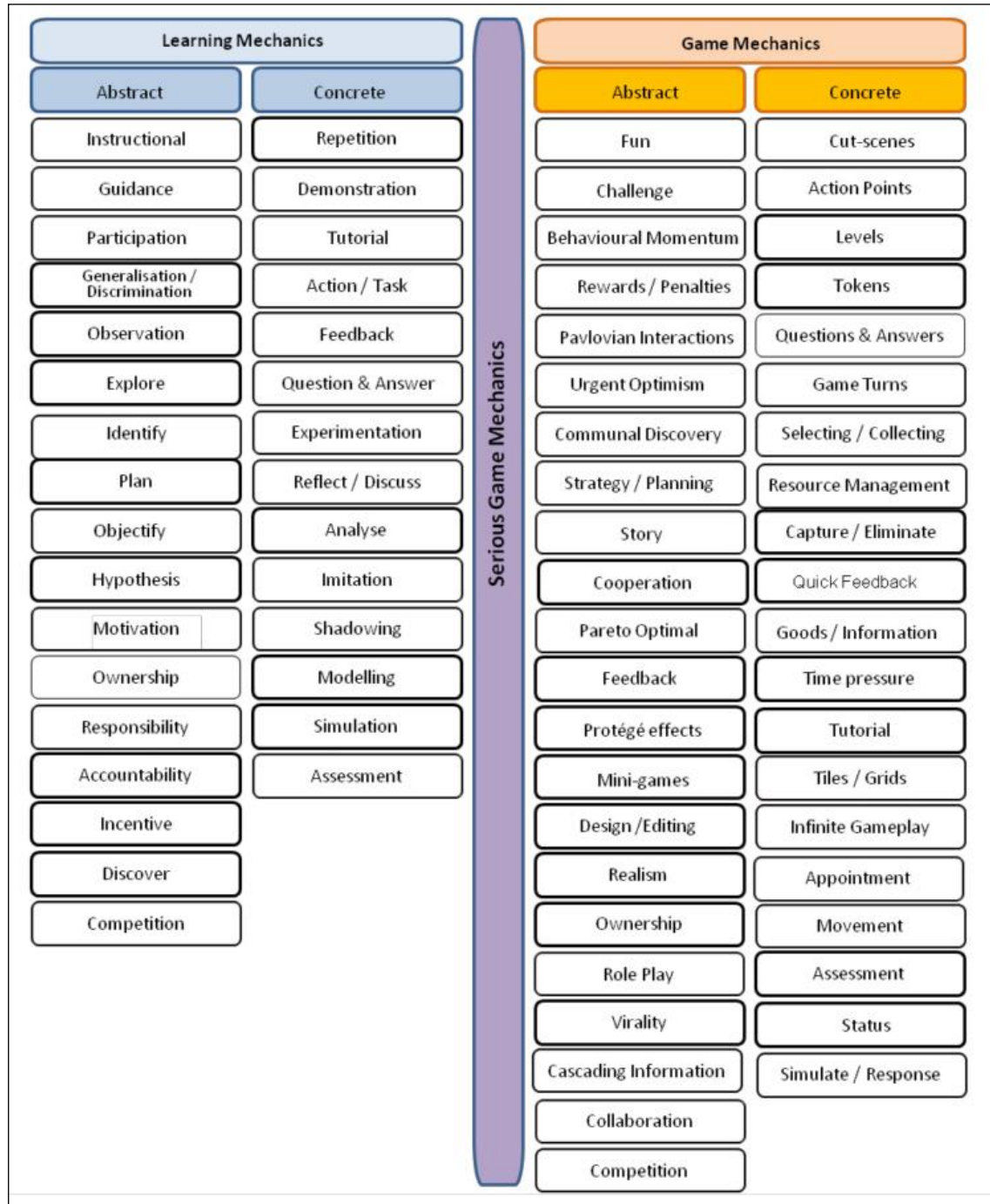
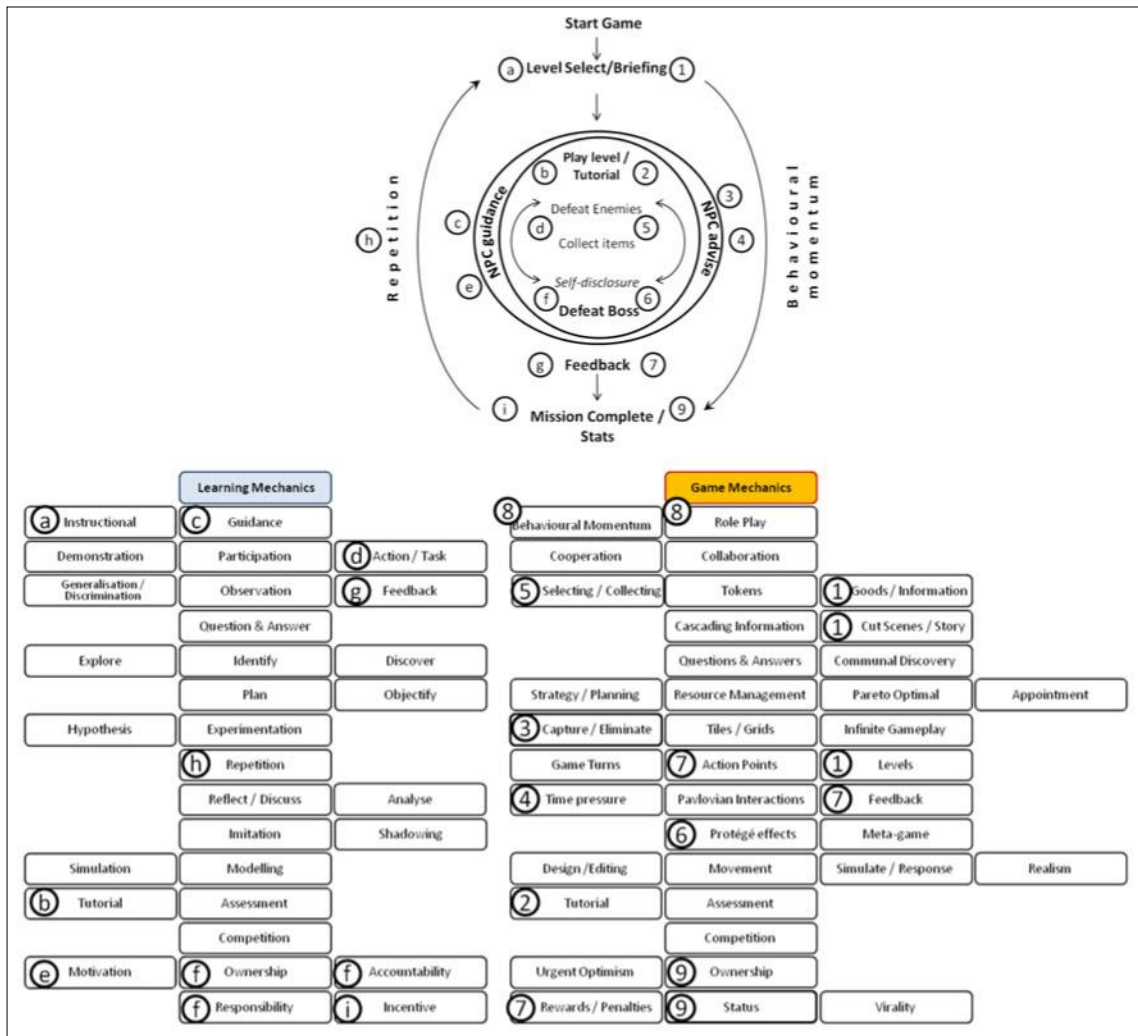


Figure 4 : Cartographie d'une analyse du jeu *Re-Mission*
 (Lim *et al.*, 2012, p. 26)



Selon van Staalduinen et de Freitas (2011), pour réussir à mettre en relation les théories de l'éducation et les théories du jeu, il s'avère nécessaire de changer de point de vue et d'adopter une approche qui utilise le meilleur de la conception du jeu avec une nouvelle façon d'appréhender les apprentissages, c'est-à-dire, choisir une conception centrée sur l'apprentissage par l'expérience plutôt que sur l'apprentissage d'un *curriculum*. Qui dit conception centrée sur l'expérience, dit conception centrée sur l'utilisateur.

This raises the interesting point that if we truly want to integrate educational theory and game design theory into one approach for creating serious games, then what we need is a new view on designing games that integrates the best from game design, with a different approach to learning that focuses on learning as immersive experience design rather than learning as curriculum design.
(*Ibid.*, p. 30)

Un jeu inspire d'abord des émotions (de la fierté à la frustration) qui sont un facteur d'engagement de l'apprenant (Delomier, 2013). Il offre ensuite un endroit sécurisant où l'apprenant peut vérifier ses connaissances ou échouer sans conséquences négatives.

2.3.1. La motivation et l'état de flux

Parler d'apprentissage par l'expérience, c'est aussi parler de motivation. Le concept de motivation intrinsèque est au cœur de l'engagement du joueur dans les jeux vidéo. La plupart des chercheurs dans ce domaine s'entendent pour dire qu'une personne ressent une motivation intrinsèque pour accomplir une activité quand la seule récompense qu'elle reçoit est l'activité en elle-même (Deci et Ryan, 1975; Koster, 2013; Malone et Lepper, 1987).

De la même façon, le concepteur de jeu Raph Koster (2013) parle de « la drogue » faisant en sorte que le joueur souhaite poursuivre et s'amuser avec le jeu. Ce sont les aspects de défi, de contrôle, de fantaisie et de curiosité qui créent cette motivation.

La plupart des théories sur la motivation intrinsèque sont inspirées du concept d'état de flux (*flow*) élaboré par Mihaly Csikszentmihalyi (1990). Selon ce dernier, l'état de flux est une situation psychologique et émotionnelle où prédominent les sentiments de joie, d'accomplissement et de compétence. La personne en état de flux a l'impression de pouvoir contrôler ses actions et d'être le maître de son destin.

Dans un rapport publié en 2014, le GaLA fait le point sur la notion de flux dans le domaine des jeux sérieux (Arnab *et al.*, 2014). La recherche empirique à ce propos étant à ses débuts, les études existantes sont plutôt morcelées. Une des analyses les plus intéressantes à ce sujet est celle de Kiili (2005b) qui démontre l'importance du lien entre le flux et les apprentissages.

2.3.2. Approche extrinsèque versus approche intrinsèque

Il existe deux approches permettant de cibler des apprentissages dans le jeu :

1. **Approche extrinsèque** : les apprentissages se font autour de l'activité du jeu ;
2. **Approche intrinsèque** : les processus apprentissages sont intégrés directement dans les mécaniques du jeu ou dans la jouabilité et permettent d'expérimenter l'état de flux.

L'approche extrinsèque était en vogue durant les années 1980 et 1990, en particulier pour les logiciels ludo-éducatifs (la série *Adi*⁹ ou *Where in the World Is Carmen Sandiego?*¹⁰) (Delomier, 2013). Dans ce genre d'approche, les phases pédagogiques et ludiques sont séparées. Les phases pédagogiques servant aux apprentissages théoriques du contenu et les phases ludiques servant à la fois à la validation des apprentissages et à la détente.

L'approche intrinsèque, intimement liée avec notre problématique et la notion d'intégration intrinsèque du contenu pédagogique, est à l'étude depuis la fin des années 1980. Les premiers travaux concernant ce type d'approche dans la conception des jeux vidéo viennent de Malone et Lepper (1987), travaux qui seront repris par Habgood *et al.* (2005). Ces derniers commencent à élaborer une définition de l'intégration intrinsèque dans le jeu. Ils établissent les deux règles de conception suivante :

1. Transmettre le contenu à apprendre dans les sections du jeu les plus amusantes, voguant ainsi sur la vague du flux sans l'interrompre ou la diminuer ;
2. Intégrer le contenu à apprendre dans la structure du monde du jeu et des interactions du joueur avec celui-ci. Ce contenu se trouvant exploré dans les mécaniques centrales de la jouabilité.

⁹ [https://fr.wikipedia.org/wiki/Adi_\(série\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Adi_(série))

¹⁰ [https://en.wikipedia.org/wiki/Where_in_the_World_Is_Carmen_Sandiego%3F_\(1985\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Where_in_the_World_Is_Carmen_Sandiego%3F_(1985))

Dans sa thèse, Habgood (2007) prétend qu'une intégration intrinsèque effectuée au niveau des mécaniques du jeu est plus efficace que si cette intégration s'accomplit à un niveau fictionnel (monde imaginaire). Il donne en exemple le jeu d'échecs conçu d'après une métaphore féodale. Changer cette métaphore pour une autre, par exemple avec des personnages d'un monde fantaisiste rempli de magie ne modifierait en rien les règles du jeu. Ce qui rend le jeu d'échecs intéressant ce sont ses mécaniques (le pion se déplace d'une case à la fois, le fou se déplace diagonalement, le cavalier se déplace selon la forme d'un L, etc.), non la métaphore.

Selon Habgood et Ainsworth (2011), l'intégration intrinsèque du contenu d'apprentissage est un des moyens les plus efficaces de mettre en relation un jeu vidéo et son contenu pédagogique. Par exemple, pour réfléchir sur le concept d'intégration intrinsèque, les auteurs ont conçu un jeu vidéo, nommé *Zombie Division*, qui intègre les notions des divisions mathématiques. Trois versions de ce jeu ont été créées :

1. **Intrinsèque** : les notions de mathématique sont intégrées dans les mécaniques de combat. Dans cette version, le joueur doit combattre contre des ennemis, des squelettes portant un dossard sur lequel est inscrit un numéro. Le but du jeu est de découper l'ennemi avec une arme lui permettant de bien diviser le numéro inscrit sur le dossard :
 - a. Un coup d'épée = représente la division par deux,
 - b. Un bouclier triangulaire = représente la division par trois,
 - c. Un coup de gantelet (cinq doigts) = représente la division par cinq,
 - d. Un coup d'épée et un coup de gantelet = représentent la division par dix ;

2. **Extrinsèque** : les mécaniques de combat ne sont reliées en aucune façon aux notions mathématiques. Un questionnaire à choix multiples sur les divisions mathématiques est proposé entre les niveaux du jeu ;
3. **Contrôle** : une version du jeu qui ne contient aucune notion mathématique.

Dans leurs conclusions, les auteurs reconnaissent que l'intégration intrinsèque au niveau de la fantaisie dans un jeu est importante, mais que c'est l'intégration au niveau des mécaniques de jeu centrales qui est supérieure pour la création d'une relation entre contenu d'apprentissage et jeu. Un apprentissage mal intégré est moins efficace, d'un point de vue pédagogique, qu'un apprentissage bien intégré.

Szilas et Sutter Widmer (2009) nous présentent un point de vue légèrement différent. Ils ont utilisé les travaux d'Habgood en leur apportant plus de profondeur. Selon eux, la notion d'intégration est continue à l'intérieur du jeu. Elle met en scène plusieurs perspectives superposées qui compliquent la mesure de l'intégration. Pour réussir à mieux cerner la représentation de l'intégration, ils nous offrent un modèle qui en possède trois reliées au concept du jeu :

1. **L'intégration dans les mécaniques du jeu** : grâce à elle, la motivation et le flux sont générés par le système du jeu, non par les éléments graphiques ou sonores ;
2. **L'intégration dans la temporalité** : elle parvient à faire fonctionner les deux systèmes de signes au même moment ou à des instants rapprochés ;
3. **L'intégration fictionnelle** : elle est présente lorsqu'il n'existe qu'une fiction pour les mécaniques du jeu et du domaine d'apprentissage, c'est-à-dire qu'il est impossible de savoir où s'arrête le jeu et où commence le contenu d'apprentissage.

Dans un JDAC, il existe deux systèmes de signes : celui qui correspond au domaine d'apprentissage et celui qui s'applique au jeu. Parce que l'intégration des temporalités réussit à faire fonctionner les deux systèmes de signes au même moment ou à des instants rapprochés, la synchronisation de l'apprentissage avec le jeu est établie (Sutter Widmer, 2010).

Nous sommes d'accord pour dire que l'intégration du contenu d'apprentissage prend sa source dans les trois dimensions d'un jeu : mécaniques, fiction, temporalité. Tout ceci étant dit, il est tout de même extrêmement ardu de concevoir un JDAC. Nous donnerons plus de précisions sur cette difficulté à la section 2.4.

2.3.3. À propos de la réflexion ou le débriefage

« You need the game to get the horse to water, but if you keep up the excitement of play, the horse may not drink anything. » (Stolovitch et Thiagarajan, 1980, p. 86).

Le débriefage (*debriefing*) est une étape importante dans le processus de construction des connaissances. Sa fonction principale est de créer un pont entre le vécu pendant une phase d'apprentissage et les situations de la vie courante.

La plupart des auteurs s'entendent pour dire que le débriefage est un temps d'arrêt servant à la réflexion et aux échanges sur une expérience de jeu ou de simulation pour en faire ressortir les apprentissages et faire le lien avec le monde réel. (Crookall, 2010; Kriz, 2008; Nicholson, 2012; Peters et Vissers, 2004; Petranek, Corey et Black, 1992; Steinwachs, 1992)

Dans un éditorial de la revue *Simulation & Gaming*, David Crookall (2010) mentionne que le débriefage n'est pas utilisé autant qu'il le devrait sur le terrain de l'éducation quand les jeux, sérieux ou autres, deviennent des outils d'apprentissage. Selon lui, une activité de compte rendu approprié est : « *...l'occasion d'effectuer une activité de réflexion et d'échange sur l'expérience du jeu pour en faire un apprentissage.* » ¹¹

D'ailleurs, il déplore que malgré toutes les études sur les jeux sérieux depuis 1992, peu d'entre elles s'intéressent vraiment au débriefage. Peters et Vissers (2004) font le même constat dans un article concernant un modèle de classification du processus de débriefage suivant un jeu ou une simulation. Selon Crookall, les apprentissages profonds et le transfert de connaissances proviennent du débriefage, pas du jeu.

Nous avons une position plus nuancée sur cette question. Les processus d'apprentissage à l'intérieur du jeu sont encore mal compris, l'intégration structurée de scénarios pédagogiques et le contrôle des résultats d'apprentissage sont difficiles à mettre en place dans la conception du jeu (van Staalduinen et de Freitas, 2011). Il est prématuré de tirer des conclusions sur la notion de débriefage dans un contexte de jeu vidéo. Ceci étant dit, et même si ce n'est pas le sujet principal de ce mémoire, il nous apparaît important de le mentionner.

¹¹ Traduction libre de : « *...the occasion and activity for the reflection on and the sharing of the game experience to turn it into learning.* » (Crookall, 2010, p. 907)

Le savoir sur le débriefage est primordial dans le domaine des apprentissages et par le fait même, dans un JDAC. Nous croyons que des séances de débriefage pourraient être conçues sous la forme de mécaniques de jeu. Cependant, les concepteurs auront le défi de ralentir le flux ressenti par le joueur pour permettre la réflexion sans diminuer sa motivation.

2.4. La difficulté de concevoir des JDAC

Nous sommes d'accord pour dire qu'« *un bon Serious Game devrait d'abord être perçu comme un jeu...* » (Lavigne, 2016, p. 7). Pour ce chercheur, plus le côté sérieux est mis de l'avant dans la conception du jeu sérieux, plus le côté ludique aura de la difficulté à exister. Selon lui, les concepteurs doivent d'abord proposer un jeu et donc, faire preuve de lâcher-prise quant à la transmission du message (Lavigne, 2012). Nous croyons que ce même principe s'applique à la conception des JDAC.

Dans un autre article, Lavigne (2014a) s'intéresse à la pertinence ludique et pédagogique du jeu sérieux. Son analyse d'un corpus de 30 jeux sérieux démontre une faible perception ludique, en particulier par les jeunes familiers des jeux vidéo traditionnels. Selon lui, leur efficacité pédagogique reste à être prouvée. De plus, il constate qu'il existe une panoplie de logiciels se prétendant des *Serious Games*, mais qu'il n'y a rien de probant par rapport à leur utilisation ou à leur bénéfice réel (Lavigne, 2014b).

Sur un autre registre, dans une liste de dix mythes publiée sur le Web à propos des jeux sérieux, Ben Sawyer mentionne en particulier que créer un jeu qui enseigne une leçon en particulier est une des tâches les plus difficiles à accomplir. « ... *making a game that teaches a specific lesson is one of the hardest design goals to accomplish* » (Sawyer, 2007, p. 1).

Comme le note Sutter Widmer (2010), le manque d'efficacité pédagogique des JDAÇ s'explique par la pauvreté de leur conception. De plus, elle remarque que l'ingénierie pédagogique est souvent absente du processus de conception, ce qui est aussi à notre avis un problème réel. D'ailleurs, la section 3.2 présente une méthode qui s'inspire en partie de l'ingénierie pédagogique.

En résumé, concevoir un JDAÇ est une tâche complexe (*Wicked Problem*), les jeux existants sont en général faibles ou inefficaces et les études dans ce domaine sont rarement concluantes puisqu'il se trouve peu d'éléments ou de données fiables pour en faire l'analyse.

De plus, il y a la plupart du temps un déséquilibre entre la dimension pédagogique et ludique, ce qui entraîne des conséquences négatives soit sur l'apprentissage soit sur la motivation et l'engagement soit sur ces deux composants à la fois. Selon Becker (2008a), une façon de pallier cette difficulté est d'appréhender le JDAÇ comme une méthode d'enseignement, non comme un objet recevant le contenu pédagogique.

Les multiples théories pédagogiques jouent un certain rôle dans la conception des JDAC. En effet, dans une revue de la documentation scientifique sur l'utilisation des jeux vidéo en éducation, Egenfeldt-Nielsen (2006) met en relief les tensions qui existent entre les diverses approches pédagogiques que sont le béhaviorisme, le cognitivisme et le constructivisme. Il note que le béhaviorisme était dominant dans les logiciels ludo-éducatifs et qu'il l'est toujours dans les jeux sérieux. Lavigne (2014a) stipule que c'est sans doute dû au coût élevé de produire un tel jeu et qu'il est plus aisé de concevoir un jeu fondé sur de classiques minijeux.

Hussain et Ostwald (2015) prétendent que beaucoup de chemin a été fait jusqu'ici pour identifier les méthodes de conception efficaces, mais qu'il n'y a rien de concluant pour réussir à combler le fossé entre la conception et la mise en œuvre d'un JDAC. Plusieurs facteurs expliquent cette difficulté :

- **Confusion conceptuelle** entre les membres de l'équipe sur les éléments du jeu et des apprentissages. En particulier quand le contenu pédagogique est défini à un niveau trop élevé, amenant une incompatibilité avec la réalisation des composantes du jeu ;
- **Conception incomplète ou incohérente** : Quand la conception du jeu n'est pas bien établie, l'équipe responsable du développement risque de faire de mauvais choix, ce qui pourrait avoir comme conséquence une baisse d'efficacité au niveau des apprentissages ;

- **Fossé considérable de compréhension** des concepteurs pédagogiques concernant la conception du jeu et des développeurs à l'égard de la façon de construire le jeu. Les développeurs pourraient produire un jeu qui n'est pas bien aligné avec les objectifs pédagogiques ou bien les concepteurs pédagogiques pourraient vouloir effectuer une modification qui demanderait, d'un point de vue de programmation, un ajustement majeur ou incompatible avec la jouabilité ;
- **Expérience du joueur peu efficace ou conflictuelle** causée par des éléments de jeu inconsistants ou mal conçus, ce qui aura comme conséquence de diminuer la motivation et l'engagement chez le joueur.

D'autres auteurs (Capdevila Ibañez, 2013; Holopainen, 2011; Kelle, 2012; Kiili, 2011; Marfisi-Schottman et George, 2014; Marne, 2014; Marne et Labat, 2012) ont aussi fait ressortir de semblables types de problème. Pour remédier à ces difficultés, ils proposent à peu près tous les mêmes principes à suivre ; trouver une manière de dialoguer que tous comprennent, employer des patrons de conception réutilisables et garder à l'esprit l'équilibre entre les éléments de jeu et les éléments pédagogiques.

Peu des auteurs étudiés traitent de la problématique de la gestion de projet dans une équipe interdisciplinaire si ce n'est que de façon indirecte. Pourtant, tous parlent de l'importance d'une communication efficace. Capdevila Ibañez (2013) ajoute que chaque discipline en jeu devrait avoir une bonne connaissance l'une de l'autre. Nous croyons qu'un gestionnaire de projet expérimenté arriverait à bien coordonner ces disciplines, pourvu qu'il possède les compétences pour bien comprendre les différentes parties prenantes.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1. Contexte

Une des contributions de notre travail est d'élaborer une méthode pour faciliter la conception d'un JDAC. Le mot méthode est ici employé dans son sens de gestion, c'est-à-dire, un « *programme adopté pour régler une suite d'opérations à accomplir en vue d'atteindre un objectif* » (OQLF, 2012), l'objectif étant la création d'un JDAC.

Cependant, réaliser un JDAC complet et fonctionnel demande beaucoup trop de temps et de ressources pour qu'il soit construit dans le cadre de ce mémoire. Par contre, nous pourrions utiliser notre nouvelle méthode pour élaborer le devis de conception préliminaire d'un JDAC, ce qui nous permettra d'infirmer ou de confirmer notre hypothèse qu'avec une démarche rigoureuse de conception d'un JDAC, nous pouvons nous assurer que le jeu répond aux objectifs pédagogiques souhaités.

Une démonstration de faisabilité (*Proof of Concept*) est une « *vérification mise en œuvre pour contrôler la conformité d'un produit ou d'un logiciel avec des spécificités données.* » (OQLF, 2012). De façon générale, cette démonstration est une réalisation courte ou incomplète d'une certaine méthode pour prouver sa faisabilité.

Notre démarche s'inscrit dans le cadre de deux formations suivies parallèlement à la rédaction de ce mémoire. Premièrement, nous avons complété le cours TED6313 - *Projet d'ingénierie technopédagogique* conçu par Josiane Basque (Paquette, Léonard, de la Teja, Dessaint et Basque, 2011) de la Télé-université. L'objectif principal de ce cours est de développer des compétences dans la conception d'un système d'apprentissage (SA) en s'aidant de la MISA. Comme on a pu le voir précédemment, un JDAC est un système destiné aux apprentissages. Le choix d'utiliser un JDAC pour ce cours nous a donc permis d'approfondir nos compétences et habiletés en ingénierie pédagogique tout en gardant un lien avec notre problématique de recherche.

Deuxièmement, nous avons suivi une certification en développement de jeu conçue par Brian Winn (2008) et Casey O'Donnell (2014) de l'université du Michigan. Cette formation accessible en ligne sur la plateforme [Coursera](https://www.coursera.org/)¹², comprend cinq cours :

1. *Introduction to Game Development* ;
2. *Principles of Game Design* ;
3. *Business of Games and Entrepreneurship* ;
4. *Game Development for Modern Platforms* ;
5. *Game Design and Development Capstone* .

¹² <https://www.coursera.org/>

Le dernier de ces cours consistait à créer un jeu vidéo complet en 8 semaines, ce qui s'est avéré un défi de taille. Nous en avons profité pour concevoir le JDAC présenté à la section 3.7. Le résultat est un prototype préliminaire du jeu. Ce travail nous a permis de bien mesurer la difficulté de concevoir des mécaniques de jeu en lien avec l'apprentissage ciblé que nous avons conçu dans le cours d'ingénierie pédagogique décrit précédemment.

3.2. Une méthode pour faciliter la conception d'un JDAC

Pour quelqu'un qui souhaite concevoir un JDAC, la grande question se pose ainsi : comment réussir à construire un jeu ayant un impact éducatif, c'est-à-dire, étant en mesure de générer un apprentissage tout en possédant les caractéristiques qui rendent le jeu amusant, engageant et parfois même, créant un effet de dépendance.

Selon Jan-Paul van Staalduinen (2012), il n'existe aucune approche qui combine les théories pédagogiques et les théories de conception du jeu permettant de répondre à cette question.

Currently no game design approach exists that combines pedagogical theory and game design theory, in order to design games that have an educational impact on the player and also exhibit the motivational characteristics of entertainment games. (Ibid., p. 5)

Katrin Becker (2008a) abonde dans le même sens et prétend qu'il n'existe pas de recette valable pour concevoir et développer des JDAC. «... *there will be no reliable recipes for designing and developing educational games.* » (Becker, 2008a, p. 272). Elle nous propose cependant d'élaborer une théorie sur les apprentissages dans le jeu vidéo à partir de cinq catégories qu'elle inclut dans un modèle qu'elle nomme *The Magic Bullet* (voir la figure 5) :

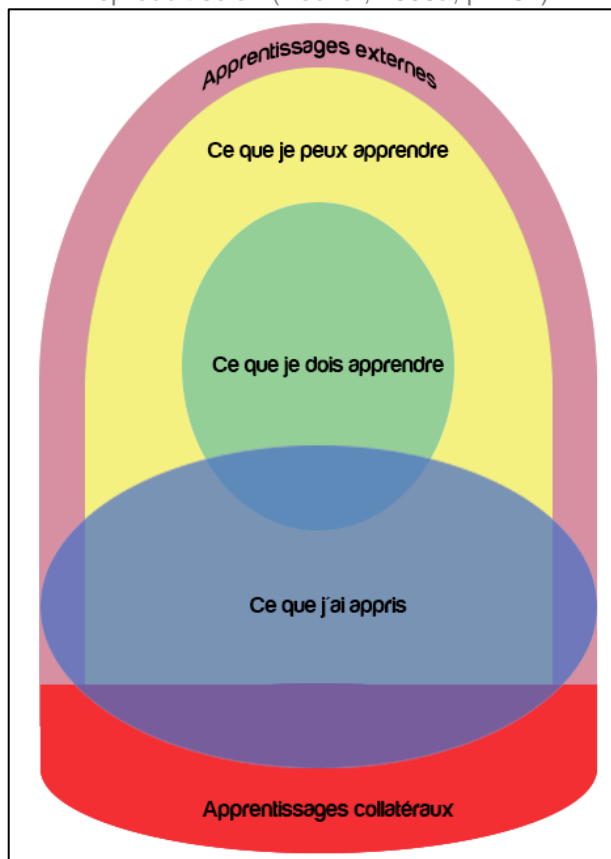
1. Ce que je peux apprendre dans le jeu (*Things I CAN Learn*) ;
2. Ce que je dois apprendre dans le jeu (*Things I MUST Learn*) ;
3. Les apprentissages collatéraux (*Collateral Learning*) ;
4. Ce que j'ai appris dans le jeu (*Things I DID Learn*) ;
5. Les apprentissages externes (*External Learning*).

Ceci étant dit, certains chercheurs ont tout de même tenté d'élaborer des méthodes ou des lignes directrices aidant ce type de conception en particulier. Par exemple, Damien Djaouti (2011) établit le modèle générique DICE pour la conception des jeux sérieux :

- **Définir** : le contenu sérieux à être intégré dans le jeu (objectifs pédagogiques, connaissances à transmettre, message publicitaire, etc.) ;
- **Imaginer** : le concept de jeu à partir du contenu défini précédemment ;
- **Créer** : le prototype pour tester le jeu ;
- **Évaluer** : le prototype auprès d'un public cible.

Figure 5 : The Magic Bullet

Reproduit selon (Becker, 2008a, p. 282)



Son modèle est intéressant et s'aligne avec notre approche. Cependant, il reste tout de même très général et l'auteur admet qu'il n'est qu'un canevas pouvant servir et inspirer chaque concepteur dans la planification des étapes à accomplir pour réussir à réaliser le jeu. En effet, l'écart entre imaginer le concept du jeu et en créer le prototype est très large. De plus, nous croyons que c'est justement dans cet écart que la conception des mécaniques de jeu qui vont générer les apprentissages s'exécute.

Quant à Iza Marfisi-Schottman (2012), elle soutient, tout comme nous, qu'il est important d'avoir des étapes claires et bien définies qui aident l'organisation des tâches. Dans son modèle, les étapes de création de ce qu'elle appelle un *Learning Game* sont les suivantes :

1. Identification des besoins du client ;
2. Spécification des objectifs pédagogiques ;
3. Conception ;
 - a. Choix du modèle de scénario,
 - b. Description générale du jeu,
 - c. Recherche de composants logiciels,
 - d. Description détaillée du jeu ;
 - e. Contrôle de l'apport pédagogique ;
 - f. Spécification détaillée des écrans ;
4. Contrôle qualité ;
5. Réalisation ;
6. Test sur public cible ;
7. Utilisation et maintenance.

Le modèle de Marfisi est plus détaillé que celui de Djaouti. Cependant, son approche est centrée sur le domaine de l'éducation et les étapes de conception des mécaniques du jeu auraient intérêt à se bonifier. Sa démarche de conception d'un jeu vidéo est différente de la nôtre. Elle place dans les mains de l'expert pédagogique le choix du modèle de scénario de jeu qu'elle explique par la structure scénaristique du jeu. Ce qui semble faire référence au type de jeu à choisir : jeu d'aventure, jeu de réflexion, jeu de rôle, jeu d'action, jeu de simulation.

Le concepteur de jeu intervient au moment de la description du scénario avec l'expert pédagogique. Elle mentionne que ces deux experts tentent alors de concevoir un jeu qui soit à la fois ludique et pédagogique. Même si le modèle de Marfisi possède des éléments communs à notre approche que nous détaillons à la section 3.5, il reste, à notre avis, trop éloigné des étapes de conception du jeu vidéo traditionnel pour être aussi efficace qu'il le pourrait.

Les lignes directrices (voir le tableau 3-1), établies par Jan-Paul van Staalduinen (2012, p. 106), sont d'excellentes recommandations à suivre lors de la conception d'un JDAC. Même si elles ne constituent pas une méthode en tant que telle, nous croyons important d'avoir ces lignes directrices en tête au moment de créer un JDAC puisqu'elles reflètent la portée des liens entre apprentissage et jeu.

Ces lignes directrices sont à la base d'un cadre de référence pour la conception de jeux vidéo dans le domaine de l'éducation conçu par van Staaldouin (2012). Les principes à la base de ce cadre sont : le contenu pédagogique, les défis, l'autonomie du joueur, la motivation, les interactions sociales et la structure du jeu (voir la figure 6).

Figure 6 : Cadre de référence pour une conception de jeu éducatif

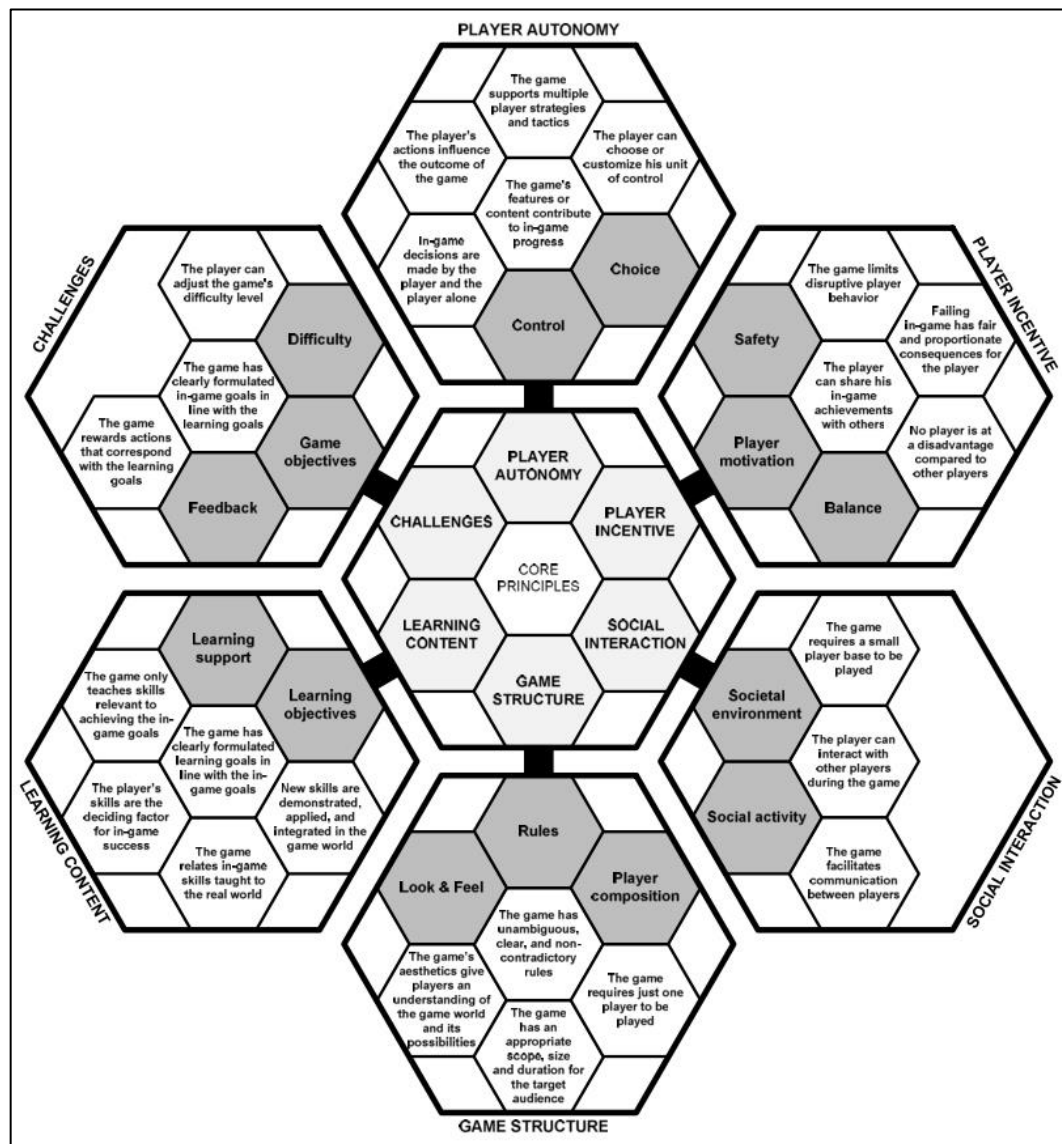


Tableau 3-1 : Lignes directrices pour la conception d'un jeu vidéo éducatif

	Lignes directrices
Contenu pédagogique	Les objectifs internes du jeu sont clairement alignés avec les objectifs pédagogiques
	Les objectifs pédagogiques sont conformes avec les objectifs internes du jeu
	Le jeu génère seulement les apprentissages nécessaires aux objectifs du jeu
Structure pédagogique	Le jeu enseigne des compétences liées au monde réel.
	Les nouvelles compétences sont démontrées et utilisées dans le monde du jeu
	Le joueur dirige toutes les décisions qu'il prend pendant qu'il joue
	Les actions du joueur influencent les résultats du jeu
	Le jeu offre au joueur une gamme intéressante de stratégies et de tactiques
	Le joueur peut personnaliser les options de contrôle du jeu
	Le joueur peut interagir avec d'autres joueurs s'il le désire
	La communication entre les joueurs est facilitée
	Le joueur peut jouer en mode solitaire
	Si le multijoueur est offert, un nombre de joueurs minimal bas est recommandé
	Aucun joueur ne devrait être désavantagé par rapport aux autres
Le jeu limite les comportements perturbateurs des joueurs	
Évaluation	Le jeu récompense les actions qui correspondent aux objectifs pédagogiques
	Le joueur peut partager ses exploits avec les autres joueurs
	Les conséquences d'un échec sont justes et proportionnelles
	Le joueur peut ajuster le degré de difficulté du jeu
Équilibre	Les compétences du joueur sont primordiales pour la réussite du jeu
	Les fonctionnalités du jeu contribuent à la progression du jeu
	La portée du jeu, son ampleur et sa durée sont appropriées pour le public cible

Avant d'énoncer la méthode que nous proposerons pour pallier à la faiblesse des méthodes existantes, nous présentons dans les trois sections qui suivent les processus suivis dans les domaines du développement d'un jeu vidéo et de l'ingénierie pédagogique.

3.3. Le développement d'un jeu vidéo

Le développement d'applications logicielles (ingénierie logicielle) est une activité complexe. Dans le cas du jeu vidéo, on ajoute une couche à la complexité puisque l'on est en présence d'équipes interdisciplinaires, c'est-à-dire, qu'il y a « *interaction entre deux ou plusieurs disciplines ou spécialités à la fois, organisées en fonction d'un projet à réaliser ou d'un problème à résoudre* » (OQLF, 2012).

En effet, le développement de jeux vidéo demande des informaticiens de haut niveau dont les qualités d'analyse rationnelle, de réflexion sur différents niveaux abstraits et de compréhension des interactions entre des systèmes diversifiés sont les plus recherchées (Paquet, 2007). Il nécessite aussi des artistes de talent faisant preuve d'originalité, de créativité avec une forte vision artistique. La particularité des jeux vidéo produit des équipes qui sont formées presque en parts égales de programmeurs et des artistes, ce qui peut causer des problèmes de communication.

Nous sommes d'accord avec Capdevila Ibañez (2013) pour dire que le développement d'un jeu vidéo est un processus interdisciplinaire de modélisation, de conception et de construction des divers axes du jeu vidéo aboutissant à un produit logiciel. En matière de génie logiciel, le développement d'un jeu vidéo possède quelques singularités comparativement au développement d'un logiciel.

Premièrement, la nécessité d'avoir un spécialiste de la conception du jeu ou une équipe qui s'occupe de cette conception. Le rôle de cette équipe est d'imaginer une expérience de jeu puis de définir les règles qui la gouvernent. Deuxièmement, le besoin de différentes ressources (en anglais *assets*: ressources numériques que l'on peut réutiliser) : modèles 3D/2D, images, sons, données pour les systèmes physiques et de collision, etc. Les jeux sont par nature multimédias et se distinguent des logiciels standards par la complexité des interactions entre le système et son utilisateur.

Dans une publication sur le site de [Gamasutra](#)¹³, Salman Saroya (2016) décrit quatre phases du cycle de vie d'un jeu vidéo. Cette façon de montrer les phases du développement d'un jeu vidéo (voir la figure 7) contient et résume assez bien les différents modèles existants dans la documentation scientifique du domaine (Adams, 2009; Becker, 2008a; Capdevila Ibañez, 2013; Crawford, 1984; Djaouti, Alvarez et Jessel, 2010; Holopainen, 2011; Schell, 2008; van Staalduinen, 2012). Nous en présentons ici une version francisée et adaptée selon nos expériences personnelles.

3.3.1. Naissance d'une idée

Il est assez évident qu'au début, il y a d'abord une idée. Cette idée doit cependant passer le test de la faisabilité. Pour ce faire, il est primordial de :

¹³http://www.gamasutra.com/blogs/SalmanSaroya/20160223/266402/An_Introduction_to_Game_Life_Cycle.php

- Choisir le genre du jeu que l'on veut créer ;
- Identifier et comprendre le public cible à qui il s'adresse ;
- Identifier la compétition, ses forces et ses faiblesses pour réaliser un meilleur produit ;
- Dresser la liste de toutes les ressources disponibles (humaines, techniques, financières).

Cette première phase est souvent teintée d'un esprit de marketing. Sans être une étude de marché traditionnelle, elle en possède certaines caractéristiques dans le sens où l'on cherche à vendre l'idée du jeu.

3.3.2. Conception

« La conception d'un jeu se rapproche beaucoup plus de la science occulte que de la science »¹⁴

Une fois que l'idée du jeu est validée, que son potentiel est démontré, le travail de conception peut commencer. La manière de réaliser cette étape varie d'une équipe de conception à l'autre. En effet, le taux de redondance des projets dans l'industrie du jeu vidéo étant faible, chaque projet de jeu est unique. Il est alors difficile d'utiliser un cadre de référence de développement qui s'adapte à tous les contextes.

¹⁴ Traduction libre de : « *Game design is still much more a black art than a science.* » (Becker, 2008a, p. 46)

3.3.2.1. Mécaniques (*Mechanics*)

Les mécaniques d'un jeu vidéo déterminent les relations entre les motivations du joueur et les éléments du jeu. Elles traduisent les règles du jeu, facilitent et poussent les joueurs à explorer et à apprendre comment le jeu fonctionne, et surtout, elles sont le vecteur des interactions entre le système du jeu et le joueur. « *Core mechanics consist of the data and the algorithms that precisely define the game's central rules and internal operations.* » (Adams, 2009, p. 351).

Ces mécaniques sont au cœur de tout jeu vidéo puisque ce sont elles qui génèrent la jouabilité (*Gameplay*¹⁵) (Adams, 2009). Elles déterminent les actions possibles dans le monde du jeu et par la même occasion, les défis à relever. Autrement dit, les mécaniques spécifient quelles sont les conditions nécessaires pour atteindre les objectifs du jeu et quelles sont les conséquences de la réussite ou de l'échec de cette atteinte.

La complexité des mécaniques de jeu dépendra du concept de jeu choisi. Un jeu de simulation très réaliste aura des mécaniques plus compliquées qu'un jeu abstrait du genre *Pac-Man*. Certaines mécaniques sont typiques, souvent réutilisées, et d'autres sont nouvellement créées par un concepteur de jeu innovant. Le tableau 3-2 présente les principaux types de mécaniques de jeu accompagnés de quelques exemples.

¹⁵ Serait dérivé de l'expression « *How the game plays* », apparaissant sur les premières bornes de jeux d'arcade. (Perron, 2012, p. 167)

Tableau 3-2 : Principaux types de mécaniques de jeu

Type	Description	Exemples
Physique	Tout ce qui est mouvement et force	Un personnage peut courir, sauter, déplacer ou briser des objets
Économie interne	L'ensemble des règles qui régissent la création, l'utilisation et l'échange des diverses ressources quantifiables à l'intérieur du jeu	Objets à récolter, bonus obtenu à partir d'un certain nombre d'objets récolter, échange d'objets, nombre de vies
Progression	Représente la progression du joueur à travers une série de défis, possédant chacun une solution, présentée selon une certaine séquence	Le joueur doit réussir le niveau 1 pour accéder au niveau 2, ou il doit réussir un niveau en deçà du temps imparti
Manœuvre tactique	Définit les éléments stratégiques selon le genre du jeu	Éviter les pièges, choisir un chemin plutôt qu'un autre, créer des alliances avec d'autres joueurs
Interaction sociale	Règles qui contrôlent les relations entre les joueurs	Des personnages se rencontrent et peuvent échanger des ressources ou discuter, il y a collaboration entre joueurs pour réussir un défi

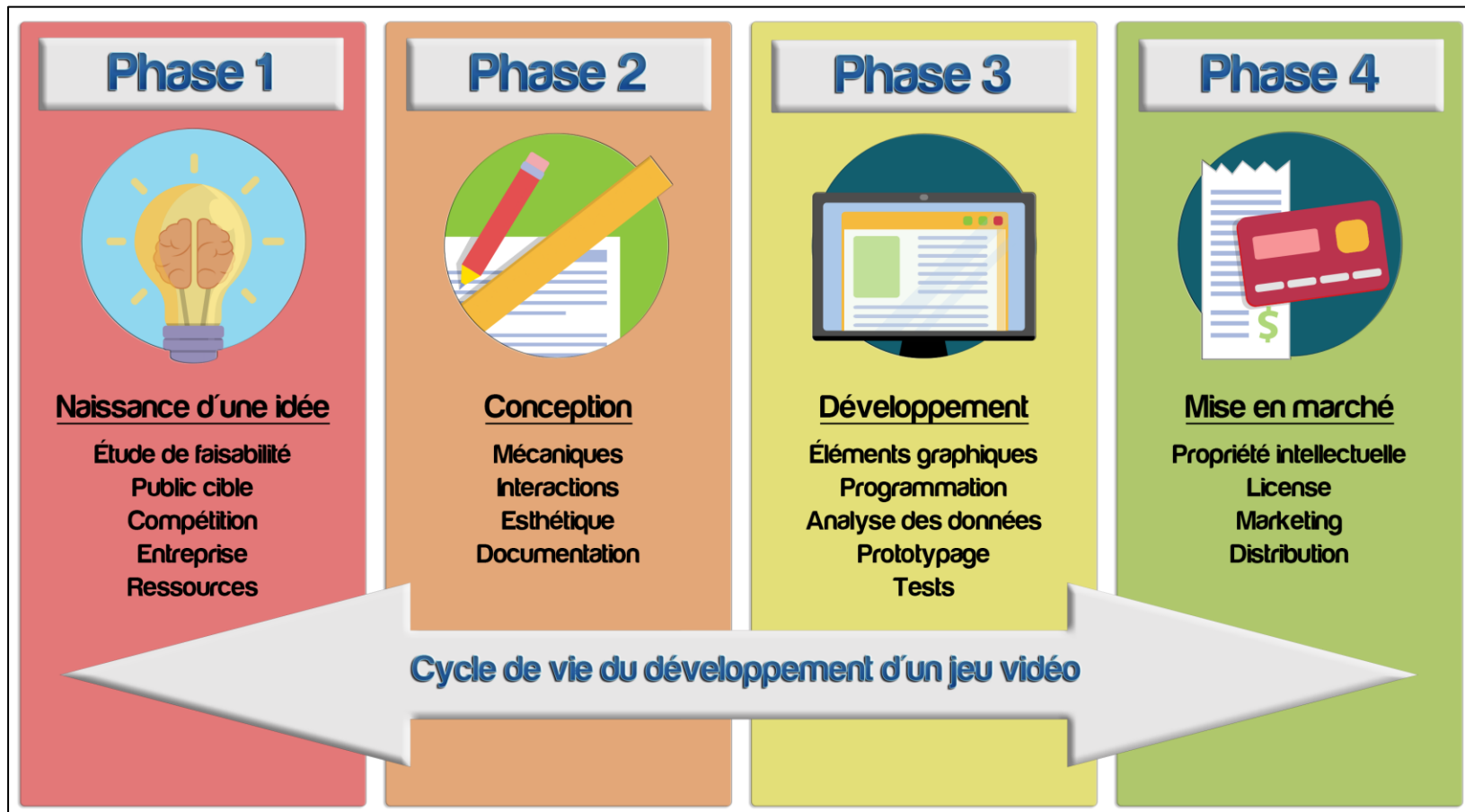
Modes de jouabilité

Dans un article sur le site de Gamasutra, Ernest Adams précise que l'expérience du joueur dans un jeu vidéo est vécue selon trois éléments¹⁶ :

1. La perspective sur le monde du jeu : le point de vue du joueur sur le monde du jeu. En général, ce sont les « caméras » intégrées au jeu qui jouent ce rôle ;
2. Le modèle d'interactions : projection du joueur dans le monde du jeu pour influencer celui-ci. Les deux modèles les plus communs sont l'avatar et l'omniprésence ;
3. La jouabilité : représente le défi proposé au joueur et les différentes actions que celui-ci doit poser pour accomplir le jeu (Adams et Dormans, 2012).

¹⁶ [Designing with gameplay modes and flow boards](#), par Ernest Adams sur Gamasutra.com

Figure 7 : Cycle de vie du développement d'un jeu vidéo



La conjugaison de ces trois éléments constitue le mode de jouabilité, c'est-à-dire, une manière particulière de jouer le jeu. Prenons par exemple le jeu de construction [Minecraft](http://www.minecraft.net/)¹⁷, qui possède cinq modes de jeu, donc cinq façons de jouer :

1. **Créatif** : construction et destruction de blocs à volonté ;
2. **Survie** : le joueur est plongé dans un monde peuplé de monstres où il doit survivre et se défendre contre les attaques ;
3. **Extrême** : le mode survie dans lequel le joueur n'a qu'une seule vie. Si son personnage meurt, le monde qu'il a construit est supprimé ;
4. **Aventure** : semblable au mode survie, mais où le déplacement ou la destruction de blocs n'est pas permis. Il s'agit de parcourir le monde pour commercer avec les villageois ;
5. **Spectateur** : le joueur devient invisible et ne peut pas interagir dans le jeu.

Niveaux

Pour le développement des jeux ayant une certaine envergure, la conception des niveaux du jeu est confiée au concepteur de niveaux de jeu, un rôle différent de celui du concepteur de jeu. Tandis que ce dernier dresse le portrait général du jeu, le premier en conçoit plus spécifiquement et concrètement les éléments.

¹⁷ <http://www.minecraft.net/>

La conception des niveaux c'est l'art de construire l'espace du jeu pour offrir au joueur l'expérience de jeu la plus intéressante. Les principaux éléments de cette conception sont (Adams, 2009) :

- L'endroit dans lequel se déroule le jeu ;
- Les conditions initiales des niveaux ;
- L'ensemble des défis à relever dans chaque niveau ;
- Les règles qui déterminent la victoire ou la défaite ;
- Les interactions entre la jouabilité et l'histoire du jeu s'il y a lieu ;
- Les éléments esthétiques et l'ambiance des niveaux.

3.3.2.2. Interactions (*Dynamics*)

Les interactions entre le système du jeu et le joueur sont d'une importance capitale. Ce sont elles qui créent le vécu de l'utilisateur (*User Experience*). Comme l'explique bien Ernest Adams (2009), elles amènent le jeu vers le joueur en lui donnant vie à travers le graphisme et l'environnement sonore. Nous sommes en accord avec l'approche d'Adams qui met l'accent sur le joueur et sur ce dont il a besoin pour bien jouer afin que son expérience du jeu soit la plus agréable et harmonieuse que possible. Les principes de base pour arriver à ce résultat sont les suivants:

- Cohérence entre les éléments esthétiques et fonctionnels ;
- Offrir une bonne rétroaction (*feedback*) ;
- Garder à l'esprit que c'est le joueur qui a le contrôle ;

- Restreindre le nombre d'étapes requises pour effectuer une action ;
- Proposer une manière rapide et facile d'annuler une action ;
- Limiter le plus possible le stress physique du joueur ;
- Ne pas mettre de pression sur la mémoire à court terme du joueur ;
- Réunir les options de contrôle et de rétroaction ;
- Fournir des raccourcis clavier pour les actions les plus communes.

3.3.2.3. Esthétique (*Aesthetics*)

L'esthétique se compose des éléments graphiques, sonores et narratifs. Ce sont eux qui rendent l'expérience de jeu immersive. Ils génèrent les émotions ressenties par le joueur quand celui-ci interagit avec le système du jeu (Hunicke *et al.*, 2004) :

- **Sensation** : le jeu en tant que plaisir des sens ;
- **Imaginaire** : le jeu pour faire croire ;
- **Récit** : le jeu en tant que drame ;
- **Défi** : le jeu comme une course à obstacles ;
- **Camaraderie** : le jeu en tant que cadre social ;
- **Découverte** : le jeu en tant que territoire inexploré ;
- **Expression** : le jeu pour se découvrir ;
- **Soumission** : le jeu comme un passe-temps.

3.3.2.4. Documentation

« *The magic template does not exist!* », (Schell, 2008, p. 382).

De façon générale, les documents de conception servent à transmettre la représentation du jeu avec suffisamment de détails pour le réaliser. Leurs significations varient d'un membre de l'équipe à l'autre. Pour le producteur, ils désignent la « bible » à laquelle se référer pour la bonne gestion du projet de jeu. Pour le concepteur, ils étoffent la vision du producteur et donnent des détails spécifiques du fonctionnement du jeu. Tandis que pour le programmeur et l'artiste, ce sont les spécifications techniques de sa mise en œuvre.

De plus, le choix du type de document à utiliser varie aussi grandement d'un projet de jeu à l'autre. Ce choix dépend du contexte ou de l'ampleur du projet et des préférences de l'équipe responsable. Le plus crucial, peu importe sa forme ou son modèle, est d'avoir un document qui décrit le jeu assez finement pour qu'il soit mis en production. Le tableau 3-3 et le tableau 3-4 présentent les éléments inclus dans deux types de document souvent utilisés.

Tableau 3-3 : Principaux éléments inclus dans la synthèse de haut niveau

Synthèse de haut niveau - <i>High Concept Document</i> (voir un modèle en Annexe A)	
Entête	Titre, public cible, type de joueur, plateformes cibles, genre, nombre de joueurs, date de sortie
Résumé	Un à deux paragraphes résumant l'idée du jeu en répondant à ces questions: <ul style="list-style-type: none"> · Que fait le joueur ? (interactions, mécaniques) · Pourquoi il le fait ? (ses motivations) · Où il le fait ? (monde du jeu, narration) · Pourquoi ce jeu est unique ? (compétition)
Fonctionnalités	Liste des principales fonctionnalités du jeu sans les détails qui seront élaborés plus tard
Équipe	Liste des membres de l'équipe, ainsi que leur rôle dans le projet
Compétition	Brève description de la compétition pour le genre de jeu choisi
Innovation/Créativité	Brève description des éléments uniques du jeu
Portée	Portée du projet, ses principales tâches et jalons. Liste des fonctionnalités par priorité (vert, jaune, rouge)

Tableau 3-4 : Principaux éléments inclus dans le document de conception

Document de conception - <i>Game Design Document</i> (voir un modèle en Annexe B)	
Page titre	Nom du jeu, phrase clé, équipe, date de mise à jour
Aperçu	Concept, public cible, genre, objectifs, utilisation prévue, sommaire de la progression (<i>flow</i>), aspect et sensation
Mécaniques et <i>gameplay</i>	Objectifs, progression, structure des défis ou des énigmes, règles, physiques, ressources, déplacements, objets, actions, etc.
Récit, décor et personnages	Scénario, éléments de l'intrigue, monde du jeu, aspect et sensation, personnages, etc.
Niveaux	Tous les détails concernant chacun des niveaux du jeu
Interface	Écrans, menus, système de contrôle, graphiques, sons, aide
Intelligence artificielle	Ennemies, personnages non joueurs, détection de collision, de chemin
Technique	Plateforme cible, logiciel de développement, exigences réseau

3.3.3. Développement

Les processus de création d'un jeu vidéo empruntent un parcours itératif et évolutif, c'est-à-dire, une approche qui s'organise en plusieurs sous-projets de durée fixe. Ce type d'approche est fondé sur la croissance et l'affinement successifs d'un système (Larman, 2005).

La phase de développement démarre en parallèle avec la phase de conception et se poursuit sur plusieurs itérations. Les décisions de conception sont raffinées tout au long de ces deux phases. Nous pouvons résumer les tâches à accomplir de cette façon :

- Création des éléments graphiques et sonores ;
- Développement de la programmation du système de jeu ;
- Élaboration des modules d'analyse des données ;
- Construction de prototypes.

3.3.4. Mise en marché

La phase de mise en marché est une des plus importante et la plus longue du cycle de vie du développement d'un jeu vidéo. Même que ce processus se poursuit une fois que le jeu est officiellement publié. Il prend sa source dans le développement du jeu et consiste à préparer la sortie du jeu.

3.4. Méthode d'ingénierie pédagogique MISA

Gilbert Paquette (2002) définit l'ingénierie pédagogique comme étant :

Une méthode soutenant l'analyse, la conception, la réalisation et la planification de la diffusion des systèmes d'apprentissage, intégrant les concepts, les processus et les principes du design pédagogique, du génie logiciel et de l'ingénierie cognitive.
(Ibid., p. 106)

La méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA) est une méthode d'ingénierie pédagogique conçue par le Laboratoire en informatique cognitive et environnements de formation¹⁸ (LICEF) de la TÉLUQ¹⁹. C'est une méthode qui combine des notions de concepts, de processus et de principes issus des domaines de la conception pédagogique, de l'ingénierie des systèmes d'information et de l'ingénierie des connaissances (Paquette, 2002). Elle sert de soutien pour la conception d'un système d'apprentissage (SA).

Un SA se compose d'un devis créé à l'aide de MISA, des matériels destinés aux acteurs (apprenants, formateurs, experts de contenu, gestionnaires) de la formation (programme, cours, activités) et de l'infrastructure de sa diffusion (Paquette *et al.*, 2011).

18 licef.ca

19 teluq.ca

La MISA s'adresse aux experts de contenu, aux concepteurs pédagogiques, aux concepteurs médiatiques, aux enseignants et aux formateurs. Grâce à la technique de modélisation par objet type (MOT)²⁰ et son langage graphique, MOT et ses dérivés est un outil de modélisation essentiel à la méthode, ces utilisateurs sont bien outillés pour concevoir des systèmes d'apprentissage.

La MISA se compose de six phases dans lesquelles sont répartis 35 éléments de documentation répartis selon quatre axes : le devis des connaissances, le devis pédagogique, le devis médiatique et le devis de diffusion (voir le tableau 3-5). La méthode est liée à trois processus externes à l'ingénierie d'un SA. Ces processus permettent de gérer l'ingénierie d'un SA, de produire les matériels et de piloter la diffusion du SA (voir la figure 8).

Les éléments de documentation (ÉD) représentent les produits de base de la méthode. Les auteurs de MISA se sont inspirés des méthodes du génie logiciel pour les créer. Certains ÉD seront des fiches textuelles qui décrivent les composantes du SA et d'autres seront plutôt des modèles graphiques élaborés à l'aide du logiciel de modélisation graphique MOT. Ils sont identifiés par un code de trois chiffres. Le premier chiffre réfère à la phase où l'ÉD est produit, le deuxième chiffre renvoie à l'axe dans lequel il est effectué et enfin le dernier chiffre sert à distinguer les ÉD appartenant à la même phase et au même axe (Paquette *et al.*, 2011).

²⁰ Conçu par l'équipe du LICEF. Il en existe trois versions : MOT, MOTPlus et G-MOT.

Il existe plusieurs façons de travailler avec MISA. Selon la nature du projet ou de son envergure, les concepteurs d'un SA peuvent opter (en début de projet) pour un cheminement par phases, par axes ou travailler directement sur les ÉD. Ce principe d'adaptation est une des forces de MISA (Paquette, 2002). Conséquemment, les ÉD seront regroupés soit dans des « devis des axes », dans des « dossiers de phases », ou autres appellations que les concepteurs auront choisies. Ces regroupements ont tous en commun d'être des produits livrables.

Figure 8 : Relation entre les phases internes et externes de MISA

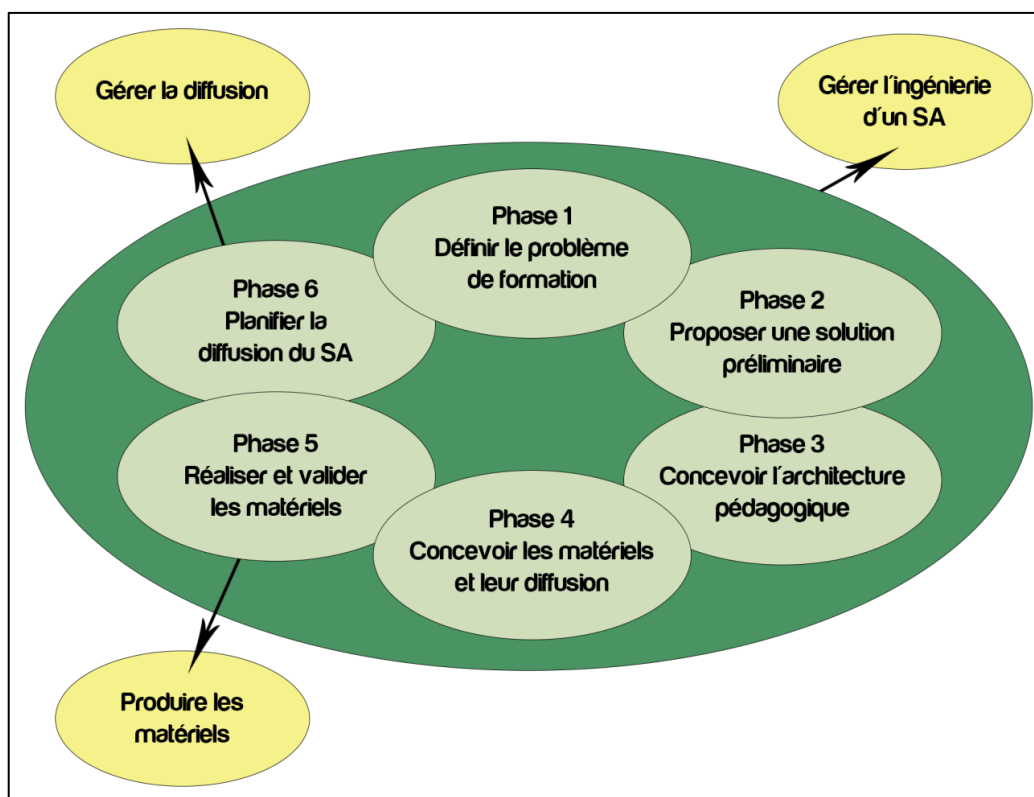


Tableau 3-5 : Présentation de MISA selon les axes et les phases

Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 6
Définir le problème de formation	Proposer une solution préliminaire	Concevoir l'architecture pédagogique	Concevoir les matériels et leur diffusion	Réaliser et valider les matériels	Planifier la diffusion du SA
Axe 1 - Devis des connaissances					
100 - Cadre de formation de l'organisation	210 - Orientation du modèle des connaissances 212 - Modèle des connaissances 214 - Tableau des compétences	310 - Contenu des unités d'apprentissage	410 - Contenu des instruments		610 - Gestion des connaissances et des compétences
Axe 2 - Devis pédagogique					
102 - Objectifs de la formation	220 - Orientations pédagogiques 222 - Réseau des événements d'apprentissage (RÉA) 224 - Propriétés des unités d'apprentissage	320 - Scénarios pédagogiques 322 - Propriétés des activités	420 - Propriétés des instruments et des guides		620 - Gestion des apprenants et des facilitateurs
104 - Publics cibles					
Axe 3 - Devis des matériels					
106 - Contexte actuel	230 - Orientations médiatiques	330 - Infrastructure de développement	430 - Liste des matériels 432 - Modèles médiatiques 434 - Éléments médiatiques 436 - Documents sources		630 - Gestion du SA et de ses ressources
108 - Ressources documentaires					
Axe 4 - Devis de diffusion					
	240 - Orientations de diffusion 242 - Analyse, coûts, bénéfiques, impacts	340 - Plan des livraisons	440 - Modèles de diffusion 442 - Acteurs et ensembles didactiques 444 - Outils et moyens de communication 446 - Services et milieux de diffusion	540 - Plan des essais et des tests 542 - Registre des changements	640 - Gestion de la qualité
Dossier de définition du projet	Dossier de la solution préliminaire	Dossier d'architecture	Dossier des matériels pédagogiques	Dossier de validation des matériels	Dossier du plan de diffusion

3.4.1. Une conception pédagogique axée sur les compétences

Nous croyons qu'une démarche de conception orientée compétences, telle que celle présentée par Hotte, Basque, Page-Lamarche et Ruelland (2007), serait idéale pour la création d'un JDAC. En effet, l'emploi d'un processus d'ingénierie éducative est essentiel à notre objet de recherche.

La notion de compétence se définit comme étant une habileté générale permettant à un acteur de traiter des connaissances d'un domaine de savoirs et surtout de les appliquer à un contexte. Les compétences sont des objectifs à atteindre par rapport aux connaissances à traiter, mais aussi des habiletés générales à construire et des processus d'apprentissage à exécuter selon la nature d'un problème à résoudre (Paquette, 2002).

La structure de base des activités est donc représentée par le processus générique de l'habileté générale ou de la compétence à atteindre. Nous verrons dans la section suivante l'importance de cette structuration quand vient le temps de cibler le contenu à apprendre dans un JDAC.

Pour une meilleure compréhension de notre propos, le tableau 3-6 présente l'échelle de performance qui nous servira à déterminer les compétences seuils (au début du jeu) et les compétences visées (à la fin du jeu). Le tableau 3-7 quant à lui montre la taxonomie des habiletés qui seront associées aux connaissances et aux compétences à atteindre.

Tableau 3-6 : Échelle de performance(adaptée par (Hotte, Basque, *et al.*, 2007) à partir de (Paquette, 2002))

Critères	Débutant	Intermédiaire	Avancé	Expert
Autonomie	Avec aide	Sans aide	Sans aide	Sans aide
Persistance	À l'occasion	Chaque fois que c'est nécessaire	Chaque fois que c'est nécessaire	Chaque fois que c'est nécessaire
Complétude	Partiellement	Partiellement	Entièrement	Entièrement
Complexité	Situation simple	Situation simple	Situation complexe	Situation complexe
Familiarité	Situation habituelle	Situation habituelle	Situation habituelle	Situation nouvelle

Tableau 3-7 : Taxonomie des habiletés

(Paquette, 2002)

Habiletés		
1 ^{er} niveau	2 ^e niveau	3 ^e niveau
Recevoir	Porter attention	
	Intégrer	Identifier/repérer Mémoriser
Reproduire	Instancier/préciser	Illustrer
		Discriminer
		Expliciter
	Transposer/traduire	
Appliquer		Utiliser Simuler
Produire/créer	Analyser	Déduire
		Classifier
		Prédire
		Diagnostiquer
	Réparer	Corriger
		Modifier
	Synthétiser	Induire
		Planifier Modéliser/construire
Autogérer	Évaluer	Juger
		Critiquer
	Autocontrôler	Initier/influencer
		S'adapter/contrôler

3.4.2. L'importance du scénario pédagogique

« Ce sont les scénarios pédagogiques qui permettent de créer un processus d'apprentissage » (Villiot-Leclercq, 2007, p. 31).

Le scénario pédagogique est essentiel dans un système d'apprentissage, qu'il soit conçu pour être en présence, en ligne ou dans un JDAC. Selon Hotte, Godinet et Pernin (2007), le scénario pédagogique se définit ainsi :

... l'orchestration d'un ensemble d'activités d'apprentissage auxquelles s'ajoutent, d'une part, la description des ressources utiles à leur réalisation et, d'autre part, les productions de l'apprenant qui en découlent. (Ibid., p. 7)

L'élaboration du scénario pédagogique est une tâche complexe se trouvant au cœur de la structure pédagogique d'un système d'apprentissage. Dans un contexte de JDAC, la structure pédagogique est étroitement tissée à la structure du jeu, par conséquent la manière de créer ou de modéliser le scénario pédagogique est capitale. Elle se doit d'être orientée vers l'apprenant puisque le jeu est conçu pour remplacer l'enseignant.

Tel que le mentionne Hotte (2016), ce type d'approche inspiré de Maria Montessori place les interactions de l'apprenant avec son environnement et la construction de ses connaissances à la base du scénario pédagogique. Nous sommes tout à fait d'accord pour dire que l'approche constructiviste de Montessori (1912) facilite le maillage entre jeu et apprentissage.

Par exemple, dans le cadre du projet KSMS (voir notre contexte de recherche à la page 4), un patron de scénario pédagogique a été proposé comme solution pour réussir à concevoir des activités d'apprentissage qui sont aussi des activités de jeu (Hotte, 2016). Ce patron, nommé *Learning Game Scenario*, est basé sur les quatre habiletés suivantes : explorer, manipuler, opérer et s'autoréguler (voir la figure 9).

Même si le patron proposé reste à un niveau d'abstraction élevé, il permet de planifier et de concevoir des mécaniques de jeu plus détaillées. Nous verrons, à la section 3.7.3.1, le lien entre ce patron de scénario abstrait et celui d'un scénario pédagogique concret conçu pour un JDAC.

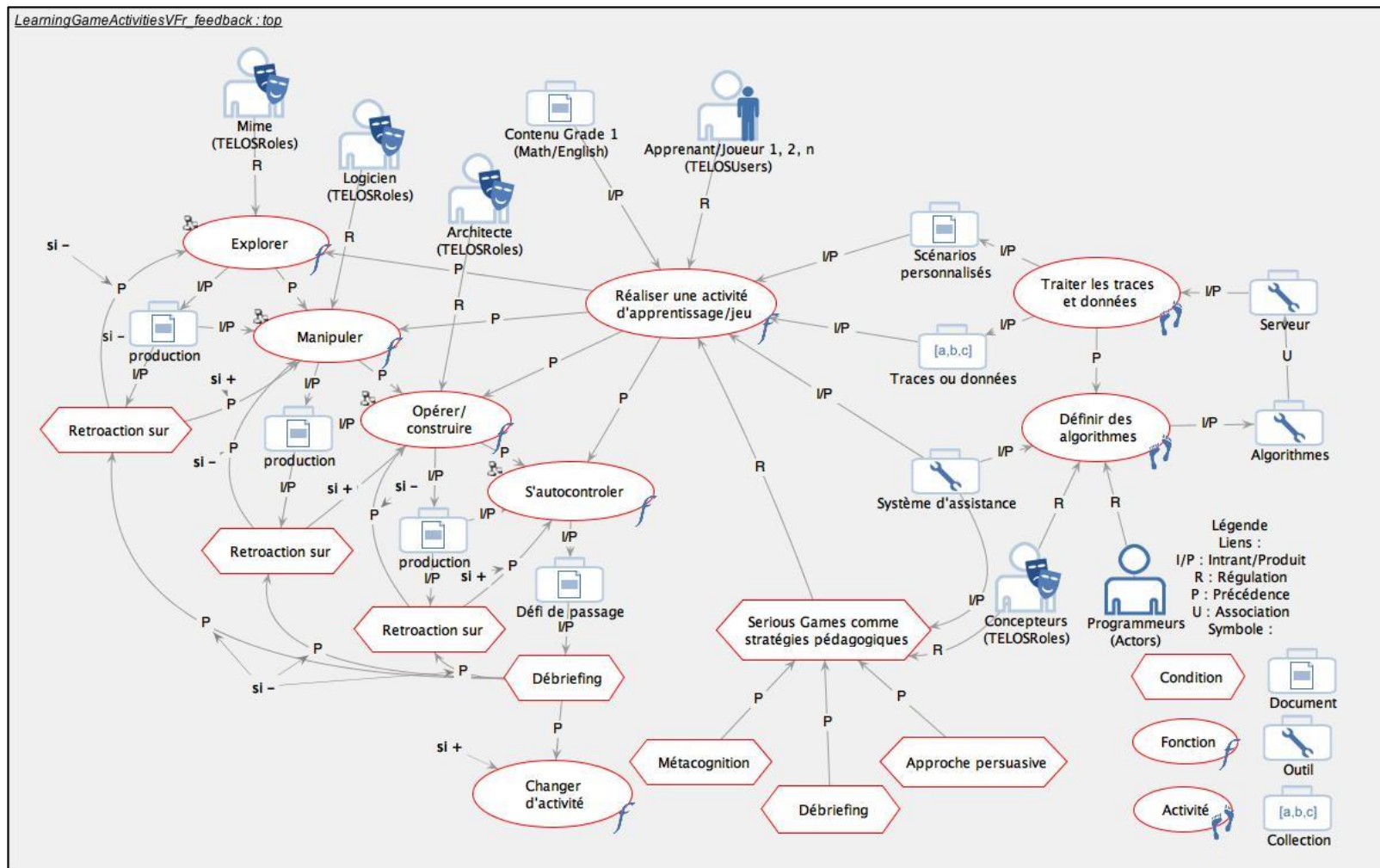
3.5. Méthode d'ingénierie d'un JDAC (MIJDAC)

3.5.1. Définition

La méthode d'ingénierie d'un JDAC (MIJDAC) s'inspire de la MISA vue précédemment, mais aussi du génie logiciel, de la gestion de projet ainsi que du développement de jeu vidéo. Nous sommes donc en présence de plusieurs domaines qui vont nous permettre, grâce à l'ingénierie des systèmes²¹, d'allier certaines de leurs caractéristiques pour réaliser un produit unique.

²¹ « Branche de l'ingénierie qui a pour objet la conception de systèmes répondant à des objectifs déterminés, en suivant une démarche structurée de planification et de développement, selon une approche interdisciplinaire. » (OQLF, 2012)

Figure 9 : Patron de scénario pédagogique (*Learning Game Scenario*)
(Hotte, 2016)



Tout comme dans la MISA, nous proposons des phases bien définies réparties selon quatre axes (voir le tableau 3-9) : connaissances, structure pédagogique, jeu, gestion et contrôle. Chacune de ces phases fournit un livrable. Notre objectif est d'élaborer un cadre structuré qui pourra :

1. Améliorer la planification et la gestion du projet ;
2. Simplifier la modélisation du contenu pédagogique à cibler dans un jeu vidéo ;
3. Faciliter la conception des mécaniques du jeu ;
4. Établir une meilleure communication entre les différentes parties prenantes ;
5. Documenter le projet ;
6. Améliorer le *post mortem* du projet pour en extraire des leçons

Nous avons choisi de réaménager les phases de la MISA pour les aligner sur les phases du jeu vidéo traditionnel puisque nous considérons qu'un JDAC est d'abord un jeu vidéo dans lequel le concepteur cherche à cibler un apprentissage. Le choix d'utiliser la MISA s'est imposé à nous naturellement puisque nous en avons déjà une bonne connaissance, mais aussi parce que cette méthode possède ces caractéristiques :

- Lien de parenté clairement établi avec le génie logiciel ;
- Donc, s'adapte facilement au développement d'un JDAC ;
- Plusieurs approches et stratégies pédagogiques peuvent être utilisées ;
- S'ajuste aisément à l'ampleur du projet ;
- Excellente structuration des différents axes ;

- Son style graphique de représentation des composantes à l'aide de MOT ;
- C'est une démarche itérative et évolutive.

De plus, dans la MISA, le devis pédagogique est indépendant des devis de matériels et de diffusion. Quant à la MIJDAC, le devis du jeu (correspondant aux devis de matériels et de diffusion de MISA) sera intimement lié au devis pédagogique.

Comme nous l'avons vu ci-dessus, la MISA se compose de trois processus externes à l'ingénierie d'un système d'apprentissage (SA) : gestion de l'ingénierie d'un SA, production des matériels et gestion de la diffusion. Dans la MIJDAC, nous estimons que la contrepartie de ces processus externes devrait être interne à la méthode : gestion de projet, développement et mise en marché. En effet, il s'avère important à notre avis que tous les processus soient inclus dans la MIJDAC.

Par exemple, le processus de gestion de projet est central à cette méthode puisqu'il comprend toutes les tâches à accomplir pour réaliser le JDAC, tâches pouvant être altérées à chaque itération. Il est donc primordial que ce processus reste interne à la méthode pour en assurer le succès (voir le tableau 3-8).

De la même façon, le processus de développement du jeu (phase de réalisation et de programmation) est directement lié aux itérations du projet. Les décisions de conception seront parfois modifiées pour faire suite aux tests et aux essais effectués à l'aide des prototypes qui seront produits.

L'axe des connaissances est à la base des décisions liées aux apprentissages. Il délimite et organise les connaissances qui seront ciblées dans le JDAC. Le modèle des connaissances produit pendant la phase 1 est indépendant de la structure pédagogique qui sera définie dans la phase 2.

Tableau 3-8 : Facteurs de succès et d'échecs des projets en TI
(Marchewka, 2014)

Facteurs de succès	Facteurs d'échecs
Implication des clients et des utilisateurs	Analyse des besoins inexacte ou floue
Support de la haute direction	Implication des clients et des utilisateurs déficiente
Objectifs clairs	Mauvaise utilisation des ressources
Optimisation de la portée	Attentes irréalistes
Utilisation des processus Agile	Manque de soutien de la direction
Expertise en gestion de projet	Modifications des exigences du produit
Bonne gestion financière	Planification défailante
Expertise et ressources de qualité	Demande désuète
Cadre méthodologique formel	Faiblesse sur le plan de la gestion TI
Infrastructure et outils standardisés	Technologie désuète

L'axe de la structure pédagogique sert de lien entre le modèle de connaissances et les mécaniques de jeu qui seront conçues dans la phase 3. La manière dont les événements d'apprentissage seront conçus déterminera l'agencement du jeu.

L'axe du jeu correspond grosso modo aux phases de développement d'un jeu vidéo traditionnel tandis que l'axe de la gestion et du contrôle fait référence aux analyses, à la gestion des essais et des tests ainsi qu'à la planification de la mise en marché.

La MIJDAC s'adresse à toutes personnes désirant concevoir un JDAC, plus particulièrement à des équipes de conception interdisciplinaires provenant des milieux de l'éducation et du jeu vidéo. C'est une méthode pouvant servir dans plusieurs contextes d'utilisation du jeu : JDAC, jeux sérieux divers, ludification, etc.

3.5.2. Phase 1 : Dossier d'analyse

L'objectif de la phase 1 est de définir le projet de JDAC de façon à bien délimiter sa portée et son échéance. L'équipe de conception sera alors en mesure de décider si la faisabilité du projet est au rendez-vous tout en adaptant les tâches à accomplir selon le contexte et les paramètres qui auront préalablement été fixés. Les différents documents produits au cours de la phase 1 sont présentés dans le dossier d'analyse.

3.5.2.1. Définir et analyser le projet

1. Identifier les parties prenantes

Cette section identifie le qui, le comment et le quand pour chacune des parties impliquées.

2. Définir les objectifs

Identifier les objectifs généraux et pédagogiques du projet envisagé.

Tableau 3-9 : Présentation de la MIJDAC selon les axes et les phases

Phase 1		Phase 2		Phase 3	Phase 4
Définir et analyser le projet	Proposer une solution préliminaire	Concevoir l'architecture pédagogique	Concevoir le jeu	Développement	Mise en marché
Axe 1 - Connaissances					
Parties prenantes	Modèle des connaissances	Contenu des unités d'apprentissage			
	Tableau des compétences				
Axe 2 - Structure pédagogique					
Objectifs et planification	Réseau des événements d'apprentissage (RÉA)	Scénarios pédagogiques Gestion des apprenants			
Axe 3 - Jeu					
Gestion de projet	Synthèse de haut niveau		Mécaniques de jeu	Programmation	
	Infrastructure de développement		Interactions Esthétique Document de conception du jeu	Création des éléments esthétiques Prototypage Tests	
Axe 4 - Gestion et contrôle					
	Analyse, coûts, bénéfices, impacts		Analyse des données	Plan des essais et des tests	Gestion de la mise en marché
Dossier d'analyse		Dossier de conception		Jeu	Plan de mise en marché

3. Décrire le ou les publics cibles

Élaborer le profil des joueurs-apprenants (JA) : langue d'usage, niveau scolaire, intérêts, etc.

4. Planifier

L'étape de planification permet de définir la portée du projet et de détailler la procédure nécessaire pour le concrétiser. Découper le projet en phases réduit les risques et simplifie la gestion des tâches. Il est important de bien identifier les ressources humaines, matérielles, financières et organisationnelles essentielles ainsi que les contraintes liées au projet.

La MIJDAC est facilement adaptable selon le contexte et l'ampleur du projet. C'est donc pendant la planification que l'équipe de projet choisira les tâches à accomplir et décidera de l'ordonnancement de celles-ci. De plus, même si le projet est structuré conformément à des phases qui se succèdent, son développement est hautement itératif et évolutif.

5. Élaborer la charte de projet

La charte de projet est le document qui autorise formellement le projet. Elle décrit les exigences qui doivent satisfaire aux besoins et aux attentes des parties prenantes. Cette charte fournit un cadre de pilotage pour l'exécution du projet et permet une entente entre le client ou commanditaire et l'équipe de projet.

Son ampleur dépend souvent de la portée du projet ou des choix de gestion de projet que l'équipe souhaite. Elle varie d'une page à plusieurs pages. De façon générale, les éléments de base inclus dans une charte de projet sont :

- **Identification du projet ;**
- **Le nom des parties prenantes du projet** : sert de référence tout au long du projet, mais aussi de point de repère pour les futures leçons apprises. Elle donne en outre de l'autorité au chef de projet en le reconnaissant et en le désignant explicitement ;
- **Description sommaire du projet ;**
- **Buts et objectifs** : une définition claire et concise des buts et objectifs du projet est primordiale. En étant approuvés par toutes les parties prenantes, ces objectifs deviennent le point central autour duquel les activités du projet sont effectuées ;
- **Contenu du projet** : il s'agit du travail à accomplir, de ce qui est inclus et de ce qui ne l'est pas. Cette description évite la confusion et les mésententes entre les parties. Elle permet de mieux structurer le projet ;
- **Échéancier et budget** : dates de début et de fin, jalons ou grandes phases du projet ;
- **Risques et hypothèses** : tableau sommaire des risques pouvant survenir dans le cours du projet ainsi que les stratégies à utiliser pour les régler ;
- **Les accords et les signatures** : les signatures des parties prenantes formalisent les accords et renforcent l'engagement de chaque partie.

3.5.2.2. Proposer une solution préliminaire

1. Construire le modèle de connaissances

Le modèle de connaissances est une représentation graphique et structurée du contenu pédagogique qui sera ciblé dans le JDAC (Paquette *et al.*, 2011). Ce modèle est indépendant des scénarios pédagogiques. Il varie en fonction des compétences à acquérir par le JA.

Une connaissance est ce qui peut être appris par l'être humain : faits (exemples, traces, énoncés), connaissances abstraites (concepts, procédures, principes) et habiletés cognitives, motrices ou socioaffectives.

2. Identifier les écarts de compétences à combler

Déterminer l'écart entre les compétences seuils (avant de jouer) et les compétences visées (après avoir joué) du public cible. Cet écart fixe les besoins d'apprentissage du JDAC.

3. Construire le R_{ÉA}

Organiser les événements d'apprentissage (ÉA) tout en créant une relation explicite avec la structure du jeu et la progression du JA. Le réseau des ÉA se compose d'unités d'apprentissage (UA) qui correspondent aux ÉA terminaux.

C'est avec la structuration du R_{ÉA} que débute la conception du jeu. L'architecture adoptée ici se doit d'être en lien direct avec l'agencement qui sera choisi pour le jeu lui-même. Cela facilite la conception des mécaniques de jeu pour qu'elles puissent cibler les apprentissages souhaités. Par exemple, une UA pourrait correspondre à un niveau du jeu ou à une mission particulière dans le jeu.

4. Élaborer la synthèse de haut niveau (*High Concept Document*)

Voir un modèle de ce document en Annexe A.

5. Identifier les ressources nécessaires

Il s'agit d'identifier les ressources humaines, financières, techniques, etc., qui seront nécessaires à la réalisation du projet.

6. Estimer les coûts, bénéfices et impacts

Estimer les coûts, bénéfices et impacts d'un projet est une bonne pratique dans la gestion d'un projet quel qu'il soit.

3.5.3. Phase 2 : Dossier de conception

3.5.3.1. Concevoir l'architecture pédagogique

1. Identifier les connaissances des UA

Le RÉA étant maintenant élaboré, la prochaine étape consiste à préciser les connaissances incluses dans chacune des UA ou ÉA terminaux. Cette tâche peut s'effectuer à l'aide d'un graphique créé avec MOT ou au moyen d'un tableau, selon l'ampleur du projet.

2. Définir les scénarios pédagogiques

Les scénarios pédagogiques s'élaborent à partir du RÉA et chacune des UA aura son scénario pédagogique. Comme les scénarios pédagogiques sont étroitement liés à la jouabilité, il est important de modéliser ceux-ci en relation direct avec le jeu.

3. Définir les ressources pédagogiques

Cette tâche s'emploie à définir, s'il y a lieu, les ressources pédagogiques qui pourraient être offertes au JA. Par exemple des pense-bêtes, des éléments de révision des connaissances ciblées, des guides, etc. Nous croyons cependant qu'une bonne pratique consisterait à synthétiser le plus possible la présentation et la mise en page pour l'adapter au système de jeu.

4. Préparer la gestion des apprenants

Certains projets de JDAC auront besoin d'une analyse des données des apprenants ou tout simplement d'une liste des profils d'utilisateurs du jeu.

3.5.3.2. Concevoir le jeu

La conception du jeu s'effectue selon les mêmes étapes explicitées à la section 3.3.2. Il nous apparaît difficile d'en détailler la démarche ici puisque chaque projet de jeu est unique. Les étapes ci-après servent de guide et permettent une meilleure conception du jeu.

- Définir les mécaniques (*Mechanics*) ;
- Définir les interactions (*Dynamics*) ;
- Définir les éléments graphiques et sonores (*Aesthetics*) ;
- Élaborer le document de conception du jeu (*Game Design Document*).

3.5.4. Phases 3 et 4 : Développement et mise en marché

Les phases de développement et de mise en marché de la MIJDAC sont identiques à celles définies dans les sections 3.3.3. et 3.3.4.

3.6. Comparatif des méthodes

Tableau 3-10 : Comparatif des méthodes pour la phase 1

<u>MISA</u> (Paquette <i>et al.</i> , 2011)	Jeux vidéo	<u>MIJDAC</u>
Phase 1		
1. Définir le problème 1.1. Tracer le profil de l'organisation 1.2. Décrire la situation désirée 1.3. Décrire le ou les publics cibles 1.4. Décrire le contexte actuel 1.5. Identifier les ressources existantes 1.6. Adapter <u>MISA</u>	Naissance d'une idée 1. Tracer le portrait de l'entreprise 2. Décrire le ou les publics cibles 3. Élaborer l'étude de faisabilité 4. Tracer le portrait de la compétition 5. Identifier les ressources nécessaires	Définir et analyser le projet 1. Identifier les parties prenantes 2. Définir les objectifs 3. Décrire le ou les publics cibles 4. Planifier 5. Élaborer la charte de projet
2. Proposer une solution préliminaire 2.1. Définir les orientations du modèle des connaissances 2.2. Construire le modèle des connaissances 2.3. Identifier les écarts de compétences à combler 2.4. Définir les orientations pédagogiques 2.5. Construire le <u>RÉA</u> 2.6. Définir les propriétés des <u>UA</u> 2.7. Définir les orientations médiatiques 2.8. Définir les orientations de diffusion 2.9. Estimer les coûts, bénéfices et impacts	6. Élaborer la synthèse de haut niveau	Proposer une solution préliminaire 1. Construire le modèle de connaissances 2. Identifier les écarts de compétences à combler 3. Construire le <u>RÉA</u> 4. Élaborer la synthèse de haut niveau 5. Identifier les ressources nécessaires 6. Estimer les coûts, bénéfices et impacts

Tableau 3-11 : Comparatif des méthodes pour la phase 2

MISA	Jeux vidéo	MIJDAC
Phase 2		
<p>3. Concevoir l'architecture pédagogique</p> <p>3.1. Identifier les connaissances des <u>UA</u></p> <p>3.2. Réviser le contenu et les compétences</p> <p>3.3. Définir les scénarios pédagogiques</p> <p>3.4. Réviser le <u>RÉA</u> et les propriétés des <u>UA</u></p> <p>3.5. Définir les propriétés des activités</p> <p>3.6. Réviser les orientations médiatiques et de diffusion</p> <p>3.7. Choisir les méthodes et les outils d'ingénierie</p> <p>3.8. Élaborer le plan des livraisons du <u>SA</u></p>	<p>Conception</p> <p>1. Définir les mécaniques (<i>Mechanics</i>)</p> <p>2. Définir les interactions (<i>Dynamics</i>)</p> <p>3. Définir les éléments graphiques et sonores (<i>Aesthetics</i>)</p> <p>4. Élaborer le document de conception du jeu (<i>Game Design Document</i>)</p>	<p>Concevoir l'architecture pédagogique</p> <p>1. Identifier les connaissances des <u>UA</u></p> <p>2. Définir les scénarios pédagogiques</p> <p>3. Définir les ressources pédagogiques</p> <p>4. Préparer la gestion des apprenants</p>
<p>4. Concevoir les matériels et leur diffusion</p> <p>4.1. Définir les connaissances des instruments et des objets</p> <p>4.2. Définir les propriétés des instruments et des guides</p> <p>4.3. Réviser les orientations médiatiques</p> <p>4.4. Dresser la liste des matériels</p> <p>4.5. Construire les modèles des matériels</p> <p>4.6. Décrire les éléments médiatiques</p> <p>4.7. Décrire les documents sources</p> <p>4.8. Construire les modèles de diffusion du <u>SA</u></p> <p>4.9. Définir les ensembles matériels et leurs utilisateurs</p> <p>4.10. Définir les moyens de communication et les outils</p> <p>4.11. Définir les services et les milieux de diffusion</p> <p>4.12. Réviser l'analyse des coûts, bénéfices, impacts</p>		<p>Concevoir le jeu</p> <p>1. Définir les mécaniques (<i>Mechanics</i>)</p> <p>2. Définir les interactions (<i>Dynamics</i>)</p> <p>3. Définir les éléments graphiques et sonores (<i>Aesthetics</i>)</p> <p>4. Élaborer le document de conception du jeu (<i>Game Design Document</i>)</p>

Tableau 3-12 : Comparatif des méthodes pour la phase 3 et la phase 4

MISA	Jeux vidéo	MIJDAC
Phase 3		
5. Réaliser et valider les matériels 5.1. Élaborer le plan des essais et des tests 5.2. Faire les essais et établir un registre des changements 5.3. Réviser les ÉD décrivant les matériels du <u>SA</u>	Élaborer et tester les prototypes 1. Programmer les mécaniques de jeu 2. Créer les éléments graphiques et sonores 3. Élaborer et tester les prototypes 4. Élabore les modules d'analyse des données	Développement 1. Programmer les mécaniques de jeu 2. Créer les éléments graphiques et sonores 3. Élaborer et tester les prototypes 4. Élaborer les modules d'analyse des données
Phase 4		
6. Planifier la diffusion du SA 6.1. Réviser les documents du devis des connaissances et des compétences 6.2. Préparer la gestion des connaissances et des compétences 6.3. Réviser les documents du devis pédagogique 6.4. Préparer la gestion des apprenants et des facilitateurs 6.5. Réviser les documents du devis médiatique 6.6. Préparer la gestion du SA et des ressources 6.7. Réviser les documents du devis de diffusion 6.8. Préparer la gestion de la qualité	Mise en marché 1. Préparer les contrats de propriété intellectuelle 2. Préparer les contrats de License 3. Élaborer les stratégies de marketing	Mise en marché 1. Préparer les contrats de propriété intellectuelle 2. Préparer les contrats de License 3. Élaborer les stratégies de marketing

3.7. Réalisation du devis de conception du jeu *Al-jabr*

3.7.1. Mise en contexte

Dans cette partie, nous présentons notre démarche de conception du jeu *Al-jabr* effectuée à l'aide de la méthode proposée à la section 3.5. Cette démarche englobe deux aspects importants, le premier est la conception des éléments pédagogiques élaborés dans le cadre du cours TED6313 - *Projet d'ingénierie technopédagogique* et le deuxième est la conception du jeu réalisé à l'occasion de la formation en développement de jeu (*Game Design and Development*).

La rédaction du devis de conception du jeu *Al-jabr* est présentée selon les modalités de la méthode MIJDAC (développée à la section 3.5). Nous avons dû adapter les travaux produits dans les deux formations citées précédemment puisque celles-ci comportaient leurs propres exigences scolaires. De plus, nous avons utilisé une situation d'application réelle afin de faciliter la création du devis. L'organisation d'aide aux devoirs Allô prof s'est avérée un contexte idéal pour ce type de projet.

Nous présentons dans cette section les dossiers d'analyse et de conception des phases 1 et 2 de notre MIJDAC. Pour la phase 3, le développement du jeu, nous exposerons des éléments préliminaires d'un prototype de travail pouvant servir ultérieurement à la poursuite de la conception du jeu par une autre équipe.

En effet, il nous était difficile, à l'intérieur du temps imparti pour la rédaction de ce mémoire, de réaliser un prototype plus complet et fonctionnel. De la même façon, il nous apparaissait peu pertinent, au vu de l'avancement du jeu, d'actualiser la phase 4, c'est-à-dire, la mise en marché.

3.7.2. Phase 1 : Dossier d'analyse

La phase 1 de la MIJDAC ressemble en plusieurs points aux phases 1 et 2 de la MISA. Pour la MIJDAC, nous avons choisi de réunir les tâches dans une seule phase qui produit le dossier d'analyse. De plus, nous avons adapté les tâches pour qu'elles se calent sur un contexte de développement de jeu vidéo.

3.7.2.1. Définir et analyser le projet

1. Identifier les parties prenantes

Allô prof

L'organisation de bienfaisance Allô prof est née en 1996 sous l'impulsion du [Consortium Allô prof](#)²² créé à la suite des États généraux de l'Éducation tenue entre mai et octobre 1995 (Bisaillon *et al.*, 1996). Elle propose gratuitement des services d'aide aux devoirs et aux leçons à tous les élèves (ainsi que leurs parents) du primaire, du secondaire et de la formation générale aux adultes.

²² <http://www.alloprof.qc.ca/Pages/A-propos/Qui-oeuvre-a-allo-prof/Le-consortium-Allo-prof.aspx>

Appuyés par une équipe d'enseignants qualifiés et une communauté virtuelle composée d'élèves, de parents et d'autres acteurs, l'assistance d'Allô prof a démontré la pertinence de son existence dans le milieu de l'éducation au Québec (Karsenti, 2015).

La majorité du dépannage est présenté en ligne sur le site Web de l'organisme. Un soutien téléphonique et un service d'aide par message SMS (texto) sont aussi offerts selon les besoins des bénéficiaires. Depuis quelques années, des bornes interactives sont installées dans certains endroits comme des écoles, des bibliothèques publiques, des logements sociaux et des hôpitaux. Ces bornes diffusent les services d'Allô prof pour ceux n'ayant pas accès à l'Internet ou étant loin d'un tel accès (Allô prof, 2011).

Allô prof c'est plus qu'une organisation d'aide aux devoirs, c'est aussi un projet de société ralliant des personnes de tous les horizons. De plus, les employés et bénévoles participent à la tournée des écoles, à des colloques et des congrès pour promouvoir l'organisation. Et grâce à l'Internet, Allô prof bénéficie même d'une reconnaissance internationale (Allô prof, 2015).

La section des jeux vidéo n'offre pas beaucoup de jeux. Une augmentation du nombre de jeux serait la bienvenue, mais les ressources financières nécessaires ne seront peut-être pas au rendez-vous. En effet, comme on a pu le voir précédemment, concevoir un JDAÇ est une tâche qui demande des ressources humaines et financières importantes.

Équipe de projet

Nous avons occupé tous les rôles liés à l'équipe de projet.

2. Définir les objectifs

L'objectif pédagogique principal du jeu *Al-jabr* est le perfectionnement et la révision des opérations mathématiques sur des expressions algébriques. À la fin du jeu, les joueurs-apprenants (JA) seront en mesure d'effectuer des opérations mathématiques sur des expressions algébriques de façon autonome dans des situations simples ou complexes. La performance attendue au sortir du jeu est de niveau avancé (voir le tableau 3-6 pour l'échelle de performance).

La priorité est mise sur l'approfondissement des notions d'addition, de soustraction et de multiplication des expressions algébriques. Le public cible possède déjà les rudiments de base pour réussir les opérations mathématiques.

3. Décrire le ou les publics cibles

Tableau 3-13 : Description des publics cibles

Nom du ou des publics cibles	Élèves du 1 ^{er} cycle du secondaire	
Langues de formation	100 % français	
Scolarité moyenne	Niveau secondaire 1 et 2	
Attitudes générales	Le contenu du cours	Positive
	Les technologies	Positive
	La collaboration entre apprenants	Positive
	L'apprentissage en général	Positive
	La motivation	Neutre
	L'autonomie	Positive
Autres caractéristiques	Les handicaps physiques	Degré d'accessibilité et d'ergonomie important
	La culture	Contenu neutre en termes de religion ou d'ethnie
Écarts à combler	Sur le plan cognitif, les joueurs auront à débiter avec les connaissances de base en algèbres (notions, principes, etc.) pour en arriver à une maîtrise de base des opérations mathématiques sur des expressions algébriques	
Implications	Conséquemment, le jeu devra être conçu de façon à permettre une révision graduelle des concepts en lien avec le domaine de connaissance	

4. Planifier

Dans notre contexte de réalisation du devis de conception du jeu *Al-jabr*, nous n'avons pas eu besoin d'une grande planification. Les éléments que nous détaillons dans cette section ayant été créés à l'occasion de nos deux formations, aucun échéancier n'y sera présenté. Cependant, il est à retenir que dans le cadre d'un projet normal, l'équipe aurait à élaborer la liste des tâches à mener à terme, le tout montré dans un diagramme qui permet de visualiser l'ordonnancement de ces tâches (souvent appelé diagramme de Gantt).

5. Élaborer la charte de projet

Toujours pour des raisons de contexte, nous proposons ici un modèle de charte de projet qui se rédige facilement sur une page.

Nom du projet :

Jeu *Al-jabr*

Parties prenantes :

Partie	Rôle
Allô prof	Client partenaire
Chef de projet	Isabelle Aubuchon
Concepteur de jeu	Isabelle Aubuchon
Artiste 2D/3D	Isabelle Aubuchon
Artiste sonore	Isabelle Aubuchon
Programmeur	Isabelle Aubuchon

Buts et objectifs :

Al-jabr est un jeu destiné aux apprentissages. Son objectif pédagogique est d'aider à la révision des opérations mathématiques sur des expressions algébriques.

Contenu du projet :

La portée du projet inclut la conception et l'élaboration d'un prototype fonctionnel démontrant les principales mécaniques de jeu qui auront été créées.

Échéancier et budget :

Jalon	Livrable	Échéancier	Budget
Phase 1	Dossier d'analyse	0000-00-00	X XXX \$
Phase 2	Dossier de conception	0000-00-00	X XXX \$
Phase 3	Jeu	0000-00-00	X XXX \$
Phase 4	Mise en marché	0000-00-00	X XXX \$

Risques et hypothèses :

Le plus grand risque est de manquer de temps pour réaliser le prototype fonctionnel.

Accord et signatures :

Les signatures de toutes les parties prenantes du projet.

3.7.2.2. Proposer une solution préliminaire

1. Construire le modèle de connaissances

Les connaissances présentées dans ce modèle font partie du domaine de la mathématique, de la science et de la technologie du programme de formation de l'école québécoise, enseignement secondaire, premier cycle (MEES, 2004).

Plus spécifiquement, il s'agit pour l'apprenant d'effectuer des opérations mathématiques sur des expressions algébriques (EA) : additions, soustractions et multiplications.

Pour réussir cette tâche, le J.A doit appliquer et utiliser²³ :

- Les conventions d'écriture des expressions algébriques ;
- Les règles d'opérations comme les propriétés des exposants et la priorité des opérations ;
- Les règles pour exécuter les opérations d'addition, de soustraction et de multiplication.

Dans le modèle graphique des connaissances (voir la figure 10), nous pouvons visualiser, en un coup d'œil, les connaissances qui sont ciblées ainsi que les liens qui les unissent. Nous y voyons aussi les habiletés ou compétences à appliquer et les performances que nous souhaitons voir atteindre par les J.A.

²³ <http://www.alloprof.qc.ca/BV/pages/m1067.aspx>

Le modèle contient trois connaissances principales : effectuer des opérations mathématiques sur des expressions algébriques (procédure que l'on divise en trois sous-procédures, additionner, soustraire et multiplier), les règles d'addition et de soustraction des expressions algébriques (principe) et les règles de multiplication des expressions algébriques (principe). Les légendes des modèles graphiques sont présentées à la page 137 tandis que les sous-modèles détaillant les règles d'addition, de soustraction et de multiplication des EA sont produits à la page 138.

2. Identifier les écarts de compétences à combler

L'objectif principal du jeu étant le perfectionnement et la révision des opérations mathématiques sur des EA, la performance (voir le tableau 3-6 pour l'échelle de performance et le tableau 3-7 pour la taxonomie des habiletés) à l'entrée du jeu est de niveau débutant-intermédiaire, c'est-à-dire que l'on s'attend à ce que le JA ait déjà une base de compétences dans ce domaine. La performance visée à la sortie du jeu est de niveau avancé. Nous souhaitons que le JA réussisse à effectuer des opérations mathématiques sur des expressions algébriques d'une façon autonome dans des situations complexes. Le tableau 3-14 présente le résumé des écarts de compétences à combler.

Figure 10 : Modèle de connaissances principal

(Voir la légende de ce modèle à la page 137)

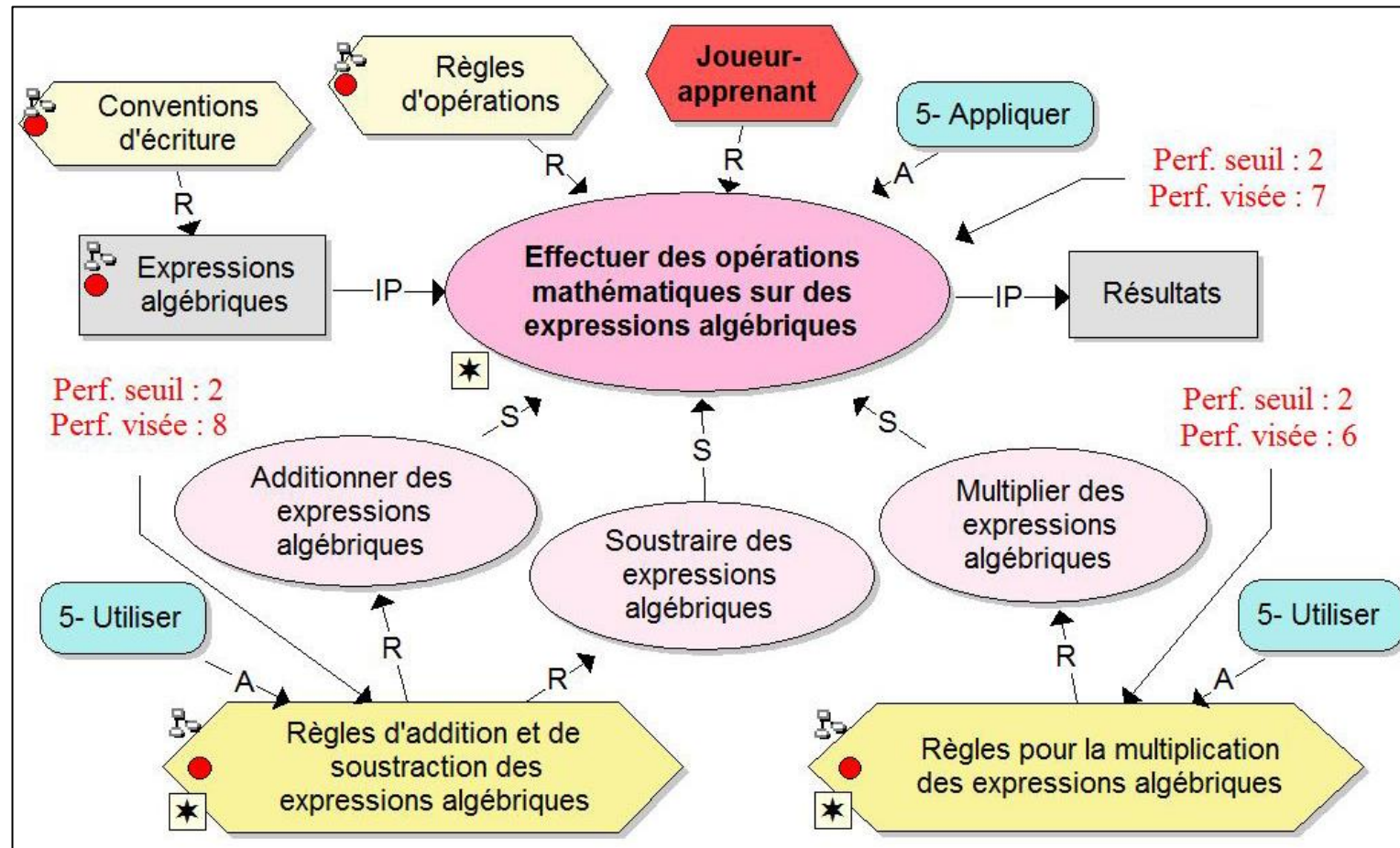


Tableau 3-14 : Tableau des compétences démontrant les habiletés seuils et visées

Connaissance principale	Effectuer des opérations mathématiques sur des expressions algébriques	Règles d'addition et de soustraction des expressions algébriques	Règles de multiplication des expressions algébriques
Domaine	Cognitif	Cognitif	Cognitif
Habilitéte seuil	Appliquer	Utiliser	Utiliser
	Débutant-intermédiaire	Débutant-intermédiaire	Débutant-intermédiaire
Habilitéte visée	Appliquer	Utiliser	Utiliser
	Avancé	Avancé	Avancé
Énoncé de compétence	Appliquer la priorité des opérations, la loi des exponentiations et les conventions d'écriture pour effectuer des opérations mathématiques sur des expressions algébriques d'une façon autonome dans des situations simples ou complexes	Utiliser les règles de l'addition et de la soustraction sur des expressions algébriques d'une façon autonome dans des situations simples ou complexes	Utiliser les règles de la multiplication sur des expressions algébriques d'une façon autonome dans des situations simples ou complexes

3. Construire le réseau des événements d'apprentissage (RÉA)

Le jeu *Al-jabr* possède une structure composée de différents niveaux de jeu à compléter. Ces niveaux correspondent aux unités d'apprentissage (UA) du R_ÉÉA. Ceux-ci sont groupés selon le degré de difficulté des activités à accomplir (voir la figure 11).

Il y a dix niveaux dans le jeu. Les trois premiers sont de degré facile, les trois suivants, moyen, et enfin les quatre derniers, difficile. Pour débloquer le premier niveau, le JA doit d'abord réussir le niveau 0, c'est-à-dire un tutoriel qui explique les principales règles du jeu et la marche à suivre pour parcourir le monde du jeu.

Dans chaque niveau, il y a des problèmes à résoudre et chaque niveau a une situation unique par rapport aux autres. De cette manière, nous souhaitons éviter la répétition et l'ennui. Les opérations mathématiques à effectuer sont réparties comme suit :

- Niveau 1 : addition ;
- Niveau 2 : soustraction ;
- Niveau 3 : addition et soustraction ;
- Niveau 4, 5 et 6 : multiplication ;
- Niveau 7, 8, 9 et 10 : addition, soustraction et multiplication.

4. Élaborer la synthèse de haut niveau

La synthèse de haut niveau est présentée à l'Annexe E.

5. Identifier les ressources nécessaires

Tableau 3-15 : Ressources humaines pour la réalisation du jeu *Al-jabr*

Ressources humaines	
Ressource	Rôle
Chef de projet/ Concepteur	Responsable de la gestion du projet et de la conception du jeu. · Cette personne doit posséder de bonnes notions sur le contenu du domaine et de bonnes notions sur la conception d'un jeu vidéo
Concepteur de niveaux	Responsable de la conception des niveaux du jeu. · Applique les règles définies par le concepteur dans les différents niveaux du jeu
Artiste graphique	Créer les éléments graphiques du jeu
Artiste son	Créer les éléments sonores du jeu
Programmeurs	Traduire en code l'ensemble des spécifications du jeu.
Experts de contenu	Responsable du contenu pédagogique

Figure 11 : Réseau des événements d'apprentissage (RÉA)

(Voir la légende de ce modèle à la page 137)

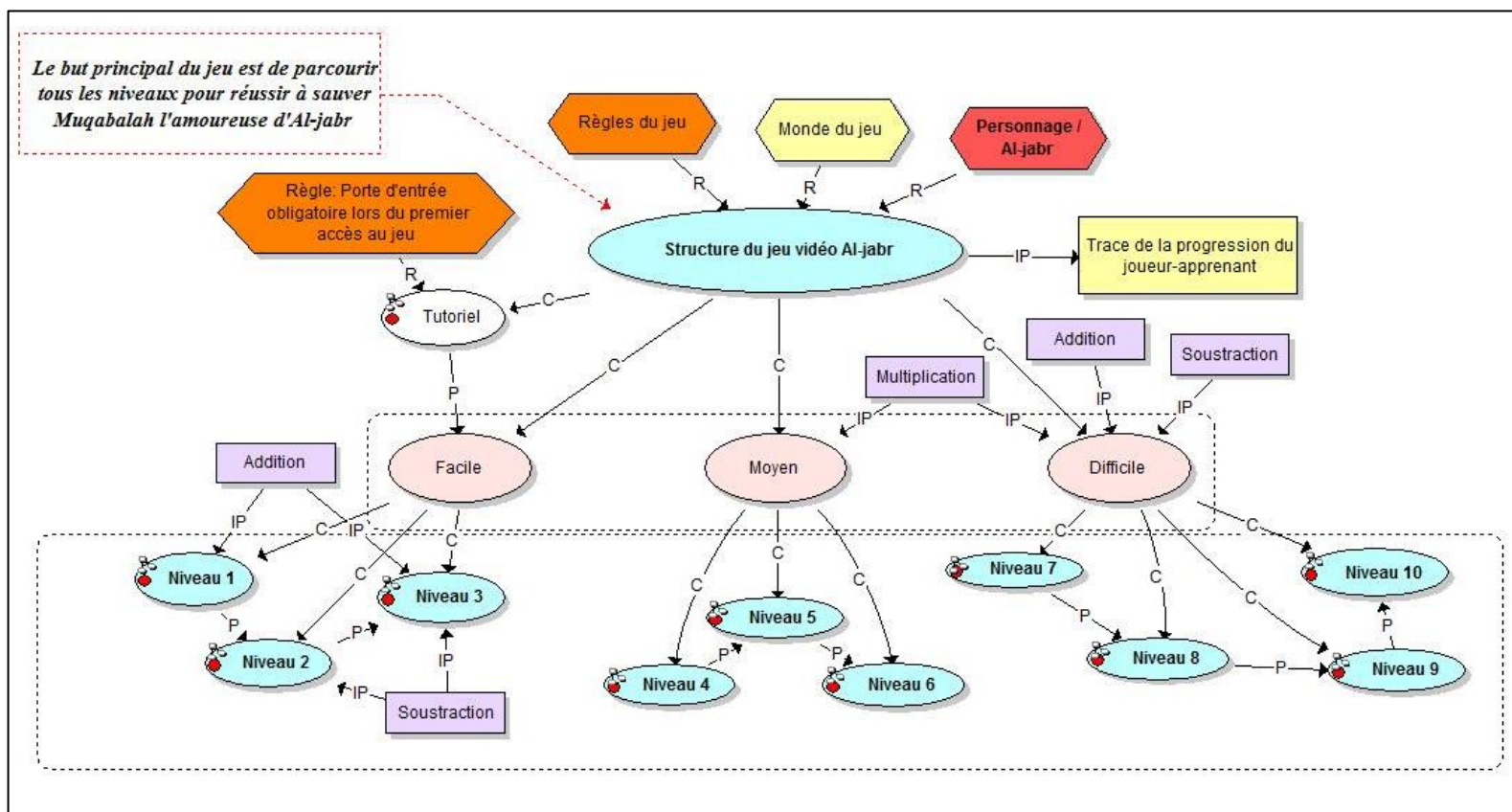


Tableau 3-16 : Ressources matérielles pour la réalisation du jeu *Al-jabr*

Ressources matérielles			
Ressources	Quantité	Description	Contraintes/Conséquences
Ordinateurs	1	Poste de travail du concepteur de jeu	Ordinateur compatible avec les logiciels nécessaires à la conception du jeu
Logiciels	1	Logiciel nécessaire pour le développement du jeu et son implémentation	Prévoir des logiciels gratuits
Équipements			
Locaux			
Mobilier			
Fournitures			
Autre			

Tableau 3-17 : Services complémentaires à la réalisation du jeu

Services complémentaires	
Ressources	Description
Rétroaction	Évaluation du jeu par les utilisateurs
Validation et révision	
Maintenance	Mise à jour du jeu tous les six mois s'il y a lieu
Droits d'auteur	Le concepteur du jeu ne retiendra pas de droits d'auteurs
Autre	

Tableau 3-18 : Recommandations quant à l'opportunité du projet

Recommandations	
Facteurs de risque	Le jeu ne réussit pas à bien faire comprendre les exercices sur les opérations mathématiques des expressions algébriques Le jeu n'est pas motivant et les joueurs n'y jouent pas ou abandonnent avant d'avoir parcouru tous les niveaux
Conditions de réussite	Une bonne intégration du contenu pédagogique grâce à une excellente synergie entre la conception pédagogique et la conception des mécaniques de jeu
Recommandations	Concevoir des mécaniques de jeu simples dans un environnement de jeu stimulant pour le public cible Pour employer une expression anglaise : <i>Keep it simple</i>

6. Estimer les coûts, bénéfices et impacts

Le tableau ci-après est donné à titre de modèle.

Tableau 3-19 : Modèle d'un tableau pour la définition des ressources financières

Ressources financières			
Ressources	Montant	Description	Contraintes/Conséquences
Budget de conception			
Budget de réalisation			
Budget de diffusion			
Budget de mise en marché			
Autre			

3.7.3. Phase 2 : Dossier de conception

La phase 2 de la MIJDAC correspond aux phases 3 et 4 de la MISA. Pour la MIJDAC, nous avons choisi de réunir les tâches dans une seule phase qui produit le dossier de conception. La conception de l'architecture pédagogique est à peu près la même que dans la MISA, sauf qu'en lieu et place des orientations médiatiques et de diffusion, la conception des mécaniques prend forme. En effet, la conception de l'architecture pédagogique et la conception des mécaniques du jeu doivent impérativement s'effectuer de concert pour réussir une bonne synergie entre apprentissage et jeu.

3.7.3.1. Concevoir l'architecture pédagogique

Les connaissances du modèle seront réparties dans les dix niveaux du jeu d'une façon progressive. D'abord, le \underline{JA} fera la révision de l'addition sur les \underline{EA} dans le niveau 1 suivi de la révision de la soustraction dans le niveau 2. Ensuite, le niveau 3 servira à consolider ces derniers niveaux, c'est-à-dire qu'il comprendra des activités pour réviser à la fois l'addition et la soustraction.

De la même façon, les niveaux 4, 5 et 6 favoriseront la multiplication des \underline{EA} . Le niveau 4 sera pour la révision de la multiplication d'un monôme par un autre monôme. Le niveau 5 contiendra des activités pour réviser la multiplication d'un monôme par un polynôme. Enfin, dans le niveau 6, le \underline{JA} révisera la multiplication d'un polynôme par un autre polynôme.

Les quatre derniers niveaux seront des niveaux de consolidation qui engloberont les trois types d'opérations mathématiques ci-devant mentionnées. La progression de la difficulté s'étalonnera sur ces derniers niveaux en changeant les règles et en complexifiant les termes générés. Par exemple, dans les premiers niveaux, il est demandé au \underline{JA} de former des polynômes contenant un minimum de deux termes avec une constante seulement. Dans les niveaux 7, 8, 9 et 10, ce minimum de termes sera haussé d'une façon graduelle. Le nombre d'opérations à effectuer dans ces niveaux sera de quatre au lieu de trois pour obtenir une clé.

1. Identifier les connaissances des unités d'apprentissage (UA)

Tableau 3-20 : Contenu des unités d'apprentissage

Connaissances	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10
Effectuer des opérations mathématiques sur des EA	Appliquer									
Additionner des EA	√		√				√	√	√	√
Soustraire des EA		√	√				√	√	√	√
Multiplier des EA				√	√	√	√	√	√	√
Règles d'addition et de soustraction des EA	Utiliser									
Règles pour la multiplication des EA	Utiliser									
Règles pour un monôme par monôme				√			√	√	√	√
Règles pour un monôme par polynôme					√		√	√	√	√
Règles pour un polynôme par polynôme						√	√	√	√	√

2. Définir les scénarios pédagogiques

Tel que décrit dans le dossier de la solution préliminaire, le jeu *Al-jabr* possède une architecture composée de niveaux de jeu à compléter. Ces niveaux correspondent aux UA du RÉA. Donc, chaque niveau de jeu coïncide avec un scénario pédagogique.

Tous les niveaux du jeu suivent les mêmes logiques et structures quant à leurs scénarios pédagogiques (voir la figure 12 et la figure 13). Ceux-ci contiennent des activités d'apprentissage, mais aussi des mécaniques de jeu qui permettent au JA d'évoluer dans le monde du jeu et d'interagir avec le système. En fait, les activités d'apprentissage sont transformées en mécaniques de jeu.

Nous avons discuté, à la section 3.4.2, de l'importance du scénario pédagogique. Nous avons également présenté le patron de scénario pédagogique nommé *Learning Game Scenario* en expliquant qu'il était possible de l'utiliser d'une façon concrète même si celui-ci se définissait à un niveau abstrait. Les liens entre les quatre activités de base du patron (explorer, manipuler, opérer et s'autoréguler) et les mécaniques de jeu sont montrés à la figure 12 ainsi que dans le tableau 3-22.

Dans un premier temps, le JA doit amasser des termes (3, $2x$, $-4xy$, etc.) qu'il emploiera ensuite pour former des expressions algébriques (EA, monômes, polynômes). Ces EA lui serviront par la suite à faire les opérations mathématiques choisies. Suite à deux, trois ou quatre opérations, le JA obtient des clés qu'il utilisera pour terminer le niveau et ouvrir le suivant. Cela l'oblige à produire un minimum d'opérations avant de finir le niveau. En effet, trois clés sont requises pour débloquer la porte. Le nombre d'opérations à exécuter varie donc de 6 à 12 par niveau au minimum.

La complexité des termes à collecter est progressive. Plus le JA progresse dans le jeu et plus les termes proposés par le système sont difficiles. Former des EA avec des termes complexes augmente le pouvoir des opérations. Par exemple, faire une addition augmente le poids du personnage, ce qui lui permet d'assommer un ennemi ou de briser un obstacle. La soustraction produit une diminution du poids, donnant l'opportunité au personnage de voler et de traverser des obstacles plus facilement. Quant à la multiplication, elle augmente la force du personnage qui peut alors déplacer des objets lourds.

Pour réussir à maintenir la motivation et l'engagement du $\underline{J}\underline{A}$, nous avons décidé de lui laisser le contrôle sur la formation des $\underline{E}\underline{A}$ et sur la sélection des opérations. En même temps, il est récompensé si ces choix sont plus ardues chaque fois qu'il effectue une opération. Le $\underline{J}\underline{A}$ comprendra rapidement qu'il a intérêt à former des $\underline{E}\underline{A}$ contenant plusieurs termes complexes.

À la fin d'un niveau, le $\underline{J}\underline{A}$ doit trouver la porte mystère pour y installer les trois clés qu'il aura collectées. C'est à ce moment-là que le maître des portes apparaît pour discuter des opérations effectuées dans le niveau. Le $\underline{J}\underline{A}$ aura donc accès à la liste des opérations qu'il aura produites. Le niveau suivant est alors débloqué et ainsi de suite.

Figure 12 : Scénario pédagogique du niveau 3

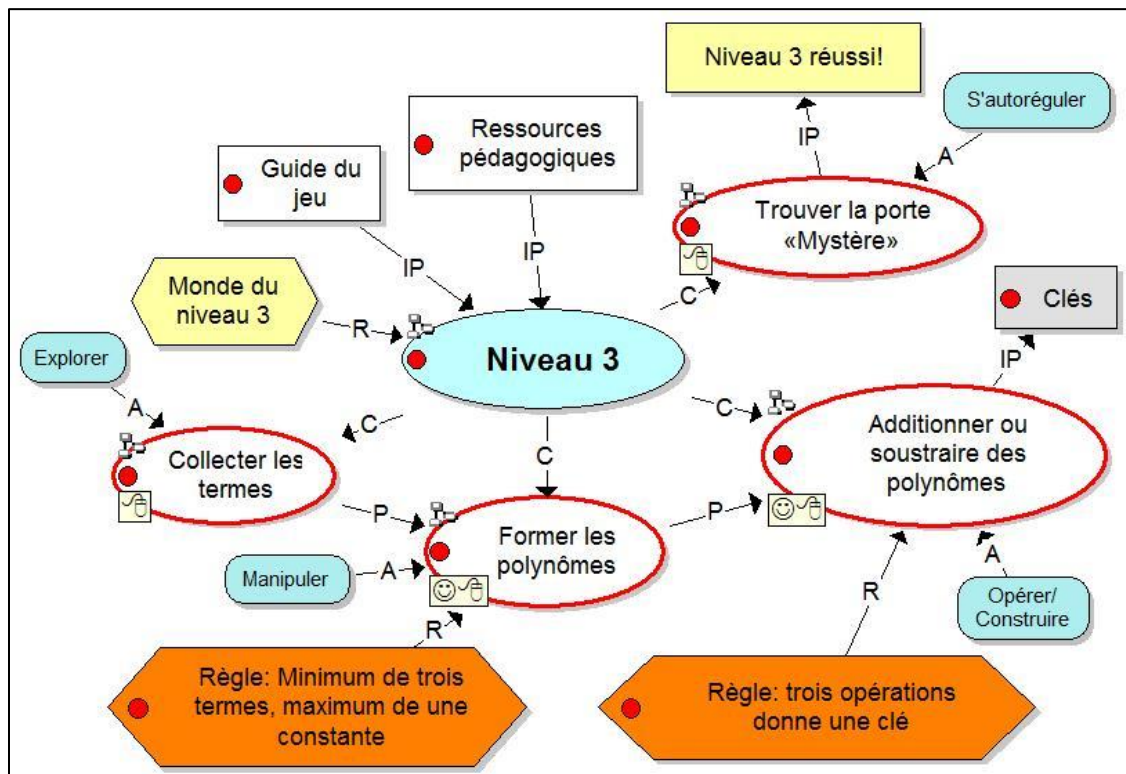
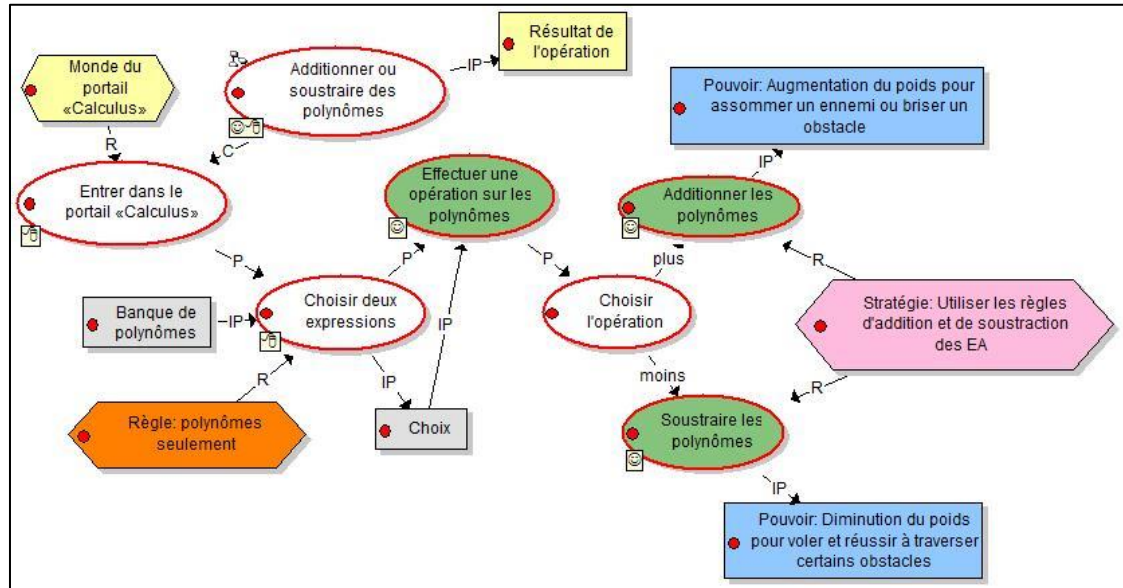


Figure 13 : Sous-modèle du scénario pédagogique du niveau 3



3. Définir les ressources pédagogiques

Comme nous l'avons expliqué précédemment, cette tâche consiste à définir, s'il y a lieu, les ressources pédagogiques qui pourraient être offertes au JAJ à l'intérieur du jeu. Elle peut s'élaborer à l'aide d'un tableau servant à résumer l'ensemble des instruments puisque l'objectif n'est pas de les concevoir de façon détaillée, mais plutôt de préparer cette conception.

Tableau 3-21 : Ressources pédagogiques incluses dans le jeu

Instrument	ÉA/UA Niveaux	Contenu	Statut	Références	Droits	Commentaires
I1- Aide pour l'addition et la soustraction	1, 2, 3, 7, 8, 9, 10	Rappel sur les règles d'addition et de soustraction des expressions algébriques	Non conçu	<ul style="list-style-type: none"> · Règles d'addition - Allo prof · Règles de soustraction - Allo prof 	Non	<ul style="list-style-type: none"> · Document textuel numérique devant apparaître dans l'espace du jeu · Bulles interactives générées par le système du jeu
I2- Aide pour la multiplication	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	Rappel sur les règles pour la multiplication des expressions algébriques	Non conçu	<ul style="list-style-type: none"> · Règles de multiplication - Allo prof 	Non	<ul style="list-style-type: none"> · Document textuel numérique devant apparaître dans l'espace du jeu · Bulles interactives générées par le système du jeu
I3- Guide d'utilisation du jeu	Tous	Rappel sur les règles pour la multiplication des expressions algébriques	Non conçu		Non	<ul style="list-style-type: none"> · Document textuel numérique devant apparaître dans l'espace du jeu · Bulles interactives générées par le système du jeu

3.7.3.2. Concevoir le jeu

1. Définir les mécaniques

Nous avons vu à la section 3.3.2.1 qu'il existe plusieurs types de mécaniques de jeu. Dans un JDAC, certaines mécaniques de jeu sont liées aux activités d'apprentissage du domaine, tandis que d'autres sont des mécaniques de jeu pures. Le tableau 3-22 présente une synthèse des différentes mécaniques conçues pour le jeu *Al-jabr*.

MJ : mécanique de jeu, **AA** : activité d'apprentissage

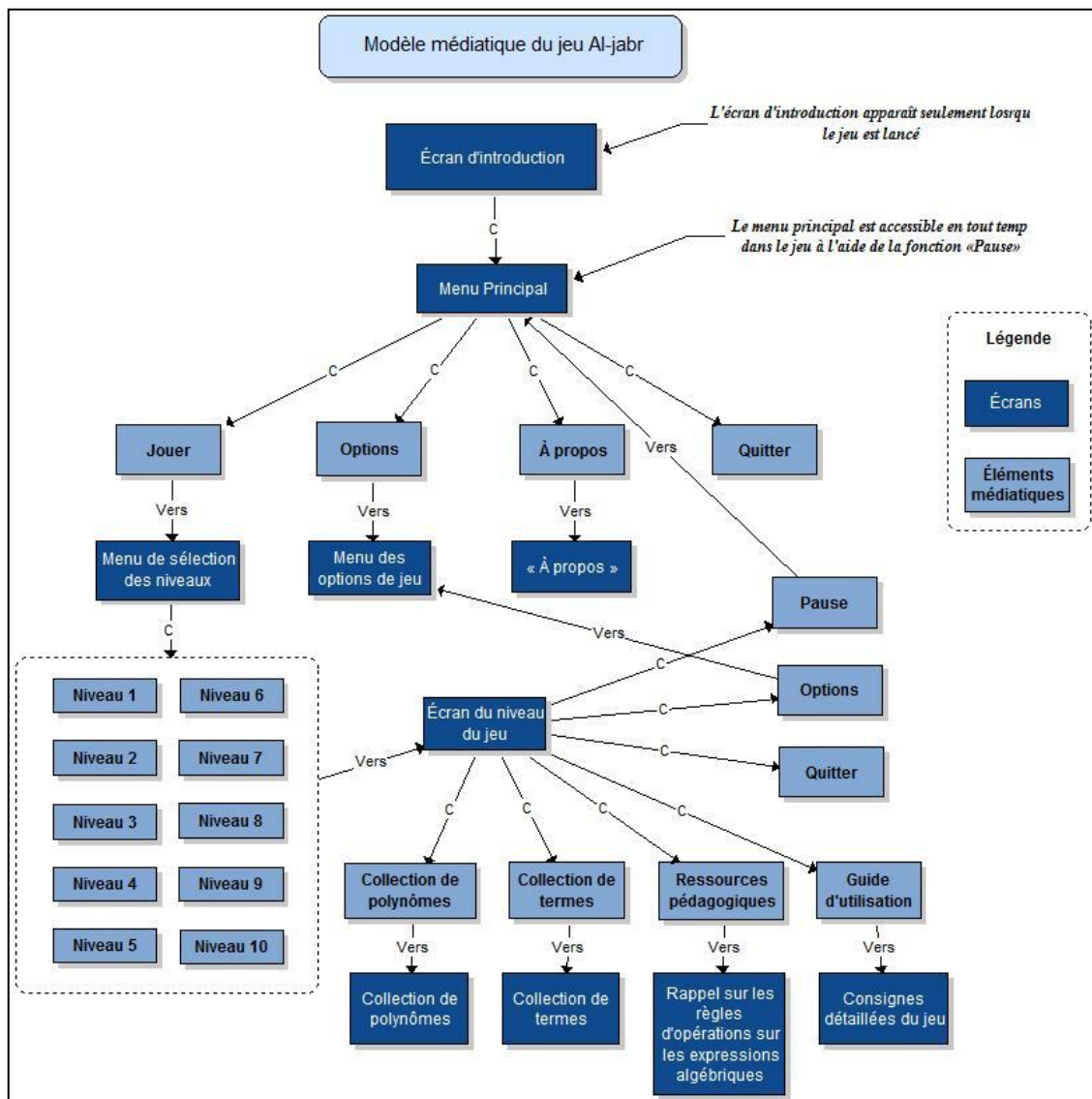
Tableau 3-22 : Synthèse des mécaniques de jeu d'*Al-jabr*

Description	Mécanique	Type
Al-jabr bouge de gauche à droite, saute, vol, brise et déplace des objets	MJ	Physique
Collecter des termes algébriques (explorer)	MJ	Économie interne
Termes complexes = plus avantageux	MJ/AA	Manœuvre tactique
Banque de termes	MJ	Économie interne
Former des polynômes dans le portail <i>Poly Gen</i> (manipuler)	MJ/AA	Domaine
Nombre de termes élevé = plus avantageux	MJ/AA	Manœuvre tactique
Banque de polynômes	MJ	Économie interne
Effectuer des opérations mathématiques dans le portail <i>Calculus</i> (opérer/construire)	MJ/AA	Domaine
Donne des clés pour la porte-mystère	MJ	Économie interne
Addition = augmente le poids d'Al-jabr pour l'aider à briser des obstacles ou détruire un ennemi	MJ/AA	Manœuvre tactique
Soustraction = diminue le poids d'Al-jabr pour l'aider à voler et à traverser certains obstacles	MJ/AA	Manœuvre tactique
Multiplication = augmente la force d'Al-jabr pour l'aider à déplacer des objets	MJ/AA	Manœuvre tactique
Porte-mystère entre chaque niveau (s'autoréguler)	MJ	Progression
Nécessite trois clés	MJ	Économie interne
Protégée par le maître des portes (<i>debriefing</i>)	MJ	Interaction sociale

2. Définir les interactions

La conception du jeu en est encore à l'état de prototype et beaucoup de travail reste à faire pour définir les éléments d'interaction entre le système du jeu et le joueur. Voici cependant la structure des écrans et des menus du jeu et les liens qui les unissent.

Figure 14 : Structure des écrans et menus du jeu *Al-jabr*



3. Définir les éléments graphiques et sonores

La définition des éléments graphiques et sonores est à l'état de brouillon. Ces éléments auront à être créés de façon professionnelle par des experts. Retenons cependant que nous souhaitons un environnement d'inspiration persane.

4. Élaborer le document de conception du jeu (*Game Design Document*)

Nous n'avons pas eu à élaborer le document de conception du jeu, cependant un modèle de ce type de document est présenté à la page 133.

3.7.4. Phase 3 : Développement du jeu

La réalisation du jeu s'est effectuée dans le cadre de notre formation en développement de jeu. Nous devions construire un prototype fonctionnel à l'intérieur de 8 semaines. Le résultat est un prototype de travail nous permettant de tester certaines des mécaniques du jeu. Beaucoup d'ouvrage reste à faire pour ajouter d'autres mécaniques ou pour rendre le jeu intéressant du point de vue de la jouabilité.

Nous avons utilisé l'outil de développement de jeu [Unity3D](https://unity3d.com/fr/)²⁴ pour programmer le prototype. Cet outil est un des plus répandus dans l'industrie du jeu vidéo. Il est intuitif, personnalisable et possède toutes les fonctionnalités pour créer rapidement un jeu. De plus, un de ses grands avantages est de pouvoir programmer le jeu une seule fois pour ensuite l'exporter sur les plateformes désirées (ordinateur personnel, consoles, appareils mobiles).

Les ressources prêtes à l'emploi (gratuites et payantes) sont aussi un autre avantage non négligeable que propose l'outil. Elles sont offertes en ligne sur un site que les habitués connaissent sous le nom d'*Asset Store*.

Écran d'introduction : Est accompagné d'une musique douce. Il s'estompe graduellement pour laisser place au menu principal.



²⁴ <https://unity3d.com/fr/>

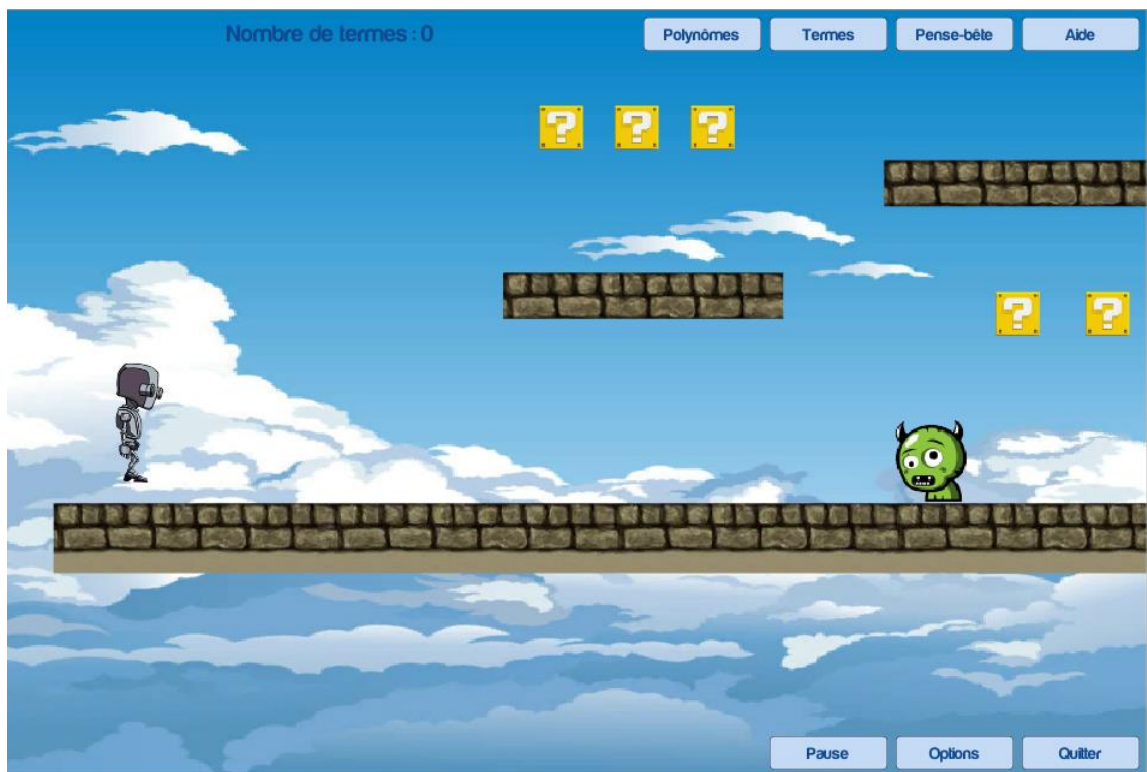
Menu principal : Point d'entrée principal du jeu.



Jouer : Menu de sélection des niveaux du jeu. Une fois qu'un niveau a été joué par le joueur, il reste débloqué en plus de débloquer le niveau suivant.



Niveau 1 : Début du niveau 1. Cette maquette est dans une phase de prototypage, les éléments graphiques et les objets contenus dans le jeu n'y sont que pour illustrer les principales mécaniques de jeu. Toute la conception artistique sera élaborée dans une phase ultérieure. Les onglets de menu *Polynômes* et *Termes* doivent ouvrir les collections que le joueur aura accumulées au cours de son parcours.



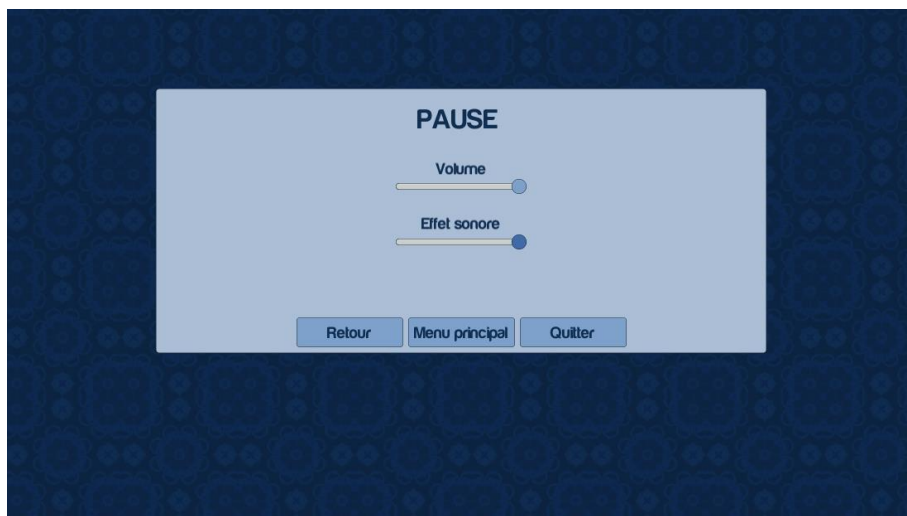
Pense-bête : Voici les astuces pour bien réussir les opérations mathématiques sur les expressions algébriques. Dans le jeu, cette section est appelée pense-bête, mais dans le dossier des matériels pédagogiques, il s'agit des matériels pédagogiques de référence. Veuillez noter que cette page est ici montrée à titre d'exemple. Le contenu devra être élaboré dans une phase ultérieure.



À propos : Cette page donne les explications sur le jeu et les crédits pour la conception et le développement.



Pause : Ce menu permet de changer les options pour le son, d'accéder au menu principal, de retourner sur le niveau en cours ou bien de quitter complètement le jeu.



3.8. Discussion

Le but principal de notre travail était de proposer une nouvelle méthode pour favoriser la réalisation d'un jeu vidéo destiné aux apprentissages ciblés. Cette méthode, appelée la MIJDAC, nous a permis de concrétiser les dossiers d'analyse et de conception ainsi qu'un prototype fonctionnel du jeu. Nous avons donc atteint notre mission, mais notre hypothèse de départ stipulait aussi qu'avec une démarche rigoureuse, nous pouvions nous assurer que le jeu satisfait aux objectifs pédagogiques désirés tout en restant attrayant et efficace d'un point de vue ludique.

3.8.1. Les apprentissages à cibler sont-ils clairement définis ?

L'objectif pédagogique du jeu *Al-jabr* était le perfectionnement et la révision des opérations mathématiques sur des expressions algébriques. Le modèle de connaissances élaboré pendant la phase 1 de la MIJDAC contient les apprentissages que nous souhaitons cibler dans le jeu. Ce modèle graphique, facile à lire, est indépendant du réseau des événements d'apprentissage (RÉA).

Le RÉA, composé d'unités d'apprentissage (niveaux du jeu), est intimement lié à la structure du jeu. Pour chacun des niveaux du jeu, nous avons créé un scénario pédagogique sous la forme d'un modèle graphique montrant explicitement les apprentissages à cibler et la concordance entre ceux-ci et les mécaniques du jeu.

Nous avons réussi à présenter clairement les apprentissages à cibler dans le jeu. La rigueur de notre méthode nous a aidée à bien définir quels étaient les apprentissages que nous souhaitions cibler en plus de nous guider dans la manière dont nous voulions les exposer à travers le jeu et dans la progression que nous désirions qu'ils suivent.

La question de savoir si les apprentissages sont efficaces devra faire l'objet d'une autre recherche. En effet, pour répondre à une telle interrogation, il faudrait d'abord avoir une version du jeu complétée que nous pourrions utiliser pour réaliser des tests et des essais. Ensuite, l'on devrait choisir un protocole pertinent pour discuter ce genre de problématique, tâche qui pourrait s'avérer épineuse.

3.8.2. Le jeu est-il attrayant et efficace au niveau ludique ?

La conception des mécaniques de jeu est encore à l'état de prototype. Par conséquent, il nous est difficile de porter un jugement sur l'aspect attrayant et ludique du jeu. De plus, le jeu n'ayant pas été testé avec le public cible, il s'avère prématuré de répondre à cette question.

Nous avons constaté que même si les apprentissages à cibler sont clairement définis, il apparaît tout de même ardu de concevoir les mécaniques, la progression et la jouabilité du jeu pour que ces apprentissages soient mis à l'avant-plan. Le prototype que nous avons réussi à réaliser est une excellente base de travail pour poursuivre la conception de ce jeu.

Comme nous le mentionnions à la section 3.3, chaque conception de jeu est unique et différente. Elle nécessite plusieurs experts pour construire le produit final. Nous avons plusieurs idées de conception à mettre en place, mais notre manque d'expérience nous a limitée dans notre manière de concevoir les mécaniques du jeu.

La deuxième partie de la phase 2 de notre méthode, correspondant à la conception en tant que telle du jeu vidéo, ne constitue pas une recette magique, mais plutôt un guide explicite pour bien comprendre comment et à quel moment l'équipe de conception d'un JDAC doit-elle introduire les aspects de la conception en lien avec le jeu vidéo.

Nous retenons de notre démarche l'importance de travailler avec des étapes bien définies et bien structurées pour réussir à mieux tisser les angles éducatifs et ludiques dans le JDAC. Nous croyons que la MIJDAC est efficace du point de vue de la gestion de projet, mais qu'elle n'est en aucune sorte une panacée à la difficulté de conception de ce type de jeu vidéo.

Conclusion

Dans ce mémoire, nous avons présenté une méthode pour aider à la conception et au développement de jeux vidéo destinés aux apprentissages ciblés (JDAC). Nous avons vu que ce type de jeu vidéo est un système informatique complexe dont le but est d'enseigner à un apprenant de nouvelles compétences dans un domaine de connaissances précis et qu'il semble devenir une solution pédagogique pour de plus en plus d'experts de l'éducation.

Ce mémoire visait à discuter de la question suivante : Quelle est la meilleure façon de concevoir un JDAC pour réussir à cibler les apprentissages d'un domaine de connaissances en particulier ? Pour répondre à cette interrogation, nous émettions l'hypothèse qu'avec une méthode rigoureuse de conception d'un JDAC, nous pouvions nous assurer que le jeu satisfaisait aux objectifs pédagogiques souhaités tout en restant attrayant et efficace d'un point de vue ludique.

Plus précisément, ce mémoire nous a donné la possibilité d'explorer les méthodes existantes, dont la méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA) et les étapes de développement d'un jeu vidéo. À la suite de ces explorations, nous avons proposé une nouvelle méthode facilitant la conception d'un JDAC.

Pour ce faire, nous avons utilisé les connaissances et les compétences acquises dans le cadre de deux formations en lien avec notre objet de recherche. La première, l'ingénierie pédagogique, nous a permis de bien comprendre l'aspect éducatif tandis que la deuxième, le développement d'un jeu vidéo, nous a aidée à approfondir l'angle ludique. Ces connaissances et ces compétences nous ont servie dans la création d'une méthode d'ingénierie d'un JDAC (MIJDAC), mais surtout d'en vérifier l'efficacité par l'élaboration d'un devis de conception comportant un dossier d'analyse et un dossier de conception.

L'étude de la documentation scientifique nous a par ailleurs amenée à analyser les liens qui unissent les apprentissages, la pédagogie et le jeu vidéo, en plus de mettre en lumière la grande difficulté de concevoir des jeux vidéo adaptés aux processus d'apprentissage. Ces documents portaient sur différents thèmes comme l'impact des jeux sur les jeunes, leur potentiel éducatif, les apports qu'ils fournissent pour la formation et les apprentissages, la motivation et l'engagement, l'utilisation des jeux dans un environnement d'éducation traditionnel, les complexités de conception des jeux vidéo destinés à l'éducation, etc.

En guise de bilan global sur la MIJDAC, nous pouvons confirmer qu'il est possible de profiter efficacement de cette méthode pour réaliser un JDAC. Cependant, un mode d'emploi ne peut, à lui seul, garantir le succès de cette construction. En effet, le point critique dans la conception d'un JDAC est l'amarrage entre les processus d'apprentissage et les mécaniques de jeu. Pour améliorer le taux de réussite d'une telle matérialisation, notre démarche doit donc s'accompagner d'une solide équipe d'experts de l'éducation, mais surtout du domaine du jeu vidéo puisqu'un JDAC est d'abord et avant tout un jeu vidéo.

Dans son état actuel, le prototype de jeu réalisé dans ce mémoire constitue une base d'expérimentation pour d'autres chercheurs souhaitant pousser l'analyse plus en profondeur. Il faudrait élaborer des niveaux de jeu plus détaillés comportant des éléments d'interaction avec le joueur lui donnant l'occasion d'éprouver une progression de jeu suscitant un réel sentiment de jouabilité. De plus, du travail reste à faire pour affiner les mécaniques de jeu et rendre les apprentissages stimulants.

La méthode présentée dans ce mémoire gagnerait en bénéfice si elle pouvait être testée dans le cadre de véritables projets de développement de JDAC se composant d'équipes interdisciplinaires. Cela permettrait de valider l'efficacité de la démarche d'un point de vue de la communication entre les membres de l'équipe et de la gestion de projet de A à Z. La meilleure façon d'améliorer la méthode est de l'utiliser et de la confronter au monde réel.

Bibliographie

- Aarseth, E. et Calleja, G.** (2015, June 22-25). *The Word Game : The ontology of an indefinable object*. Communication présentée à la International Conference on the Foundations of Digital Games, Pacific Grove, CA.
- Adams, E.** (2009). *Fundamentals of game design* (Second éd.). Berkeley.
- Adams, E. et Dormans, J.** (2012). *Game Mechanics - Advanced Game Design*. USA: New Riders Games.
- Adkins, S. S.** (2016). *The 2016-2021 Global Game-based Learning Market*. Communication présentée à la Serious Play Conference.
- Alliance numérique.** (2014). Perpétuons le miracle québécois : l'avenir de l'industrie du jeu vidéo au Québec. Commission d'examen sur la fiscalité québécoise: Alliance numérique.
- Allô prof.** (2011). Rapport d'activités 2010-2011.
- Allô prof.** (2015). Rapport d'activités 2014-2015. Montréal: Allô prof.
- Alvarez, J.** (2007). *Du jeu vidéo au serious game : Approches culturelle, pragma.* (PhD), Toulouse.
- Amory, A.** (2007). Game object model version II : a theoretical framework for educational game development. *Educational Technology Research and Development*, 55(1), 51-77.
- Arnab, S., Kiili, K., Perttula, A., Ninaus, M., Martinez-Ortiz, I. et Baalsrud Hauge, J.** (2014). Game and Learning Alliance : Deliverable n. 2.4 - Flow in Serious Games.
- Arnab, S., Lim, T., Carvalho, M. B., Bellotti, F., Freitas, S., Louchart, S., . . . De Gloria, A.** (2015). Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. *British Journal of Educational Technology*, 46(2), 391-411.
- Becker, K.** (2005, 16-20 juin). *How Are Games Educational? Learning Theories Embodied in Games*. Communication présentée à la Digital Games Research Association (DIGRA), Vancouver, Canada.
- Becker, K.** (2007). Pedagogy in commercial video games. *Games and simulations in online learning: Research and development frameworks*, Hershey, PA: Information Science Publishing.

- Becker, K.** (2008a). *The invention of good games: understanding learning design in commercial video games.* (PhD), Université de Calgary.
- Becker, K.** (2008b). Video game pedagogy: Good games= good pedagogy. *Games: Purpose and Potential in Education*, 5, 73.
- Becker, K.** (2010). Distinctions Between Games and Learning: A Review of Current Literature. *Gaming and Cognition: Theories and Practice from the Learning Sciences: Theories and Practice from the Learning Sciences*, 22.
- Bisaillon, R., Demers, L., Bélanger, N., Caillé, A., Caldwell, G., Gilbert, H., . . . Vennes, S.** (1996). Les états généraux sur l'éducation 1995-1996 : Rénover notre système d'éducation, dix chantiers prioritaires *Rapport final de la Commission des États généraux sur l'éducation* : Gouvernement du Québec.
- Brogère, G.** (2012). Le jeu peut-il être sérieux ? Revisiter Jouer/Apprendre en temps de serious game. *Australian Journal of French Studies*, 49(2), 117-129.
- Bugmann, J.** (2016). *Apprendre en jouant : du jeu sérieux au socle commun de connaissances et de compétences.* (PhD), Université de Cergy-Pontoise, France.
- Capdevila Ibañez, B.** (2013). *Serious game architecture and design: modular component-based data-driven entity system framework to support systemic modeling and design in agile serious game developments.* Université Pierre et Marie Curie-Paris 6.
- Connolly, T. M., Boyle, E. A., MacArthur, E., Hainey, T. et Boyle, J. M.** (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education*, 59(2), 661-686.
- Costikyan, G.** (2002). *I Have No Words & I Must Design : Toward a Critical Vocabulary for Games.* Communication présentée à la Computer Games and Digital Cultures Conference, Tampere.
- Crawford, C.** (1984). *The art of computer game design.*
- Crookall, D.** (2010). Serious Games, Debriefing, and Simulation/Gaming as a Discipline. *Simulation & Gaming*, 41, 898-920. doi: 10.1177/1046878110390784
- Csikszentmihalyi, M.** (1990). *Flow : The Psychology of Optimal Experience* : HarperCollins Publishers.
- de Freitas, S.** (2006). Learning in immersive worlds. *London: Joint Information Systems Committee.*

- de Freitas, S. et Oliver, M.** (2006). How can exploratory learning with games and simulations within the curriculum be most effectively evaluated? *Computers & Education*, 46(3), 249-264.
- Deci, E. L. et Ryan, R. M.** (1975). Intrinsic motivation. *Corsini Encyclopedia of Psychology*.
- Delomier, F.** (2013). *Jeux Pédagogiques Collaboratifs Situés : Conception et mise en oeuvre dirigées par les modèles*. (PhD), Université de Lyon, Lyon, France.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R. et Nacke, L.** (2014). Du game design au gamefulness: définir la gamification. *Sciences du jeu*(2).
- Djaouti, D.** (2011). *Serious Game Design : Considérations théoriques et techniques sur la création de jeux vidéo à vocation utilitaire*. (PhD), Toulouse.
- Djaouti, D., Alvarez, J. et Jessel, J.-P.** (2010, 24-27 août). *Concevoir l'interactivité ludique: une vue d'ensemble des méthodologies de «Game Design»*. Communication présentée à la Actes du colloque "Ludovia 2010" : Créativité et Interaction, Ax-Les-Thermes, France.
- Egenfeldt-Nielsen, S.** (2006). Overview of research on the educational use of video games. *Digital Kompetanse*, 1(3), 184-213.
- Ferreira, S. M., Gouin-Vallerand, C. et Hotte, R.** (2016). Game Based Learning: A Case Study on Designing an Educational Game for Children in Developing Countries. 1-8. doi: 10.1109/vs-games.2016.7590350
- Galaup, M., Viallet, F. et Amade-Escot, C.** (2013). Le potentiel éducatif des jeux vidéo et sérieux : revue de littérature. *Scientific Annals of the 'Alexandru Ioan Cuza' University of Iasi*, 17, 23-50.
- Gee, J. P.** (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. New-York: Macmillan.
- Gee, J. P.** (2005a). *Good video games and good learning*. Communication présentée à la Phi Kappa Phi Forum.
- Gee, J. P.** (2005b). Video games, mind, and learning. *The Interactive Digital Media & Arts Association Journal*, 2(1), 37-42.
- Gee, J. P.** (2008). Learning and games. *The ecology of games: Connecting youth, games, and learning*, 3, 21-40.
- Gee, J. P.** (2009). Deep Learning Properties of Good Games. Dans Ute Ritterfeld, Michael Cody et Peter Vorderer (Éds.), *Serious Games: Mechanisms and Effects*. (pp. 63-80). New York: Routledge.

- Gee, J. P.** (2010). Learning by design: Games as learning machines. *Interactive Educational Multimedia*(8), 15-23.
- Gee, J. P.** (2013). Learning Systems, Not Games. *Texas Education Review*, 1.
- Grey, B.** (2011). The Effects of Content Integration on Learning and Motivation.
- Habgood, M. P. J.** (2007). *The effective integration of digital games and learning content*. (PhD), University of Nottingham.
- Habgood, M. P. J. et Ainsworth, S. E.** (2011). Motivating children to learn effectively: Exploring the value of intrinsic integration in educational games. *The Journal of the Learning Sciences*, 20(2), 169-206.
- Habgood, M. P. J., Ainsworth, S. E. et Benford, S.** (2005). Endogenous fantasy and learning in digital games. *Simulation & Gaming*, 36(4), 483-498.
- Haskell, C. C.** (2012). *Design variables of attraction in quest-based learning*. (PhD), Boise State University.
- Holopainen, J.** (2011). *Foundations of gameplay*. Blekinge Institute of Technology.
- Hotte, R.** (2016). *Conception d'un patron nommé Learning Game Scenario*. Communication présentée à la Journée scientifique du LICEF : Modélisation d'environnements fonctionnels, Montréal.
- Hotte, R., Basque, J., Page-Lamarche, V. et Ruelland, D.** (2007). Ingénierie des compétences et scénarisation pédagogique. *Revue Internationale des Technologies en Pédagogie Universitaire*, 4(2).
- Hotte, R., Godinet, H. et Pernin, J.-P.** (2007). Scénariser l'apprentissage, une activité de modélisation. *Revue Internationale des Technologies en Pédagogie Universitaire*, 4(2).
- Hunicke, R., LeBlanc, M. et Zubek, R.** (2004). *MDA: A formal approach to game design and game research*. Communication présentée à la Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI.
- Hussain, T. S. et Ostwald, J.** (2015). Bridging the Gap from Design to Implementation. Dans Cambridge University Press (Éd.), *Design and Development of Training Games* (pp. 179-272). New-York.
- Jong, M. S., Lee, J. H. et Shang, J.** (2013). Educational use of computer games: where we are, and what's next *Reshaping Learning* (pp. 299-320): Springer.

- Juul, J.** (2005). *Half-real: Video games between real rules and fictional worlds* : The MIT Press.
- Karsenti, T.** (2015). Quel est le rôle d'Allô prof dans la persévérance et la réussite scolaires des élèves? Étude auprès de 6659 acteurs scolaires (élèves, enseignants, directions et parents) *Rapport synthèse de recherche*. Montréal, QC: CRIFPE.
- Kelle, S. T. W.** (2012). *Game design patterns for learning*. (PhD), Open University, Heerlen, Netherlands.
- Kiili, K.** (2005a). Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model. *The Internet and higher education*, 8(1), 13-24.
- Kiili, K.** (2005b). *On educational game design: Building blocks of flow experience*.
- Kiili, K.** (2011). Call for educational game design patterns. *Journal of Education Research*, 4(2), 129-141.
- Kiili, K. et Ketamo, H.** (2007). *Exploring the learning mechanism in educational games*. Communication présentée à la Information Technology Interfaces, 2007. ITI 2007. 29th International Conference on.
- Kirriemuir, J. et McFarlane, A.** (2004). Literature review in games and learning.
- Klopfer, E., Osterweil, S. et Salen, K.** (2009). Moving learning games forward. *Cambridge, MA: The Education Arcade*.
- Koster, R.** (2013). *Theory of fun for game design* : " O'Reilly Media, Inc."
- Kriz, W. C.** (2008). A systemic-constructivist approach to the facilitation and debriefing of simulations and games. *Simulation & Gaming*, 41(5), 663-680.
- Larman, C.** (2005). *UML 2 et les design patterns : analyse et conception orientées objet et développement itératif* (3e éd. éd.). Paris: Pearson Education.
- Lavigne, M.** (2012). Serious game : que devient le plaisir ludique ?
- Lavigne, M.** (2014a). Les faiblesses ludiques et pédagogiques des serious games.
- Lavigne, M.** (2014b). Sous le masque du jeu, la contrainte et le contrôle ? *Interfaces numériques*, 3(3), 473-496. doi: 10.3166/rin.3.473-496
- Lavigne, M.** (2016). Jeu et non jeu dans les serious games. *Sciences du jeu*(5). doi: 10.4000/sdj.648

- Lim, T., Louchart, S. et Suttie, N.** (2012). Game and Learning Alliance : Deliverable n. 2.2 - TC2.1 Definition of Serious Game Mechanics
- Loup, G., George, S. et Serna, A.** (2015). Fondements et caractérisation des jeux épistémiques numériques pervasifs. *Actes d'Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, EIAH. p. in press., Agadir, Maroc.*
- Malone, T. W. et Lepper, M. R.** (1987). Making learning fun: A taxonomy of intrinsic motivations for learning. *Aptitude, learning, and instruction*, 3(1987), 223-253.
- Marchewka, J. T.** (2014). *Information technology project management* : John Wiley & Sons.
- Marfisi-Schottman, I.** (2012). *Méthodologie, modèles et outils pour la conception de Learning Games.* (PhD), INSA de Lyon. Repéré le Access Date| à <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00762855>
- Marfisi-Schottman, I. et George, S.** (2014, 2014-02-28). *Supporting Teachers to Design and Use Mobile Collaborative Learning Games.* Communication présentée à la International Conference on Mobile Learning, Madrid, Spain.
- Marne, B.** (2014). *Modèles et outils pour la conception de jeux sérieux : une approche meta-design.* (PhD), Université Pierre et Marie Curie (UPMC). Repéré le Access Date| à <http://hal.upmc.fr/tel-01087307>
- Marne, B., Carron, T. et Labat, J.-M.** (2013, 2013-05-29). *Modélisation des parcours pédago-ludiques pour l'adaptation des jeux sérieux.* Communication présentée à la 6e Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Toulouse, France.
- Marne, B. et Labat, J.-M.** (2012, 2012-12-11). *Implémentation de patrons de conception pour l'adaptation des parcours pédago-ludiques dans les jeux sérieux.* Communication présentée à la 8ème Colloque Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE 2012), Lyon, France.
- Mayes, T. et de Freitas, S.** (2004). Review of e-learning theories, frameworks and models. *JISC e-learning models desk study(1).*
- MEES.** (2004). *Programme de formation de l'école québécoise. Enseignement secondaire, premier cycle.* Québec: Gouvernement du Québec.
- Michael, D. R. et Chen, S. L.** (2005). *Serious games: Games that educate, train, and inform* : Muska & Lipman/Premier-Trade.
- Mitchell, A. et Savill-Smith, C.** (2004). The use of computer and video games for learning: A review of the literature.

- Montessori, M.** (1912). *The Montessori method : scientific pedagogy as applied to child education in the children's houses, with additions and revisions by the author* (4th éd.). Toronto: W. Briggs.
- Nicholson, S.** (2012). *Completing the experience: Debriefing in experiential educational games*. Communication présentée à la The 3rd International Conference on Society and Information Technologies. Winter Garden: International Institute of Informatics and Systemics.
- O'Donnell, C.** (2014). On Balinese Cockfights : Deeply Extending Play.
- OQLF.** (2012). Le grand dictionnaire terminologique (GDT). Office québécois de la langue française. Repéré le 26 octobre 2016, à <http://www.granddictionnaire.com/>
- Paquet, F.** (2007). *Les processus d'ingénierie logicielle appliquée dans le contexte du développement de jeux vidéo*. (Master), Université du Québec à Chicoutimi.
- Paquette, G.** (2002). L'ingénierie pédagogique: pour construire l'apprentissage en réseau : Puq.
- Paquette, G., Léonard, M., de la Teja, I., Dessaint, M.-P. et Basque, J.** (2011). Méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage MISA 4.1 : Présentation de la méthode (pp. 74): Centre de recherche LICEF.
- Perron, Y.** (2012). *Vocabulaire du jeu vidéo* : Office québécois de la langue française.
- Peters, V. et Vissers, G.** (2004). A simple classification model for debriefing simulation games. *Simulation & Gaming*, 35(1), 70-84.
- Petranek, C. F., Corey, S. et Black, R.** (1992). Three Levels of Learning in Simulations : Participating, Debriefing, and Journal Writing. *Simulation & Gaming*, 23(2), 174-185.
- Prensky, M.** (2001). *Digital game-based learning* : McGraw-Hill: New York.
- Prensky, M.** (2002). The Motivation of Gameplay or, the REAL 21st century learning revolution. *On The Horizon*, 10(1).
- Prensky, M.** (2005a). Computer games and learning: Digital game-based learning. *Handbook of computer game studies*, 18, 97-122.
- Prensky, M.** (2005b). Listen to the natives. *Educational leadership*, 63(4).

- Rapeepisarn, K., Wong, K. W., Fung, C. C. et Khine, M. S.** (2008). The relationship between game genres, learning techniques and learning styles in educational computer games *Technologies for E-Learning and Digital Entertainment* (pp. 497-508): Springer.
- Rollings, A. et Morris, D.** (2003). *Game Architecture and Design: A New Edition* : New Riders Games.
- Salen, K.** (2011). *Quest to learn: Developing the school for digital kids* : MIT Press.
- Salen, K. et Zimmerman, E.** (2004). *Rules of play: Game design fundamentals* : MIT press.
- Saliba, G. A.** (1973). The Meaning of al-jabr wa'l-muqabalah *Centaurus*, 17(3), 189-204.
- Saroya, S.** (2016). An Introduction to Game Life Cycle. Gamasutra. Repéré le June 9, 2016, à http://www.gamasutra.com/blogs/SalmanSaroya/20160223/266402/An_Introduction_to_Game_Life_Cycle.php
- Sawyer, B.** (2007). Ten Myths About Serious Games. The Escapist. Repéré le 7 juillet, 2016, à http://www.escapistmagazine.com/articles/view/video-games/issues/issue_121/2575-Ten-Myths-About-Serious-Games
- Schell, J.** (2008). *The Art of Game Design*. Burlington, MA, USA: Morgan Kaufmann.
- Steinwachs, B.** (1992). How to Facilitate a Debriefing. *Simulation & Gaming*, 23(2), 186-195. doi: 10.1177/1046878192232006
- Stolovitch, H. D. et Thiagarajan, S.** (1980). *Frame games* (Vol. 24): Educational Technology.
- Sutter Widmer, D.** (2010). *Se plonger dans un jeu pour mieux apprendre? Théorie, conception et expérimentation autour des jeux vidéo pédagogiques*. (Master), University of Geneva.
- Suttie, N., Louchart, S., Lim, T., Macvean, A., Westera, W., Brown, D. et Djaouti, D.** (2012). Introducing the “Serious Games Mechanics” A Theoretical Framework to Analyse Relationships Between “Game” and “Pedagogical Aspects” of Serious Games. *Procedia Computer Science*, 15, 314-315.
- Szilas, N. et Sutter Widmer, D. J.** (2009). *Mieux comprendre la notion d'intégration entre apprentissage et jeu*. Communication présentée à la Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'09), Le Mans, France.

van Staalduinen, J.-P. (2012). *Gamers on Games and Gaming: Implications for Educational Game Design*. (PhD), Delft University of Technology, Pays-Bas.

van Staalduinen, J.-P. et de Freitas, S. (2011). A Game-Based Learning Framework: Linking Game Design and Learning *Learning to play: exploring the future of education with video games*. New-York: Springer.

Villiot-Leclercq, E. (2007). *Modèle de soutien à l'élaboration et à la réutilisation de scénarios pédagogiques*. (PhD), Université Joseph-Fourier, Grenoble I.

Winn, B. (2008). The design, play, and experience framework. *Handbook of research on effective electronic gaming in education*, 3, 1010-1024.

Wittgenstein, L. (1953). *Philosophical investigations* London, Basic Blackw.

Zyda, M. (2005). From Visual Simulation to Virtual Reality to Games. *IEEE Computer Society*.

Annexe A

Modèle synthèse de haut niveau (*High Concept Document*)

<p>Nom du jeu</p> <p><i>Tagline</i></p>	<p>Public cible :</p> <p>Type de joueur :</p> <p>Plateformes cibles :</p> <p>Genre:</p> <p>Nombre de joueurs :</p> <p>Date de sortie prévue:</p>
--	--

Déclaration de haut niveau

Deux à trois paragraphes résumant le jeu. Devraient répondre à :

- Que fait le joueur ? (interactions) ;
- Pourquoi il le fait ? (motivation du joueur) ;
- Où il le fait ? (décor, récit, narration) ;
- Quelles sont les contraintes ? (mécaniques) ;
- Quels types d'émotion seront générés ?
- En quoi le jeu est unique ? Ses différences avec la compétition ?

Ensemble de fonctionnalités

Liste succincte des principales fonctionnalités du jeu qui seront détaillées plus tard.

Rôles de l'équipe

Définition des rôles de chacun des membres de l'équipe.

Rôle	Responsabilité

Inspiration/Compétition

Les jeux qui ont inspiré la conception du présent jeu. Les éléments qu'ils ont en commun et les éléments qui les différencient.

Gestion de l'étendue du jeu

Ce qui est incluse et exclu du projet. Les fonctionnalités à élaborer prioritairement (lumière verte, jaune et rouge). Ligne de temps préliminaire incluant des tâches et des jalons.

Itération	Portée	Échéancier
1		
2		
3		

Itération	Jalon	Livrable	Échéancier
1	1		
	2		
	3		
2	1		
	2		
	3		

Annexe B

Modèle document de conception (*Game Design Document*)

Le document de conception est le plan à partir duquel le jeu sera réalisé. Conséquemment, il doit impérativement contenir tous les détails nécessaires pour produire le jeu.

Ces titres de section sont proposés à titre indicatif un peu comme un pense-bête. Libre à vous d'ajouter, de supprimer ou de modifier les éléments de ce modèle afin de l'adapter à votre contexte.

1. Page titre

- 1.1. Nom du jeu**
- 1.2. Phrase clé (*tagline*)**
- 1.3. Équipe**
- 1.4. Date de la dernière mise à jour**

2. Aperçu

- 2.1. Concept du jeu**
- 2.2. Public cible**
- 2.3. Genre (s)**
- 2.4. Objectifs du jeu (objectifs pédagogiques)**
- 2.5. Utilisation prévue (en classe, entraînement, etc.)**
- 2.6. Sommaire de la progression du jeu**
- 2.7. Aspect et sensation (graphique, visuel, sonore)**

3. Mécaniques et *Gameplay*

- 3.1. *Gameplay***
 - 3.1.1. Objectifs du jeu**

- 3.1.2. Progression
- 3.1.3. Structure des défis
- 3.1.4. Structure des énigmes
- 3.2. Mécaniques
 - 3.2.1. Règles
 - 3.2.2. Modèle de l'univers du jeu
 - 3.2.3. Physiques
 - 3.2.4. Ressources
 - 3.2.5. Déplacements des personnages
 - 3.2.6. Objets
 - 3.2.7. Actions
 - 3.2.8. Déroulement des écrans
- 3.3. Options
 - 3.3.1. Reprises et sauvegardes
 - 3.3.2. *Cheats and Easter Eggs*
- 4. Récit, décor et personnages
 - 4.1. Récit et narration
 - 4.1.1. Scénario
 - 4.1.2. Éléments de l'intrigue
 - 4.1.3. Progression du récit dans le jeu
 - 4.1.4. *Cut scenes*
 - 4.2. Monde du jeu
 - 4.2.1. Aspect et sensation
 - 4.2.2. Zones
 - 4.2.2.1. Description générale et caractéristiques physiques
 - 4.2.2.2. Relations avec le monde du jeu
 - 4.3. Personnages (pour chacun des personnages)
 - 4.3.1. Antécédents (*backstory*)
 - 4.3.2. Personnalité

4.3.3. Apparence**4.3.4. Animations****4.3.5. Compétences****4.3.6. Pertinence dans le récit****4.3.7. Relations avec les autres personnages****5. Niveaux****5.1. Niveaux****5.1.1. Description générale du niveau et de son utilisation.****5.1.2. Pour chaque niveau****5.1.2.1. Sommaire****5.1.2.2. Matériels d'introduction requis (comment l'obtenir)****5.1.2.3. Objectifs****5.1.2.4. Détails de ce qui se produit dans le niveau****5.1.2.4.1. Carte****5.1.2.4.2. Trajet critique à suivre****5.1.2.4.3. Rencontres fortuites****5.1.3. Niveau d'entraînement****5.1.4. Évaluation****6. Interface****6.1. Système visuel****6.1.1. Affichage en tête haute - HUD (*Head up display*)****6.1.2. Menus****6.1.3. Modèle de camera****6.2. Système de contrôle****6.3. Audio, music, effets sonores****6.4. Art graphique****6.5. Système d'aide****7. Intelligence artificielle****7.1. Ennemi ou adversaire**

7.2. Personnage non-joueur ou amical

7.3. Soutien de l'IA - Détection, collision, chemin

8. Technique

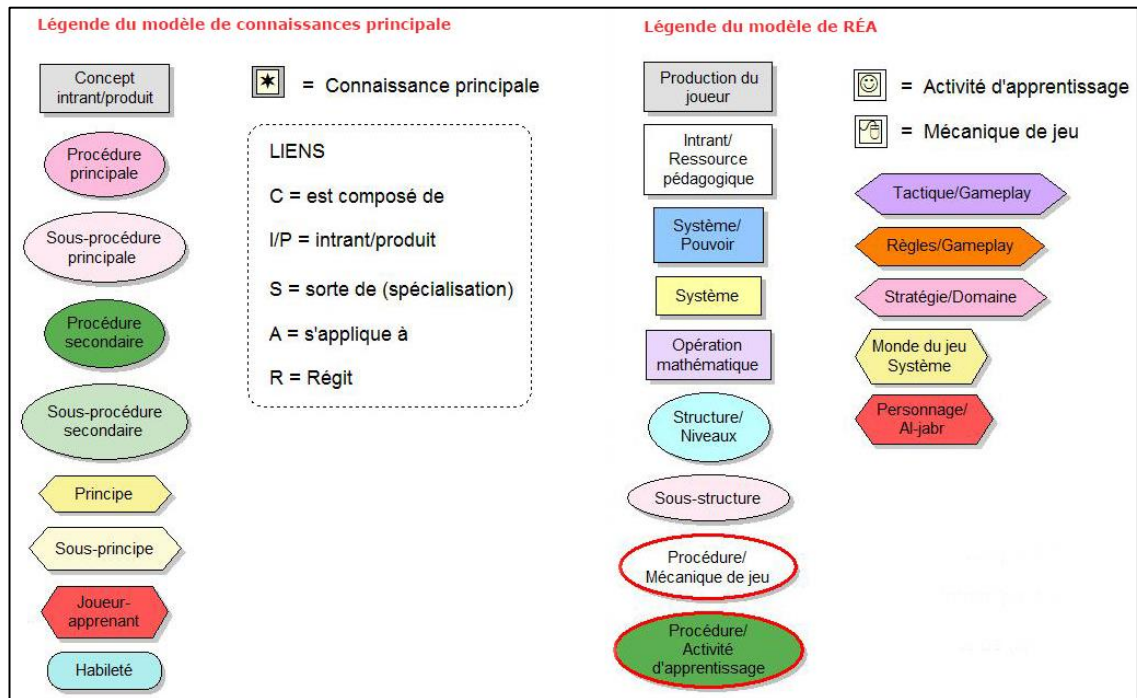
8.1. Plateforme cible

8.2. Infrastructure de développement

8.3. Exigence de réseau

Annexe C

Figure 15 : Légende du modèle de connaissances principale et du RÉA



Annexe D

Figure 16 : Sous-modèle de connaissances, addition et soustraction des EA

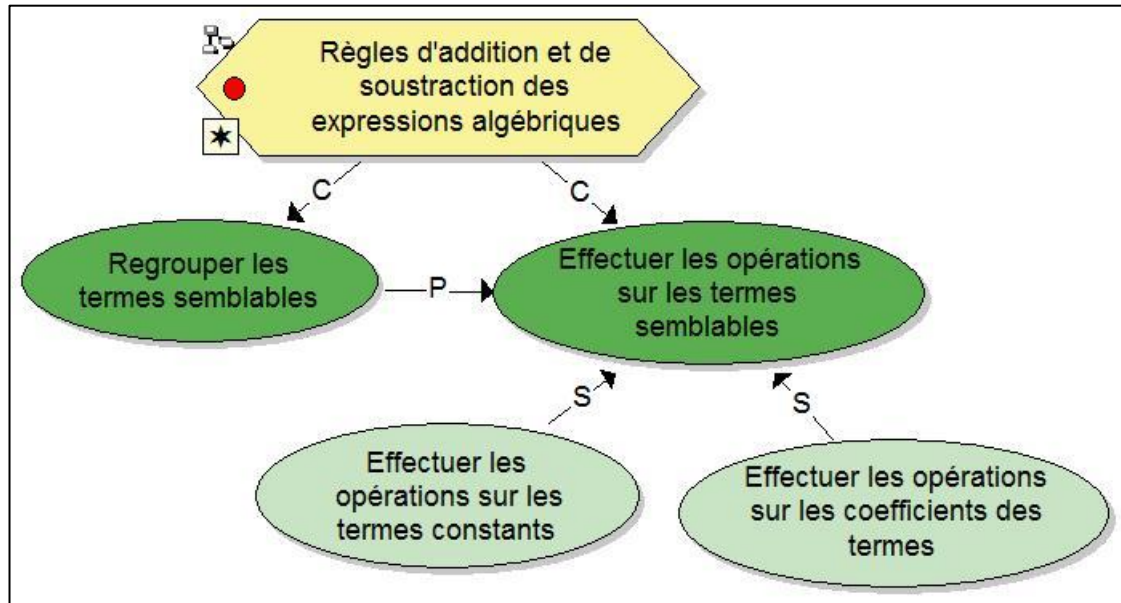
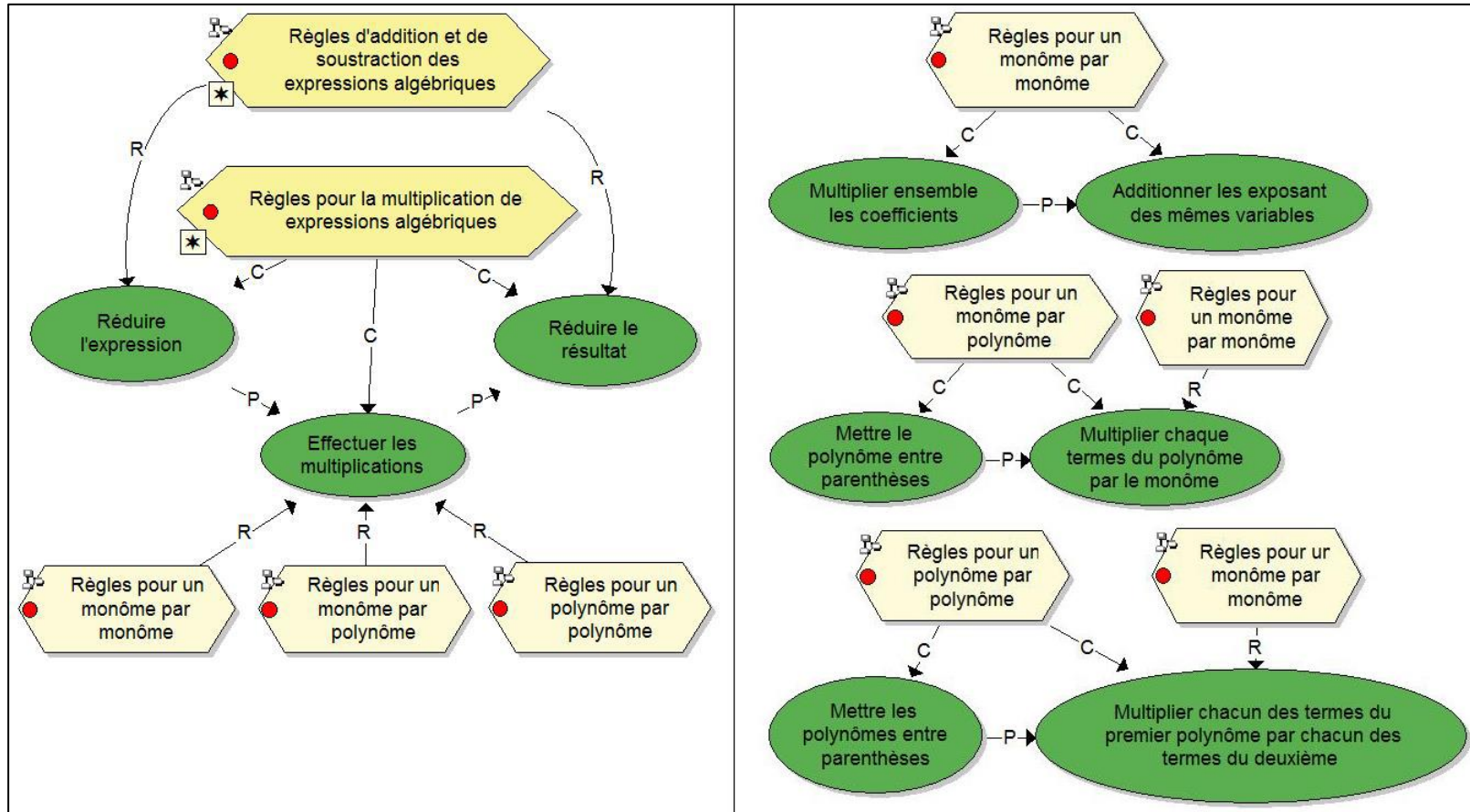


Figure 17 : Sous-modèle de connaissances, multiplication des EA



Annexe E

Synthèse de haut niveau (*High Concept Document*)

<p><i>Al-jabr</i></p> <p>Jeu destiné à la révision des opérations mathématiques sur des expressions algébriques</p>	<p>Public cible : 12-14 ans</p> <p>Type de joueur : Apprenant</p> <p>Plateformes cibles : Web, PC Windows</p> <p>Genre: Jeu de plateforme, aventure</p> <p>Nombre de joueurs : 1</p> <p>Date de sortie prévue: 18 Sept. 2016</p>
--	--

Déclaration de haut niveau

Al-jabr, du nom du personnage principal, est un jeu d'aventure de type plateforme 3D unique qui se déroule dans un environnement inspiré de la Perse. Dans ce jeu, Al-jabr doit parcourir les dix niveaux pour réussir à sauver son amoureuse, Muqabalah.

Al-jabr est un jeu destiné aux apprentissages. Son objectif pédagogique est d'aider à la révision des opérations mathématiques sur des expressions algébriques. Le joueur-apprenant (JA) aura à parcourir le monde de chaque niveau pour collecter les termes

algébriques, former des expressions algébriques et effectuer des opérations mathématiques.

Dans chacun des niveaux, le JA doit effectuer entre deux et quatre opérations pour obtenir les trois clés nécessaires pour débloquent la porte-mystère et accéder au niveau suivant. Les opérations d'addition, de soustraction et de multiplication produiront des pouvoirs pour aider le personnage du jeu à progresser dans son parcours.

Note à propos des noms arabes du jeu :

L'étymologie du mot « algèbre » vient du latin *algebra* dérivé de l'arabe *al-jabr*. Dans un article publié dans les années 1970, George Saliba (1973) explore ce sujet en lien avec un traité portant le titre d'*al-kitāb al-mukhtasar fi hisāb al-jabr wa'l muqābalah* (*The compendious Book on Calculation by Completion and Balancing*) publié vers 830 par Khwārizmī, un mathématicien d'origine persane. L'expression *al-jabr* est restée, mais le mot *muqābalah* a été délaissé, d'où le lien avec le nom et la disparition de l'amoureuse d'Al-jabr.

Ensemble de fonctionnalités

Les principales fonctionnalités du jeu *Al-jabr* sont :

1. Collecter des termes algébriques ;

- a. Termes complexes = plus avantageux,
- b. Banque de termes ;

2. Former des polynômes ;

- a. Dans le portail « Poly Gen »,
- b. Nombre de termes élevé = plus avantageux,
- c. Banque de polynômes ;

3. Effectuer des opérations mathématiques ;

- a. Dans le portail « Calculus »,
- b. Donne des clés pour la porte-mystère,
- c. Addition = augmente le poids d'Al-jabr pour l'aider à briser des obstacles ou détruire un ennemi,
- d. Soustraction = diminue le poids d'Al-jabr pour l'aider à voler et à traverser certains obstacles,
- e. Multiplication = augmente la force d'Al-jabr pour l'aider à déplacer des objets ;

4. Porte-mystère entre chaque niveau ;

- a. Nécessite trois clés,
- b. Protégée par le maître des portes.

Rôles de l'équipe

Ressource	Rôle
Chef de projet/ Concepteur	Responsable de la gestion du projet et de la conception du jeu. Cette personne doit posséder de bonnes notions sur le contenu du domaine et de bonnes notions sur la conception d'un jeu vidéo.
Concepteur de niveaux	Responsable de la conception des niveaux du jeu. Applique les règles définies par le concepteur dans les différents niveaux du jeu
Artiste graphique	Créer les éléments graphiques du jeu.
Artiste son	Créer les éléments sonores du jeu.
Programmeurs	Traduire en code l'ensemble des spécifications du jeu.
Experts de contenu	Responsable du contenu pédagogique

Inspiration

Jeux vidéo qui ont inspirés ce jeu en lien avec le domaine de connaissance choisie.

- [DragonBox](#)
- [Twelve a Dozen](#)
- [Slice Fraction](#)

Gestion de l'étendue du jeu

Fonctionnalités essentielles (lumière verte)

1. Mécaniques de jeu principales ;
 - a. Collecter des termes,
 - b. Former des polynômes,
 - c. Additionner et soustraire des polynômes.

Fonctionnalités secondaires (lumière jaune)

1. Mécanique de jeu principale ;
 - a. Multiplier des polynômes.

Fonctionnalités rêvées (lumière rouge)

1. Génération aléatoire de termes algébriques ;
2. Graphisme et esthétique en lien avec la Perse.

Itération	Portée	Échéancier
1	Niveaux 1,2 et 3; écrans et menus	11 Septembre 2016
2	Niveaux 4, 5 et 6	9 octobre 2016
3	Niveaux 7, 8, 9 et 10	6 novembre 2016

Jalon/Première itération	Livrable	Échéancier
1 : Idée du jeu	Présentation du document de haut niveau	1 août 2016
2 : Premier prototype	Premier prototype, plan et rapport d'étape	8 août 2016
3 : Test du jeu	Première version jouable du jeu	14 août 2016
4 : Version alpha	Version alpha et rapport d'étape	22 août 2016
5 : Version bêta	Version bêta et test sur la version bêta	4 septembre 2016
6 : Mise en marché	Le jeu est prêt !	11 septembre 2016