



HAL
open science

Modèles de conception des jeux sérieux pour la formation professionnelle : application aux contextes de l'Usine 4.0 et du domaine médical

Hamza Abed

► To cite this version:

Hamza Abed. Modèles de conception des jeux sérieux pour la formation professionnelle : application aux contextes de l'Usine 4.0 et du domaine médical. Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. Sorbonne Université, 2019. Français. NNT : 2019SORUS014 . tel-02935887

HAL Id: tel-02935887

<https://theses.hal.science/tel-02935887>

Submitted on 10 Sep 2020

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

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

Thèse de doctorat

Pour obtenir le grade de Docteur de

SORBONNE UNIVERSITÉ, FACULTÉ DES SCIENCES ET INGÉNIERIE

École doctorale Informatique, Télécommunications et Électronique (Paris)

UMR 7606 Laboratoire d'Informatique de Paris 6, Équipe Modèle et Outils en Ingénierie des
Connaissances pour l'Apprentissage Humain (MOCAH)

Modèles de conception des jeux sérieux pour la formation professionnelle

Application aux contextes de l'Usine 4.0 et du domaine médical

Spécialité : **Informatique**

Par **Hamza ABED**

Dirigée par **Thibault CARRON** et encadrée par **Philippe Pernelle & Chokri Ben Amar**

Présentée et soutenue le 09/10/2019

JURY

Jean-Pierre JESSEL. Professeur. Université de Toulouse - Paul Sabatier, Rapporteur.

Dominique GROUX-LECLET. Maître de Conférences, HDR, Université de Picardie - Jules Verne, Rapporteur.

Chokri BEN AMAR. Professeur. Université de Sfax, Co-Encadrant.

Jean-Marc LABAT. Professeur. Sorbonne Université, Université Paris VI - Pierre et Marie Curie, Examineur.

Thibault CARRON. Maître de Conférences, HDR. Sorbonne Université, Université Paris VI - Pierre et Marie Curie, Directeur de thèse.

Philippe PERNELLE. Maître de Conférences, Université de Lyon, AIP Primeca, Co-Encadrant.

Remerciements

Ce travail a été réalisé en grande partie au sein de l'AIP Priméca de Lyon. Je tiens tout d'abord à remercier Philippe Pernelle pour m'avoir accueilli au sein de l'AIP et d'avoir participé activement à la direction de mes travaux de thèse. Je tiens aussi à le remercier pour sa patience, sa confiance, ses remarques et ses conseils. Je voudrais remercier du fond du cœur mon directeur de thèse Thibault Carron pour sa disponibilité, son aide précieuse qu'il m'apporté tout au long de ce travail. Je tiens aussi à le remercier pour sa gentillesse et pour sa patience. J'adresse aussi mes sincères remerciements à Chokri Ben Amar pour sa bienveillance, ses conseils et ses remarques.

Enfin, mes pensées vont à toute ma famille et mes amis pour leurs encouragements et leur soutien durant toutes ces années de recherche. Je remercie particulièrement ma femme Ghada pour son soutien et son amour durant ces années de thèse. Merci à mes amies Sahar, Wiem et Nada avec qui j'ai commencé cette aventure, et avec qui j'ai passé de nombreuses heures aux laboratoires AIP-Priméca et REGIM à développer, tester et discuter au tour des jeux sérieux et du E-Learning. Mais surtout, je tiens à remercier infiniment ma mère, mon père et ma soeur pour leur support, leurs encouragements et leur affection continue durant mes très nombreuses années d'études supérieures et je leur dédie tout le travail de cette thèse. Sans vous ce travail n'aurait jamais vu le jour...

Résumé

Avec la révolution numérique de nos jours, l'usine et l'entreprise en général sont confrontées au besoin d'employer des moyens innovants pour former les nouveaux employés issus des générations Y et Z immergées dans les nouvelles technologies.

Le travail présenté dans cette thèse porte sur la ludification des formations de façon adaptée à l'usine numérique et à la nouvelle génération d'apprenants.

Ayant réalisé des expériences auprès de collaborateurs issus du monde industriel, nous avons identifié plusieurs verrous spécifiques à la formation professionnelle comme le besoin d'intégrer des innovations dans la formation, le besoin d'une formation évolutive ou encore la difficulté de transformer une formation existante en une formation ludique. Ainsi, à l'issue de l'état de l'art sur des outils, des méthodes et des méthodologies de création de jeux sérieux, nous avons constaté qu'aucune des solutions existantes ne prend réellement en compte les verrous constatés. Cela nous a mené à proposer une approche duale de ludification d'un module de formation, basée sur un modèle de ressources multifacettes (RMF) et un processus de construction itératif léger (LGA).

Notre approche vise à aider le formateur à définir progressivement le scénario de jeu adapté au contenu de sa formation. Le concept de RMF permet de caractériser une ressource importante du module sans décrire précisément le scénario d'usage.

Mots clef : Jeux sérieux, modèle de conception de jeu sérieux, approche centrée ressource.

Table des matières

Résumé	i
I Introduction : contexte et enjeux	1
I.1 Contexte des travaux	2
I.2 Nouvelle génération d'apprenants	2
I.3 Contexte en lien avec la formation professionnelle	4
I.3.1 Contexte industriel	5
I.3.2 Contexte de la santé	6
I.4 Problématique scientifique	7
II État de l'art	11
II.1 Notion de jeux sérieux	12
II.2 Approches, méthodes et outils pour la conception des Jeux Sérieux	16
II.2.1 E-Learning : Outils de formation numérique	16
II.2.2 Approches issues des standards du e-learning	16
II.2.2.1 LOM : Learning Object Metadata	17
II.2.2.2 SCORM : Sharable Content Object Reference Model	19
II.2.2.3 Approches centrées "activités pédagogiques"	21
II.2.3 Extensions des standards vers les Serious Games	25
II.2.3.1 De SCORM à xAPI	27
II.2.4 Modèles et langages spécifiques	28
II.2.4.1 Langage graphique de modélisation pédagogique : BPMN	28
II.2.4.2 Cadre conceptuel de Schell	29
II.2.4.3 Méthode d'ingénierie des Systèmes d'Apprentissage : MISA	30
II.2.4.4 MoPPLiq : Modélisation des Parcours PédagoLudiques	32
II.2.4.5 Serious Game Conceptual Framework	33
II.2.4.6 Gamified Policy Specification Language (GPSL).	34
II.2.5 Plates-formes et outils de création de jeux sérieux	35
II.2.5.1 LEGADEE : LEarning GAME DEsign Environment	35
II.2.5.2 ReCourse editor	36
II.2.5.3 CompendiumLD : un outil de conception pédagogique	37
II.2.5.4 StoryTec	38
II.2.5.5 ITyStudio	39
II.2.5.6 EDoS	40

II.2.5.7	E-ADVENTURE	40
II.3	Conclusion	43
III	Proposition d'une démarche duale pour la ludification : modélisation centrée sur les ressources et cadre de formalisation scénaristique	45
III.1	Introduction	46
III.2	Concept de Ressource Multi-Facettes	48
III.2.1	Modèle structurel - RMF	48
III.2.2	Modèle d'usage - RMF	52
III.2.3	Modèle de configuration	54
III.2.4	Tentative d'abstraction vers un méta-modèle	57
III.3	Approche méthodologique de ludification : LGA	58
III.3.1	Les acteurs de la LGA	59
III.3.2	Les tâches d'initialisation de la LGA	59
III.3.3	Les parcours pédagogiques de la LGA	61
III.3.4	Les activités ludiques de la LGA	64
III.4	Conclusion	68
IV	Implémentation d'un environnement de déploiement de jeux sérieux	71
IV.1	Contexte	72
IV.2	Learning Adventure : une plate-forme générique de jeux sérieux	72
IV.2.1	Evolution de la plate-forme LA	73
IV.2.1.1	De JMonkey à Unity3D	73
IV.2.1.2	Architecture de LA5	74
IV.2.1.3	Architecture de déploiement	76
IV.2.2	Orchestration autour d'un jeu sérieux	77
IV.3	Utilisation concrète des modèles RMF dans LA5	79
IV.3.1	Création de scénario pour LA5	81
IV.4	Conclusion	82
V	Expérimentations et validation	83
V.1	Contexte des expérimentations	84
V.2	Expérimentations en formation professionnelle	85
V.2.1	Expérimentation dans une entreprise de sidérurgie	85
V.2.2	Expérimentations avec une structure hospitalière - CPias	89
V.3	Expérimentations en formation initiale	92
V.3.1	Scénario sur les objets connectés	92
V.3.1.1	Acceptabilité du système	93
V.3.1.2	Éléments relatifs au point de vue pédagogique	93
V.3.2	Scénario sur la mesure physique	94
V.3.3	Scénario sur l'asservissement	96
V.3.4	Scénario sur la robotique mobile	98
V.4	Retours sur le cadre méthodologique et résultats	100
V.4.1	Mise en œuvre de LGA	100
V.4.1.1	Tâche d'initialisation du processus de ludification	101
V.4.1.2	Processus de construction des parcours initiaux	101
V.4.1.3	Processus de construction des activités innovantes	104

V.4.2 Synthèse - Discussion	106
VI Conclusion et perspectives	109
VI.1 Conclusion générale	110
VI.2 Perspectives	112
Annexes	113
Bibliographie	153

Liste des figures

2.1	Synthèse des classifications des jeux [Mariais, 2012]	12
2.2	Du jeu au jeu sérieux [Zyda, 2005]	15
2.3	Les caractéristiques de l'apprentissage par le jeu [Marfisi-Schottman, 2012]	15
2.4	Caption for LOF	18
2.5	Le modèle d'agrégation de SCORM [Pernin, 2004]	20
2.6	SCORM, l'environnement d'exécution [Pernin, 2004]	20
2.7	Modèle conceptuel d'IMS-LD - version française [Lejeune, 2004]	23
2.8	Une représentation UML simplifiée du méta-modèle LDL [Martel et al., 2005]	25
2.9	Simple illustration d'un processus d'expédition des commandes avec bpmn 2.0 [OMG, 2012]	29
2.10	Axe principal du cadre de conception de Schell [Schell, 2008] autour duquel s'articulent ses lenses.	30
2.11	Documents standard proposés pour chaque phase de conception de MISA issue de [Paquette et al., 1997]	31
2.12	Les 6 facettes de la conception des jeux sérieux et les experts de chacune d'elles [Marne, 2014]	32
2.13	Diagramme structurel du Serious Game Conceptual Framework [Yusoff et al., 2009]	34
2.14	Vision globale de la méthodologie de création d'un Learning Game, figure issue de la thèse de [Marfisi-Schottman, 2012].	35
2.15	Détail de la méthodologie pour la phase de conception de Learning Game, figure issue de la thèse de [Marfisi-Schottman, 2012].	36
2.16	Interface de Recourse [Griffiths et al., 2009]	37
2.17	Interface de CompendiumLD [Brasher et al., 2008]	38
2.18	L'interface utilisateur de StoryTec.	39
2.19	ItyStudio : plate-forme de création de jeux sérieux	40
2.20	e-Adventure éditeur de niveaux (gauche) et de règles (droite) [Djaouti, 2011].	41
2.21	Copie d'écran du jeu HCT créé sur e-Adventure [Torrente et al., 2014].	42
3.1	Modèle structurel d'une RMF	49
3.2	Extrait d'une RMF dans un format JSON	51
3.3	Extrait d'une RMF dans un format JSON (capteur de température)	52
3.4	Structure d'une Ressource Multi-Facettes (RMF)	53
3.5	Modèle de configuration d'une Ressource Multi-Facettes (RMF)	54
3.6	Application des règles d'évaluation	55

3.7	Exemple de configuration d'une règle	56
3.8	Meta-model of Multi-Facet Resource (MFR)	57
3.9	Démarche méthodologique globale de gamification	59
3.10	Cas d'usage des deux principaux acteurs de la LGA	60
3.11	Processus "développement des parcours d'apprentissage"	61
3.12	Exemple d'activités au sein d'un LMS	61
3.13	Exemple d'un parcours pédagogique au sein d'un LMS	62
3.14	Processus "développement des activités innovantes"	63
3.15	Cartes 3D : île et cité futuriste	65
3.16	Cartes 3D : site industriel et service hospitalier	66
3.17	Processus de création des RMF	67
3.18	L'approche RMF/Scénario LGA	68
4.1	Editeur graphique de Unity3D	73
4.2	Diagramme de packages de LA5	74
4.3	Diagramme de packages de LACore	74
4.4	Diagramme de packages de LACore/Scenes	75
4.5	Diagramme de classe associé à la scène de connexion	75
4.6	Architecture de déploiement - LA5	76
4.7	Une table tactile liée à l'environnement Learning Adventure (échange de données)	78
4.8	Assemblage d'un contrôleur (électronique), programmation du comportement (informatique) et phase de tests et débogage.	78
4.9	Configuration d'un capteur GPS avec un écran LCD alimenté par une pile 9V et utilisé pour résoudre une quête du jeu.	79
4.10	Objectif et liste de tâches	80
4.11	Interface d'administration de LA5	81
4.12	Interface d'administration de LA5	82
5.1	Site modélisé pour le scénario industriel	86
5.2	Illustration de l'expérimentation du module "Pontier"	86
5.3	Utilisation de RMF - Détection d'une zone	87
5.4	Utilisation d'une RMF - Test de connaissances	88
5.5	Utilisation d'une RMF - Gestes de commandement avec un PNJ.	88
5.6	Utilisation d'une RMF - Contrôle du pont avec un casque Oculus Rift.	88
5.7	Site modélisé pour le scénario CPIAS	89
5.8	Utilisation d'une RMF - Guéridon médical	90
5.9	Utilisation d'une RMF - Équipements de Protection Individuels	90
5.10	Utilisation d'une RMF - Hygiène des mains	91
5.11	Expérimentation en Institut de Formation en Soins Infirmiers (IFSI)	91
5.12	Expérimentation IUT Lyon 1 - module "Mesures Physiques"	95
5.13	Objets réels accessibles à distance	95
5.14	Base utilisée pour le scénario fondé sur l'univers "STARWARS"	96
5.15	Île utilisée pour le scénario basé sur l'univers de la série "LOST"	97
5.16	Activités en réalité mixte avec des robots mobiles	98
5.17	Des étudiants jouent à LearningAdventure	99
5.18	Des activités de collaboration sur une table tactile	99

5.19 Utilisation du robot MBot pour du suivi de ligne	100
5.20 Parcours du module asservissement IUT Lyon1 (partie 1)	102
5.21 Parcours du module asservissement IUT Lyon 1 (partie 2)	103
5.22 Parcours du module asservissement IUT Lyon 1 (partie 3)	103
5.23 Environnement de jeu sérieux comme cadre structurant d'une session d'apprentissage	107

Liste des tableaux

1.1	Spécificités liées au groupe générationnel et conséquences sur les attentes d'apprentissage	4
2.1	Tableau de synthèse des améliorations apportées par les versions de SCORM	21
2.2	Comparaison des extensions [Aouadi et al., 2016]	26
2.3	Tableau de synthèse des améliorations apportées par xAPI ¹	27
3.1	Exemples de contraintes contextuelles sur le module pédagogique	60
5.1	Liste des modules de formation ludifiés	85
5.2	Exemple de composition des facettes des RFM "Pontier"	87
5.3	MFR et facettes	98
5.4	Outils et équipements utilisés pour les expérimentations	102
5.5	Caractéristiques oniriques/réalistes des scénarios ludiques	105

Chapitre I

Introduction : contexte et enjeux

I.1 Contexte des travaux

Cette thèse a été réalisée dans le cadre d'un projet de l'AIP Primeca RAO, autour de la création d'un environnement de jeux sérieux générique pour la formation continue. L'application a été faite en contexte professionnel en partenariat avec un industriel et une structure hospitalière. Les travaux de recherche ont été menés dans le cadre d'une collaboration en co-tutelle entre le laboratoire LIP6 (Paris, France) et le laboratoire REGIM (Sfax, Tunisie). Ainsi, l'objectif général de ces travaux était de proposer une approche de modélisation permettant de faciliter la conception de scénarios de jeux sérieux dans un contexte de formation continue ou de formation tout au long de la vie. Comme nous le montrerons au long du document, ce travail a donc donné lieu à une proposition d'approche de modélisation validée par des expérimentations avec les partenaires industriels et hospitaliers. Ces travaux ont donné lieu à différentes publications.

Ce document de thèse est organisé en quatre parties. La première partie de ce manuscrit (cf. chapitre II) présente une synthèse de l'état de l'art lié au contexte des GBL (Game Based Learning). La deuxième partie (cf. chapitre III) décrit la démarche de modélisation proposée. La troisième partie (cf. chapitre IV) décrit la refonte d'un environnement de création de jeux sérieux et l'implémentation de ce modèle à l'intérieur de celui-ci. Enfin, la quatrième partie (cf. chapitre V) illustre la validation de la méthode proposée en s'appuyant sur des expérimentations avec des partenaires. Dans les sections suivantes, nous introduisons le contexte de nos travaux ainsi que la principale problématique scientifique que nous avons choisie de traiter.

I.2 Nouvelle génération d'apprenants

Force est de constater que les générations d'apprenants se succèdent, de plus en plus façonnés par les avancées technologiques. Ainsi, après la génération Y [Reilly, 2012] qui a la particularité de s'isoler même dans le travail avec des écouteurs, d'où le nom Y (la forme du fil), les sociologues ont identifié la nouvelle génération : la génération Z ou la génération alpha ou encore la génération "C", terme le plus explicite pour Communication, Collaboration, Connectivité et Créativité [McCrindle, 2013]. Aujourd'hui, les étudiants ou jeunes travailleurs actuels [Palley, 2012] appartiennent à ces deux générations dont les particularités ont été identifiées [Miller, 2012] : ils ont grandi avec l'ordinateur et Internet ; ils sont immergés dans les nouvelles technologies. Ils sont à l'affût des innovations et recherchent principalement l'épanouissement personnel. En outre, ils sont habitués à obtenir rapidement des informations, des réponses ou des résultats, et ils montrent donc une certaine impatience. Ils sont aussi habitués au « turn-over » (changent fréquemment d'entreprises) et se montrent peu sensibles à la divulgation de leur "vie privée" en mettant en ligne toutes sortes d'informations ou de photos personnelles.

Naturellement, ces changements affectent leur comportement en tant qu'apprenant. Parmi les principales difficultés rencontrées et relevées par les formateurs, nous pouvons identifier :

- un apprentissage superficiel ou différé (dans le temps ou dans l'espace),
- un faible intérêt pour les aspects théoriques,

— une difficulté à être attentif dans un contexte "traditionnel" de transmission des savoirs.

Comme nous l'avons précisé dans le paragraphe précédent, les partenaires applicatifs de ce projet sont issus du secteur industriel et du secteur de la santé. Identifier leurs spécificités, déterminer la typologie des apprenants est une de leurs préoccupations. Ainsi, pour prendre un exemple concret, les responsables du site industriel de l'entreprise de sidérurgie partenaire ont constaté depuis plusieurs années, une baisse significative de l'attention des jeunes intérimaires recrutés lors des sessions de formation. De la même manière, les formatrices en hygiène dans le secteur médical, qui participent au projet, constatent un phénomène équivalent avec les jeunes infirmières/infirmiers. Ces générations suscitent des préoccupations et des réflexions, soit pour leur intégration dans une entreprise [Sheahan, 2005] soit pour leur gestion au sens "management" de ces profils [Cui et al., 2003].

Que faire quand les méthodes traditionnelles ne fonctionnent plus? Comment les intéresser? Comment les motiver? Et comment vérifier que leur acquisition de savoirs est durable et satisfaisante? Ce sont des défis importants qui sont encore à relever pour les acteurs de la formation initiale et de la formation continue. Schématiquement, on peut identifier chez les formateurs deux types d'approches : soit "ramener" les étudiants dans un fonctionnement classique de transmission du savoir, soit tenter d'exploiter les nouvelles capacités de ces générations émergentes et leur appétence pour les nouvelles technologies. La première approche se traduit parfois par des méthodes coercitives, consistant par exemple à interdire ou à bloquer les nouveaux moyens de communication (smartphone, ordinateur portable) et ce qu'ils apportent. La seconde approche implique de développer de nouvelles manières d'enseigner avec de nouveaux outils/technologies qui permettent de tirer parti de leurs capacités d'adaptation et d'usage d'outils innovants. En s'appuyant sur les spécificités générationnelles de ces étudiants, nous pouvons d'ores et déjà identifier des axes de travail afin de prendre en compte ces particularités dans l'étude et la création de sessions pédagogiques (voir tableau 1.1) :

Caractéristiques spécifiques du groupe générationnel	Conséquences et réponses possibles
Faible intérêt pour les aspects théoriques	Associer (plus) rapidement la théorie et l'expérience pratique, passer du virtuel au réel. " Apprentissage par la pratique ".
Passion pour l'innovation technique	Livrer les outils les plus récents et encore inutilisés (dans l'éducation).
Désintérêt / Désengagement	S'appuyer sur des domaines spécifiques pour lesquels ils ont naturellement une motivation et utiliser des moyens immersifs.
Poursuivre le développement personnel et essayer de se faire une place parmi les autres	Promouvoir l'utilisateur (approche par jeu de rôles et découverte de soi).

Goût pour la communication, l'échange d'informations	Renforcer les phases collaboratives, éviter l'isolement en apprentissage, permettre ou même baser la progression sur l'utilisation des outils de communication.
Créativité	Donner une part à l'improvisation et à la liberté quant à la manière dont les gens apprennent ou l'enseignement est réalisé
Capacité à agréger toutes les informations disponibles	Fournir un apprentissage qui intègre plusieurs domaines, mélanger les aspects techniques.

Tableau 1.1: Spécificités liées au groupe générationnel et conséquences sur les attentes d'apprentissage

A partir de cette liste (non exhaustive), de multiples pistes de mise en œuvre, basées sur les nouvelles technologies, peuvent être étudiées. Dans ces travaux de thèse, nous avons choisi de considérer principalement une approche basée sur les jeux sérieux, étant donné l'engouement des étudiants pour les jeux vidéo [Buckingham and Burn, 2007] [Galarneau and Zibit, 2007] [Hayes, 2008]. Ce moyen d'enseigner permet de répondre à un certain nombre de caractéristiques identifiées dans le tableau ci-dessus et donc mettre en œuvre une réponse possible. Dans le chapitre suivant (cf section II.1), nous détaillons la notion de jeu sérieux et les mécanismes de ludification d'une formation. Concernant les apprenants et le contexte spécifique lié à leur comportement, notre principale réponse consiste à utiliser l'approche à base de jeux sérieux mais nous souhaitons proposer aux formateurs une aide à la mise en place de telles formations. Notre axe de recherche se situe donc principalement sur la conception de scénarios pédagogique-ludiques pour les formateurs en formation continue et professionnelle. Aussi, les deux sections suivantes positionnent le contexte de ce travail plus spécifiquement avec la formation professionnelle.

1.3 Contexte en lien avec la formation professionnelle

Comme nous le montrerons dans l'état de l'art, les jeux sérieux peuvent être utilisés en formation continue et en formation initiale dans la mesure où ils couvrent de nombreux domaines d'application (sciences humaines, sciences de l'ingénieur, sciences de la vie, ...) [Alvarez and Djaouti, 2010] [Squire, 2003]. Dans le projet où s'inscrit cette thèse, nos travaux se positionnent principalement sur un usage en milieu professionnel, soit en formation (formation continue), soit en conduite de changement (évolution des pratiques en entreprise). Ce choix était de fait lié à la nature des partenaires du projet qui ont permis de bénéficier de deux domaines d'application concrets pour ces travaux.

La formation continue des salariés tout au long de leur activité professionnelle (approche dite formation "tout au long de la vie") est un enjeu important pour les entreprises pour plusieurs raisons. Tout d'abord, parce que des employés formés s'adaptent plus facilement et augmentent leur polyvalence au sein de l'entreprise. Pour les salariés, c'est aussi un des facteurs leur permettant d'améliorer leur employabilité. Par ailleurs, dans

les entreprises industrielles, l'évolution des technologies (procédés, produits, machines de production) nécessite la mise en œuvre de formations adaptées et attractives. Ainsi, même dans un contexte de formation professionnelle, la motivation demeure un véritable moteur pour l'apprentissage. Comme l'indique Sauvé [Sauvé et al., 2007], le jeu favorise l'apprentissage grâce à l'engagement personnel et aux émotions qu'il induit :

La motivation crée des conditions favorables à l'apprentissage en ayant un impact positif sur les apprentissages cognitif, affectif et psychomoteur (...), le jeu motive l'apprenant, structure et consolide les connaissances, favorise la résolution de problèmes et influence le changement des comportements et des attitudes des jeunes.

Pour autant, la formation professionnelle présente des contraintes spécifiques surtout dans le domaine industriel. Implicitement ces contraintes, que nous présentons dans le paragraphe suivant, impliquent une approche différente du processus de construction d'un scénario ludique. Ce constat s'est fait notamment grâce à la particularité du projet sur les aspects expérimentaux de validation. En effet, nous avons pu valider nos propositions dans deux contextes de formation continue totalement différents. Le premier contexte est un contexte purement industriel. Le second contexte est un contexte médical. Sans anticiper sur la présentation de notre approche et bien que ces deux domaines soient totalement différents, nous avons pu identifier des difficultés similaires dans la construction des scénarios ludiques. Il nous semble donc essentiel de présenter les contextes d'usage en formation professionnelle qui ont servi de validation à nos différentes propositions de modélisation.

I.3.1 Contexte industriel

Le secteur industriel est donc l'un des domaines de validation du projet. Comme beaucoup d'autres secteurs de l'économie, le secteur industriel est en pleine mutation. Ces mutations sont identifiées avec une terminologie "attractive" : Usine du futur, Industrie 4.0, cyber-usine ou usine connectée ; quelle que soit la manière de la nommer, cette mutation du secteur génère une révolution des processus industriels, basée sur les nouvelles technologies et l'innovation.

Ainsi, le concept d'« Industrie 4.0 » vient d'Allemagne. Il définit une nouvelle organisation des usines, également nommées "smart factories" ou usines intelligentes, afin de mieux servir ses clients, grâce à une flexibilité accrue de la production et l'optimisation des ressources. Ce concept est issu des axes stratégiques du gouvernement allemand [Sandler, 2013]. Dans son rapport de synthèse, le GIMELEC [WEB 2 Gimelec Consortium, 2013] identifie trois points clef de la démarche allemande.

1. L'usine devient numérique et flexible : elle se caractérise par une communication continue et instantanée entre les différents outils et postes de travail intégrés dans les chaînes de production et d'approvisionnement. L'utilisation de capteurs communicants apporte à l'outil de production une capacité d'auto-diagnostic et permet ainsi son contrôle à distance. La flexibilité de la production est accrue grâce à des systèmes de communication plus performants. Elle permet la personnalisation des produits (modification de ses caractéristiques) en fonction des demandes des clients, par exemple.

2. Des outils de simulation et de traitement de données puissants : le recueil des données produites par les différents éléments de la chaîne de production permet également de produire une réplique virtuelle de tout ou partie de cette chaîne afin de générer des simulations de procédés ou de tests, mais aussi de permettre aux futurs ouvriers et techniciens de se familiariser avec des outils de travail et des procédures complexes ou encore de faciliter les réparations et la maintenance pour des non-spécialistes.
3. Une usine économe en énergie et en matières premières : l'Industrie 4.0 économe en énergie et en ressources grâce à un réseau de communication et d'échanges instantanés et permanents avec une coordination des besoins et disponibilités.

Comme nous le constatons, la prédominance du numérique dans l'industrie, rend nécessaire l'adaptation des formations professionnelles à ce contexte. De plus, le développement des technologies de réalité virtuelle donne un avantage certain aux formations s'appuyant sur des ressorts ludiques et notamment basées sur les jeux vidéos.

Pourtant, la formation professionnelle n'est actuellement pas reconnue par les entreprises allemandes comme le premier enjeu de cette 4ème révolution industrielle ; elle arrive même à l'avant-dernière place dans le classement des principaux enjeux induits par Industrie 4.0. Cet apparent paradoxe s'explique moins par une sous-estimation du rôle que doit jouer la formation professionnelle dans la « révolution Industrie 4.0 » que par une relative confiance dans sa capacité d'évolution pour s'adapter aux besoins futurs.

Dans le concept de l'industrie 4.0, il y a également la volonté de virtualiser une future machine, un futur processus à concevoir [Vrignat et al., 2015]. La modélisation 3D, la simulation numérique, la réalité virtuelle apparaissent alors comme des bouleversements incontournables et définitifs [Duculty et al., 2011] qui laissent à penser que les jeux sérieux pourraient être un atout pour l'évolution de la formation.

I.3.2 Contexte de la santé

Le domaine de la santé est un des domaines où les jeux sérieux sont les plus utilisés. Ils servent pour la formation, l'aide à la prévention, la rééducation et le suivi des patients et on les trouve parfois en complément des grandes campagnes de communication de santé publique. Le domaine médical est un domaine où les évolutions thérapeutiques (et technologiques) sont constantes. La formation tout au long de la vie est pratiquée "naturellement" par les professionnels de santé.

Les jeux sérieux dans le domaine de la santé sont très développés dans les pays anglo-saxons. Citons "The Arnold and Blema Steinberg Medical Simulation Centre" [McGill, 2006] qui est une initiative d'une université canadienne et qui est entièrement dédié à la formation du personnel paramédical et médical par la simulation. Nous pouvons aussi citer par exemple, le "Laboratorium of Epidemiology" [Ney et al., 2010], utilisé pour former des étudiants dans les domaines médicaux et leur permettre de trouver des solutions pour éviter la propagation des infections nosocomiales dans les hôpitaux.

En France, cette technique n'est pas totalement nouvelle car de nombreux gestes sont tout d'abord réalisés sur bras artificiels ou mannequins de réanimation. Cependant, la simulation plus sophistiquée, c'est à dire comportant un scénario, une mise en situation et un debriefing complet (simulation dite "haute-fidélité", cf. chapitre suivant) était très peu développée jusqu'alors. En 2015, une société savante consacrée à la Simulation en

Santé, la SoFraSimS¹, a été créée. La Haute Autorité de Santé (HAS) préconise cette méthode d'apprentissage et a décrit les bonnes pratiques à suivre dans un rapport en 2012 [HAS, 2012].

Ils permettent la simulation du geste médical. Par exemple en chirurgie, ils peuvent stimuler l'activité physique et mentale des patients ; en kinésithérapie, ils permettent aux patients d'évaluer leur état de santé ou de comprendre leur plan de traitement. En outre, ils informent sur les comportements à adopter, par exemple quand un patient souffre d'une maladie chronique [Guo, 2016]. Enfin, il est à noter que les jeux sérieux sont également utilisés dans le cadre du rétablissement des patients [Wattanasoontorn et al., 2013].

Ainsi, le domaine de la santé est très réceptif aux approches de formation innovantes. C'est un point essentiel car cela nous a permis d'organiser une phase expérimentale de test avec des personnels de santé comme nous le verrons au chapitre 5.

I.4 Problématique scientifique

Cette thèse se positionne d'un point de vue global, dans le cadre des travaux du GBL (Game Based Learning). Avant de préciser le contexte scientifique, il nous semble pertinent de rappeler les questions fondamentales qui animent la communauté, aussi bien les chercheurs que les pédagogues. Comme le rappelle Sanchez [Sanchez et al., 2011], beaucoup de travaux sont articulés autour de deux questions fondamentales : la première question concerne l'articulation de la dimension ludique avec les préoccupations relatives à l'apprentissage. La seconde question sur l'évaluation de l'apprentissage et du suivi de l'apprenant avec ce type d'outils. Ces deux questions restent pleinement d'actualité mais il convient de les repositionner au regard de la formation professionnelle.

Ainsi, la question de fond qui est posée dans le cadre de ce travail est la suivante : Comment aider à la ludification [Mayer, 2009] d'un processus de formation continue en milieu professionnel ? (approche méthodologique ? modélisation des scénarios ? modélisation des ressources ? ...). Cette question, bien que générale, se révèle fortement contextualisée. De fait, la caractérisation de notre problématique scientifique dépend fortement de ce contexte. Or le contexte de formation professionnelle décrit dans la section précédente, induit des contraintes et des difficultés supplémentaires. Ainsi, dans un premier temps, à l'issue d'échanges avec différents professionnels, nous avons identifié un certain nombre de ces verrous (ou spécificités liées à ces contextes), décrits ci-dessous :

Disponibilité : Les formations étant réalisées dans le cadre des heures de travail, la disponibilité du personnel est souvent contrainte par l'activité de l'entreprise ou spécifiquement les besoins de production. Ceci est particulièrement vrai dans le secteur industriel (mais aussi dans le secteur médical) où l'activité a lieu en continu avec des rotations d'équipe. Dans ce cas, le manque de disponibilité implique un fractionnement des séances de formation. Or, même pour le personnel permanent, l'alternance et la fragmentation des périodes de formation compliquent sérieusement la tâche en vue d'un apprentissage en profondeur.

Hétérogénéité : Contrairement au contexte de formation initiale, les apprenants dans le contexte de la formation professionnelle ont généralement des niveaux et des

1. <http://www.sofrasims.fr/>

formations initiales différents. Ceci engendre une très forte hétérogénéité. Cette hétérogénéité peut être accentuée si l'entreprise a recours à des intérimaires qu'il faut également former. En effet, dans le secteur industriel, le recrutement d'intérimaires exige inévitablement une formation ciblée sur un temps plus court.

Réglementation - sécurité : Dans de nombreuses industries, des contraintes réglementaires imposent une obligation de moyens pour la formation du personnel. D'ailleurs, dans certaines activités industrielles, l'utilisation d'équipement spécifique est soumise à des obligations réglementaires en termes de formation des opérateurs.

Validation des compétences : La formation dans le milieu industriel peut être spécifiquement liée à des savoir-faire directs ou indirects (ex : utilisation de machines de production spéciales). La validation effective des compétences acquises est primordiale surtout si leur utilisation est située sur un site industriel, où il y a souvent des risques associés à la sécurité des personnes et des équipements.

Usages : Les usages et/ou pratiques professionnelles sont souvent des éléments importants de la compétence des personnels. Dans de nombreux cas, les formations professionnelles visent à améliorer ces pratiques. Ainsi, le cas échéant, la formation théorique est complétée par une formation pratique où le personnel apprenant est suivi (voire doublé) par un personnel plus expérimenté. Il est donc essentiel de tenir compte des usages et des pratiques dans la mise en œuvre de parcours de formations innovants.

Évolutivité : Le secteur industriel est un secteur où l'innovation est un des critères de pérennité. Or pour mettre en œuvre ces innovations, il est nécessaire d'avoir du personnel formé. Cette exigence impacte les processus de formation qui doivent se renouveler, à la fois sur les contenus et sur les pratiques, afin de s'adapter à ce contexte d'innovation. À titre d'exemple, nous pouvons à nouveau citer les actions dans le cadre du label "Industrie 4.0" [WEB 2 Gimelec Consortium, 2013] qui visent à intégrer les nouvelles technologies liées au numérique dans l'usine du futur.

Ainsi, au regard des contraintes énoncées, la question de la ludification en elle-même, se pose finalement en ces termes : **Comment tenir compte, dans un processus de ludification, des contraintes spécifiques à la formation professionnelle (disponibilité, hétérogénéité, réglementation, validation, évolutivité) ?** Plus précisément, pour tenter d'apporter des réponses et expliciter la question de recherche ci-dessus, nous avons identifié trois pistes de travail :

1. Faut-il avoir une approche méthodologique ou une approche de modélisation pour faciliter la ludification d'un processus de formation en intégrant les contraintes intrinsèques à la formation professionnelle ?
2. Quels sont les éléments additionnels (éléments immersifs, objets connectés, réalité mixte, réalité augmentée) qui permettent d'apporter une solution pertinente à ces contraintes spécifiques ?
3. Comment évaluer objectivement (ou mesurer) l'apport réel du jeu sérieux et des éléments additionnels dans le contexte posé.

Pour tenter de répondre à ces problématiques, nous avons donc orienté notre travail bibliographique sur plusieurs domaines : d'une part sur le domaine des GBL (Game Based Learning), d'autre part sur le contexte de la scénarisation. Finalement, à partir de cette analyse, nous avons opté pour une approche mixte qui est basée sur une modélisation générique de ressources (pédagogique, métier, ludique) couplée à une approche méthodologique de scénarisation. Cette proposition est présentée dans le troisième chapitre de ce document. Par ailleurs, dans le chapitre 4, nous présenterons aussi un environnement de déploiement de jeux sérieux conçu avec les partenaires du projet qui nous a permis de réaliser des expérimentations visant à valider in situ nos propositions. Le chapitre suivant présente donc une synthèse de l'état de l'art.

Chapitre II

État de l'art

II.1 Notion de jeux sérieux

Le jeu fait probablement partie des constantes communes à toutes les civilisations. Il est pratiqué à tous les âges, individuellement ou en groupe, principalement pour la satisfaction et le plaisir qu'il apporte. Pourtant, la recherche de plaisir n'est pas la seule finalité du jeu, car le jeu est aussi considéré comme un outil d'apprentissage. En effet, l'usage des jeux comme outils d'apprentissage n'est pas récent, et les premiers jeux de stratégie, outre leur rôle ludique, devaient aussi permettre de stimuler les capacités tactiques et stratégiques de ceux qui les pratiquaient.

Avec le développement des technologies informatiques, le jeu a une place prépondérante dans nos sociétés modernes. D'ailleurs, comme le rappelle Mariais [Mariais, 2012], le jeu est un objet d'étude complexe qui mobilise une communauté scientifique variée notamment en sciences humaines. Dans ses travaux, l'auteur propose une synthèse des différentes classifications proposées pour les jeux (cf. figure 2.1).

Année		1958	1982-2002	1982	1994	1998	2001	2007	2007	2008	2001	2008	
Auteur		Caillols	Garon-Fillon-Doucet	Crawford	Jolival	Le Diberder	Prensky (1)	Alvarez - Djaouti	Thiagarajan - Hourst	Sawyer	Prensky (2)	Klabbers	
Profil auteur	Chercheur	Sciences de l'information et de la communication				✓		✓					
		Psychopédagogie		✓									
		Sociologie	✓									✓	
	Praticien	Formation - éducation						✓		✓		✓	
		Informatique – Nouvelles technol. – jeux vidéo			✓	✓	✓	✓			✓	✓	
Objectif	Fournir une vision globale du domaine du jeu, diffuser des connaissances	✓			✓	✓	✓			✓			
	Guider le choix d'un jeu par des prescripteurs ou des joueurs pour un but ou un public spécifique		✓			✓			✓	✓			
	Décrire/ analyser / comprendre un jeu							✓	✓			✓	
	Guider la conception d'un jeu			✓					✓		✓	✓	
Forme du jeu étudié	Jeux non-informatisés	✓	✓						✓			✓	
	Jeux informatisés		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	
Finalité du jeu étudié	Jeu destiné au divertissement	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	
	Jeu visant une intention sérieuse (ex. la formation)								✓	✓	✓	✓	

Figure 2.1 – Synthèse des classifications des jeux [Mariais, 2012]

Finalement, même si la technologie a pris une place prépondérante, le principe même du jeu sérieux est posé depuis très longtemps : utiliser les ressorts ludiques pour faire passer un contenu dit sérieux. Dans le jeu sérieux, le plaisir n'est pas l'objectif, c'est le

moyen. Formellement, le "jeu sérieux" ou "Serious Game"¹ est défini par certains auteurs comme « une application informatique dont l'intention initiale est de combiner avec cohérence, à la fois des aspects sérieux (serious), tels que : 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) » [Alvarez and Djaouti, 2010]. Ainsi, pour une partie de la communauté des EIAH, les jeux sérieux peuvent être assimilés à des applications informatiques qui utilisent des ressorts ludiques tels que la compétition, les récompenses ou tout simplement la curiosité pour catalyser l'attention des apprenants et faciliter leur apprentissage [Dondlinger, 2007]. Ils sont très souvent utilisés pour accroître la motivation dans l'apprentissage [Kelle et al., 2011].

De nombreuses études montrent l'attrait des jeux sérieux pour la formation [Martey et al., 2017]. De nombreuses méta-analyses (65 études [Sitzmann, 2011], 39 études [Wouters et al., 2013], 69 études [Clark et al., 2016]) ont constaté une amélioration globale de l'apprentissage grâce aux jeux sérieux.

Jeux sérieux, serious games ou learning games désignent tous le même paradigme. Toutefois, on ne peut pas nier que le regain d'intérêt pour le jeu sérieux est aussi lié aux avancées technologiques du domaine, et notamment des jeux vidéos. Selon plusieurs auteurs et notamment [Djaouti, 2011], la vague actuelle du serious game a fait sa première apparition avec le jeu America's Army en 2002 [Li, 2003], [Zyda, 2005]. Ainsi, Sawyer [Gudmundsen, 2006] déclare :

America's Army was the first successful and well-executed serious game that gained total public awareness.

Ce jeu qui a eu un succès fulgurant à son époque, était financé par le gouvernement américain dans le but de promouvoir l'armée et encourager au recrutement de nouveaux soldats. Ce premier jeu sérieux a été utilisé par des millions de personnes à travers le monde et a inspiré plusieurs gouvernements à suivre l'initiative. Ainsi, le gouvernement français a aussi adapté le jeu vidéo grand public "Ghost Recon" développé par Ubisoft pour l'entraînement de ses soldats. Toutefois, l'apparition du terme "serious game" remonte aux années 1970 [Djaouti et al., 2011] dans le cadre des jeux pédagogiques (jeux sur plateaux). La définition s'est affinée progressivement afin d'exclure les applications purement pédagogiques (exemple : le e-learning) et les simulations pures (exemple : les simulateurs d'entraînement pour les pilotes d'avions). Avec l'avènement des jeux vidéos, une définition assez communément acceptée dans la communauté est celle de Benjamin Sawyer [Sawyer and Rejeski, 2002] qui définit le serious game comme :

Applications informatiques, réalisées par des développeurs, des chercheurs, des industriels, qui regardent comment utiliser les jeux vidéos et les technologies associées en dehors du divertissement.

Cette définition très "simple", introduit la dimension ludique issue des jeux vidéos sans exclure aucun domaine d'usage dans lesquels le jeu sérieux peut être utilisé. En prenant en compte tous les objets et applications qui se réclament sérieux allant du

1. On trouve dans la littérature un certain nombre de nuances avec learning game, game-based learning, jeu d'apprentissage, jeu épistémique numérique, educational game... Dans le cadre de cette thèse, nous avons choisi d'utiliser le terme générique le plus utilisé sans délibérément reprendre ces subtilités pour ne pas ajouter de complexité mais par respect pour les auteurs, nous avons essayé de garder le terme employé initialement.

simulateur ultra-réaliste pour les médecins, au simple jeu d'arcade en ligne faisant la promotion d'une marque de gâteau apéritif, Guardiola [Guardiola et al., 2012] propose une autre définition :

Tout objet relevant du numérique qui n'est pas destiné aux loisirs et qui utilise soit une technologie soit des principes de conception développés à l'origine pour le jeu vidéo.

De son côté, Alvarez [Alvarez, 2007] fait une comparaison entre deux définitions du jeu sérieux : celle de Michael Zyda et celle de Ben Sawyer² et montre que les deux définitions sont proches et en propose une synthèse : "Application informatique, dont l'objectif est de combiner à la fois des aspects sérieux (Serious) tels, de manière non exhaustive, 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"**, a donc pour but de s'écarter du simple divertissement." Cette définition nous semble plus pertinente au regard des problématiques actuelles car elle inclut explicitement la question du scénario pédagogique.

En effet, la question du scénario pédagogique est au cœur des problématiques du jeu sérieux. Paradoxalement, malgré les avancées technologiques importantes dans le développement des jeux vidéos, un élément important à prendre en compte lors de la création d'un scénario de jeu sérieux est le respect de l'équilibre ludique/sérieux. De nombreux débats ont lieu dans la communauté à ce niveau [Ritterfeld et al., 2009], certains auteurs mettant en avant les aspects ludiques pour des raisons de motivations [Prensky, 2001], d'autres favorisant les aspects d'apprentissage en les « ludifiant » légèrement et en général a posteriori [Michael and Chen, 2006]. Comme nous le verrons par la suite, dans le contexte industriel, cet équilibre est d'autant plus important que la population d'apprenants est très hétérogène et possède des rapports au jeu vidéo très différents.

Le scénario orienté vers un objet particulier est bien l'ingrédient qui fait d'un jeu vidéo un jeu sérieux. Dans notre contexte, l'orientation du scénario ne peut être que pédagogique dans le sens d'entraîner et/ou informer un ou plusieurs utilisateurs dans n'importe quel domaine en dehors du seul divertissement. D'après Zyda³ [Zyda, 2005], le scénario pédagogique vient en subordination avec le jeu, il propose ainsi un schéma (fig. 2.2) présentant le contraste entre les jeux vidéos et le serious game.

Alvarez [Alvarez, 2007] se basant sur les définitions d'André Tricot⁴ et Zyda propose ainsi la définition suivante du scénario pédagogique :

Fonction dédiée à un "objectif pédagogique", dont la propriété est de susciter l'envie d'apprendre et dont la réalisation dépend d'un jeu vidéo avec lequel elle puisse s'intégrer.

Marfisi-Schottman [Marfisi-Schottman, 2012], comme le résume la figure suivante (fig. 2.3), imagine la conception d'une formation ludique comme un dosage, un savant

2. Zyda a participé à l'élaboration du jeu America's Army et a suivi de très près la naissance du serious game ; Sawyer, de son côté, a activement pris part à la création du "Serious Game Initiative" qui promouvait le secteur du Serious Game

3. From game to serious game. Unlike their entertainment-only counterparts, serious games use pedagogy to infuse instruction into the game play experience [Zyda, 2005]

4. Professeur en psychologie à l'Université de Toulouse Le Mirail et l'IUFM de Toulouse, qui étudie et élabore des applications ludo-éducatives.

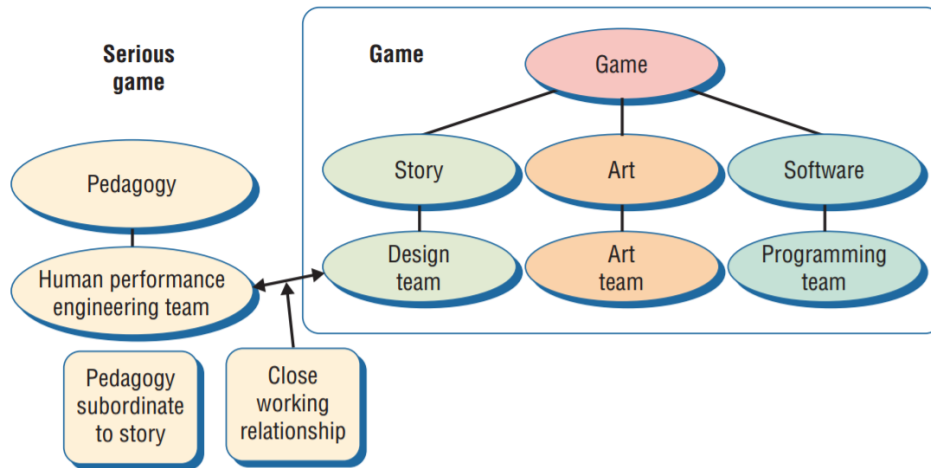


Figure 2.2 – Du jeu au jeu sérieux [Zyda, 2005]

mélange entre les deux composantes : éducative et ludique. Un bon dosage permet de stimuler l'appétit d'apprendre et ainsi inciter les apprenants à travailler par eux-mêmes.

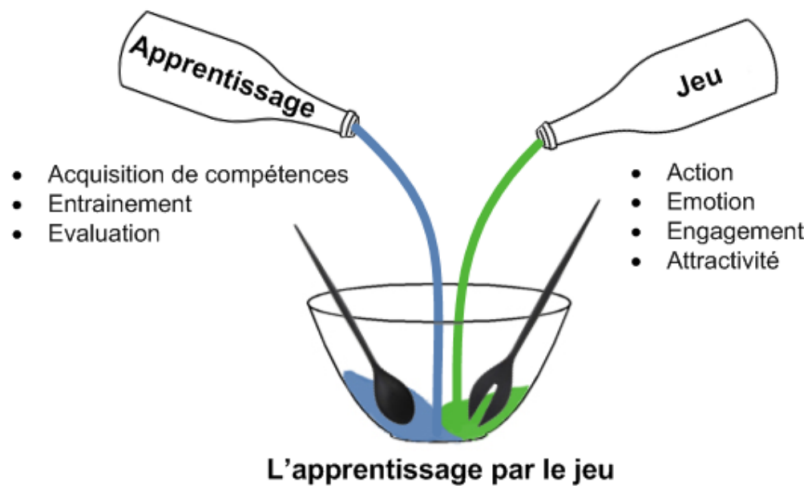


Figure 2.3 – Les caractéristiques de l'apprentissage par le jeu [Marfisi-Schottman, 2012]

La question de la réalisation d'un scénario de jeu sérieux, présentant un équilibre adéquat entre le côté éducatif et le côté ludique, est au cœur des travaux de cette thèse. On parle alors de ludification ou de gamification en anglais. Cette terminologie qui définit le processus de mise en œuvre d'un jeu sérieux est utilisée dans plusieurs domaines comme le marketing [Huotari and Hamari, 2012], le crowdsourcing [Venhuizen et al., 2013], la santé [Wilson and McDonagh, 2014], et surtout dans le domaine de l'éducation [Kapp, 2012, Bíró, 2014, Deterding et al., 2011].

Cette question du scénario est d'autant plus importante qu'elle est très fortement contextualisée aux spécificités de la formation professionnelle qui est l'objectif principal du projet porteur. Dans la section suivante, nous sommes donc focalisés plus particulièrement sur cet aspect et nous présentons un état de l'art des différents modèles et langages permettant de construire des scénarios pédago-ludiques.

II.2 Approches, méthodes et outils pour la conception des Jeux Sérieux

Les activités de recherche qui s'intéressent à l'ingénierie des jeux sérieux sont relativement récentes et principalement issues du domaine des EIAH. De fait, dans ce chapitre, nous traitons les aspects de conception des jeux sérieux et des scénarios pédaogo-ludiques sous différents aspects. D'une part sur les aspects issus des standards du e-learning, d'autre part sur les aspects de modélisation spécifique de scénarios.

II.2.1 E-Learning : Outils de formation numérique

De nos jours, de nombreuses universités et écoles d'ingénieurs proposent une partie non négligeable de leurs formations en ligne qui attirent de plus en plus les apprenants [Caniëls et al., 2007]. La croissance du besoin en e-learning a favorisé le développement de plusieurs outils dont les plus répandus sont les LMS, les LCMS et les portails de formation (les environnements e-learning). Chacun de ces derniers se différencie par rapport aux autres outils avec des fonctions particulières. Les LMS aident à l'organisation de l'éducation et offrent un soutien administratif, les LCMS fournissent des outils de création de matériel éducatif et les portails de formations offrent un environnement virtuel où les étudiants et les enseignants peuvent communiquer.

Le concept des MOOCs (Massive Online Open Courses) est apparu en 2008 pendant les recherches expérimentales de deux chercheurs canadiens, Stephen Downes et George Siemens. Ils ont ouvert un cours intitulé "Connectivism and Connective Knowledge at the University of Manitoba". Le but de l'expérience consistait à encourager les apprenants à s'inscrire dans le cours en considérant que cela est le début d'un voyage autonome et actif et qui va se définir par les connexions que l'apprenant crée entre les ressources et les co-apprenants [McAuley et al., 2010].

Dans la littérature, on distingue deux types de MOOCs : les xMOOCs et les cMOOCs. Les xMOOCs utilisent des plates-formes de e-learning classiques et offrent une formation individuelle ; les cMOOCs sont basés sur la coopération, l'apprentissage social et utilisent le web 2.0 [Castaño-Garrido et al., 2015, Fidalgo-Blanco et al., 2015].

Aujourd'hui, les MOOCs représentent une vraie évolution pour l'éducation [Fidalgo-Blanco et al., 2016]. Des centaines de milliers d'utilisateurs accèdent à ces plates-formes d'apprentissage en ligne, avec des milliers d'apprenants dans chaque MOOC et des offres académiques provenant de certaines des universités les plus prestigieuses au monde [Sharpley et al., 2013].

Le succès des outils numériques de formation sont à l'origine des travaux sur la standardisation des contenus pédagogiques présentés dans la section suivante.

II.2.2 Approches issues des standards du e-learning

Les standards du e-learning proposent des modèles et meta-modèles ayant pour but de représenter le contenu d'une formation. Ils sont issus d'une approche structurale dont la vocation initiale était de pouvoir disposer d'une certaine indépendance vis à vis des outils traditionnels. Dans ce paragraphe, nous détaillerons les trois principaux standards :

LOM, SCORM et IMS-Learning Design apparus successivement en tant que normes ou propositions de normes.

Pour aborder ces normes, il convient en préliminaire de définir le terme **objet d'apprentissage**. L'IEEE⁵ le définit comme suit :

« Toute entité numérique ou non, qui peut-être utilisée, réutilisée ou référencée lors d'une formation dispensée à partir d'un support technologique. ».

Le terme « objet d'apprentissage » a fait son apparition au milieu des années 1990 au sein de plusieurs consortiums internationaux comme IMS⁶ ou Ariadne⁷, ce qui a amené au début des années 2000 à proposer le standard LOM (Learning Object Metadata).

II.2.2.1 LOM : Learning Object Metadata

L'approche LOM a été créée par des informaticiens et ne provient pas du monde documentaire. LOM a été publié en 2002 par le comité international IEEE-LTSC-LOM. Il est utilisé à l'échelle internationale pour décrire et indexer les contenus dans les systèmes de gestion de contenus de formation (CMS et LCMS) [Harman and Koohang, 2007]. Il est fondé sur le principe du « share and reuse ». À la base, il s'agissait de réutiliser les objets pédagogiques dans des unités de plus haut niveau, comme des hypertextes, des simulations, des ressources d'apprentissages plus ou moins interactives. LOM permet de garantir l'interopérabilité des systèmes de référencement et faciliter les échanges de ressources pédagogiques.

En effet LOM définit une soixantaine de champs organisés dans neuf catégories [Marfisi-Schottman, 2012] permettant de décrire de façon précise et uniforme toute ressource pédagogique :

1. **General** : désigne les caractéristiques d'une ressource qui sont indépendantes du contexte d'utilisation (titre, langue, description, etc.).
2. **Life Cycle** : l'état actuel d'une ressource et qui y a contribué durant son évolution (version, entités contributives, etc.).
3. **Meta-Metadata** : données détaillant la fiche descriptive elle-même plutôt qu'une ressource.
4. **Technical** : caractéristiques techniques d'une ressource (format, taille, localisation, etc.).
5. **Educational** : caractéristiques pédagogiques d'une ressource (type de ressource, rôle de l'utilisateur, contexte d'utilisation, etc.).
6. **Rights** : conditions d'utilisation d'une ressource (coûts, droits d'auteur, etc.).
7. **Relation** : relation entre une ressource et d'autres ressources.
8. **Annotation** : commentaires sur l'utilisation pédagogique d'une ressource.
9. **Classification** : localisation d'une ressource dans un certain système de classification.

5. IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers

6. IMS : Instructional Management System, <http://www.imsproject.org/metadata/index.html>

7. Ariadne : Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe, <http://www.ariadne-eu.org/>

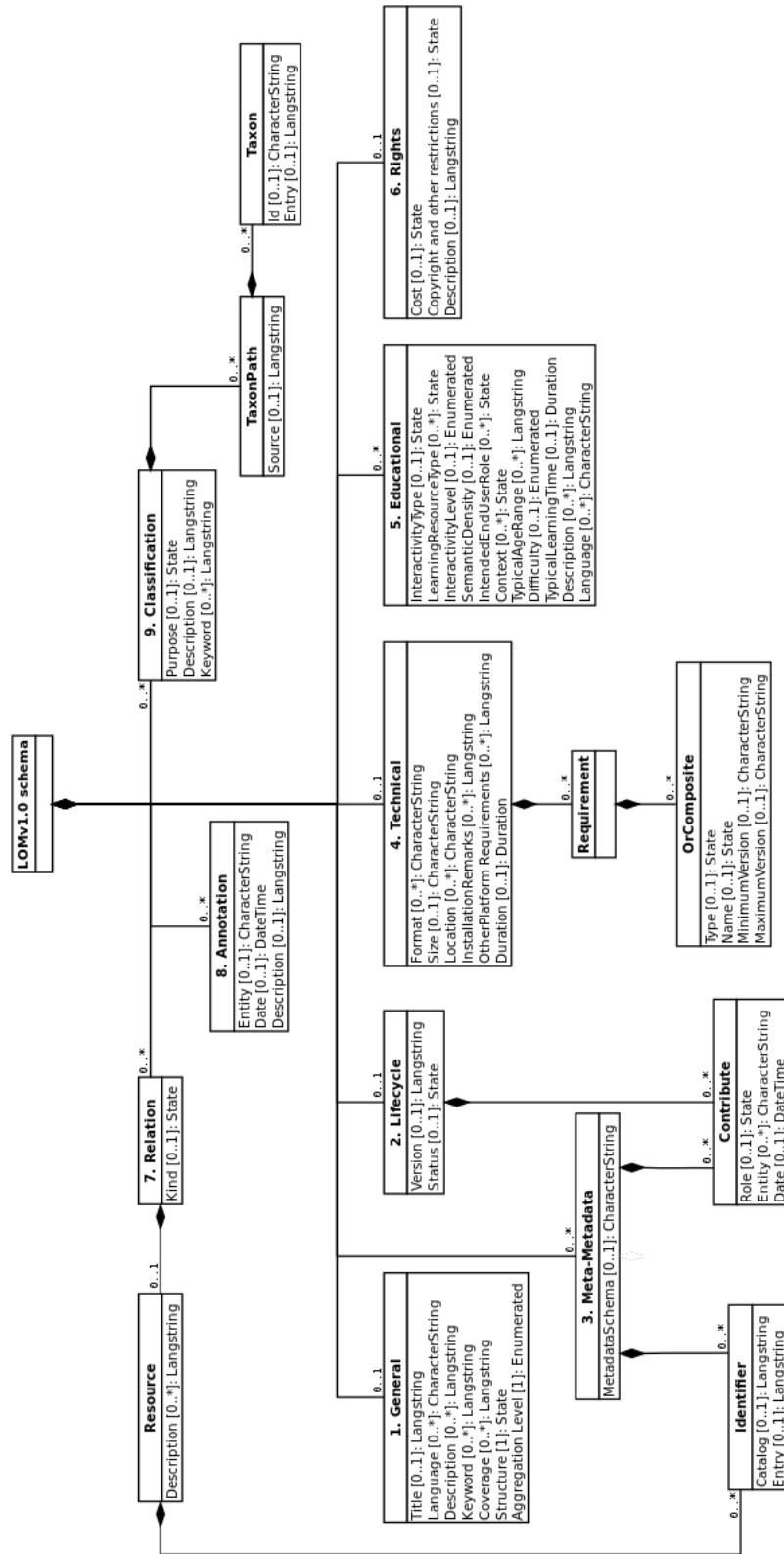


Figure 2.4 – Diagramme UML de IEEE1484.12.1, Learning Object Metadata (LOM) ^a
 a. https://fr.wikipedia.org/wiki/Learning_Object_Metadata

Dans son article, De La Passardière [De La Passardière and Grandbastien, 2003] donne plus de détails sur ce modèle. Le point fort de LOM est son utilité pour les échanges informatiques malgré des champs de description pas toujours suffisamment précis et cohérents vis à vis des besoins effectifs des utilisateurs. Ceci a d'ailleurs, amené les documentalistes à créer différents « profils d'applications » en adaptant LOM à un contexte d'application particulier.

II.2.2.2 SCORM : Sharable Content Object Reference Model

À la fin des années 1990, avec l'apparition des LMS et LCMS [Harman and Koohang, 2007] (plates-formes de formation ouvertes et à distance), l'exploitation technique des objets d'apprentissage avec internet s'est avérée problématique. En effet, au sein des consortiums « corporatistes » américains – comme AICC6, l'objectif était de pouvoir exploiter la ressource dans un système informatique et d'en contrôler l'utilisation. SCORM est ainsi apparu pour répondre à ces besoins.

SCORM⁸ est un modèle issu du milieu de la formation dans l'industrie aéronautique et fondé sur le concept « d'objet de contenu partageable ». Il a été développé par l'AICC puis repris par le consortium ADL⁹. Ces propositions concernent principalement les contenus en ligne et visent à faire de la formation totalement libre à travers le web. SCORM est une version enrichie du standard LOM, il a un modèle d'agrégation un peu différent et un environnement d'exécution qui permet de surveiller l'activité d'un apprenant dans un LMS.

SCORM définit un modèle d'agrégation du contenu et également un environnement d'exécution. Le premier vise à décrire et échanger des éléments de formation, au sein d'un entrepôt de documents pédagogiques. Il comporte trois niveaux de métadonnées, qui établissent pour chaque composante du modèle SCORM la correspondance avec les éléments LOM de l'IEEE :

- Le premier niveau représente le niveau de base appelé « **Asset** » ou « **Ressource multimédia** ».
- Le niveau intermédiaire est la composante « **SCO** » ou « **grains de formation** ». C'est à ce niveau que se trouvent des objets de contenus partageables. Il s'agit de la plus petite unité pouvant donner des informations sur l'utilisation. Par exemple : tel document a-t-il été parcouru ? Telle simulation a-t-elle été effectuée ?
- Le niveau supérieur est la composante « **Agrégation de contenus** » ou « **Cours, parcours** ».

Il est à noter que la notion d'activité sur la ressource apparaît au niveau intermédiaire « **SCO** ».

La partie environnement d'exécution de SCORM correspond à ce qui permet d'utiliser un cours sur n'importe quelle plate-forme. Une analogie avec les prises de courant peut être faite : elles ont été normalisées au niveau européen, de ce fait, un appareil électrique peut être branché dans n'importe quel pays d'Europe. Le principe de fonctionnement de l'environnement consiste à renvoyer vers une plate-forme de formation des informations

8. <https://www.scorm.com>

9. ADL : Advanced Distributed Learning, <http://www.adlnet.org>

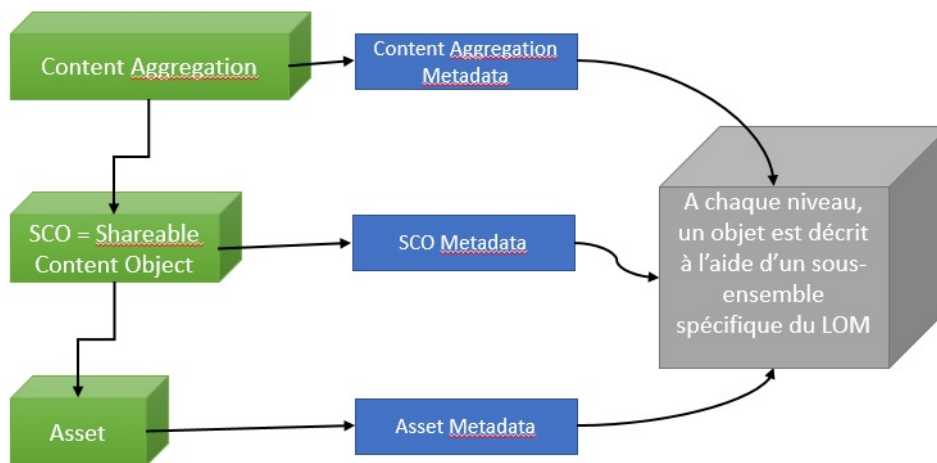


Figure 2.5 – Le modèle d'agrégation de SCORM [Pernin, 2004]

sur l'état d'utilisation d'un objet (a-t-il été parcouru ? lu ? effectué avec succès ? etc.) [Pernin, 2004]. Ces informations peuvent être stockées dans une base de données et exploitées par la suite sur le plan pédagogique.

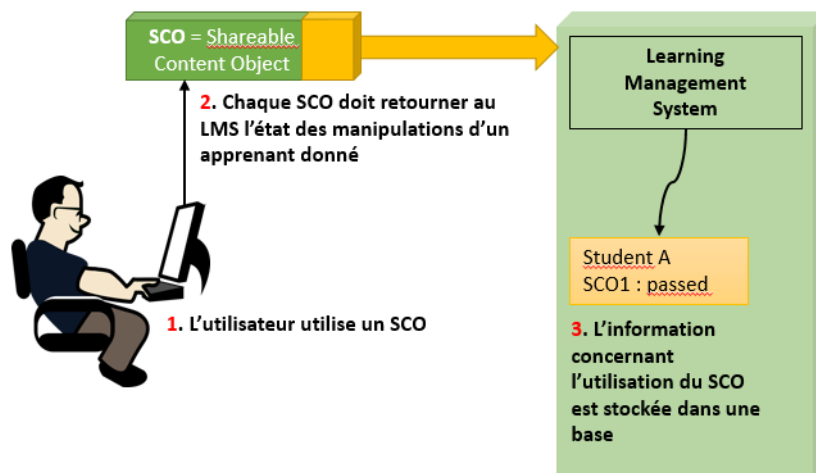


Figure 2.6 – SCORM, l'environnement d'exécution [Pernin, 2004]

Il existe plusieurs versions de SCORM, nous listons les versions les plus utilisées dans le tableau suivant (table 2.1) :

Version de SCORM	Définition
SCORM 1.0	C'est la version de base avec laquelle on a la notion d'objet de contenu partageable (SCO) et l'API. Un environnement d'exécution est déjà responsable de la gestion de la communication entre le contenu et le LMS.

SCORM 1.1	C'est la première version de production. Elle représente un premier format pour définir la structure d'un cours (imsmanifest.xml). Cette version est rapidement abandonnée pour la version 1.2.
SCORM 1.2	C'est la version qui a été la plus utilisée. Elle est considérée comme une version référence de SCORM. Cette version vient avec une suite de test pour vérifier la conformité et utilise la spécification IMS Content Packaging pour le contenu et toujours l'imsmanifest.xml pour décrire le parcours. Elle permet également l'utilisation des méta-données (LOM par exemple) pour décrire le contenu. Cependant, elle n'est plus maintenue par ADL.
SCORM 2004	C'est la dernière version de SCORM et surtout la plus complète. Elle apporte des solutions pour certaines ambiguïtés de la version précédente tout en gardant l'utilisation de l'API, les spécifications IMS Content Packaging et l'Environnement d'Exécution. Cette version vient avec deux nouveaux concepts : la navigation et le séquençement (Simple Sequencing). Le premier se manifeste dans la possibilité de contrôler la navigation via l'interface (Bouton suivant, précédent, quitter, etc.) à travers le contenu. Le deuxième permet d'adapter le contenu aux apprenants et de gérer plus précisément l'avancement et l'ordonnement des contenus grâce aux objectifs d'apprentissage ou compétences tout en s'affranchissant du LMS. La version 2004 dispose aussi d'une suite de tests plus robuste permettant de vérifier la conformité et d'assurer une bonne interopérabilité.

Tableau 2.1: Tableau de synthèse des améliorations apportées par les versions de SCORM

II.2.2.3 Approches centrées "activités pédagogiques"

LOM et SCORM sont des approches structurelles de gestion de ressources et ne sont pas adaptées à une approche de conception complexe d'un scénario pédagogique. La question de la conception des activités d'apprentissage est une question centrale [Koper, 2001] impliquant les premiers travaux sur les langages de conception / modélisation centrés sur les activités pédagogiques plutôt que sur les ressources. A ce sujet, Botturi [Botturi et al., 2006] propose une classification des langages de conception pédagogique :

1. Stratification (nominal : plat, en couches). Un langage en couches offre un ensemble d'outils ou de représentations pour décrire des entités de différents types, telles que des acteurs, des activités ou des matériaux d'apprentissage. En revanche, un langage plat permettrait de rassembler des entités de tous types en une seule représentation. Par exemple, UML adopte une perspective en couches ; Gibbons [Gibbons, 2003] propose une structure de 7 couches afin d'organiser la discussion sur

les langages d'identification.

2. Formalisation (intervalle : formel, informel). Un langage formel se base sur un ensemble strict de règles pour la composition des conceptions. Par exemple, XML et UML sont des langages formels, tandis que les dialogues sont plus ouverts et informels. D'autres langages de conception peuvent combiner des descriptions formelles et informelles.
3. Élaboration (ordinal : conceptuel, spécification, implémentation). Les trois niveaux d'élaboration sont tirés de Fowler [Fowler, 2004] : Le niveau conceptuel permet une vue globale et agrégée de la conception, en indiquant sa raison d'être et ses principaux éléments ; le niveau de spécification fournit des moyens pour une description plus complète, comprenant tous les éléments ; le niveau d'implémentation représente le niveau de détail le plus élevé permettant d'atteindre une précision maximale.
4. Perspective (nominale : simple, multiple). Alors que les langages en couches prévoient l'utilisation de représentations multiples pour différentes entités, les langages à perspectives multiples exploitent différents outils pour représenter plus d'une vue sur les mêmes entités. Par exemple, E2ML propose deux diagrammes de synthèse, l'un pour les relations chronologiques entre les activités d'apprentissage et l'autre pour les relations structurelles.
5. Système de notation (nominal : aucun, textuel, visuel). Cela désigne les langages qui imposent un système de notation textuel comme IMS-LD (voir paragraphe suivant) ou visuel comme le langage formel UML ou le langage informel CompendiumLD.

Dans la section qui suit, nous présentons quelques langages (IMS-LD, E2ML, LAMS, LDL) permettant une approche de conception centrée activités car ces approches ont ensuite connu et nécessité des évolutions pour être adaptables au contexte particulier des jeux sérieux.

IMS-LD : Instructional Management System -Learning Design. En février 2003, la première version du langage de modélisation IMS-LD est sortie. Elle est l'œuvre du consortium nord américain IMS Global Learning Consortium¹⁰ qui milite pour l'adoption de spécifications techniques garantissant l'interopérabilité entre les plates-formes d'apprentissage en ligne [Koper and Tattersall, 2005]. IMS-LD est clairement inspiré du langage EML¹¹ proposé par [Koper, 2001].

Il est fondé sur le standard IMS-LD qui a été développé en février 2003 dans l'université ouverte des Pays-Bas en se basant sur la spécification réalisée par l'« IMS Technical Board ». IMS-LD est une norme pédagogique formelle pour les unités de conception qui supporte, selon leurs auteurs [IMS, 2003], toutes les théories de l'apprentissage et ne nécessite pas une approche pédagogique spécifique. Au contraire de SCORM, IMS-LD prend les activités de soutien des enseignants en compte et prend en charge les situations multi-apprenantes telles que les processus d'apprentissage collectif et collaboratif à modéliser [Tattersall et al., 2003]. Il permet aussi de concevoir des SGs (Serious Games)

10. <https://www.imsglobal.org>

11. EML : Educational Modelling Language

en garantissant la réutilisabilité de leurs composants et supporte la modification statique et dynamique de la navigation entre les activités.

En s'inspirant d'une métaphore issue des pièces de théâtre [Marfisi-Schottman, 2012], IMS-LD représente la structure du cours sous forme de méthode décomposée en plusieurs pièces. Chaque personne joue un ou plusieurs rôles (enseignant, apprenant, équipe, etc.). Le modèle considère deux types d'activités (des activités d'apprentissage et des activités de soutien) dont on peut indiquer si elles sont faites simultanément ou l'une après l'autre. Ainsi chaque activité est associée à un rôle spécifique. Par exemple : un apprenant est associé à l'activité « lire » pendant que l'enseignant est associé à l'activité « répondre aux questions ». IMS-LD permet de représenter aussi les "objectifs de la formation" et les "pré-requis" nécessaires aux élèves. Ces derniers peuvent accéder à des environnements spécifiques (e.g LMS) pour trouver des "objets pédagogiques" (textes, vidéos, examens, etc.) ou des services (forum, chat, etc.) dans le but de valider leurs activités.

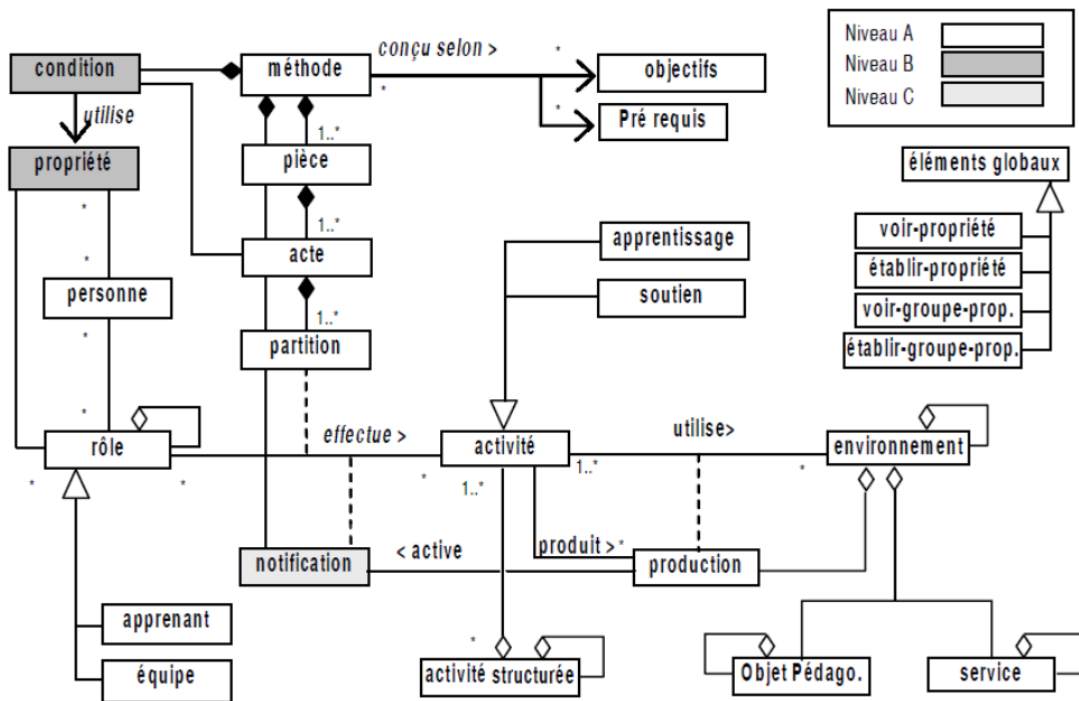


Figure 2.7 – Modèle conceptuel d'IMS-LD - version française [Lejeune, 2004]

En effet, le modèle IMS-LD dispose de trois niveaux, le premier niveau est le « niveau A » dans lequel on trouve tous les éléments définis ci-dessus. La plupart des formations peuvent être modélisées en se basant uniquement sur ce niveau. Cependant, on trouve un deuxième niveau, le « niveau B » permettant d'adapter le déroulement du cours en fonction du profil de l'apprenant. Enfin, le « niveau C » permet de définir des actions spécifiques se déclenchant en conséquence d'une condition satisfaite ou d'un évènement spécifique. De cette manière, le système peut, par exemple, proposer l'activité « révision » quand l'apprenant finit l'activité « évaluation » avec un score inférieur à 30%, et prévenir l'enseignant par e-mail en même temps.

L'avantage majeur qu'offre IMS-LD réside dans la possibilité de créer des descriptions formelles des scénarios. Ces descriptions peuvent être exportées en format XML standar-

disé ce qui facilite leurs échanges. Ainsi, elles peuvent être exécutées automatiquement sur d'autres plates-formes de e-learning. Cependant le standard reste complexe dans la pratique. Même avec des outils de modélisation ergonomiques comme RELOAD¹², pour les non-spécialistes et notamment les enseignants, la modélisation reste une tâche trop compliquée. Certains auteurs comme [Durand and Downes, 2009] expliquent que la structuration des cours ne correspond pas au mode de représentation naturel des enseignants. En effet, ces derniers qui ont l'habitude d'organiser leurs idées avec de entités globales ont du mal à détailler leur formation dans des activités précises. Il s'ajoute à la complexité de la méthodologie IMS-LD, la difficulté de modéliser des activités collaboratives. [Hernández Leo et al., 2005], [Ferraris et al., 2007].

Langage de modélisation E2ML. E2ML (Educational Environment Modeling Language) est un langage de modélisation visuel, il permet aux enseignants de structurer des parcours d'apprentissage pour l'enseignement supérieur [Botturi, 2003]. Il s'agit de dresser une liste d'objectifs pédagogiques (Goal) et relier chacun des objectifs à au moins une action dans le scénario. Ces liens facilitent considérablement la conception des formations en minimisant les chances d'oublier un des objectifs initiaux. Cette modélisation aide aussi les concepteurs à communiquer sur les mécanismes de leur formation.

LAMS (Learning Activity Management System). Il est destiné aux enseignants et caractérisé par sa simplicité. LAMS est un environnement web de conception et d'exécution de scénario d'apprentissage [Dalziel et al., 2003]. C'est un outil graphique qui permet à l'utilisateur de concevoir graphiquement le déroulement du scénario en reliant les activités saisies par des flèches. Certes, LAMS reste l'un des outil de conception de scénario les plus simples à utiliser mais le problème majeur réside dans le fait qu'il est impossible de réutiliser les modèles conçus sur LAMS sur une autre plate-forme.

LDL : Learning Design Language. LDL (Learning Design Language) est un langage de scénarisation qui permet de modéliser des activités collaboratives. Selon Martel, [Martel et al., 2005] l'objectif de LDL est de :

- Dépasser les limites actuelles des plates-formes de formation centrées pour l'essentiel sur la manipulation des contenus ;
- L'identification et la construction de sa structure interactionnelle ; c'est à dire la manière dont les échanges vont s'organiser et se dérouler, avec :
 - la définition des différents rôles qui prendront part à l'activité ;
 - la définition des enceintes qui sont les lieux dans lesquels va se dérouler l'activité ;
 - la définition des règles auxquelles les participants vont devoir se conformer ;
 - la définition des positions des participants ; c'est à dire des différents points de vue qu'ils auront à exprimer au cours de l'activité.

Ces étapes sont représentées sur la figure 2.8.

Comme nous l'avons vu, ces langages se sont focalisés sur des aspects bien précis liés à l'apprentissage mais n'abordent pas les aspects relatifs plus spécifiquement au jeu.

12. www.reload.ac.uk/ldeditor.html

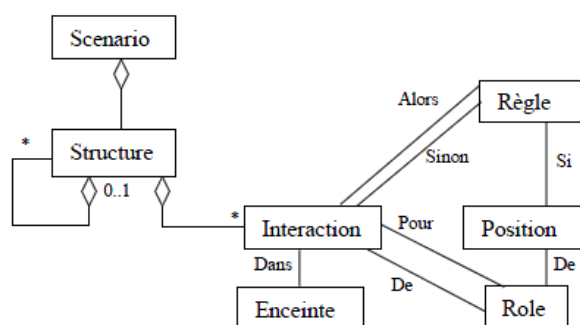


Figure 2.8 – Une représentation UML simplifiée du méta-modèle LDL [Martel et al., 2005]

II.2.3 Extensions des standards vers les Serious Games

Les différents standards orientés ressources ou activités pédagogiques ne sont adaptés ni aux ressources ni aux activités ludiques. Cependant différents travaux proposent d'adapter ces standards pour indexer et concevoir des composants de jeux sérieux. Ainsi ces extensions sont le produit de l'enrichissement et l'adaptation des standards de base afin qu'ils puissent être utiles dans la représentation d'un scénario de jeu sérieux. Différentes extensions sont présentées ci dessous :

IMS-LD-SG [Tran et al., 2010] . IMS-LD-SG est une version modifiée d'IMS-LD dans le but de concevoir des scénarios de jeux sérieux. Le scénario est toujours composé d'activités pédagogiques notamment des activités de support et des activités d'apprentissage réalisées respectivement par le personnel de la formation et par l'apprenant. Les améliorations apportées par IMS-LD-SG se révèlent dans l'ajout d'un niveau intermédiaire appelé « Module » regroupant les actes qui permettent la validation d'une même compétence, ainsi que dans l'ajout d'un nouveau type de ressources appelé « LGFComponent » dans une tentative de se rendre compatible/interopérable dans le cadre du projet « LGF » (Learning Games Factory). En effet, IMS-LD ne comprend que deux types de ressources « webcontent » et « imslcontent », or le projet « LGF » proposait de rassembler des composants de jeux sérieux venant de différents fournisseurs dans le but de pouvoir les réutiliser et ainsi pouvoir concevoir d'autres SGs. Ces composants sont reconnus et adaptés via le protocole nommé « LGF protocol » afin d'être associés aux unités du scénario du SG (play, module, act, activity), en fonction de leurs niveau de granularité. Ces composants seront orchestrés par le moteur d'exécution pour exécuter l'ensemble du scénario. Par conséquent, un nouveau type de ressource devait être ajouté : LGFComponent.

SGORM [Bisognin et al., 2010]. Ce format est issu à l'origine du modèle SCORM qui décrit un ensemble de normes techniques développées par le groupe de spécifications Advanced Distributed Learning (ADL) afin de permettre aux systèmes d'apprentissage en ligne de trouver, importer, partager, réutiliser et exporter des contenus d'apprentissage de manière normalisée. Avec SCORM, le travail des systèmes de gestion de l'apprentissage (LMS) n'est pas suffisant pour être considéré comme un système dynamique pour gérer

les activités pédagogiques. De plus, les jeux sérieux présentent des besoins spécifiques : les composants du jeu d'apprentissage sont hautement interactifs et le besoin est de suivre et d'observer les composants du jeu d'apprentissage. Pour ces raisons, Bisognin dit avoir décidé de proposer le modèle SGORM dans le cadre du projet LGF (Learning Games Factory). Le principal objet de SGORM est de pouvoir réutiliser et intégrer des composants ludiques externes dans un jeu sérieux. Il définit ainsi **un environnement d'exécution** qui décrit la façon dont un LMS doit gérer et édicter les composants du SG et **un protocole de communication** qui permet un enregistrement dynamique de contenus hétérogènes fournis par différents serveurs et des demandes de récupération de contenu disponible.

LOMFR-SG [Marfisi-Schottman et al., 2011]. Il correspond à un profil d'application de LOMFR pour les SGs. Ce profil comporte tous les éléments de LOMFR auxquels s'ajoutent des éléments de description spécifiques pour la partie "jeu", le type de composant de jeu et les caractéristiques d'intégrations des éléments dans la formation. Il repose ainsi sur la description des caractéristiques des trois types de composants fondamentaux d'un SG tels que **les composants pédagogiques** qui proposent des interactivités pour favoriser des apprentissages, **les composants fonctionnels** qui offrent des services aux SGs et **les éditeurs de composants** qui permettent aux auteurs de paramétrer des interactivités en modifiant les contenus ou les règles.

SG-LOM [El Borji and Khaldi, 2014]. Ce nouveau schéma de méta-données est un profil d'application d'IEEE LOM, il tient compte des différentes études d'évaluation et classifications des jeux sérieux. Ce schéma de méta-donnée permet aux jeux sérieux, d'une part, de profiter des fonctionnalités de suivi et d'évaluations offertes par ces systèmes et d'autre part, de leur offrir des LMS qui permettent de compléter leurs offres éducatives et d'atteindre une certaine maturité.

Le tableau suivant (cf. tableau 2.2) propose une analyse comparative entre les extensions des standards e-learning.

	LOMFR-SG	SG-LOM	SGORM	IMS-LD-SG
Basic standards	LOM	LOM	SCORM	IMS-LD
Additional fields	Functional and pedagogical components	Game context	Traceable events, Scene description	Module, Notifications, Game rules and conditions
Respected game metrics	Interactivity, Context Traceability	Interactivity, Context	Interactivity, Traceability, Game Play	Adaptability, Game Play
Absent game metrics	Absent graphical description	Insufficient scene description	Undefined game activities	Context and game traceability are not included

Tableau 2.2 – Comparaison des extensions [Aouadi et al., 2016]

II.2.3.1 De SCORM à xAPI

SCORM demeure le standard le plus utilisé et le plus répandu pour sa flexibilité et adaptabilité avec les LMS car son point fort réside dans le fait qu'il normalise les communications et les formats d'échange de données et définit précisément les paquets pour le transfert de fichiers. Dans sa version SCORM 2004, on trouve de nouvelles fonctionnalités d'ordonnement du parcours pédagogique qui permettent d'obliger l'utilisateur à passer par certains contenus, mais aussi de s'arrêter à un endroit pour reprendre plus tard. Cependant, les dernières évolutions de SCORM datent de 2009. Les auteurs de SCORM ont décidé de mettre fin à son développement et se concentrer sur la création du nouveau standard nommé Experience API ou xAPI ou encore TinCan. Ce dernier, officialisé en 2013, pallie les limites de SCORM : le tableau suivant montre les améliorations qu'apporte xAPI par rapport au standard SCORM.

Fonctions	SCORM	xAPI
Suivi de l'avancement	X	X
Suivi du temps passé	X	X
Suivi de la réussite/l'échec	X	X
Signalement d'un score unique	X	X
Signalement plusieurs scores		X
Résultats de test détaillés		X
Niveau de sécurité robuste		X
Fonctionnement hors-LMS		X
Fonctionnement sans navigateur web		X
Maintien d'un contrôle complet sur le contenu		X
Aucune limitation inter-domaine		X
Utilisation par des applications mobiles		X
Offre une plate-forme de transition (i.e. ordinateur à mobile)		X
Suivi de jeux sérieux		X
Suivi de l'apprentissage informel		X
Suivi des performances du monde réel		X
Suivi de l'apprentissage hors ligne		X
Suivi de l'apprentissage interactif		X
Suivi de l'apprentissage adaptatif		X
Suivi de l'apprentissage mixte		X
Suivi de l'apprentissage à long terme		X
Suivi de l'apprentissage en équipe		X

Tableau 2.3 – Tableau de synthèse des améliorations apportées par xAPI¹³

Les LMS standards sont tous de type web. Or, les jeux sérieux atteignent très rapidement leurs limites, sur les navigateurs web. Ceci est dû au fait que ces jeux demandent une quantité de ressources que les navigateurs ne peuvent pas allouer. Aujourd'hui xAPI donne la possibilité aux jeux sérieux de communiquer avec le LMS sans être lancé dans un navigateur web et/ou dans l'espace d'exécution du LMS lui-même. La communication avec le LMS selon xAPI est mieux organisée et donne plus de liberté dans le sens où on peut choisir librement ce qui identifie un utilisateur ou encore la structure des données envoyées au LMS. Cependant, il faut respecter certaines règles comme respecter le format json et utiliser les champs définis par le standard xAPI. Les protocoles utilisés pour tracer l'activité de l'apprenant sont améliorés dans xAPI et enrichis, car désormais ils prennent la forme d'URI et sont tous listés dans un registre commun « xAPI Registry ». De plus, la façon d'invoquer le LMS est définie sous forme d' « instruction xAPI » où « xAPI statement ». Une instruction xAPI doit avoir une forme bien spécifique « actor verb object ».

A titre d'exemple, Ruano [Ruano et al., 2016] intègre son application (java) WebLab dans un package xAPI afin de la publier sur un LMS, Carrillo [Carrillo et al., 2017] utilise des services web pour permettre à son SG « mind map » de communiquer avec un LRS (Learning Record Store : composant dédié au stockage des traces) via xAPI.

Nous avons montré dans ces différents paragraphes les évolutions des standards du e-learning afin de s'adapter aux contraintes des jeux sérieux. Nous retenons principalement les approches centrées ressources, centrées activités et le besoin de les relier entre elles. Les problèmes liés à l'opérationnalisation de ces différentes descriptions et le problème du traçage de l'activité. Enfin la dimension ludique apparaît séparée et doit être envisagée en complément de la partie pédagogique.

Nous poursuivons donc cette étude de l'état de l'art dans la section suivante, en nous focalisant sur quelques modèles plus spécifiques qui ont pu être proposés (métiers, ludiques) ainsi que, le cas échéant, les langages associés.

II.2.4 Modèles et langages spécifiques

II.2.4.1 Langage graphique de modélisation pédagogique : BPMN

Le langage BPMN ou Business Process Model and Notation se définit comme une norme internationale pour la modélisation des processus métier. [White, 2008]

Selon l'OMG BPMN vise à

fournir une notation qui est facilement compréhensible par tous les utilisateurs professionnels, des analystes métier qui créent la version initiale du processus, aux développeurs techniques chargés de l'application de la technologie qui va exécuter ces processus, et finalement, les personnes qui permettront de gérer et de contrôler ces processus. Ainsi, BPMN crée un pont standardisé pour l'écart entre la conception des processus d'affaires et l'implémentation des processus. [OMG, 2013]

Étant le premier standard international pour la modélisation de processus métier, le langage a vite rencontré un large succès [Recker, 2010], il a été adopté très rapidement

13. <http://experienceapi.com/overview/>

par le monde professionnel [Silver, 2009] notamment des acteurs majeurs de l'industrie IT (IBM, SAP, Oracle).

Le langage a été conçu à la base pour servir à la représentation des interactions homme-machine, cependant BPMN peut être utilisé aussi pour représenter d'autres types d'activités hors son domaine d'origine.

La figure suivante montre un simple exemple de l'utilisation du langage BPMN pour l'illustration d'un processus d'expédition des commandes. La figure ci-dessus montre un

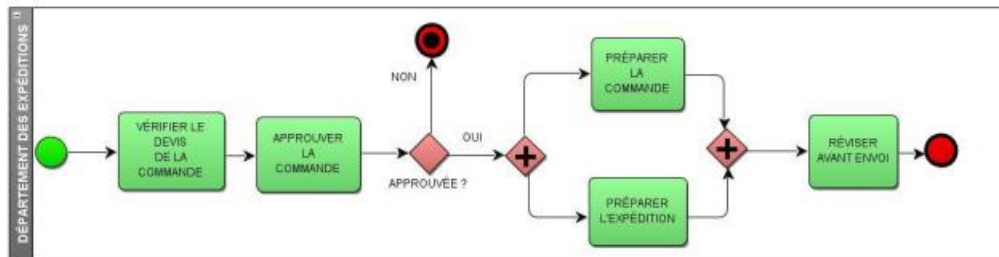


Figure 2.9 – Simple illustration d'un processus d'expédition des commandes avec bpmn 2.0 [OMG, 2012]

exemple d'un processus d'expédition des commandes ; on part d'un état initial représenté par un point pour déclencher une ou plusieurs actions (vérifier le devis de la commande, approuver la commande), ensuite on procède à une vérification de la réponse de l'utilisateur (représentée par un carré sur la figure). Dans le cas où la réponse est "non" le processus est terminé sur un état de fin. Dans le cas où la réponse est "oui" le processus lance deux opérations simultanément (Préparer la commande, préparer l'expédition). La fin de ces deux dernières opérations donne suite à une dernière opération "Réviser avant envoi".

En outre, il existe des outils spécialisés dans la modélisation des diagrammes BPMN permettant d'éviter les erreurs de modélisation et un export dans le langage XML.

II.2.4.2 Cadre conceptuel de Schell

En se basant sur la relation entre game designer, le jeu, le joueur et son expérience dans le jeu, Schell [Schell, 2008] propose un cadre de conception de la jouabilité des jeux vidéo. Il analyse ainsi chaque élément de ce cadre en le présentant sous différentes « perspectives ». En effet, Schell imagine ces derniers comme des lentilles optiques et les appelle des lentes, ils sont utilisés par les game designers afin de questionner la conception en cours. L'auteur argumente son choix par la difficulté d'appliquer une méthode de guidage précise à cause de la jeunesse et le manque de formalisme du métier de game designer. Bien que que l'auteur des lentes n'aborde ni le jeu sérieux ni les questions qui concernent le métissage entre la motivation et l'apprentissage, il affirme que l'expérience de jeu affecte le joueur et le transforme de bien des manières (positives ou négatives) et que l'une d'entre elles est l'apprentissage de connaissances et de savoir-faire nécessaires pour réussir dans le jeu.

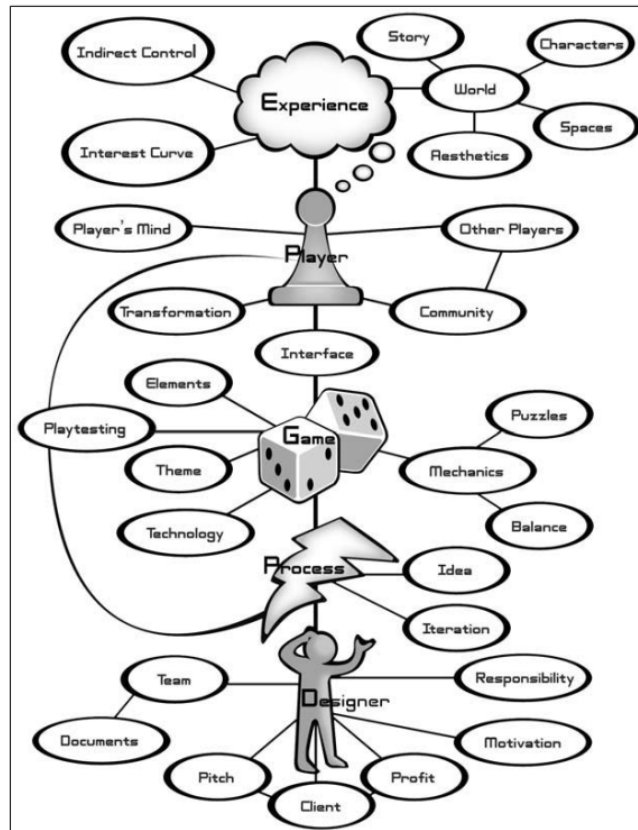


Figure 2.10 – Axe principal du cadre de conception de Schell [Schell, 2008] autour duquel s'articulent ses lenses.

II.2.4.3 Méthode d'ingénierie des Systèmes d'Apprentissage : MISA

L'une des méthodes qui s'adapte bien aux jeux sérieux est MISA (Méthode d'Ingénierie pour les Systèmes d'Apprentissage) [Paquette et al., 1997]. Cette méthode est le fruit des années d'expérience de l'université TELUQ¹⁴ qui conçoit et utilise des formations à distance depuis 1972 [Paquette, 2002]. C'est une méthodologie qui permet de guider l'équipe de concepteurs (game designer, pédagogues, ingénieurs, fournisseurs de contenus, représentants de l'institution de formation...). Cette méthode comprend 6 grandes phases :

1. Définition du projet
2. Analyse préliminaire
3. Élaboration de l'architecture de la formation
4. Conception des matériels pédagogiques
5. Développement et validation du matériel pédagogique
6. Préparation de la mise en place de la formation

MISA spécifie 33 documents standardisés et répartis sur les 6 phases. L'équipe de conception se charge d'écrire les éléments de documentation pour chaque phase. Un

14. <http://liceef.ca/>

langage de modélisation (appelé MOT) est proposé pour aider les concepteurs à écrire leurs documents qui peuvent être compilés par la suite par certaines plates-formes d'apprentissage (Figure 2.11¹⁵).

Phase 1 Project Definition	Phase 2 Preliminary Solution	Phase 3 Architecture Design	Phase 4 Instructional Material Design	Phase 5 - Material Development and Validation	Phase 6 Implementation Plan
100 Organisation's Training System	KS 210 Knowledge Model Orientation Principles 212 Knowledge Model 214 Target Competencies	310 Learning Unit Content	410 Content of Learning Instruments		610 Knowledge and Competency Management
102 Objectives of the Learning System	IS 220 Instructional Model Orientation Principles 222 Learning Event Network 224 Learning Unit Properties	320 Instructional Scenarios 322 Properties of Each Learning Activity	420 Properties of Learning Instruments and Guides		620 Actor and Group Management
104 Target Populations	MS 230 Material Development Orientation Principles	330 Development Infrastructure	430 List of Learning Materials 432 Learning Material Models 434 Media Elements 436 Source Documents	Materials (files and objects) Validation & Tests	630 Learning System and Resource Management
106 Present Situation	DS 240 Delivery Orientation Principles 242 Cost Benefit Analysis	340 Delivery Planning	440 Delivery Model 442 Actors and Packages of Materials 444 Tools and Means of Communication 446 Delivery Services and Locations	540 Assessment Planning 542 Revision Decision Log	640 Maintenance and Quality Management Infrastructure in Place
108 Reference Document					

KS = knowledge and competency specifications, IS = instructional specifications, MP = media specifications, DS = delivery specifications

Figure 2.11 – Documents standard proposés pour chaque phase de conception de MISA issue de [Paquette et al., 1997]

Depuis l'apparition de sa première version en 1994, la méthode MISA a évolué de nombreuses fois [Basque, 2016]. La première version de MISA prenait la forme d'un atelier de support à la conception appelé AGD. La méthode a été ensuite validée auprès de concepteurs et d'experts de contenus dans neuf organisations, sa révision a conduit à MISA 2.0. En parallèle, un outil autonome (appelé également MOT) fait son apparition et sert à soutenir les tâches centrales de la méthode MISA. En 1998, MISA 3.0 fait apparition, une version de MISA entièrement modélisée dans le langage graphique MOT pour permettre une visualisation cohérente de ses processus. Désormais MISA 3.0 présente plusieurs choix aux concepteurs à différentes étapes du processus de conception. La méthode poursuit son évolution jusqu'en 2000 pour apparaître sous la version MISA 4.0 qui combine des formulaires et des outils de modélisation dans une application intégrée utilisable à partir d'Internet.

MISA ne cesse d'évoluer afin de s'adapter aux standards de formation en ligne tels que le LOM et IMS-LD. Les éditeurs de connaissances, de scénarios et d'ontologies (MOTPlus) ont été portés sur le Web, dotés de nouvelles fonctionnalités d'import/export vers des standards comme IMS-LD.

Grâce à sa structuration robuste et claire, l'utilisation de MISA dans les conditions réelles est appréciée par les concepteurs. Pourtant [Marfisi-Schottman, 2012] explique

15. <http://lice.lice.ca/index.php/methode-misa/>

que chez les pédagogues et les chercheurs, MISA se révèle très complexe d'utilisation. En effet, il semble que les différentes et longues évolutions pour l'enrichir et l'adapter ont rendu l'approche difficile d'accès pour ceux qui n'ont pas suivi les différentes évolutions.

II.2.4.4 MoPPLiq : Modélisation des Parcours PédagoLudiques

Dans ses travaux, Marne [Marne, 2014] analyse plusieurs modèles de conception. Il met l'accent sur l'importance de la conception participative et la définition des experts à chaque étape de conception afin d'obtenir une bonne articulation entre la motivation et l'apprentissage. Il définit ainsi deux types d'acteurs principaux : les game designers et les formateurs du domaine. Outre leurs compétences distinctes, ces acteurs disposent aussi de compétences communes. Le but est donc de fournir des outils leur permettant de comprendre mutuellement leurs besoins et leurs méthodes de travail.

Dans le but de favoriser la communication entre les différents acteurs, Marne [Marne et al., 2011] propose également un outil d'analyse de la conception qu'il appelle "les 6 facettes du jeu sérieux". Cet outil est en effet un cadre conceptuel qui offre un ensemble de bonnes pratiques permettant de concevoir un jeu sérieux dans de bonnes conditions. Les 6 facettes sont manifestement les étapes de conception d'un jeu sérieux. Sous chacune des facettes, on trouve les design patterns qui peuvent être employés dans l'étape courante de conception.

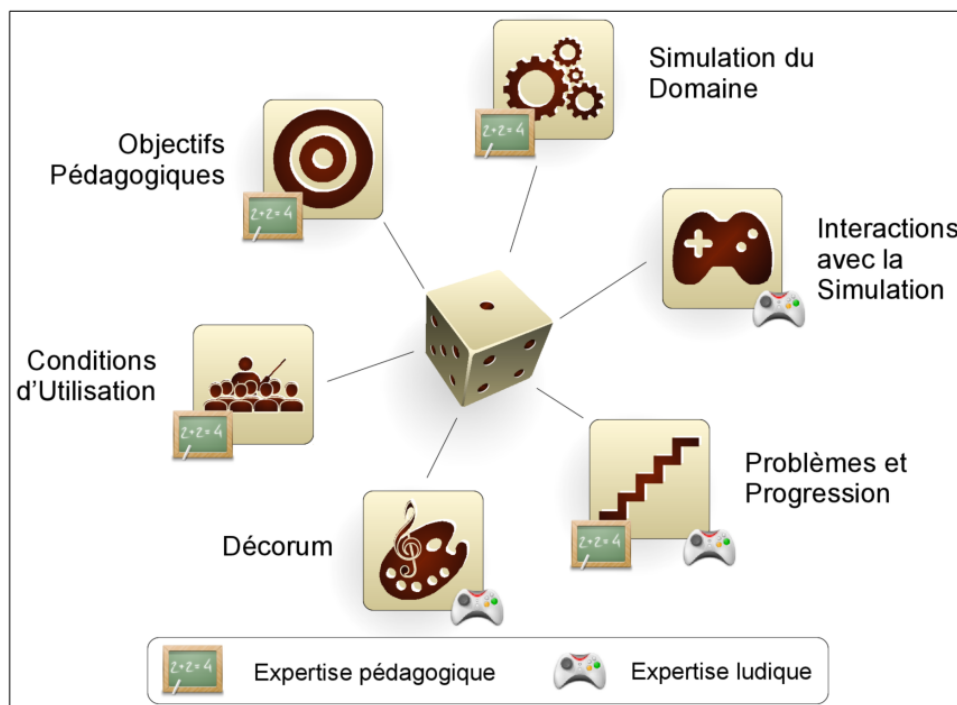


Figure 2.12 – Les 6 facettes de la conception des jeux sérieux et les experts de chacune d'elles [Marne, 2014]

La première étape dans la conception des SGs est la détermination des objectifs pédagogiques ; c'est à dire ce que l'on veut enseigner à travers le jeu. Il s'agit d'une part de préciser les connaissances qu'il est possible de manipuler et qu'on peut évaluer à travers

le jeu. D'autre part, il est également important de construire un référentiel du domaine à enseigner. Le référentiel doit contenir les compétences (connaissances, capacités et attitudes), les relations qui doivent exister entre elles (composition, précédence, etc.), et doit être enrichi des méconceptions (conceptions erronées) ou erreurs classiques auxquelles le jeu permettra de remédier. Le but final du jeu est de déstabiliser ces méconceptions en permettant à l'apprenant de comprendre en quoi elles sont fausses afin qu'il puisse intégrer les conceptions correctes.

1. La simulation du domaine est la phase de définition d'un modèle formel du domaine sur lequel est fondée la simulation et les règles métiers qui s'y appliquent. En effet, dans cette étape, on apprend au système comment répondre aux actions significatives de l'apprenant-joueur conformément aux principes du domaine en évitant les représentations erronées.
2. Les interactions avec la simulation correspondent à la facette qui permet de détailler toutes les actions que l'apprenant-joueur effectue. C'est le rôle des game designers d'intégrer ces interactions de façon à maintenir la motivation au cours du jeu.
3. Les problèmes et la progression sont conçues pour soutenir la motivation du joueur. Ils correspondent aux défis et challenges que l'apprenant doit relever. En général, on propose une succession de défis qui reposent de façon équilibrée sur des problèmes pédagogiques avec une difficulté croissante mais non contenue. Les phases de consolidation et de « repos » restent omniprésentes pour soutenir la motivation et l'engagement du joueur.
4. Le décorum contient les éléments scénaristiques et multimédia permettant de susciter de l'amusement et soutenir la motivation de l'apprenant-joueur. Cette facette est normalement destinée aux experts des jeux vidéos mais pour articuler apprentissage et motivation, il peut être efficace de faire appel aux éléments du domaine en se basant sur la compétence des pédagogues.
5. Enfin, les conditions d'utilisation précisent les règles du jeu ainsi que son contexte d'utilisation afin de conserver ses qualités pédagogiques et ludiques.

Des patrons de conception sont ajoutés à chacune des facettes pour faciliter ainsi aux enseignants l'utilisation de techniques de game design déjà éprouvées pour concevoir leurs jeux sérieux.

Le modèle MoPPliq [Marne et al., 2013] décrit les scénarios de jeu comme un ensemble d'activités « activity » et d'objectifs « goal » avec un état d'entrée « input_state » et un état de sortie « output_state » pour chaque activité. Les objectifs peuvent avoir soit une nature ludique (type="ludo") ou bien éducative (type="edu"). Ainsi, ils peuvent représenter un état d'entrée ou de sortie d'une activité. Cette description du jeu sérieux facilite la création de scénarios complexes pour les enseignants. Cependant, rapporté dans le contexte de notre travail, MoPPliq n'aborde pas la question de la communication et l'intégration dans les plates-formes de e-learning et sépare le jeu sérieux des formations en ligne classiques.

II.2.4.5 Serious Game Conceptual Framework

C'est un cadre conceptuel proposé par [Yusoff et al., 2009]. Il définit plusieurs étapes dans la conception d'un projet de jeu sérieux. En effet, les objectifs pédagogiques sont

déterminés à partir des compétences recherchées. Ainsi, des attributs de jeu sont associés à chaque objectif. Ces attributs sont déterminés et conçus à partir de la littérature pédagogique et les mécanismes d'apprentissage appliqués aux jeux vidéo.

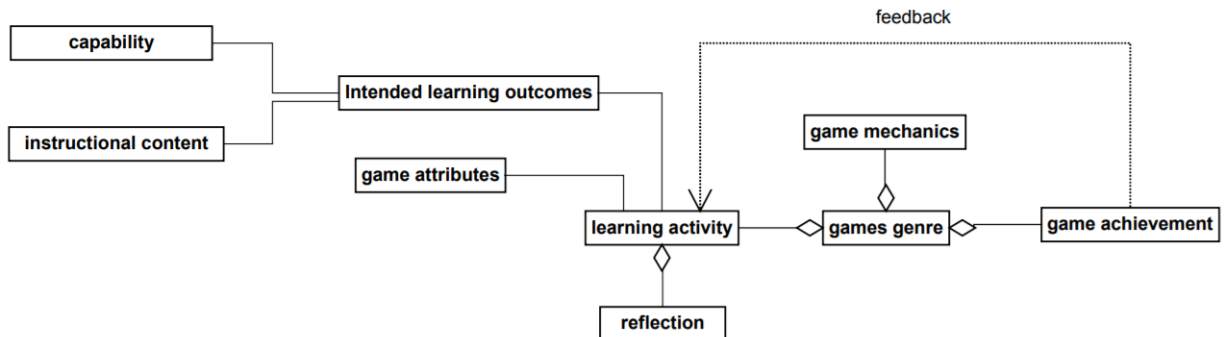


Figure 2.13 – Diagramme structurel du Serious Game Conceptual Framework [Yusoff et al., 2009]

Le cadre de la Figure 2.13 est une évolution du modèle de jeu input-process-outcome discuté par [Garris et al., 2002].

II.2.4.6 Gamified Policy Specification Language (GPSL).

Gamified Policy Specification Language (GPSL) [Rajper et al., 2016] est un modèle constitué sur la base du modèle APPEL [Reiff-Marganec et al., 2005]. Le composant de base d'APPEL est une règle qui comprend des déclencheurs facultatifs, des conditions facultatives et une action.

Une règle typique du langage APPEL prend la forme suivante :

```

Policy policy-name When [ trigger(s) ]
If [ condition(s) ] Do action(s)
  
```

Dans le but d'introduire la gamification (ludification) dans le domaine du VBE (Virtual Organisation Breeding Environments) les auteurs de GPSL sont partis du langage APPEL. Ainsi, ils y ont introduit quelques modifications comme l'ajout d'un constructeur d'objectifs "VBEGoal" qui permet de spécifier des objectifs à atteindre, l'introduction d'un nouvel attribut " supportsGoal " dans le constructeur de politiques (les politiques implémentent l'ensemble des règles du jeu) de base d'APPEL pour relier une politique à un objectif "VBEGoal", et l'ajout des actions (toEarnPoint(points, task), toEarnBadge(badge-id,task), toReach(level-id, task), toUnlockChallenge(challenge-id, task), etc.) résultantes de l'atteinte ou du déclenchement à partir des objectifs.

L'idée est de définir un nombre de tâches à effectuer avec une récompense en nombre de points pour chaque tâche réalisée. Certaines tâches permettent de débloquent un badge, de nouveaux stages ou un nouveau défi dans le jeu menant ainsi à de nouvelles tâches. Le scénario de jeu est construit grâce aux types de liens entre les tâches.

A l'issue de cette section, on voit systématiquement apparaître en filigrane la notion de motivation. Abordée de différentes manières, c'est un aspect typique du jeu auquel

les formateurs sont généralement peu habitués ou sensibilisés. De plus, les approches que nous avons choisies de reprendre dans cette synthèse de notre état de l'art ont la particularité de bien spécifier l'aspect méthodologique mais surtout opérationnel des propositions. En continuant dans cette orientation, nous allons maintenant présenter quelques plates-formes.

II.2.5 Plates-formes et outils de création de jeux sérieux

Dans cette section, nous abordons les plates-formes spécifiques permettant de mettre en œuvre des jeux sérieux.

II.2.5.1 LEGADEE : LEarning GAME DEsign Environment

LEGADEE est un outil d'aide à la conception des jeux sérieux conçu et développé par [Marfisi-Schottman, 2012] pour répondre au besoin de faciliter la conception des SGs. Le processus de conception d'un jeu sérieux est décomposé en 7 étapes comme le montre la figure 2.14 : Besoins client, Spécification des objectifs pédagogiques, Conception, Contrôle qualité, Réalisation, Test sur public cible, Utilisation maintenance.

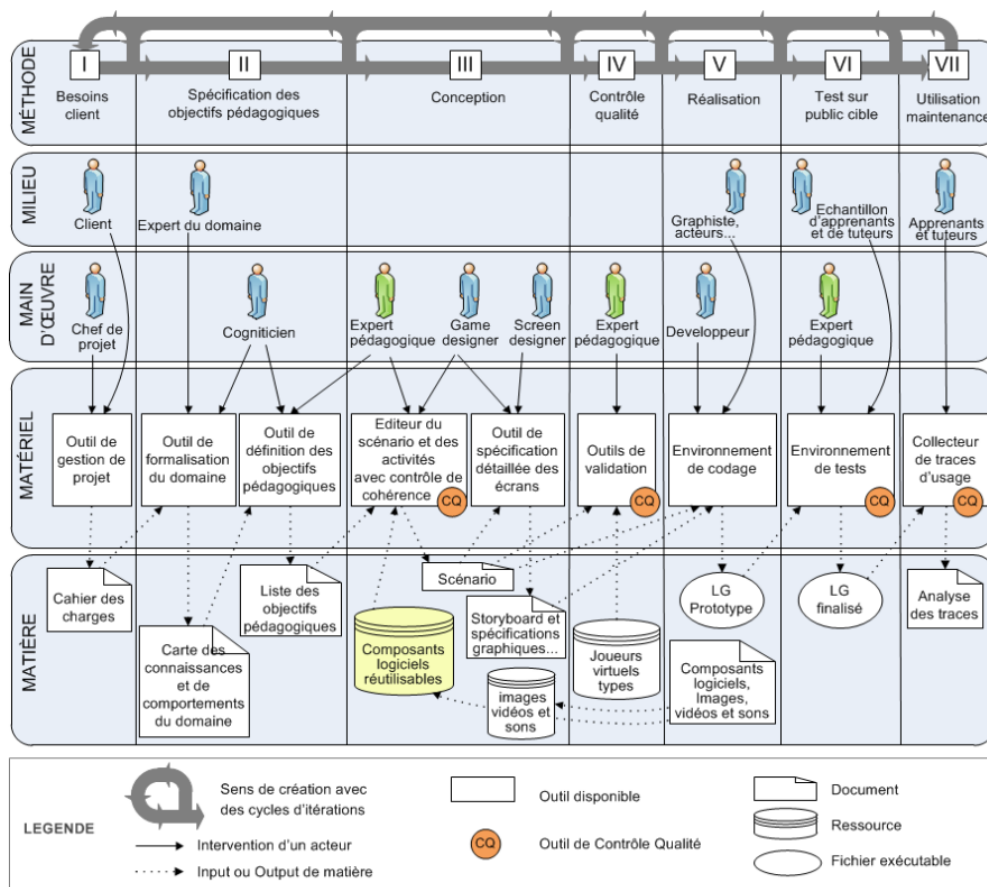


Figure 2.14 – Vision globale de la méthodologie de création d'un Learning Game, figure issue de la thèse de [Marfisi-Schottman, 2012].

L'objectif majeur de LEGADEE est plus précisément de faciliter la collaboration entre les concepteurs tels que l'expert pédagogique, le game designer et le screen designer. La méthodologie de conception que propose LEGADEE est donc composée de 7 étapes (fig. 2.15).

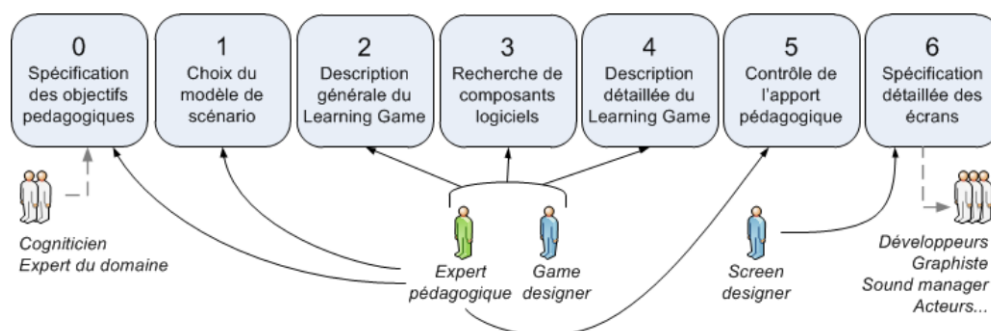


Figure 2.15 – Détail de la méthodologie pour la phase de conception de Learning Game, figure issue de la thèse de [Marfisi-Schottman, 2012].

La méthodologie offre notamment un environnement de conception sur lequel on retrouve les 7 étapes de conception disponibles sous forme de boutons à cliquer. En cliquant sur une étape sa description apparaît ainsi que les outils spécifiques à la réalisation de ses différentes tâches.

LEGADEE accompagne les concepteurs étape par étape en analysant la conception en cours et proposant des solutions afin d'arriver à un scénario équilibré répondant aux besoins initiaux du projet. À la fin de la conception, il est possible d'exporter les spécifications détaillées, sous forme d'un document HTML qui contient les informations nécessaires pour les membres de l'équipe de réalisation (développeur, graphic designer, acteurs, sound manager, etc.).

II.2.5.2 ReCourse editor

ReCourse est un outil permettant de créer des unités d'apprentissage conformes à IMS Learning Design. C'est un outil gratuit, open source, multi-plates-formes et extensible. Il a été développé dans le cadre du projet TENCompetence financé par l'Europe. IMS Learning Design est vaste et complexe et il existe très peu d'outils efficaces et faciles à prendre en main que les enseignants peuvent utiliser pour produire des unités d'apprentissage conformes aux spécifications. TENCompetence a développé ReCourse pour fournir une solution aux concepteurs d'apprentissage.

Cet éditeur est implémenté dans l'environnement de développement intégré "Eclipse pour Java" et fonctionne donc sur toutes les plates-formes. Les utilisateurs doivent être familiarisés avec le langage d'apprentissage IMS ; c'est-à-dire comprendre sa logique et le but de ses éléments les plus importants.

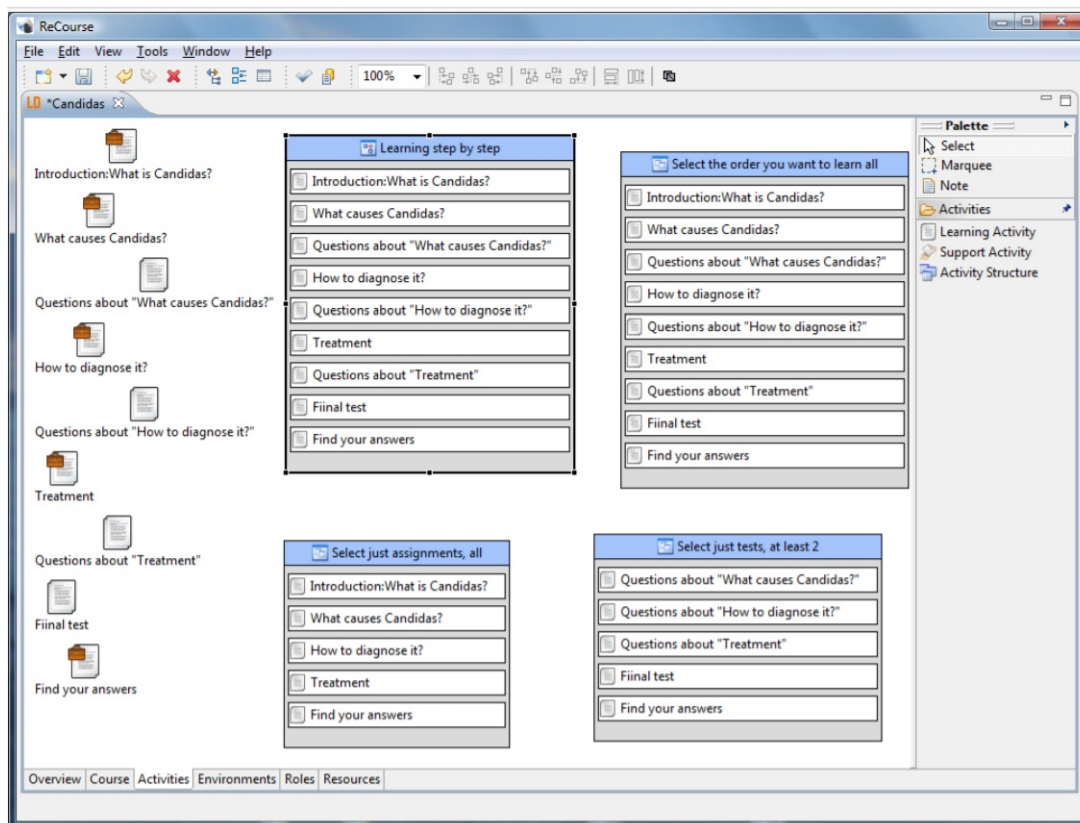


Figure 2.16 – Interface de Recourse [Griffiths et al., 2009]

II.2.5.3 CompendiumLD : un outil de conception pédagogique

Compendium LD ou CompendiumLD est un éditeur de conception pédagogique. Il a été implémenté sur la base du logiciel de cartographie et d'argumentation Compendium et peut être utilisé comme outil de conception.

Compendium LD est un outil de conception plutôt haut de gamme. Il ne générera pas de code exécutable comme MOTPlus (l'éditeur officiel de la méthode de conception MISA) ou l'éditeur ReCourse, mais il est beaucoup plus facile à utiliser. Cependant, comme les cartes de concepts peuvent être exportées sous forme de pages HTML avec un menu, il est possible d'héberger le contenu exporté sur un serveur web afin de partager la conception de l'activité d'apprentissage.

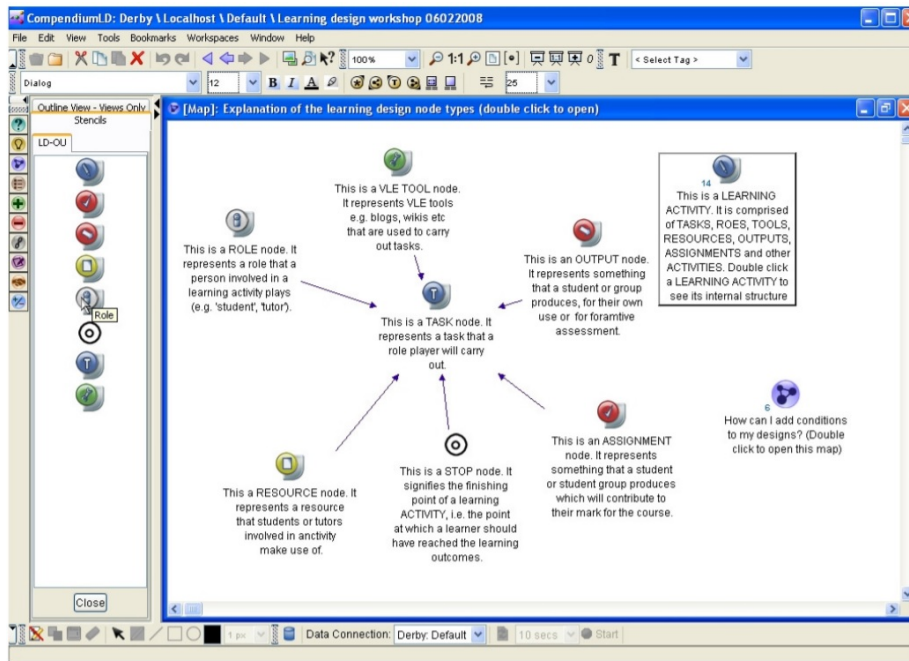


Figure 2.17 – Interface de CompendiumLD [Brasher et al., 2008]

II.2.5.4 StoryTec

StoryTec [Mehm et al., 2009] est une plate-forme auteur de jeux sérieux. Le moteur de cette plate-forme a été conçu de manière à ce qu'il fonctionne avec des plugins permettant l'extension de la plate-forme. Cependant, trois composants/plugins sont incontournables : l'éditeur de scène, la bibliothèque de ressources et l'éditeur du scénario. Ainsi, l'interface est conçue dans le but de réduire le plus possible la complexité de son utilisation. Les auteurs ont donc choisi de s'approcher le plus possible des outils standards utilisés par les enseignants tels que les outils de la suite Microsoft Office, par exemple.

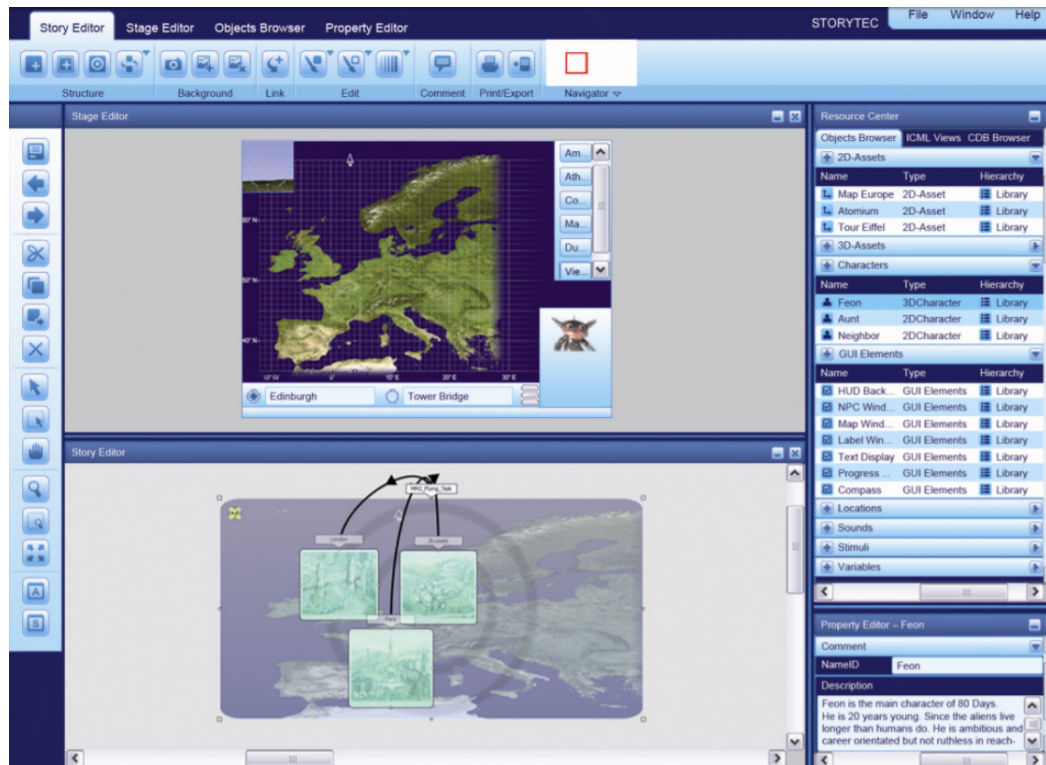


Figure 2.18 – L'interface utilisateur de StoryTec.

II.2.5.5 ITyStudio

ITyStudio est une plate-forme web de jeux sérieux qui commence à être de plus en plus utilisée dans le domaine du e-learning [Parnaudeau and Garcia, 2014, Berger et al., 2018], payante mais une durée d'essai de 15 jours est offerte. Elle permet de créer des scénarios de jeux basés surtout sur le dialogue et des questionnaires à choix multiples. Mais elle offre de multiples scènes et personnages 3D prêts à l'emploi. En outre, elle offre la possibilité d'exporter le serious game sous forme de paquetage SCORM. L'avantage majeur de cette plate-forme est sa facilité d'utilisation.

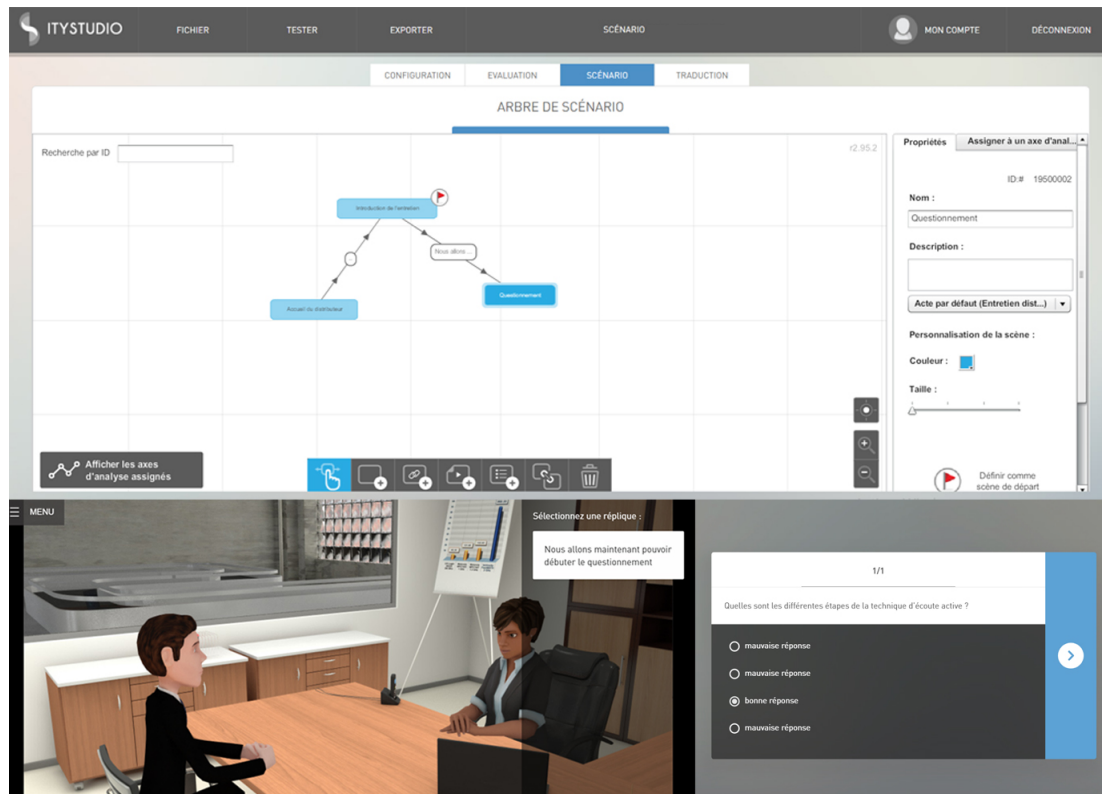


Figure 2.19 – ItyStudio : plate-forme de création de jeux sérieux

II.2.5.6 EDoS

EDoS (Environment for the Design of Serious Games) [Tran et al., 2010] est un environnement de conception de jeux sérieux basé sur 3 modèles : un modèle formel d'objectifs pédagogiques spécifiques à un domaine (compétences, connaissances et comportements), un modèle IMS-LD-SG pour formaliser les scénarios et un modèle d'interaction basé sur CTT (Concurrent Task Trees) utilisé pour formaliser les séquences d'interactions. Cet environnement fixe un cadre pour toutes les phases de réalisation du jeu sérieux, allant de la spécification du besoin du client et la formalisation des objectifs pédagogiques à l'élaboration d'un scénario multi-niveaux et à la modélisation des séquences d'interactions homme-machine (HCI) de manière structurale et formelle.

II.2.5.7 E-ADVENTURE

E-Adventure [Torrente et al., 2009] est un outil qui permet la création de jeux d'aventure éducatifs du genre « jeu d'aventure graphique » [Djaouti, 2011]. Le joueur commande son avatar et le promène dans des décors en deux dimensions en utilisant uniquement la souris.

Le joueur peut interagir avec son environnement de façon à ramasser des objets cachés sur la scène ou discuter avec les autres personnages non-joueurs (PNJ) qu'il croise.

Comme dans les outils de création de jeux les plus connus, pour créer un jeu sur e-Adventure, il s'agit de construire les scènes du jeu (le monde virtuel), les objets du

monde, les personnages et enfin les interactions et les dialogues. En ce qui concerne la création de l'interactivité dans le jeu, elle est rendue possible en définissant des règles pour chaque objet et personnage. Chaque règles contient des conditions ainsi que des actions qui seront déclenchées une fois que la condition liée est activée (par exemple : si le joueur clique sur un objet, ceci implique qu'il passera d'une scène à l'autre ou que l'objet sera ajouté dans son inventaire ou qu'une variable sera créée/modifiée ou encore cela provoquera le déclenchement d'une conversation).

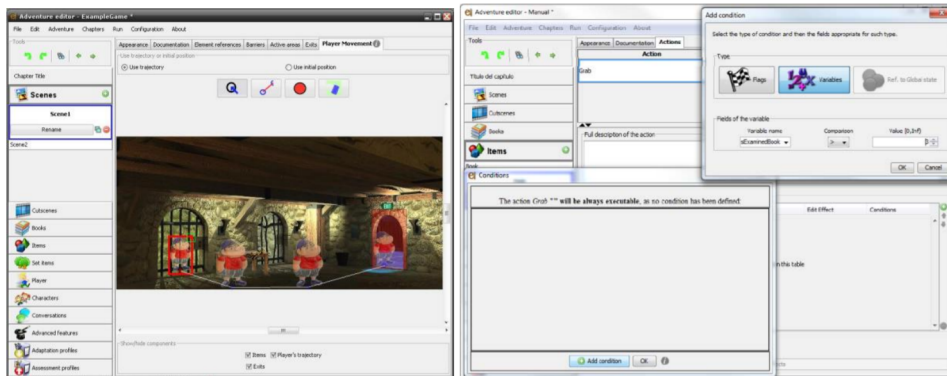


Figure 2.20 – e-Adventure éditeur de niveaux (gauche) et de règles (droite) [Djaouti, 2011].

Techniquement, e-Adventure est un outil multi-plates-formes développé en Java. Il dispose d'un moteur d'interprétation de jeux qui lui permet d'enregistrer les jeux dans des fichiers XML que le moteur de jeu est capable d'interpréter par la suite. Il dispose également d'une interface auteur permettant de créer les jeux de manière graphique. Il est donc possible d'exporter les jeux conçus sur cet outil dans un format autonome mais il est également possible de les exporter sous forme de ressources pédagogiques destinées à des LMS respectant les normes SCORM grâce au module d'adaptation de e-Adventure.

En général, les activités proposées sur les LMS comportent trois phases. En premier lieu, on trouve un questionnaire préliminaire qui permet de déterminer le niveau de connaissance préalable de l'apprenant (évaluation de type diagnostique). Ensuite, le système propose une activité d'apprentissage qui se termine par une évaluation (de type formative). Les résultats de l'évaluation sont alors enregistrés dans le système de suivi pédagogique. Ainsi, les apprenants ont à leur disposition des activités qui s'adaptent à leurs connaissances et l'enseignant peut suivre l'évolution de ses élèves en consultant les résultats de leurs évaluations [Djaouti, 2011].

Dans notre contexte, les jeux réalisés avec e-Adventure sont les plus proches de l'activité pédagogique que l'on trouve en formation professionnelle. L'outil comprend aussi un éditeur de règles permettant de créer des règles d'adaptation qui servent à évaluer des paramètres passés au jeu par le LMS après le questionnaire d'évaluation des connaissances préalables. Cela permettra au concepteur de modifier le comportement du jeu en fonction des réponses de l'apprenant. L'outil propose également un système similaire pour la création de rapports d'évaluation. La possibilité d'adapter le jeu au joueur et de pouvoir facilement définir les critères d'évaluation de sa performance, fait

de e-Adventure un outil qui se distingue des "usines à jeux" spécialisées dans la création de jeux d'aventure graphique. Il facilite considérablement l'intégration des jeux créés avec cet outil à un contexte pédagogique [Djaouti, 2011].

L'un des jeux sérieux réalisés avec e-Adventure et qui a été évalué par les chercheurs est HCT Blood Test Game [Torrente et al., 2014]. Étant donnée la rareté des exercices réels pour les nombreux étudiants de l'école de médecine (à cause du manque de temps du laboratoire et de matériel), les auteurs de e-Adventure en partenariat avec les enseignants de l'école de médecine ont créé un Serious Game pour les étudiants en seconde année de médecine à l'université Complutense de Madrid afin de simuler l'exercice de test d'un échantillon sanguin (fig. 2.21).



Figure 2.21 – Copie d'écran du jeu HCT créé sur e-Adventure [Torrente et al., 2014].

Pour l'évaluation de ce jeu, un groupe d'une vingtaine d'étudiants a pratiqué le jeu avant de réaliser l'exercice en laboratoire, alors qu'un deuxième groupe a réalisé cet exercice sans pratiquer le jeu. Sans parler du degré très positif de motivation des étudiants pendant la simulation, on remarque que les étudiants ayant joué au Serious Game avant l'exercice réel maîtrisaient mieux le protocole. D'ailleurs, il existe des situations exceptionnelles (telle que la coagulation d'un tube de sang) que le jeu permet de simuler mais qui n'apparaissent que très rarement lors de l'exercice en laboratoire... il faut pourtant préparer les étudiants à ces situations. Là encore, cela illustre l'intérêt potentiel que peuvent avoir ces approches pour notre contexte de travail particulièrement et similairement contraint.

On retient principalement de cette dernière partie, la nécessité de fournir aux formateurs des outils facilitant le développement et/ou plates-formes d'exécution qui vont simplifier non seulement la conception mais aussi la mise en œuvre d'un jeu sérieux en situation professionnelle. La richesse implique souvent la complexité mais la simplicité limite les possibilités. Notre objectif sera de garder cela en tête pour notre proposition.

II.3 Conclusion

A l'issue de cet état de l'art, nous retenons plusieurs éléments importants pour notre contexte d'étude. La création d'un jeu sérieux passe par plusieurs étapes et pour chacune de ces étapes, il est possible de se baser sur une ou plusieurs approches. Dans cet état de l'art, nous avons fait une analyse des approches (modèles et langages de conception de SG) qui peuvent servir dans différentes étapes de la conception du jeu sérieux. Pour récapituler nous nous basons sur la classification de [Marfisi-Schottman, 2012] qui regroupe ces modèles sous trois principaux objectifs :

1. **Assister la structuration pédagogique** : Cela peut être possible grâce à des langages comme IMS-LD, LAMS ou encore E2ML.
2. **Assister la conception de scénario d'activités ludiques au service de la formation** : Le moyen le plus répandu pour répondre à cet objectif est d'utiliser les techniques des game designers en entreprise et en formation initiale. Dans ce cadre [Djaouti, 2011] donne une étude des méthodes des game designers professionnellement reconnues. Ces méthodes peuvent être classifiées selon trois catégories ; les **"recettes" très générales** pour faire un bon jeu comme les ingrédients que donne [Rollings and Adams, 2006] pour concevoir un jeu ; **Les guides de bonnes pratiques** : Dans ce cadre, [Schell, 2008] propose une centaine d'angles de vue (lenses) à travers lesquels un bon game designer doit regarder pour critiquer son jeu ; **Les recueils de design pattern** qui reviennent à une forme de guide de bonnes pratiques qui ont déjà fait leurs preuves dans des jeux connus [Bjork and Holopainen, 2004] et qui sont écrit dans des langages standardisés. Certains chercheurs ont même repris des design patterns existants pour les adapter dans leurs recherches [Marne et al., 2011, Kelle et al., 2011]
3. **Faciliter la rédaction de spécifications claires pour l'équipe de développement** : En s'appuyant sur des Langages de modélisation des interactions. Dans la littérature, on trouve une multitude de langages de modélisation pour formaliser les interactions entre des acteurs humains et/ou informatisés comme les modèles CTT [Paterno, 2012], e-CoMM [Jourde, 2011], K-MADe [Baron et al., 2006]. Ces langages sont utilisés pour décrire clairement et précisément les interactions des écrans du SG. Une fois couplées à des maquettes de l'interface, ces descriptions permettent donner toutes les spécifications nécessaires à l'équipe de développement.

La complexité que génère cette segmentation au niveau du processus de création du jeu sérieux est accentuée par la complexité de mise en œuvre de certaines approches (le décalage de la métaphore théâtrale IMS-LD, MISA). D'un autre côté, les modèles cités dans l'état de l'art partent du principe de la création de jeu sérieux à partir de rien ("from scratch") or dans la plupart des cas, en formation initiale comme en formation professionnelle, on parle d'une formation classique existante qu'on souhaite ludifier.

Élément de Synthèse 1

A la fois, grâce à l'étude des approches LOM/SCORM et le fait que les formateurs des projets liés à ce travail nous disent tous posséder déjà un "existant", nous identifions le concept de **Ressource** comme un élément connu, important voire pivot pour notre approche

Pour le formateur, nous relevons également plusieurs difficultés empêchant ce dernier d'adopter ces nouvelles pédagogies. En effet, la démarche de ludification est souvent présentée comme la création d'un scénario de jeu construit autour d'un joueur, un monde virtuel et une mission ou des activités proposés au joueur. Or, dans la plupart des cas qui nous concernent, la formation est déjà existante et le besoin du formateur (non spécialiste de la démarche ou des concepts liés au jeu) consiste à introduire de l'innovation et du jeu dans la formation afin de bénéficier des avantages du serious game notamment la motivation.

Ensuite le plan financier reste un principal critère orientant le choix non seulement des universités mais aussi des entreprises, d'où le besoin des formateurs/enseignants d'aller progressivement vers les nouvelles pédagogies testées.

Élément de synthèse 2

Pour cela, nous allons proposer une approche dite légère qui permet de mettre en place une transformation partielle et progressive : **LGA (Light Gamification Approach)**. En partant du principe que le formateur dispose déjà d'un support de formation, nous considérons que dans la plupart des cas le processus de ludification est plus un processus de transformation qu'un processus de création.

Les éléments que nous reprenons ou dont nous nous inspirons à partir de l'état de l'art que nous venons de voir sont donc orientés par cette logique de transformation.

Enfin, troisième élément que nous retirons de cet état de l'art. Le modèle et la méthodologie doivent être accompagnés d'outils/ plates-formes aidant la mise en œuvre du jeu sérieux.

Élément de synthèse 3

Il est fondamental d'accompagner la modélisation avec des outils d'opérationnalisation de la formation ludifiée pour, notamment orchestrer l'enchaînement des activités ludo-pédagogiques : **Définition et Conception d'un environnement de conception et d'exécution de jeu sérieux** soutenant la méthode proposée en amont ou en parallèle.

Dans le chapitre qui suit, nous présentons la démarche que nous proposons et qui sera ensuite soutenue par un environnement de développement et d'exécution et appuyée par des expérimentations faites en collaboration avec des partenaires de projet.

Chapitre III

**Proposition d'une démarche duale
pour la ludification : modélisation
centrée sur les ressources et cadre de
formalisation scénaristique**

III.1 Introduction

Le projet porteur de cette thèse orienté vers la formation en entreprise s'inscrit également dans la continuité des expériences menées dans des filières de formation sur les IUT de Lyon 1 et de Chambéry [Carron et al., 2008] [Pernelle et al., 2012b] [Carron et al., 2013] et peut sur un certain nombre de plans être étendu au domaine de la formation initiale. Ces filières visent une intégration courte et rapide dans le monde du travail. Dans le cadre des échanges avec les différents formateurs du projet et de différentes expériences menées depuis plusieurs années dans ces deux IUT, nous constatons là aussi, aisément un écart entre les souhaits des enseignants et les mises en œuvre effectives de scénarios ludiques au sein des modules de formation. Finalement, le déploiement de jeux sérieux reste relativement marginal alors qu'un certain nombre de formateurs souhaiterait tester ces nouvelles pédagogies. Ce phénomène n'est d'ailleurs pas limité au jeu sérieux, on trouve les mêmes difficultés pour la plupart des innovations pédagogiques (le principe de classes inversées, l'utilisation de boîtiers de vote, utilisation de tables tactiles...).

Le travail initial pour créer un scénario de jeu sérieux qui a été réalisé avec ces différents formateurs, a fait apparaître (et été confirmé par les échanges que nous avons eus avec eux) qu'il est difficile de construire un scénario ludique équilibré. En effet, la difficulté pour eux est de s'abstraire de leur domaine de compétences pour se projeter dans un monde onirique où l'apprenant devient un joueur et le formateur, un maître de jeu. De plus, il reste les difficultés structurelles liés à l'entreprise que nous avons identifiées précédemment.

Orientation

Nous avons donc décidé de nous appuyer sur ce que les formateurs maîtrisent et identifient parfaitement que l'on va appeler de manière générique "**ressource**" et proposer un cadre méthodologique pour les utiliser, les orchestrer dans un environnement de jeu sérieux.

Ainsi, indépendamment des résistances aux changements qui peuvent exister dans la communauté éducative comme dans bien d'autres domaines, il existe pour les personnes qui seraient prêtes à franchir le pas, un certain nombre de freins qui ne facilitent pas l'appropriation de ces nouvelles pédagogies par les formateurs. Il faut reconnaître que le processus de ludification est souvent présenté comme une démarche de modélisation scénaristique. Certes, la création d'un modèle est nécessaire, mais nous pensons qu'il convient d'aborder autrement la démarche de ludification pour plusieurs raisons :

1. En premier lieu, beaucoup de modèles de scénarisation de jeux sérieux reviennent à décrire les activités du personnage-joueur et ses interactions avec le monde onirique dans lequel il évolue. Ils sont globalement basés sur une décomposition par activités ou par objectifs comme nous l'avons vu dans l'état de l'art. Ils ont montré une certaine efficacité dans la mesure où le scénario est construit en partie par un concepteur aidé par un expert du domaine. Or, il est à noter que dans la plupart des cas, les formateurs intéressés par la mise en place de ce type d'innovation possèdent déjà un existant (support de cours, exercice, etc.). Les cas de création

"from scratch" sont assez rares. D'autant plus qu'avec le développement des LMS au sein des établissements d'enseignement (ou des intranets dans le monde de l'entreprise), un certain nombre d'entre eux a déjà fait l'effort de transformer leurs supports dans ces environnements.

2. Un second point est la volonté des enseignants d'aller de manière progressive vers ces nouvelles pédagogies et de pouvoir expérimenter tout en maîtrisant les coûts (coûts financiers, temporels). La question des moyens reste d'autant importante que beaucoup d'universités ont déjà investi dans la mise en place de plates-formes LMS comme Moodle ou Claroline.

Ce que l'on vient de voir concerne principalement le domaine de l'éducation mais on retrouve les mêmes freins dans le contexte de la formation professionnelle complétés par des éléments contextuels (contraintes de temps, de matériel, accès aux machines, normes de sécurité, "volatilité" et hétérogénéité des publics avec l'utilisation d'intérimaires...). D'ailleurs, les expériences que nous avons menées avec des infirmières et des opérateurs de l'industrie (comme le décrivons ensuite dans le chapitre V dédié aux expérimentations) nous ont montré que les formateurs avaient les mêmes difficultés à intégrer de nouvelles pédagogies dans leurs formations.

Les modèles présentés en état de l'art permettent de décrire la plupart des situations permettant d'amener à une ludification d'un processus d'apprentissage, mais ils n'apportent que peu de garanties au regard des spécificités que nous avons identifiées en section 1.3. Ils permettent de mettre en œuvre des jeux sérieux dans le cadre d'un projet où vont intervenir plusieurs formateurs et plusieurs experts mais ils restent complexes dans leurs usages et ne répondent pas aux besoins des formateurs qui recherchent une approche de découverte de ces nouveaux environnements. On peut donc considérer que les modèles existants n'apportent pas de réponses spécifiques aux difficultés de la ludification en milieu professionnel, ou plus exactement aux deux types de difficultés suivantes :

1. Les difficultés liées aux formateurs pour transformer leurs formations existantes en intégrant petit à petit des innovations comme les jeux sérieux.
2. Les difficultés liées au contexte même de la formation en entreprise que nous avons identifiées en section 1.3 (hétérogénéité, contraintes temporelles, etc.).

En effet l'approche qui s'intéresse le plus aux préoccupations de l'enseignant est celle de Marne, donc on va tenter de la décliner dans notre contexte en simplifiant cette fois-ci non pas les étapes de conception mais les ressources en offrant une vision décomposée par facettes. La proposition décrite dans ce chapitre vise à apporter des réponses pour palier le manque d'efficacité des modèles existants dans un contexte de ludification de formation existante. Elle est décrite dans les sections suivantes et est basée sur une double approche : d'une part, sur une approche de modélisation spécifique de certaines ressources et d'autre part, sur une approche méthodologique de transformation d'une formation existante.

Dans ce chapitre, nous décrivons donc une approche duale de ludification d'un module de formation, basée sur un modèle de Ressources Multi-Facettes (RMF) et un processus de construction itératif léger. Comme nous l'avons indiqué précédemment, l'inconvénient des approches existantes, est que dans la plupart des cas, le formateur

n'a pas d'idée précise du scénario "ludique" qu'il veut mettre en œuvre.

Orientation

Notre approche vise donc à aider le formateur à définir progressivement le scénario de jeu adapté au contenu de sa formation. Le concept de RMF (MFR en anglais [Abed et al., 2016b]) que nous allons présenter maintenant permet justement de caractériser une ressource importante du module sans décrire précisément le scénario d'usage.

III.2 Concept de Ressource Multi-Facettes

Nous définissons une RMF comme *un artefact conceptuel permettant de définir la structure et l'usage d'un objet (théorique, technologique, ludique, pédagogique, ...)* dans un contexte qui n'est pas son contexte d'origine. Plus formellement, une RMF est constituée de vues/facettes qui correspondent à des regroupements cohérents d'éléments descriptifs et de protocoles. Pour les différentes expérimentations que nous avons mises en œuvre, nous avons commencé par modéliser une RMF minimale dont les modèles sont présentés ci-dessous et répartis en trois catégories :

- un modèle structurel (Figure 3.1¹)
- un modèle d'usage (Figure 3.4)
- un modèle de configuration (Figure 3.5)

III.2.1 Modèle structurel - RMF

Le premier modèle (Figure 3.1) définit la dimension structurelle d'une RMF. C'est le modèle structurel de base que nous avons utilisé pour nos expérimentations en utilisant quatre facettes².

1. La plupart des modèles sont présentés en anglais car l'implémentation et les exemples issus de l'implémentation qui vont être donnés dans ce chapitre le sont. L'objectif est de faciliter la compréhension du lecteur lors du passage "modèle" à "instanciation".

2. Nous sommes conscients qu'une ressource multi-facettes peut être composée de facettes elles-mêmes composées de ressources et que cela peut être perturbant pour la compréhension. Le niveau le plus élémentaire pourrait ainsi être appelé composant ou outil mais dans le domaine de la formation, le terme "ressource pédagogique" est très couramment utilisé et nous avons choisi de le garder pour cette raison.

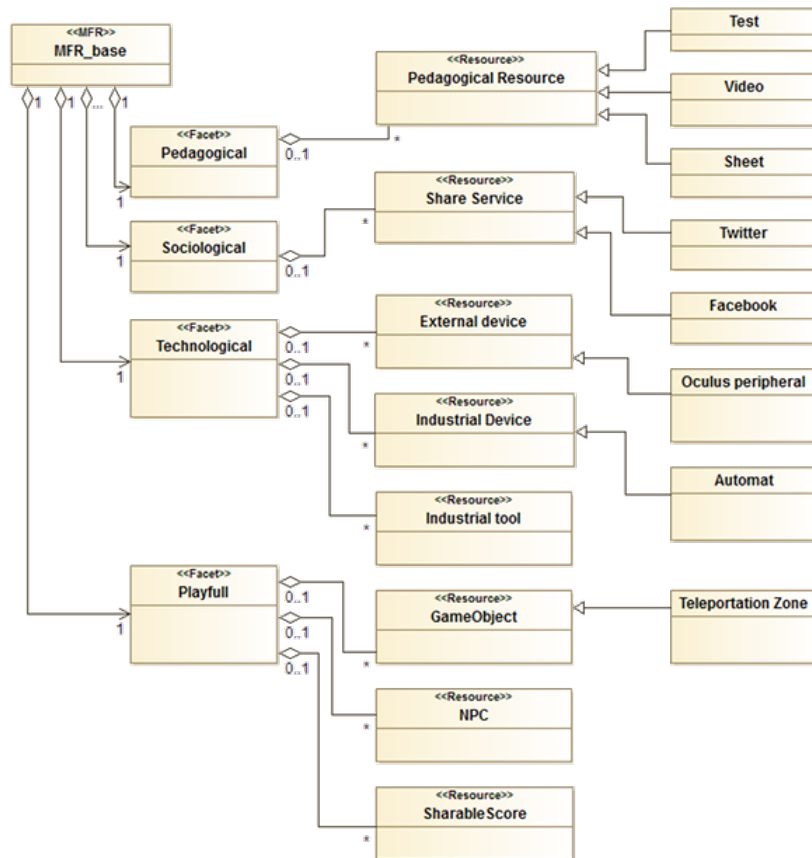


Figure 3.1 – Modèle structurel d'une RMF

Sans chercher à être exhaustif, nous avons identifié quelques types de facettes standards :

La facette pédagogique regroupe l'ensemble des ressources pédagogiques mis à disposition dans le cadre d'un scénario ludique. Ces ressources sont généralement accessibles depuis une plate-forme de e-learning. Ces plates-formes sont essentielles dans le suivi de l'apprenant et dans la mise en œuvre de parcours de formation. Elles doivent permettre aux formateurs et aux apprenants de disposer de contenus pédagogiques.

La facette technologique englobe à la fois les équipements industriels (automate, robot, logiciels métiers) et des périphériques externes (réalité virtuelle, Kinect, objet connecté) pour interagir avec le jeu. Les objets technologiques permettent un support effectif complémentaire à une activité d'apprentissage. Suivant leur nature, ils permettent une plus grande immersion (casque de réalité virtuelle, sons, etc.), un travail collaboratif par groupe (table tactile, etc.).

La facette sociale permet au joueur de pouvoir partager son état actuel dans le parcours de jeu au sein des réseaux sociaux. Les réseaux sociaux sont de plus en plus utilisés dans les pratiques personnelles et professionnelles par les nouvelles générations des jeunes adultes. Ils peuvent contribuer à un partage de connaissances et favoriser la motivation au sein d'un groupe. En outre, nous pensons qu'ils contribuent au processus d'apprentissage de nos jours.

La facette ludique regroupe les éléments qui possèdent une représentation dans le jeu sérieux (objets 3D, PNJ, etc.). On pourra également retrouver ici les concepts liés au gameplay (ressorts ludiques, règles de jeu, principes de progression).

Pour les ressources pédagogiques de la facette "pédagogique", nous avons limité aux QCMs, aux documents et aux vidéos dans la mesure où ces objets sont présents dans toutes les plates-formes de type LMS. Nous considérons que les QCMs sont un moyen efficace pour la validation des compétences même s'ils sont connus pour réduire l'aspect immersif du jeu sérieux.

Pour les services de partage de la facette "sociale", nous avons considéré les réseaux sociaux Twitter et Facebook. Comme nous l'avons dit, ces réseaux sociaux sont très prisés par les nouvelles générations d'apprenants, ils n'hésitent pas à y poster toutes leurs activités afin de recevoir des réactions de leurs « followers » ce qui peut générer de la compétition et donc de la motivation.

Pour la facette technologique, nous avons séparé les outils logiciels « métier » des équipements industriels. Ces ressources sont indispensables dans les formations professionnelles en lien avec une activité industrielle. Dans la facette technologique, nous avons également identifié les périphériques spécifiques qui pourront être utilisés selon le contexte de la formation (manettes USB pour la formation d'un opérateur de pont roulant, clavier/souris pour infirmières).

Enfin, pour la facette ludique, nous avons quelques éléments inspirés des environnements de développement de jeu : le "gameObject" est un objet possédant une représentation dans le jeu (cela inclut tous les objets du décor), le Personnage Non-Joueur (PNJ) est lui aussi indispensable dans les interactions avec le joueur ou pour la simulation d'un cas pratique, et enfin les indicateurs de jeu qui suscitent la motivation du joueur (niveau de vie, récompenses, etc.).

A titre d'exemples, voici deux de ces formalisations de RMF représentées et implémentées sous forme d'une structure JSON pour nos expérimentations en utilisant ces quatre facettes. Il est à noter que ce format léger et facilement lisible est destiné à faciliter les échanges. Il est concrètement utilisé par un environnement de création de jeux sérieux que nous avons développé et qui sera présenté dans le chapitre suivant. L'approche est volontairement déclarative afin de pouvoir être adaptée, enrichie en fonction des besoins et des contextes spécifiques.

1. La première RMF (cf. figure 3.2) s'appuie sur ce modèle structurel de base et présente une ressource sur les transformées de Laplace et est utilisée dans un module d'asservissement (cf. tableau 5.5 dans le chapitre sur les expérimentations). La facette pédagogique contient deux liens, l'un vers un QCM, l'autre vers une vidéo. Ils pointent tous les deux vers la plate-forme LMS. La facette ludique est composée d'un PNJ avec un dialogue et plusieurs "Game Objects" à trouver.

```

{
  "idMFR": "6ef6c640-0881-...",
  "description": "Laplace transforms",
  "facets": [
    {
      "facet": "pedagogical",
      "resources": [
        {
          "idResource": "1531742",
          "name": "Explain about LT",
          "type": "video",
          "url": "https://.../file/1531742"
        },
        {
          "idResource": "1531639",
          "name": "summary sheet",
          "type": "pdf",
          "url": "https://.../file/1531639"
        }
      ]
    },
    {
      "facet": "playfull",
      "resources": [
        {
          "idResource": "150b3260-a7e3",
          "name": "Eric",
          "type": "NPC",
          "asset": ".../Character/Eric.prefab"
        }
      ]
    }
  ]
}

```

Figure 3.2 – Extrait d'une RMF dans un format JSON

2. La deuxième RMF (cf. figure 3.3) présente un capteur de température couplé sur un module Arduino et utilisé dans un module de mesures physiques (voir tableau 5.5). La facette technologique contient les éléments d'accès à un montage spécifique (capteur ARDUINO + shield ethernet). La facette ludique contient un *Game Object* représentant le capteur qui pourra ainsi être manipulé dans l'environnement de jeu. La facette pédagogique contient différentes vidéos et un télé-tp permettant d'accéder physiquement à un capteur en ligne ainsi qu'à une webcam.

```

{
  "idMFR": "95473b98-e73d-4...",
  "description": "temperature sensor",
  "facets": [
    {
      "facet": "technological",
      "resources": [
        {
          "idResource": "5229a370-a7e8",
          "name": "temperature sensor Arduino",
          "type": "video",
          "url": "http://134...13",
          "watch": "rtsp://134...14:554/play1.sdp"
        }
      ]
    },
    {
      "facet": "playfull",
      "resources": [
        {
          "idResource": "daa6f702-a7e8",
          "name": "Sensor",
          "type": "GameObject",
          "asset": ".../objects/sensor.fbx"
        }
      ]
    },
    {
      "facet": "pedagogical",
      "resources": [
        {
          "idResource": "4",
          "name": "TP",
          "type": "remoteLaboratory",
          "url": "http://..remoteLaboratory/4/"
        }
      ]
    }
  ]
}

```

Figure 3.3 – Extrait d'une RMF dans un format JSON (capteur de température)

Chaque facette est destinée, de fait, à être exploitée par le système adéquat et les propriétés associées sont donc spécifiques. Pour autant, ce premier modèle a vocation à décrire la structure des données liées aux facettes, pas leur usage ou leurs interactions. La section suivante décrit le modèle d'usage d'une RMF.

III.2.2 Modèle d'usage - RMF

La figure suivante (Figure 3.4) décrit le modèle des liens d'usage de ces facettes. Ces liens sont importants car ils permettent de décrire les usages entre les facettes dans la mesure où ils sont porteurs d'une sémantique propre. Ainsi les liens ont vocation à caractériser les dépendances entre les éléments génériques des différentes facettes. Ils sont systématiquement associés à deux ressources³ (from, to) issues généralement de deux facettes différentes. Nous avons identifié et défini cinq types de liens :

- le lien **EvaluationLink** permet de lier une ressource quelconque à une évaluation pédagogique.
- le lien **UsualLink** permet de lier une ressource/composant/outil quelconque à sa représentation 3D dans le jeu.

3. au sens "composant élémentaire", outil, contenu

- le lien **ModelingLink** permet de lier une ressource/composant/outil externe à un modèle de simulation dans le jeu.
- le lien **NotificationLink** permet de créer un canal de notification entre deux éléments comme par exemple, une valeur, un résultat, un score et un objet 3D du jeu, un indicateur visuel, auditif.
- le lien **SocialLink** permet de lier un canal de notification/information ou d'échange avec un compte d'un réseau social.

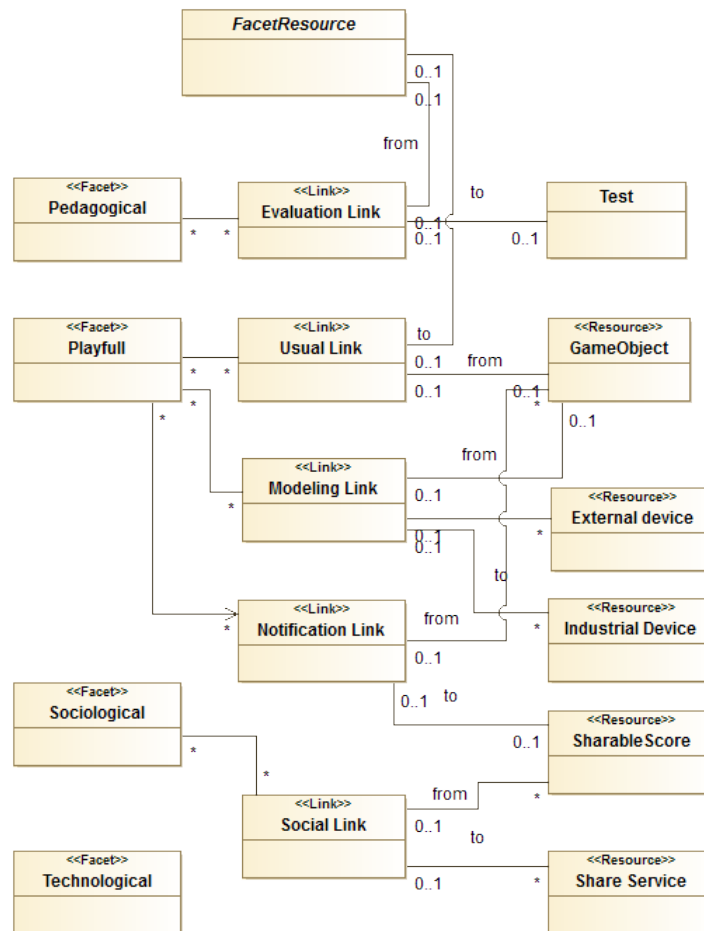


Figure 3.4 – Structure d'une Ressource Multi-Facettes (RMF)

La structure de lien est spécialisée par des classes possédant une sémantique et des associations spécifiques. Citons, à titre d'exemple, le "lien usuel" qui va caractériser une association entre un objet3D dans le jeu (par exemple un cube flottant dans l'air avec des points d'interrogation sur ces faces) et un élément d'une autre facette (par exemple un qcm dans une plate-forme de e-learning). Le lien "Modeling Link" est plus spécifique et caractérise une association entre un périphérique externe ou un équipement et un objet dynamique dans le jeu (animé ou simulé).

III.2.3 Modèle de configuration

Le troisième modèle (voir figure 3.5) est utilisé pour configurer les facettes ou les ressources quand cela est nécessaire :

- la configuration **LMS Configuration** permet de configurer les paramètres de connexion à un LMS. Cette configuration permet notamment de définir les mécanismes d'authentification entre les environnements.
- la configuration **Game Configuration** permet de configurer les éléments du scénario de jeu.
- les configurations **Device Parameter** et **Tool Parameter** permettent de configurer les accès à des périphériques externes ou à des logiciels externes.
- la configuration **Business Rules** permet de configurer des règles "métier" qui sont un élément fondamental et bien spécifique au monde professionnel.

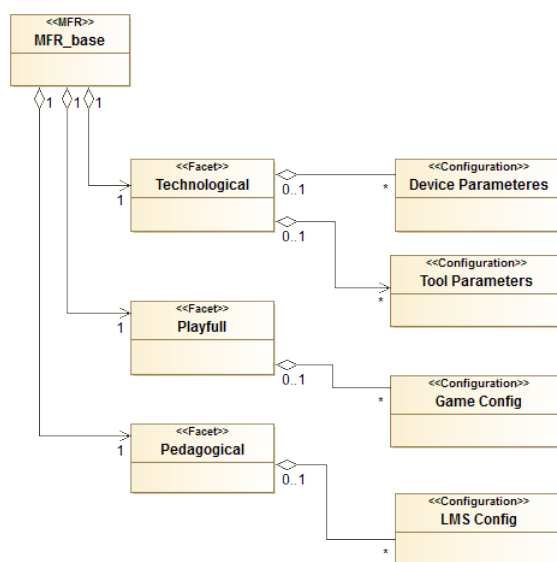


Figure 3.5 – Modèle de configuration d'une Ressource Multi-Facettes (RMF)

A propos des règles "métier" Comme on l'a vu dans le modèle de configuration, il ne s'agit pas de configurer uniquement les aspects techniques, il s'agit aussi de configurer des règles métier. Dans le cadre d'un scénario de jeu, il est assez courant que l'environnement dans lequel le joueur évolue, intègre des phases de simulation qui correspondent à une action métier. Pour illustrer notre propos, même si nous décrivons plus en détail des règles métier dans le chapitre V, nous pouvons citer : la simulation de l'hygiène des mains pour des infirmières ou le déplacement sur un site industriel, ou encore les EPI (Équipements de Protection Individuelle) que l'on retrouve dans nos deux contextes d'application, etc.

Quelque soit le type de jeu (2D ou 3D), le monde onirique ou plutôt réaliste du jeu est composé de deux types d'objets : les objets inactifs qui font partie du décor et les objets dynamiques/interactifs qui s'affichent dans l'environnement selon le scénario du jeu. Ces derniers ont un rôle précis dans le scénario (communiquer des instructions au joueur, téléporter le joueur dans un nouveau décor, mettre le joueur à l'épreuve, etc.).

Nous définissons les règles métier comme les implications des interactions entre un joueur-apprenant et l'environnement de jeu en lien avec un domaine de formation donné. Une règle métier est une réponse cohérente identifiable (en terme de conséquence métier) à une interaction (cf. Figure 3.6 pour le modèle correspondant). Les règles métier ont vocation à simuler les pratiques professionnelles d'un domaine.

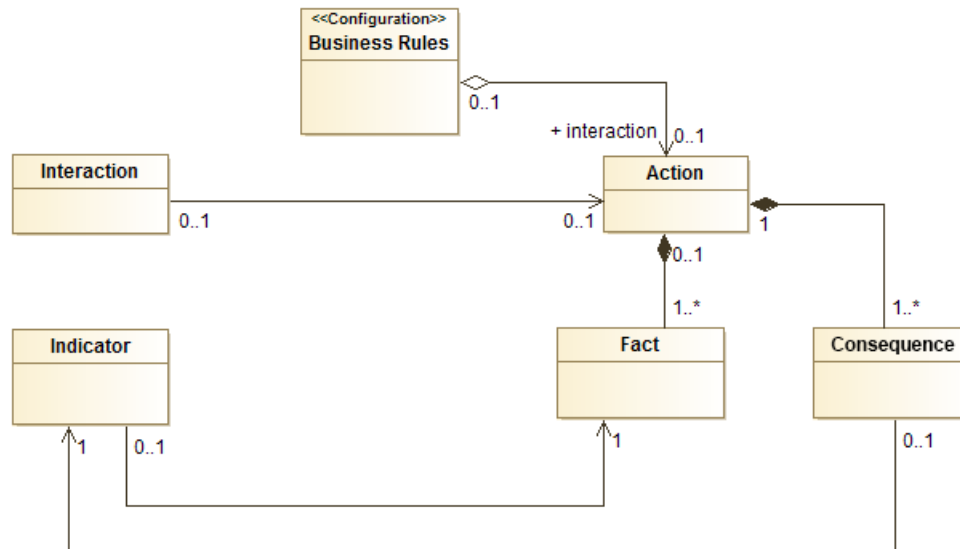


Figure 3.6 – Application des règles d'évaluation

Les interactions du joueur avec les objets (quels qu'ils soient : statiques - permanents- ou dynamiques - apparaissant de manière opportune -) peuvent être évaluées afin de récompenser ou sanctionner le joueur. Pour cela, les interactions sont formulées sous forme d'actions dans une base de règles également écrite en langage JSON.

Une "Action" représente une interaction du joueur avec les objets du monde virtuel du jeu. Par exemple dans le domaine médical : un clic sur un virus pour l'éliminer, une entrée dans une zone sans avoir mis un masque, une entrée dans une zone prohibée, une réponse fautive à un test, etc.

Ainsi, chaque action répertoriée dans la base des règles implique la vérification et la modification de certains indicateurs du jeu. Plusieurs conséquences (élément "Consequence") sont appliquées en fonction de l'état courant d'un ensemble d'indicateurs répertoriés sous un élément "Fact". Au moment de l'action, les "Facts" correspondent avec les valeurs actuelles des indicateurs et les conséquences font donc varier de façon positive ou négative les valeurs des indicateurs à l'issue de l'action. En l'occurrence, les valeurs qui apparaissent dans les exemples de la figure 3.7 sont issues des discussions avec les formateurs qui ont choisi de configurer la RMF avec ces valeurs.

```

"Actions": [
  {
    "Label": "friction SHA",
    "Explication": "Friction des mains avec une solution
hydro-alcoolique",
    "DetailExplication": "La friction des mains avec une
solution hydro-alcoolique permet une désinfection sauf
si les mains sont souillées (dans ce cas, c'est une
mauvaise pratique) ",
    "Address": "@1",
    "Indicators": [
      { "Facts": [{
        "Label": "Mains",
        "Value": "100"
      }],
      "Consequences": [{
        "Label": "Mains",
        "Value": "100"
      }]
    },
    { "Facts": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "50"
    }],
      "Consequences": [{
        "Label": "Mains",
        "Value": "100"
      }],
      { "Label": "Germes",
        "Value": "-20"
      }
    }],
    { "Facts": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "0",
      "Explication": "Après contact avec liquide
biologique sans gant, friction des mains
non efficace",
    }],
      "Consequences": [{
        "Label": "Mains",
        "Value": "50"
      }],
      { "Label": "Pratiques",
        "Value": "0"
      }
    }
  ]
]

```

Figure 3.7 – Exemple de configuration d'une règle

Si l'on prend un peu de recul, nous pensons que l'un des intérêts de cette approche par facette, réside dans les possibilités d'extension, voire d'affinage des représentations pour se positionner au niveau d'abstraction de l'utilisateur. L'objectif est donc d'aider le formateur à identifier des "gros grains" (en regroupant/encapsulant autour de "l'existant" (cours, exercices, etc.) des éléments qui pourront être utilisés dans un contexte étendu au jeu sérieux)⁴.

III.2.4 Tentative d'abstraction vers un méta-modèle

Nous avons vu que nous avons créé un concept de RMF dont le modèle à 4 facettes a pu être utilisé dans le cadre de nos contextes d'application et, comme nous le verrons ensuite, expérimenté de manière satisfaisante en situation réelle que ce soit dans la formation professionnelle ou dans la formation initiale. Cependant, on imagine aisément que ce modèle peut être décliné en de nombreux autres modèles de RMF suivant les besoins, les contextes ou les évolutions spécifiques du monde professionnel qui peuvent apparaître dans l'avenir. Plutôt que proposer quelques déclinaisons pertinentes de RMF, nous avons tenté d'abstraire encore le modèle et de proposer un *méta-modèle de RMF*. La figure suivante (Figure 3.8) décrit le méta-modèle d'une RMF.

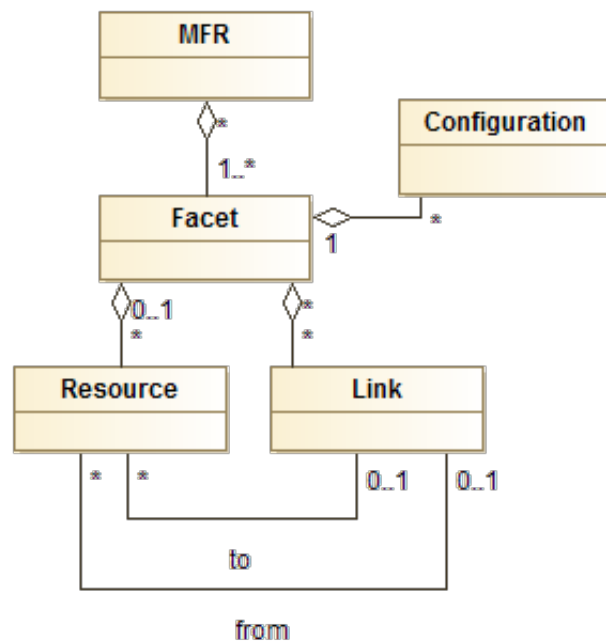


Figure 3.8 – Meta-model of Multi-Facet Resource (MFR)

Ce méta-modèle permet donc de définir un ensemble de modèles structurant de ressources qui puisse s'adapter aux besoins de regrouper des données pour réaliser des scénarios ludiques. Le choix de proposer un méta-modèle plutôt qu'un modèle est motivé par la volonté de décomplexifier la construction des ressources en maintenant des

4. A titre d'exemple, dans le contexte médical, l'hygiène des mains a été identifiée comme un "concept clé" et une RMF "hygiène des mains" a été ainsi définie

capacités de transformation qui sont indispensables dans un contexte d'interopérabilité des plates-formes technologiques.

Ainsi, le méta-modèle va permettre de créer des modèles conformes adaptés à un domaine spécifique. Les principaux éléments du méta-modèle sont :

- les facettes doivent permettre de décrire la structure et les modes d'usages des éléments par une sémantique des liens associés. Elles caractérisent un contexte de regroupement ou de vue cohérente,
- les ressources (au sens composants plus élémentaires/outils) sont les éléments constitutifs d'une facette. Elles sont définies par un identifiant unique et regroupent un ensemble de propriétés,
- les liens permettent de décrire les usages et les interactions entre les ressources d'une même facette ou entre deux facettes différentes,
- les configurations permettent de paramétrer la configuration des facettes ou de certaines ressources complexes.

Ce méta-modèle permet de construire des modèles de RMF qui seront par la suite instanciés (par exemple, sous la forme d'une structure JSON comme montré ci-dessus).

A présent que nous avons les constituants de base, nous allons nous pencher sur l'orchestration de ces différents éléments afin de transformer un cours existant en un processus ludique.

III.3 Approche méthodologique de ludification : LGA

Comme nous l'avons indiqué en introduction, les expériences réalisées dans le cadre de la formation professionnelle ou initiale ont montré que l'un des problèmes pour la diffusion de ces nouvelles approches est d'ordre méthodologique. La mise en place d'un jeu sérieux implique la création d'un scénario qui nécessite une certaine expertise. De plus, les formateurs ont rarement une idée précise du scénario à mettre en place.

Au vu de ces éléments, nous avons opté pour une approche dite légère dont la caractéristique principale consiste à mettre en place une transformation partielle et progressive : **LGA (Light Gamification Approach)**

L'approche légère que nous proposons s'appuie sur le postulat que les formateurs disposent d'un existant (cours , TD, TP ou un simple enchaînement d'activités d'apprentissage). Ceci est vrai dans la grande majorité des cas, que ce soit en formation initiale ou en formation continue. De fait, le processus de ludification n'est pas un processus de création mais bien un processus de transformation.

Nous avons choisi de formaliser notre processus de ludification avec le langage BPMN, bien connu dans l'industrie. En effet, BPMN est un langage de description et d'exécution de processus métier conçu de manière à ce que tous les acteurs du processus puissent comprendre et suivre l'ensemble du processus.

Nous avons conçu LGA comme un processus de ludification (ou gamification issu de l'anglais) structuré autour de quatre sous-processus (Figure 3.9).

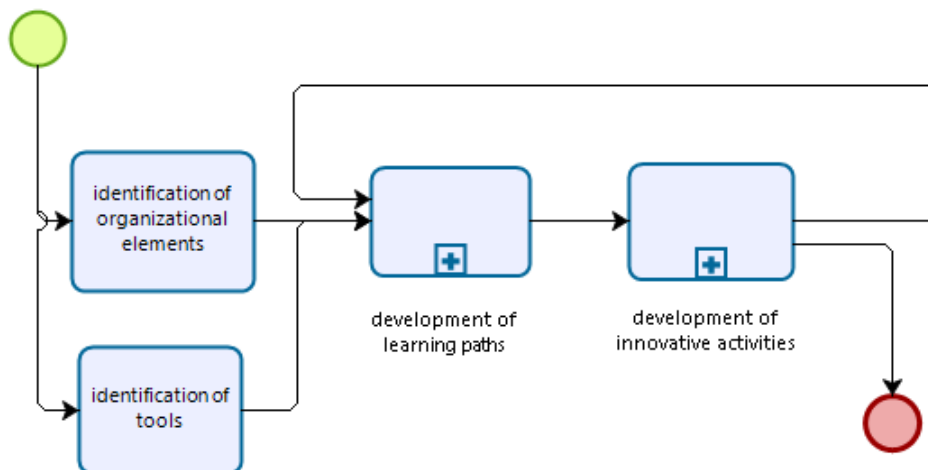


Figure 3.9 – Démarche méthodologique globale de gamification

III.3.1 Les acteurs de la LGA

Avant de décrire les tâches, il convient de caractériser les acteurs intervenant dans ce processus. Quatre types d'acteur ont été identifiés :

Le formateur est une personne qui possède une expertise, un savoir ou un savoir-faire dans un domaine et dont le rôle est de le transmettre à un groupe d'apprenant.

L'apprenant est une personne qui souhaite acquérir des savoirs ou des compétences dans un domaine.

Le conseiller/concepteur est une personne qui possède une expertise en lien avec l'innovation pédagogique qui est là pour accompagner le formateur dans le processus de scénarisation⁵.

L'administrateur est une personne ou une structure organisationnelle (par exemple, une DSI) qui met en place les moyens de la transmission de ces savoirs. Ces moyens peuvent être matériels ou logiciels.

Le diagramme suivant (cf. Fig. 3.10) modélise ces acteurs et les cas d'usage concernant chacun de ces acteurs.

III.3.2 Les tâches d'initialisation de la LGA

Les deux tâches initiales ou les 2 premiers sous-processus (Figure 3.9) doivent permettre d'identifier les éléments organisationnels (organisation des séances présentielles et distancielles) ainsi que les outils innovants à utiliser (jeux sérieux, outils collaboratifs, etc.). Ces deux tâches caractérisent ainsi le contexte du module de formation que le formateur souhaite mettre en œuvre. Nous considérons que les éléments organisationnels relèvent du formateur alors que la détermination des outils innovants qui peuvent être utilisés relève plutôt du concepteur (cf. à gauche Fig. 3.10).

5. Idéalement, nous aurions aimé être en mesure de fournir une solution "clé en main" et rendre le formateur suffisamment autonome pour pouvoir se passer de ce rôle mais il faut reconnaître que même d'un point de vue opérationnel, sa présence est actuellement requise.

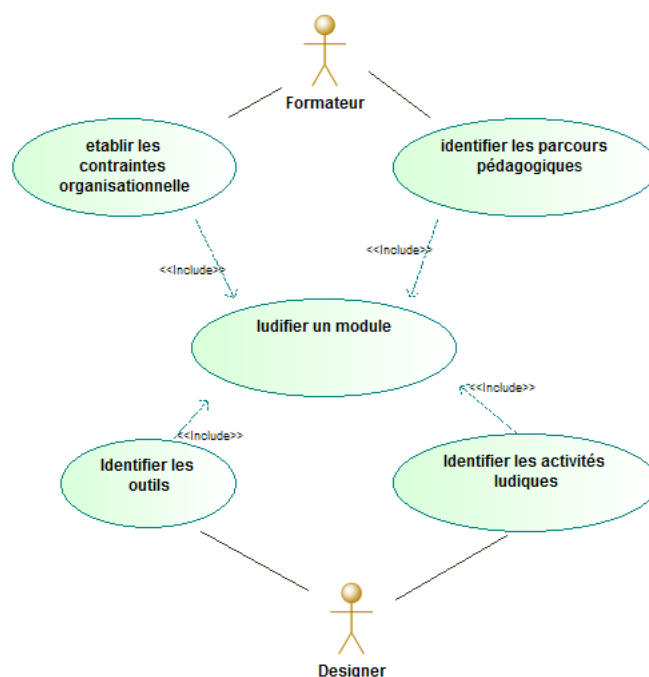


Figure 3.10 – Cas d'usage des deux principaux acteurs de la LGA

Critère	Valeur/Unité	Description
Type	FI, FC, FTLV, MOOC, SPOC	type de formation (formation initiale, continue, etc.)
Durée	heure/jour	durée totale prévue du module
Taux présentiel	pourcentage	pourcentage du temps en présentiel
Nb de séances	nombre	nb de séances pour le module
Niveau min	L, M, D, RNCP	niveau concerné
Niveau max	L, M, D, RNCP	niveau concerné

Tableau 3.1 – Exemples de contraintes contextuelles sur le module pédagogique

Pour la première tâche, les éléments identifiés peuvent être finalement considérés comme des contraintes contextuelles qui permettent de borner le cadre du module de formation. Le tableau suivant (tab. 3.1)⁶ présente un exemple de ces contraintes organisationnelles avec éventuellement des adaptations pour le contexte. Par exemple, la formation professionnelle identifie plutôt des jours de formation alors que la formation initiale raisonne en heures.

Pour la seconde tâche (toujours à gauche sur la fig. 3.10), les éléments identifiés sont les outils qui vont permettre de mettre en œuvre un contexte innovant. Cette tâche est naturellement dépendante de la gestion de l'infrastructure informatique et du système d'information dont disposent les formateurs.

6. FTLV : formation tout au long de la vie ; SPOC : Small and Private Open Courses

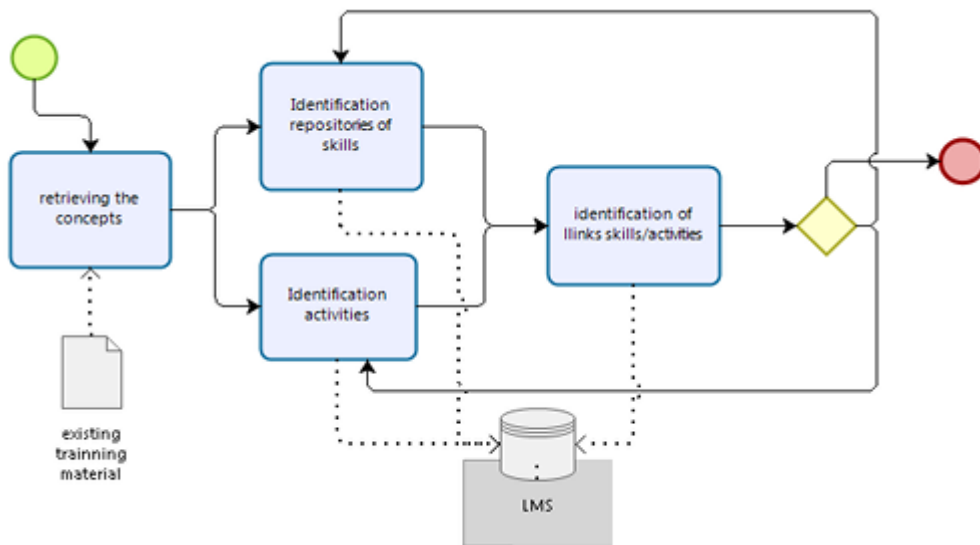


Figure 3.11 – Processus "développement des parcours d'apprentissage"

III.3.3 Les parcours pédagogiques de la LGA

Le sous-processus suivant (après les tâches d'initialisation) - développement des parcours pédagogiques - (cf. au centre sur la figure 3.9 et plus précisément détaillé sur la figure 3.11) est un sous-processus dont l'objet est d'extraire les concepts du module de formation afin d'identifier, d'une part, un **référentiel de compétences** et d'autre part, les **activités** à réaliser durant les séances. L'idée clef de ce sous-processus est d'organiser/orchestrer au sein de la plate-forme LMS, les différentes activités pédagogiques du module.

Les activités sont à prendre au sens générique du terme car elles sont de natures et de granularités diverses (exemples : faire un exercice sur les transformées de Laplace, consulter une vidéo ou un tutoriel, jouer à un jeu sérieux, etc.). La figure suivante (fig. 3.12) montre un exemple d'un ensemble d'activités au sein de la plate-forme Claroline-Connect (simple liste sans orchestration).



Figure 3.12 – Exemple d'activités au sein d'un LMS

Un parcours pédagogique est défini comme un enchaînement d'activités pédagogiques. La figure 3.13 montre un exemple de parcours au sein de la plate-forme LMS Claroline Connect (liste avec orchestration des activités).

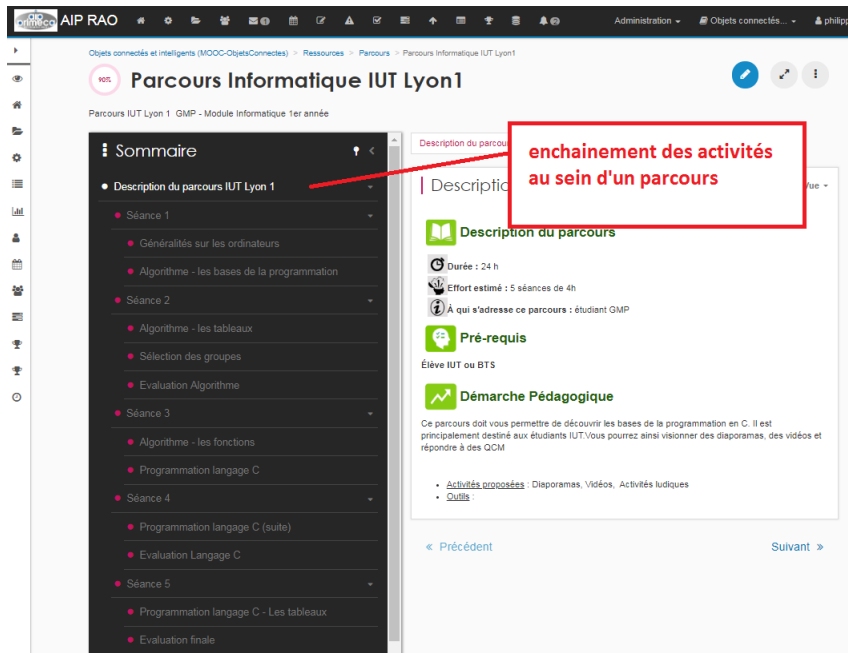


Figure 3.13 – Exemple d'un parcours pédagogique au sein d'un LMS

L'identification du référentiel de compétence est toutefois optionnelle. Il permet à l'enseignant de mieux identifier ses objectifs. De plus l'identification des liens entre activités et compétences permet de définir de façon implicite des parcours pédagogiques dynamiques. Dans le cas où l'enseignant ne souhaite pas définir un référentiel de compétences, l'identification du parcours est faite par un simple enchaînement séquentiel des activités.

A l'issue de ce sous-processus, le formateur dispose ainsi de la structure globale de son module avec éventuellement différents parcours pédagogiques. Pour autant, les ressources des activités n'ont pas encore été caractérisées. Cette caractérisation est faite dans le sous-processus suivant (l'approche par facettes des RMF est utilisée plus spécifiquement à cet endroit).

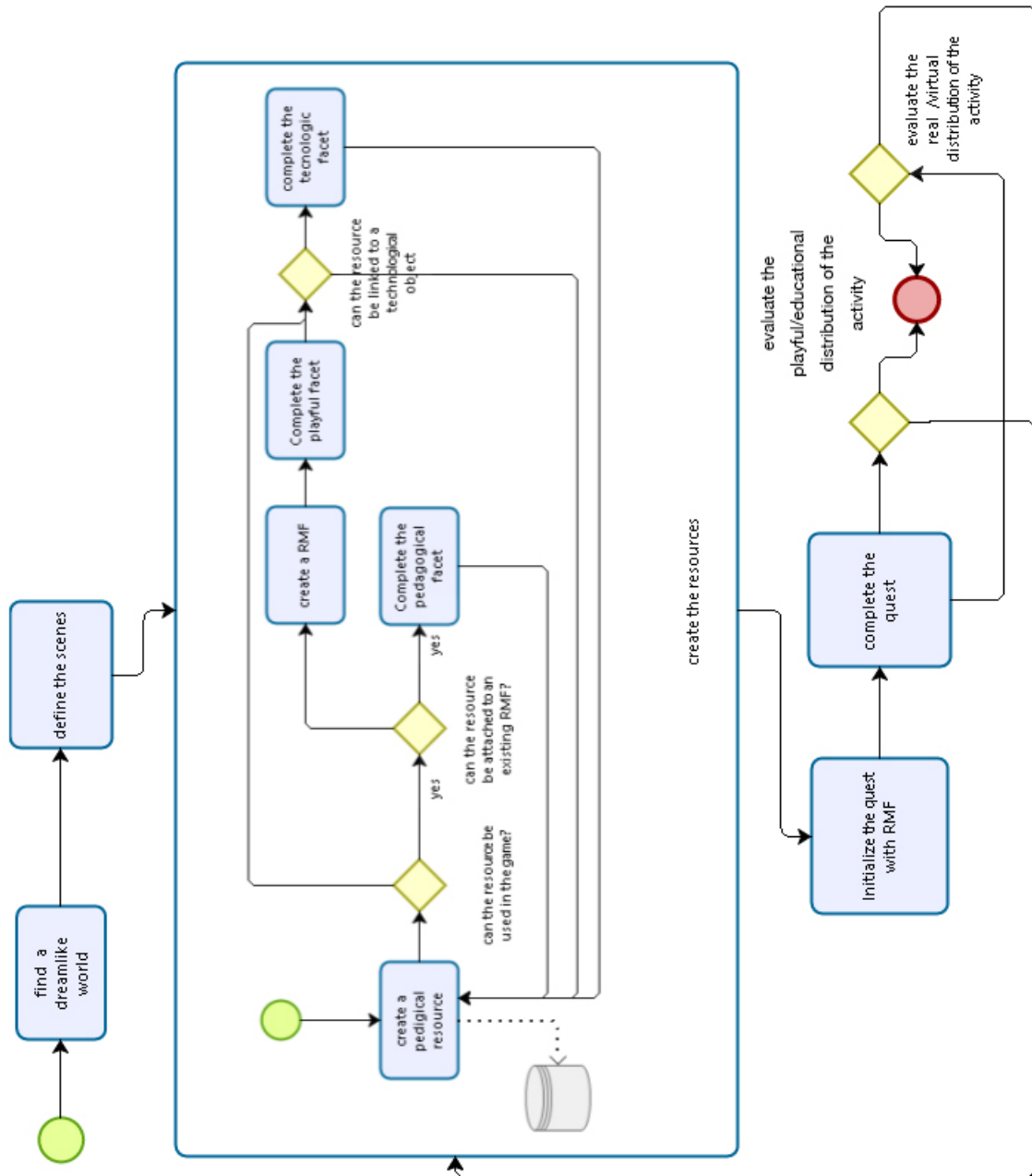


Figure 3.14 – Processus "développement des activités innovantes"

III.3.4 Les activités ludiques de la LGA

Le quatrième et dernier sous-processus - développement des activités innovantes⁷ - (Figure 3.14) est un processus dont l'objet est de caractériser plus spécifiquement les RMF. Ici, l'idée est plutôt d'identifier les autres facettes (jeux sérieux ou des équipements externes) quand elles existent. Il s'agit de mettre l'accent sur les ressources principales. Les ressources pédagogiques simples (qui ne sont pas des RMF : c'est à dire ne contenant que des éléments de la facette pédagogique) sont saisies dans les bases du LMS. Ce point est important puisque notre démarche de ludification s'inscrit dans un processus initial de numérisation d'un module vers un LMS.

Comme indiqué dans le processus (et en nous appuyant sur des éléments intéressants issus de l'état de l'art), les premières étapes consistent dans le cas d'un jeu sérieux de type RPG (RolePlay Game⁸) [Baptista and Vaz de Carvalho, 2008] [Yu, 2009] à choisir un monde onirique et une carte (au sens "environnement graphique de jeu"). C'est l'équivalent du *Decorum* évoqué dans les travaux de Marne. Le choix du monde onirique est important : c'est un compromis entre ce que connaît l'enseignant et ce qu'apprécient les apprenants. Il est possible, par exemple, de s'inspirer des séries télévisées ou de films à succès pour contextualiser une carte. Les figures suivantes montrent les principales cartes 3D utilisées dans les différentes expérimentations.

A titre d'exemples, la figure 3.15 représente des mondes imaginaires alors que la figure 3.16 représente des mondes réels proches de ce que connaissent les apprenants. Le choix du type de monde dépend de la sensibilité du formateur et du public cible.

7. Dans le cadre des contraintes de la convention CIFRE, nous avons plus spécifiquement centré notre travail de recherche sur les aspects ludiques avec les serious games mais pour rendre l'approche plus générique, nous avons considéré que cette partie peut être étendue à toute sorte d'activités dites "innovantes" ou plus exactement pas courantes dans l'enseignement actuel, traditionnel ou classique.

8. Beaucoup de jeux sérieux s'appuient sur l'approche RPG car elle permet à l'utilisateur d'être représenté par un avatar et cette dissociation atténue le fait d'être évalué en jouant et permet aisément de se repositionner dans des situations/courants d'apprentissage spécifiques : en l'occurrence constructiviste ou socio-constructiviste dans notre approche

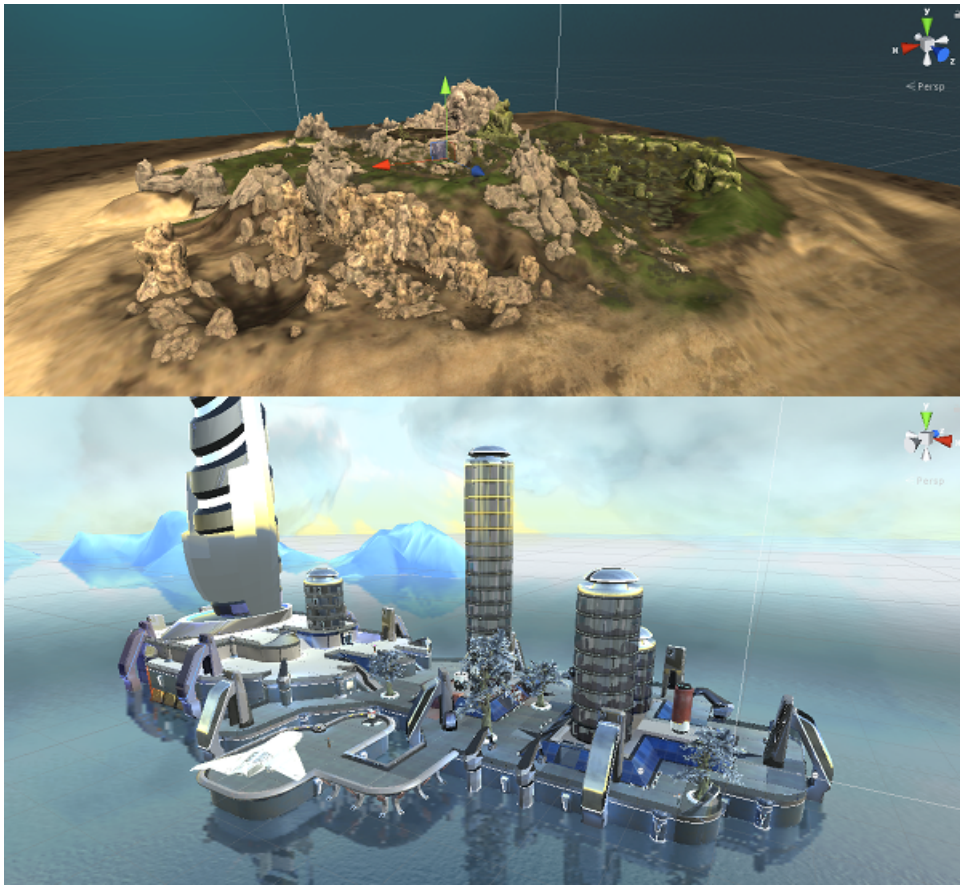


Figure 3.15 – Cartes 3D : île et cité futuriste



Figure 3.16 – Cartes 3D : site industriel et service hospitalier

Une fois le contexte choisi, nous procédons à l'identification et la saisie des ressources pédagogiques au sein du LMS à partir des principaux supports existants (Figure 3.17).

Orientation méthodologique

Lorsqu'une ressource nous paraît importante, nous la traitons comme une ressource multi-facettes en ajoutant les facettes adéquates.

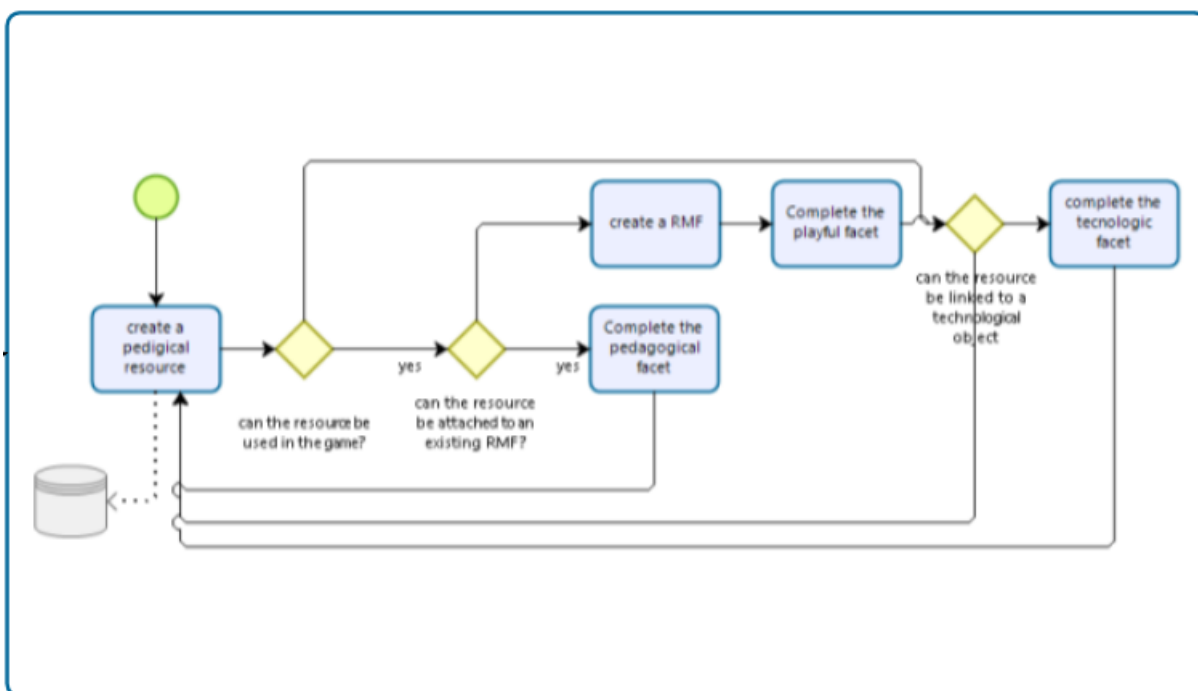


Figure 3.17 – Processus de création des RMF

Les étapes finales du processus de la figure 3.14 consistent à initialiser les mécanismes d'évaluation via des QCM.

De plus, dans notre modèle de RMF, nous avons temporalisé les liens d'usage sur certains types d'objet. Par exemple, sur le côté ludique, nous avons défini un temps moyen pour les dialogues avec un PNJ, pour aller chercher un objet, pour réaliser un QCM, etc. Pour les objets technologiques, c'est l'expertise de l'enseignant qui permet de caractériser le temps d'usage. Ces différentes caractéristiques temporelles permettent d'estimer implicitement la répartition entre les activités pédagogiques, ludiques, réelles et répondre à une autre spécificité du milieu professionnel identifiée dans la problématique : **les contraintes temporelles.**

Concernant les activités innovantes réelles, elles sont obtenues de la même façon en associant une tâche aux objets (réels, concrets comme les robots par exemple) de la facette technologique. Ce point est également important : notamment, car il permet aussi aux apprenants de ne pas rester dans un simple monde virtuel. Il est ainsi possible de créer des formations en *réalité alternée* (mixed reality). On peut noter que ces activités peuvent être individuelles ou collaboratives (voir le chapitre V sur nos expérimentations).

Finalement, à l'issue de ce dernier processus, le formateur dispose donc de la description d'un module sur un LMS enrichi par un ensemble d'activités innovantes (jeu sérieux, objets technologiques, etc.). Ces activités sont des éléments de motivation et ne sont pas nécessairement au cœur du module de formation. C'est pourquoi nous utilisons le terme de gamification « légère ».

Orientation méthodologique

Le scénario ludique est alors obtenu en associant une tâche à chaque facette ludique des RMF, et en agrégeant l'ensemble des tâches.

L'ensemble des tâches ludiques forment implicitement la quête⁹ complète du jeu sérieux.

III.4 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre, dans un premier temps, un premier aspect de notre approche centrée "ressource", autour notamment de la modélisation du concept de *Ressource Multi-Facettes (RMF)*. Puis, dans un deuxième temps afin de présenter notre démarche complète de ludification d'un processus de formation, nous avons proposé un cadre de formalisation scénaristique appelé *Light Gamification Approach (LGA)* qui nous amène à disposer d'un scénario pédagogique utilisant des RMF. Le schéma qui suit en présente une synthèse (cf. fig 3.18).

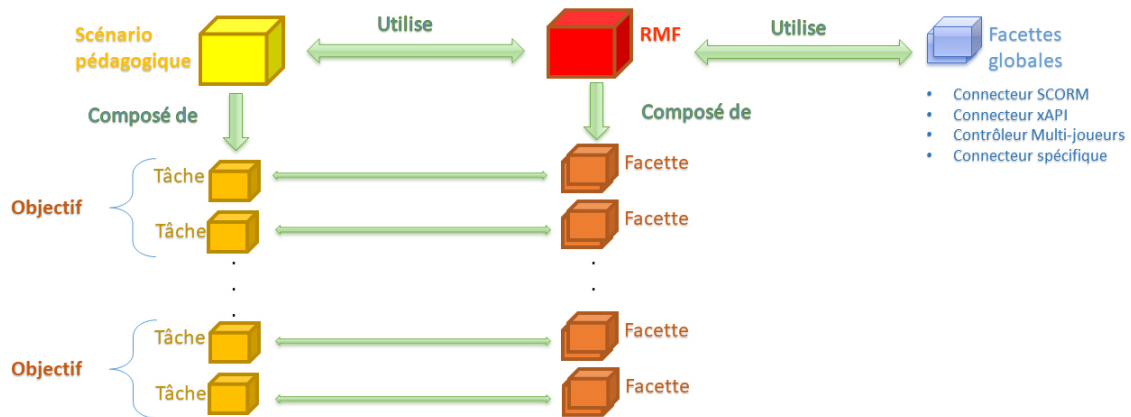


Figure 3.18 – L'approche RMF/Scénario LGA

Ainsi, à partir de ce cadre formel, nous pouvons en extraire la méthodologie suivante centrée sur 3 étapes clefs :

9. Cela correspond à l'aspect narratif qui va rendre cohérent l'enchaînement des activités afin d'atteindre un but donné dans le jeu. Par exemple, trouver/obtenir différents composants et les assembler pour créer un objet.

1. A l'aide des experts métier, nous modélisons les ressources spécifiques liées aux pratiques professionnelles (concept de RMF). Les facettes de ces composants sont enrichies au fur et à mesure de façon à obtenir un ensemble cohérent (et réutilisable).
2. Nous définissons une instance de scénario simplifiée (objectif, tâche) basée sur une quête et agrégeant nos composants RMF. Puis nous protétypons ce scénario pour une validation par l'expert.
3. La phase de validation induit une phase d'enrichissement grâce aux experts qui est rendu possible du fait de la structure simplifiée du scénario.

Comme nous l'avons dit, à l'issue de cette proposition le formateur doit se retrouver avec une description compréhensible de son scénario pédagogique incluant de manière plus ou moins importantes des aspects innovants. Il est donc nécessaire de proposer ensuite des outils qui vont permettre de mettre tout cela en œuvre. Un environnement de déploiement de jeu sérieux a donc été entièrement reconçu pour implémenter ce modèle : il fait l'objet du chapitre suivant.

Chapitre IV

Implémentation d'un environnement de déploiement de jeux sérieux

IV.1 Contexte

Afin de pouvoir tester le modèle RMF ainsi que la méthodologie LGA et en soutenir la mise en œuvre auprès des formateurs, nous avons choisi de réaliser une plate-forme de jeux 3D basée sur un moteur de RMF. En effet, nous nous sommes appuyés sur les études menées lors de l'état de l'art et nous avons repris le concept de la plate-forme *Learning Adventure* [Carron et al., 2008]¹ pour en faire une nouvelle version reconstruite à partir de zéro. L'objectif de la plate-forme reste le même, en l'occurrence permettre à un enseignant/formateur de créer son propre scénario de jeu sans maîtriser finement les techniques de création des jeux vidéos. Cependant, le nouvel esprit de création de jeu est conçu pour suivre la méthode LGA.

Dans ce chapitre, nous présentons les principes de base de la plate-forme "Learning Adventure" (LA) originale et la dernière version de LA que nous avons développée et utilisée comme une base de prototypes fonctionnels pour nos expérimentations.

IV.2 Learning Adventure : une plate-forme générique de jeux sérieux

Initialement, Learning Adventure (LA) [Carron et al., 2008] est un environnement de jeu sérieux, constitué de scènes/cartes (environnement de lacs, de montagnes, de collines, bâtiments, ...) où se déroulent des activités d'apprentissage. La progression dans le jeu est conditionnée par la progression des apprentissages. En d'autres termes, LA s'appuie sur la motivation intrinsèque dans la conception du jeu sérieux [Wigfield et al., 2004].

La plate-forme LA est basée sur une approche de jeu de rôle [Baptista and Vaz de Carvalho, 2008] [Yu, 2009] de type RPG. Les joueurs (étudiants ou enseignants), représentés par leurs avatars, peuvent se déplacer dans un monde et réaliser diverses activités dans le but d'acquérir des connaissances. Les activités peuvent être réalisées d'une façon individuelle ou collective [Dillenbourg et al., 1996] : la plupart des actions correspondent à des interactions élémentaires sur les objets disponibles dans le monde. L'environnement est générique dans le sens où il n'est pas dédié à un domaine particulier d'enseignement. Il est par ailleurs totalement observable [Marty et al., 2012]. Il est à noter que la plate-forme LA a été utilisée à de nombreuses reprises dans un contexte industriel, plus particulièrement sur la formation des systèmes PLM (Product Lifecycle Management) [Pernelle et al., 2012a] [Pernelle et al., 2012b] [Carron et al., 2013].

1. La justification de ce choix est multiple : le travail de Master 2 portait sur l'analyse des possibilités d'évolution de ce type de plates-formes, les principaux concepts avaient été publiés et donc étaient accessibles et l'environnement de la convention CIFRE avait une bonne connaissance de l'architecture et maîtrisait l'utilisation de la plate-forme initiale.

IV.2.1 Evolution de la plate-forme LA

IV.2.1.1 De JMonkey à Unity3D

Les versions antérieures à la version 4 de LA étaient développées avec un moteur 3D en java : **jMonkey Engine 2**². L'intérêt de ce type de moteur, était de disposer d'un environnement open-source disponible sur plusieurs plates-formes (MS-Windows, Linux, Mac Os). Toutefois, l'arrêt du support de la version 2 par la communauté et le passage en version 3 impliquait une refonte complète de LA. De plus, les évolutions du langage Java suite au rachat de TMSun MicroSystem par TMOracle nous ont conduit à devoir changer l'architecture de LA et le langage de programmation.

Afin de conserver un usage sur plusieurs systèmes, nous avons opté pour un moteur 3D et un environnement de développement capable de gérer des exécutables multi-plates-formes : TMUnity3D.

Unity3D est un environnement dédié au développement de jeux 3D multi-plates-formes (incluant les smartphones et le web) reposant sur le paradigme Entité/Système. Il est composé d'un éditeur 3D (voir Fig. 4.1) permettant de construire des cartes et de positionner objets 3D et de leur associer des scripts décrivant leur comportement. Ainsi, il facilite la création d'un scénario ludique tout en favorisant l'aspect immersif. Unity3D permet de développer en C# et d'intégrer du code JavaScript. Il possède à la fois un moteur 3D et un moteur capable de gérer les lois de la physique. En outre, il permet même de générer nativement des scènes visualisables avec un casque de réalité virtuelle.

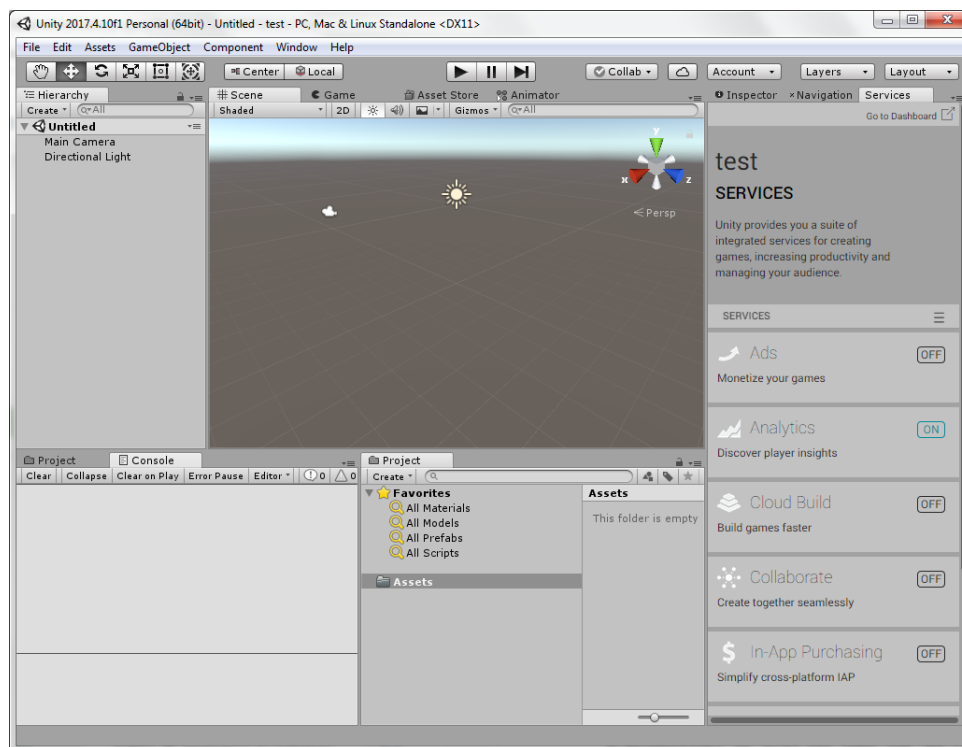


Figure 4.1 – Editeur graphique de Unity3D

Comme nous l'avons précisé dans notre approche, le choix du style graphique de

2. <http://jmonkeyengine.org/>

déploiement (onirique, réaliste) est important, et Unity3D dispose d'une très grande bibliothèque d'objet et de cartes développées par la communauté³. Ce point est essentiel et permet de réduire considérablement le délai (et le coût) de réalisation d'un scénario de jeu. Nous y reviendrons par la suite mais dans les entretiens que nous avons eus avec les formateurs pour la mise en œuvre des scénarios de jeu, nous leur avons laissé le choix de choisir l'univers graphique en parcourant les ressources de la communauté. La version 5 (LA5 en abrégé) est la nouvelle version de la plate-forme Learning Adventure, complètement redéveloppée avec Unity3D dans le cadre de ce travail de thèse.

IV.2.1.2 Architecture de LA5

L'architecture de LA5 est basée sur un ensemble de composants et d'API permettant de définir des scénarios pouvant se dérouler dans n'importe quel monde/univers virtuel. La figure suivante (voir Fig. 4.2) décrit le diagramme de packages des principaux constituants de LA5 :

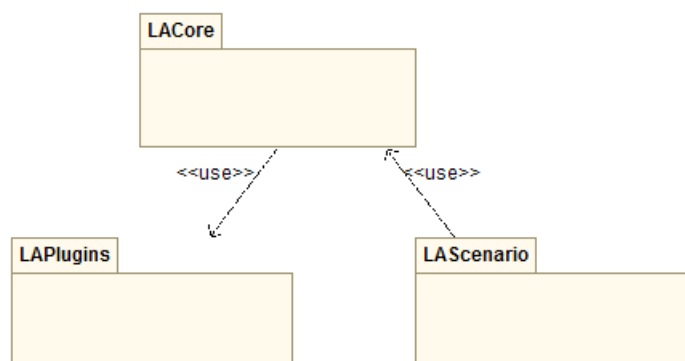


Figure 4.2 – Diagramme de packages de LA5

LACore LACore est le noyau principal qui va gérer l'exécution du scénario, la communication avec l'extérieur (plate-forme LMS, serveur de trace), la gestion des ressources des scénarios.

LAPIugins regroupe les composants externes qui sont ajoutés à la plate-forme comme par exemple, un module FPS (First Person Shooter) pour les phases de combat, un connecteur pour la gestion via un serveur multi-joueurs, un connecteur TinCan pour la connexion avec un serveur de trace au format xAPI, etc.

LASCENARIO contient l'ensemble des ressources des scénarios réparties par scènes, PNJ, objets et scripts.



Figure 4.3 – Diagramme de packages de LACore

3. <https://assetstore.unity.com/>

LACore : le noyau de LA5 est un package qui représente le moteur de la palteforme LA5, il est principalement composé de 3 packages (voir Fig. 4.3)

- le package **Scene** (voir Fig. 4.4) contient l'ensemble des scènes génériques utilisées par les scénarios (la scène de connexion et la scène de sélection des avatars).
- le package **Models** contient l'ensemble des modèles 3D génériques nécessaire aux scénarios et qui vont potentiellement interagir avec le joueur. C'est le cas des Personnages Non-Joueurs (PNJ) et des objets standards.
- le package **Engines** contient les différents moteurs du jeu sérieux (moteur de règles, moteur de scénario, moteur d'interaction avec un LMS, etc.)

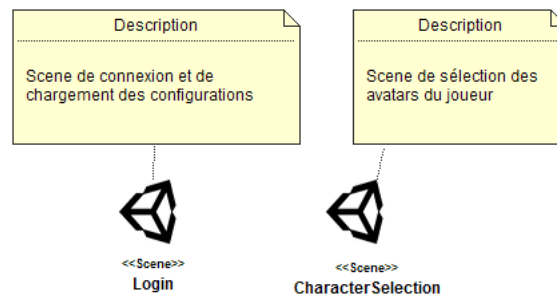


Figure 4.4 – Diagramme de packages de LACore/Scenes

La figure 4.5 montre un extrait du diagramme de classe du package **Scene**. Cette figure illustre les principaux composants de gestion qui sont associés à des **GameObjects** afin de permettre de contrôler l'ensemble des interactions du monde 3D avec un joueur.

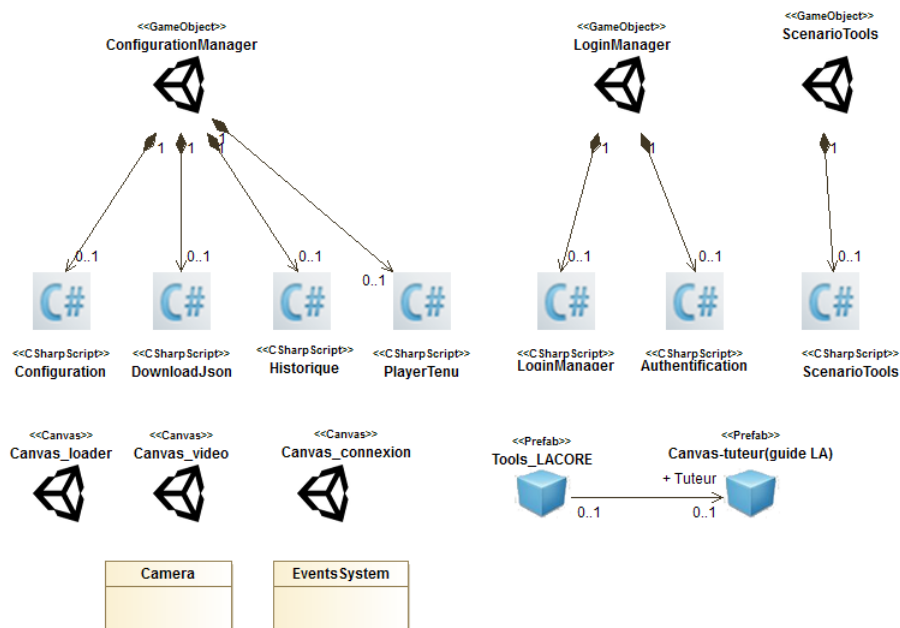


Figure 4.5 – Diagramme de classe associé à la scène de connexion

IV.2.1.3 Architecture de déploiement

LA5 est un prototype de plate-forme générique qui a vocation à être utilisée dans un contexte plus large de formation dite innovante. D'ailleurs, la méthodologie proposée dans le chapitre III, qui intègre la mise en place d'une pédagogie innovante, est basée sur une agrégation d'outils et ne peut se réduire qu'aux jeux sérieux. Ainsi, LA5 est conçu pour s'intégrer dans les éléments suivants :

- une plate-forme LMS : c'est un élément central de notre méthodologie pour plusieurs raisons. La généralisation de ces environnements dans les structures de formation (initiale ou continue) atténue la résistance aux changements des formateurs. De plus, il est plus logique de laisser la gestion des ressources purement pédagogiques au sein de ces systèmes qui possèdent de nombreux outils d'évaluation et d'analyse.
- un serveur de trace : l'usage d'un serveur de trace a pour but de capturer les actions des joueurs et notamment les interactions avec les autres joueurs afin de calculer des indicateurs comme on l'a évoqué dans l'état de l'art.
- un serveur multi-joueurs qui gère les sessions d'un ensemble de joueurs connectés sur un monde donné. Ce type de serveur est utilisé dans les jeux de type MMO-RPG⁴.
- des périphériques externes qui apportent une plus grande immersion (casque de réalité virtuelle, bracelet Myo, capteur Leap Motion).

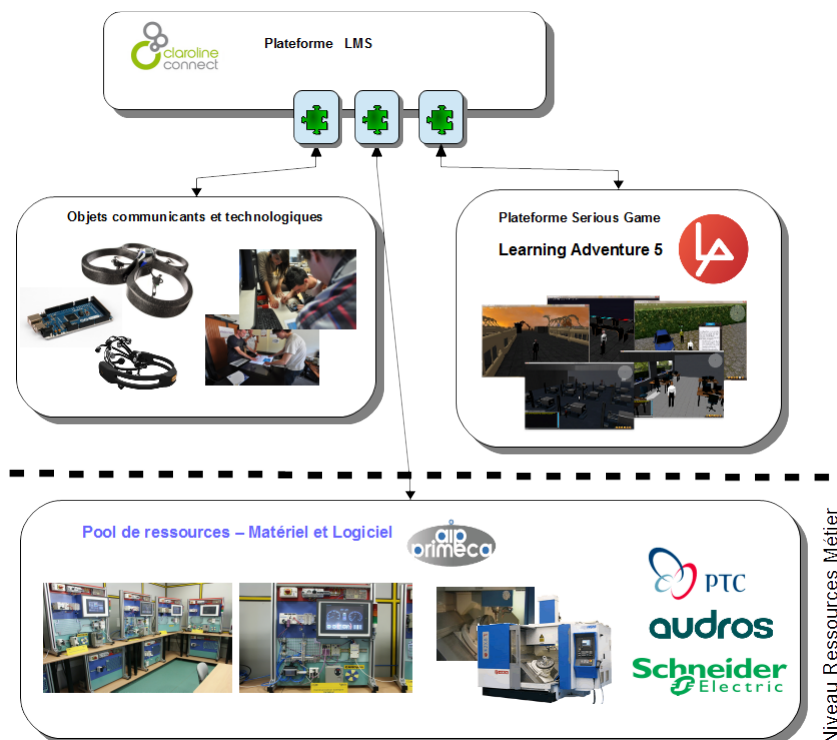


Figure 4.6 – Architecture de déploiement - LA5

La figure 4.6 précédente illustre le contexte de l'environnement qui a été utilisé pour

4. Des tests fonctionnels ont été faits mais cela n'a pas été expérimenté en situation réelle dans le cadre de ce travail de thèse

nos expérimentations. Cet environnement est déployé dans le cadre d'une architecture mutualisée entre différents établissements de la région Auvergne Rhône-Alpes. Cet environnement est centré sur un outil LMS mais il fait aussi apparaître les trois niveaux qui explicitent les facettes de notre approche : la facette pédagogique (LMS), la facette ludique (LA5) et la facette technologique (objets communicants, ressources matérielles et logiciels métier).

Comme nous le voyons, l'architecture de déploiement est conforme à la vision de la ludification que nous proposons dans ces travaux. Cette vision met en avant l'intégration de multiples composants (ludiques, pédagogiques, technologiques, ...) dans la définition d'un parcours pédagogique considéré comme ludique.

IV.2.2 Orchestration autour d'un jeu sérieux

Toutefois, on peut se poser légitimement la question de l'intégration de multiples composants : est-ce que cela ne va pas induire une complexité supplémentaire à la réalisation d'un scénario ludique qui est déjà en soit, une tâche complexe ? En réalité, le jeu sérieux est globalement reconnu comme un précieux moyen de motivation [Yee et al., 2012] et d'immersion [Woyach, 2008]. Le type de jeu que nous utilisons (type RPG) conduit intrinsèquement à une scénarisation des activités : le joueur va devoir suivre une quête au sein d'un monde virtuel. Il s'agit donc, pour le formateur, d'orchestrer les activités entre elles, y compris les activités ludiques, selon la progression pédagogique qu'il souhaite mettre en œuvre. L'idée clef de la scénarisation par les RMF est que les ressources multi-facettes sont caractéristiques de cette progression. L'orchestration de ces ressources au sein du jeu dans une quête implique, de fait, une mise en œuvre d'une progression pédagogique.

Dans l'ensemble des scénarios, les RMF sont découvertes et utilisées de façon progressive au sein de la quête. C'est un élément essentiel qui est de nature à faciliter la ludification d'un module de formation, car nous nous appuyons sur l'expertise du formateur pour orchestrer ses ressources et initier implicitement un scénario de jeu. La question de la complexité supplémentaire d'intégrer des composants multiples est donc masquée par la formalisation multi-facettes. Les expérimentations décrites dans le chapitre suivant, illustreront ce point.

L'autre point essentiel des RMF concerne l'efficacité du scénario ludique au sein du parcours pédagogique global. Le côté multi-facettes fait référence à des aspects qui vont concrétiser les acquisitions de connaissance. Par exemple, dans certains domaines (électronique, arts plastiques) le passage du virtuel au réel est aussi un moyen d'évaluer le savoir-faire en estimant concrètement la réalisation des bons gestes (assemblage de pièces, soudure). Comme nous l'avons montré dans [Abed et al., 2015a] en nous appuyant sur des questionnaires remplis à l'issue d'une séance de formation, nous avons constaté que le passage alterné du réel au virtuel ne crée pas de rupture scénaristique au niveau du jeu. Il ramène les étudiants à une réalité d'apprentissage et permet de lutter contre les effets de bord des jeux.

L'intégration d'éléments technologiques

Pour illustrer cet aspect innovant dans la mise en place de formations en s'appuyant sur l'approche LGA, nous présentons quelques éléments technologiques que nous avons utilisés lors de nos expérimentations en situation réelle⁵.

1. Une table interactive et connectée (cf. Fig. 4.7) afin de permettre des activités collaboratives (en face à face). Dans un des scénarios que nous avons testés (voir tableau 5.1), la table a été utilisée pour permettre aux étudiants d'analyser ensemble des documents trouvés dans le jeu et d'identifier les erreurs sur ces documents (par exemple : erreur sur des schémas électriques, non-conformité sur des plans CAO, etc.).



Figure 4.7 – Une table tactile liée à l'environnement Learning Adventure (échange de données)

2. Un ensemble de composants électroniques qui va permettre de réaliser un contrôleur de jeu basé sur un accéléromètre (cf. Fig.4.8) puis de récupérer un code qui se révélera correspondre à des coordonnées GPS. Sur un plan pédagogique, nous sommes dans une approche « d'apprentissage par la pratique » (pédagogie active ou *learning by doing* en anglais) permettant à l'enseignant d'évaluer également la capacité de savoir-faire des apprenants en termes de gestes.

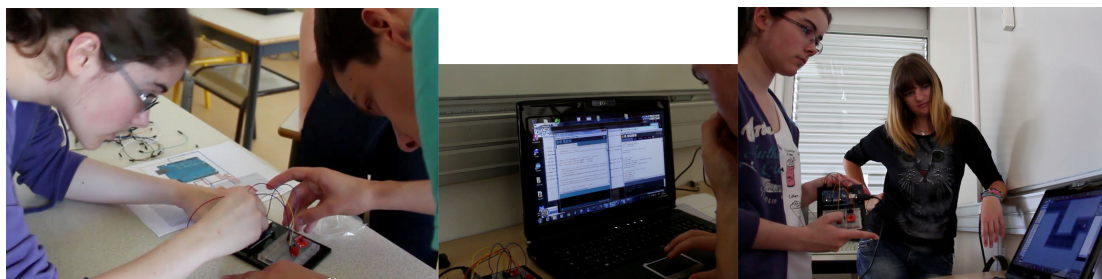


Figure 4.8 – Assemblage d'un contrôleur (électronique), programmation du comportement (informatique) et phase de tests et débogage.

5. Nous entendons également par situation réelle des expérimentations en formation initiale à l'IUT de Chambéry et de Lyon où les étudiants étaient dans leur propre rôle et suivaient dans un jeu sérieux un apprentissage qui faisait bien partie de leur formation. Ces éléments sont utilisés dans les modules décrits dans le tableau 5.4.

3. Un dispositif d'affichage GPS autonome (objet connecté, cf. fig.4.9), qui devra être (re)programmé pour amener le groupe à un endroit spécifique et obtenir un tag NFC.



Figure 4.9 – Configuration d'un capteur GPS avec un écran LCD alimenté par une pile 9V et utilisé pour résoudre une quête du jeu.

Ces quelques exemples illustrent l'orchestration des RMF au sein d'un scénario de jeu et le type d'usage qui peut en être fait. Nous aurions également pu ajouter l'utilisation d'un casque de réalité virtuelle mais nous y reviendrons dans le chapitre suivant. Nous avons constaté, avec les formateurs qui ont contribué à la réalisation des scénarios, que l'intégration de ces ressources technologiques et l'alternance jeu/réalité, ne complexifieraient pas la création du scénario mais presque paradoxalement, au contraire aidaient les concepteurs à bien identifier les différentes phases de la formation ludifiée⁶. Par ailleurs, nous avons aussi constaté qu'elles favorisaient la reprise du scénario en cas de fractionnement et d'étalement dans le temps de la session de formation, qui est une caractéristique forte des formations professionnelles (comme nous l'avons souligné en Introduction).

IV.3 Utilisation concrète des modèles RMF dans LA5

Le nouveau moteur de scénario intégré dans LA5 est basé sur les ressources du jeu. Il considère qu'un scénario de jeu est une suite d'objectifs où chaque objectif est constitué d'une suite de tâches. Ainsi chaque tâche est forcément reliée à une ressource du jeu ou encore une **RMF**. Cette dernière constitue une entité indépendante qui "décide" d'elle-même si la tâche liée à la ressource est réussie ou non (approche entité/système). Par exemple, un objectif nommé "Trouver le trésor" contient comme première tâche "récupérer le premier indice". Dans l'environnement du jeu, cette tâche consiste à conduire son avatar (le personnage joueur) jusqu'à la première ressource qui représente "le premier indice" (une lettre sous un arbre par exemple). Ensuite, en fonction des interactions avec cette ressource, la tâche est terminée avec succès ou en échec. Le moteur passe alors à la tâche suivante et ainsi de suite jusqu'à terminer la liste des tâches que contient l'objectif en cours.

Une RMF peut être constituée de plusieurs ressources liées entre elles grâce à un script spécial. Par exemple, si le contact avec la première ressource n'est pas réussi :

6. Il faut tout de même préciser que les formateurs étaient accompagnés tout au long du processus LGA

activer la ressource 2 sinon lever l'évènement "FIN DE TACHE AVEC SUCCES" (une fois, cet évènement détecté par le moteur de scénario, le moteur passe à la tâche suivante). Le programme d'une RMF agit indirectement sur les indicateurs du jeu, il peut baisser le niveau de vie par exemple, augmenter le nombre de bonus, modifier le score global, etc. ou encore faire apparaître de nouveaux objectifs sur la mini-map.



Figure 4.10 – Objectif et liste de tâches

La figure 4.10 montre une session de jeu (utilisé en formation professionnelle dans le milieu médical). Le panel à gauche de l'interface utilisateur montre l'objectif en cours (icône en orange) et la liste de tâches, avec les tâches terminées précédées d'un icône vert pour "réussie" ou d'un icône rouge pour "échouée". La tâche précédée par un icône orange est celle en cours. Dans le cas de la figure 4.10, cette tâche est nommée "Discussion avec Sophie" et attend du joueur un clic/une interaction sur le personnage non joueur (PNJ) Sophie. En effet, le PNJ représente une partie d'une RMF qui va démarrer un dialogue avec le joueur une fois que ce dernier a effectué un clic sur le PNJ clignotant. A l'issue de ce dialogue, la RMF "vérifie" si les réponses du joueur pendant le dialogue étaient correctes. Si c'est le cas, le programme de la RMF envoie un signal au moteur de scénario pour terminer la tâche avec succès (ou en échec dans le cas contraire). De plus, la ressource multi-facettes augmente le pourcentage de l'indicateur "acquis".

IV.3.1 Création de scénario pour LA5

Les RMF restent des ressources complexes qui peuvent contenir des objets 3D, des scripts, des collisionneurs, des textures, etc.

En effet, créer des RMF apparaît donc comme une tâche très technique qui nécessite des compétences dans la matière de création de jeux vidéo. Mais une fois conçues et formalisées, elles peuvent être réutilisables et même modifiées en terme de configuration (grâce au modèle de configuration). Pour cette raison, nous avons choisi de mettre en place une bibliothèque de RMF standards dans LA5 ainsi qu'une interface qui facilite la création de nouveaux scénarios de jeux.

Tout cela est accessible via l'interface de l'environnement de projet LA5 dans Unity 3D. En effet, LA5 se présente comme un plugin (ou encore un paquetage) compatible avec le logiciel Unity3D. Une fois que LA5 est importé dans un projet Unity3D, les fonctionnalités de la plate-forme deviennent disponibles mais aussi modulables.

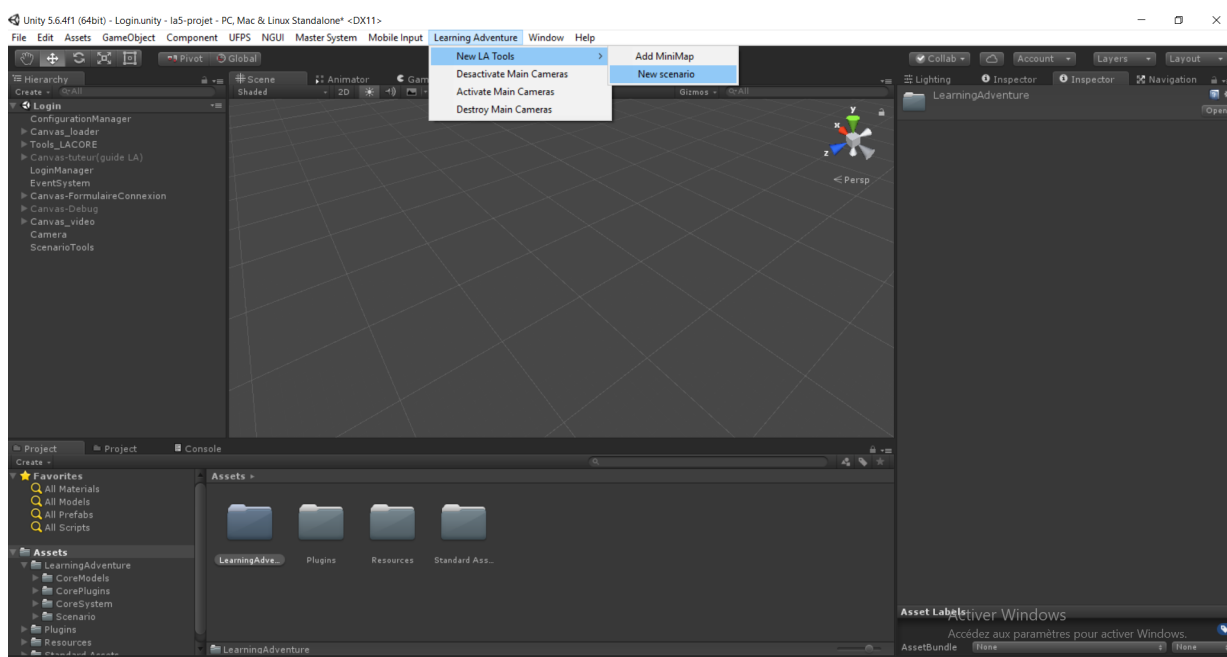


Figure 4.11 – Interface d'administration de LA5

Comme le montre la figure 4.11 le paquetage LA5 rajoute un menu "Learning Adventure" à l'interface d'Unity. A partir de ce menu, l'utilisateur peut procéder à la création d'un scénario de jeu complet et complètement modifiable.

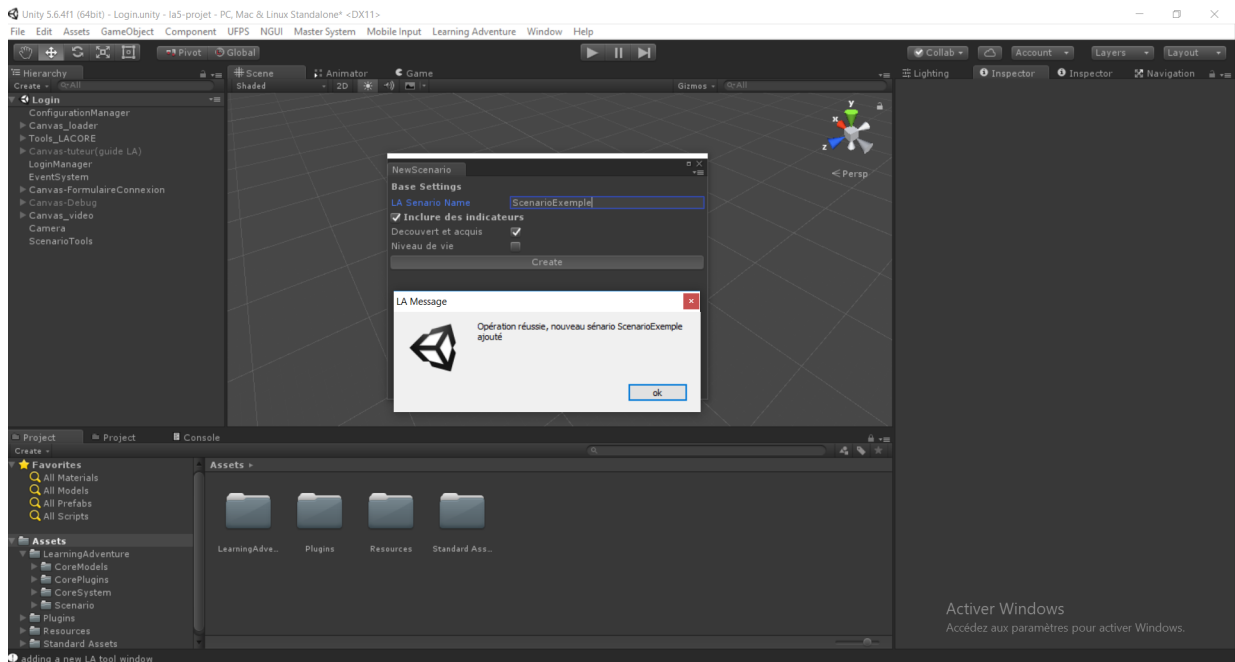


Figure 4.12 – Interface d'administration de LA5

Cette option permet de créer l'ensemble des "Assets" indispensables au fonctionnement du jeu. Ensuite il suffit de lancer l'exécution du projet pour tester le nouveau scénario créé automatiquement⁷.

IV.4 Conclusion

Le nouveau moteur LA5 est conçu pour construire des scénarios sur la base d'une bibliothèque de RMF, toute la complexité du scénario et des différents objets dans le jeu est caché dans les RMF. Ainsi le fait de pouvoir rajouter des RMF facilement dans le scénario du jeu rend le nombre de scénarios possibles à créer infini⁸. Dans le chapitre suivant, nous présentons les expérimentations qui nous ont permis de valider notre approche et de faire les constats et les retours sur l'utilisabilité que nous avons déjà évoqués partiellement dans ce chapitre.

7. Cet outil permet dans un premier temps de (ou "se limite à") créer un template intégrant tout ce qui est récurrent ou automatisable (scène de connexion, de choix de personnage et scène principale où va se dérouler le jeu, ajout du système d'indicateurs, etc.). Cela donne un jeu dans lequel le personnage pourra juste se déplacer. Mais dans un second temps, toute la partie "interaction" sera "instanciée" avec le chargement des RMF et orchestrée grâce au chargement du scénario effectif décrit en langage JSON.

8. Il faut tout de même garder en tête que si les briques logicielles sont là, cet environnement est un prototype fonctionnel qui nécessiterait encore de nombreuses améliorations pour s'abstraire d'une partie implémentation non négligeable pour mettre en place un jeu sérieux "from scratch".

Chapitre V

Expérimentations et validation

L'objet de ce chapitre est de présenter les expériences qui ont été mises en place afin de valider la proposition de ludification du chapitre III et son implémentation dans un environnement pour créer des jeux sérieux (cf. chapitre IV). D'une part, il s'agissait de montrer que l'approche par les ressources multi-facettes (RMF) était de nature à faciliter la conception d'un scénario ludique pour la formation professionnelle. D'autre part, il s'agissait aussi de valider la méthodologie associée à ces RMF vis à vis des formateurs néophytes.

V.1 Contexte des expérimentations

Bien que le cadre de cette thèse concerne la ludification en formation professionnelle, nous avons aussi réalisé plusieurs expériences dans un contexte de formation initiale. L'intérêt était de pouvoir affiner (et généraliser) l'approche méthodologique et surtout de vérifier la généricité des RMF dans différents domaines. Ainsi, les expériences ont donc été réalisées dans un contexte de formation professionnelle puis dans un contexte de formation initiale (DUT) comme suit :

- Pour le contexte de formation professionnelle, nous avons réalisé des expériences dans deux domaines d'activité complètement différents avec une trentaine d'apprenants :
 - dans le domaine industriel, en collaboration avec une entreprise de sidérurgie, nous avons créé un scénario pour la formation des pontiers. Ce scénario a été testé avec des pontiers professionnels.
 - dans le domaine médical, en collaboration avec une structure hospitalière¹, nous avons réalisé un scénario pour la lutte contre les infections nosocomiales. Ce scénario a été testé avec des professionnels de santé et des élèves infirmières.
- Pour le contexte de formation initiale, plusieurs expériences de mise en œuvre ont eu lieu au sein des IUT (Institut Universitaire de Technologie) de Lyon 1 et de Chambéry. Les modules choisis concernaient les DUT GMP (Génie Mécanique et Productique) et MMI (Métiers du Multimedia et de l'Internet) et portaient sur les matières suivantes : objets connectés, asservissement de système, mesures physiques et enfin robotique mobile. La volumétrie des étudiants concernés était autour de 4 à 9 groupes de TD sur Lyon et de 2 groupes de TD sur Chambéry (1 Groupe de TD équivaut en moyenne à 25 étudiants).

Le tableau 5.1 récapitule les différents modules qui ont servi de base à nos expérimentations ainsi que leur contexte d'usage. La ludification de ces différents modules a été réalisée en appliquant la méthodologie proposée aux chapitres précédents. Pour être plus précis, nous avons aussi profité de ces expérimentations pour adapter et affiner cette méthode. De fait, l'approche de ludification proposée, bien que centrée sur les ressources, reste une approche itérative.

1. <http://www.cpias-auvergnerhonealpes.fr/>

Module	Type de formation	Contexte de mise en œuvre	Présenté en section
Pontier	Formation Professionnelle	Industeel	sect. V.2.1
Hygiène	Formation Professionnelle	CPIAS	sect. V.2.2
Robotique	Formation Initiale	IUT de Chambéry	sect. V.3.4
Asservissement	Formation Initiale	IUT Lyon 1	sect. V.3.3
Mesures physiques	Formation Initiale	IUT Lyon 1	sect. V.3.2
Objets connectés	Formation Initiale	IUT de Chambéry, IUT Lyon 1	sect. V.3.1

Tableau 5.1 – Liste des modules de formation ludifiés

La section suivante décrit les scénarios et expériences qui ont été mis en place dans le contexte de la formation professionnelle. Elle est suivie des expérimentations menées en formation initiale avec le même environnement et la même méthodologie de ludification.

V.2 Expérimentations en formation professionnelle

V.2.1 Expérimentation dans une entreprise de sidérurgie

Dans le cadre de la refonte de sa formation en interne, nous avons travaillé avec une entreprise sidérurgique (Industeel). L'objectif principal de cette entreprise était de reconcevoir la formation de "pontiers" pour son personnel afin qu'elle soit plus attractive et plus efficace, tout en étant conforme aux contraintes légales de la profession.

L'analyse de leur besoin a mis en évidence plusieurs verrous comme ceux que nous avons identifiés en Introduction de ce document et notamment :

- Le nombre important d'intérimaires nécessite de pouvoir disposer d'une formation en autonomie.
- La sécurité de base lors des déplacements sur le site devait être absolument comprise par les nouveaux arrivants.
- Les séquences de formation devaient être limitées à 30 minutes.
- L'utilisation effective du pont roulant pour des actions de formation devait être limitée et l'entreprise souhaitait disposer d'un moyen de substitution.
- Le personnel pouvant être formé possédait un niveau de formation initiale très hétérogène et l'objectif de la formation devait permettre une remise à niveau pour tous.

Pour cette formation, le choix du contexte réaliste/onirique du scénario de jeu s'est fait sur une représentation simplifiée (cf. figure 5.1) du site de production qui est situé dans le département de la Loire.

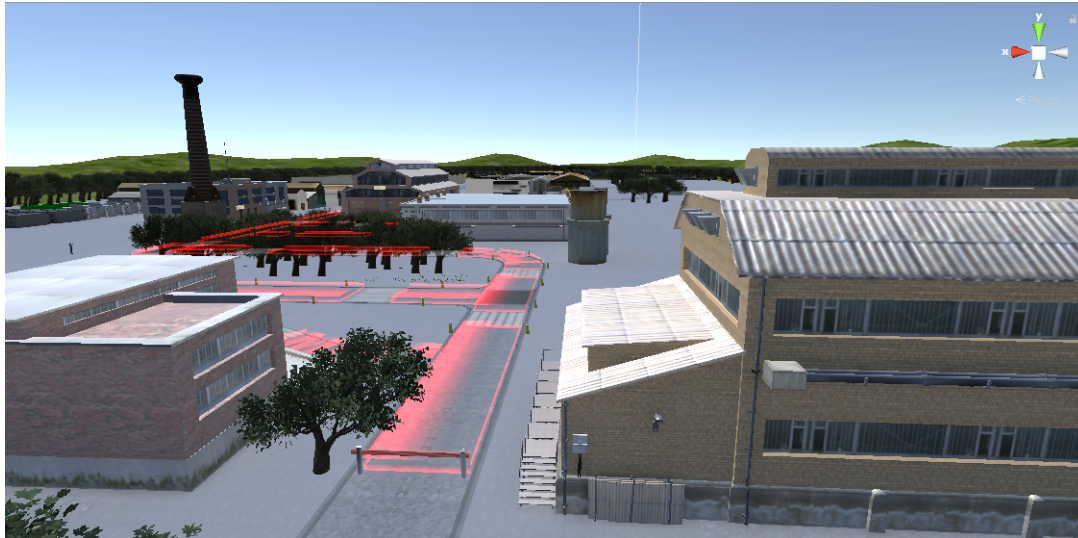


Figure 5.1 – Site modélisé pour le scénario industriel

En réponse aux différents verrous posés par l'entreprise, nous avons identifié plusieurs RMF :

- une RMF nommée "*Sécurité déplacement*" en charge de permettre la formation sur les règles de sécurité élémentaires au sein du site industriel et des ateliers.
- une RMF nommée "*EPI*" (Équipement de Protection Individuelle) en charge de permettre la formation aux obligations de protection de chaque personnel (port du casque, chaussure de sécurité , etc.).
- une RMF appelée "*Gestes de commandement*" en charge de permettre la formation à la manipulation du pont en suivant des gestes de commandement standardisés.
- une RMF appelée "*Pont roulant*" qui représente le pont roulant.



Figure 5.2 – Illustration de l'expérimentation du module "Pontier"

La mise en œuvre de ces RMF a donné lieu à une expérimentation intermédiaire² [Abed et al., 2015a] qui nous a permis de valider notre approche. Cette expérimentation

2. intermédiaire car cette expérimentation a été la toute première avec l'environnement LA5 ; il a considérablement évolué depuis. Cette version comportant de nombreux éléments implémentés de manière "ad-hoc" a été très utile pour étendre la généricité de l'approche.

a eu lieu dans le contexte suivant :

- 4 personnes - pontiers (figure 5.2).
- Séquence de 30 minutes pendant une activité normale de travail professionnel.
- Le scénario de test est basé sur les connaissances de base pour la manipulation d'un pont roulant.

Le tableau 5.2 présente quelques constituants des différentes facettes pour les RMF identifiées.

RMF	ludique	pédagogique	technologique
Sécurité et déplacement	2 PNJ, 2 Objet3D de détection (fig. 5.3)	1 Tuto. vidéo, 2 Fiches pdf, 1 QCM	NC
Équipement de Protection Individuelle	1 PNJ, 6 Objet3D	1 Tuto. vidéo, 1 Fiche pdf	NC
Gestes de commandement	1 PNJ (fig. 5.5), 1 Objet3D de mesure	2 Tuto. vidéo, 1 QCM (fig. 5.4)	1 capteur de mouvement
Pont roulant	1 Objet3D animé	1 QCM	1 boîtier de commande, 1 casque RV (fig. 5.6)

Tableau 5.2 – Exemple de composition des facettes des RFM "Pontier"

La figure 5.3 illustre deux ressources de la RMF "Sécurité et déplacement". Il s'agit de deux objets 3D (ou gameobjects) associés à une animation, permettant de prévenir visuellement le joueur s'il respecte ou non les règles de déplacement.



Figure 5.3 – Utilisation de RMF - Détection d'une zone

La figure suivante (fig 5.4) illustre deux éléments de deux facettes distinctes de la RMF "Gestes de commandement" (*command gestures*). Le premier élément concerne un objet 3D associé à une animation (facette ludique). Le second élément concerne un test d'évaluation sur les gestes de commandement (facette pédagogique). Ces deux éléments sont reliés par un lien de type "Usage".

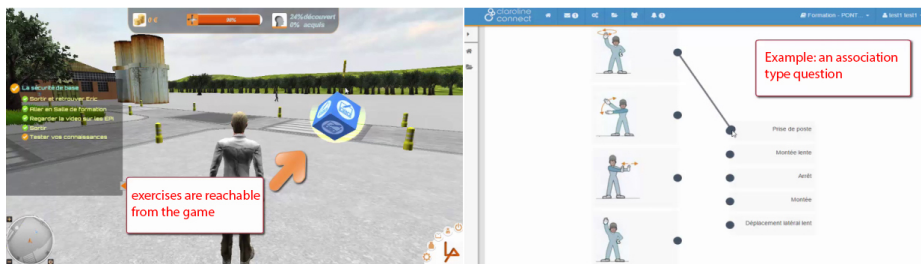


Figure 5.4 – Utilisation d'une RMF - Test de connaissances

Les deux dernières figures (fig. 5.5 et fig. 5.6) illustrent le lien avec un objet technologique. Ici, il s'agit d'un casque de réalité virtuelle permettant de vérifier si le pontier a bien compris les principes de sécurité dans le déplacement du pont roulant. Le pont roulant étant très coûteux et très sollicité, nous l'avons modélisé en 3D et inséré dans le jeu afin qu'il puisse être manipulé de manière immersive, très proche de la réalité.

Nous reviendrons de manière globale, sur les aspects méthodologiques en section V.4 après avoir présenté les différentes expérimentations.



Figure 5.5 – Utilisation d'une RMF - Gestes de commandement avec un PNJ.



Figure 5.6 – Utilisation d'une RMF - Contrôle du pont avec un casque Oculus Rift.

Nous reviendrons de manière globale, sur les aspects méthodologiques en section V.4 après avoir présenté les différentes expérimentations.

V.2.2 Expérimentations avec une structure hospitalière - CPias

Le deuxième contexte expérimental concerne le domaine médical et en particulier la lutte contre les infections acquises dans les hôpitaux. Nous avons travaillé en collaboration avec la structure régionale responsable de la formation professionnelle : CPias (Centre de prévention des infections associées aux soins).

La formation dans ce contexte traite le sujet des précautions standards. Ces précautions représentent les pratiques hygiéniques standards qui doivent être scrupuleusement respectées tout au long du processus de soin afin de réduire les risques d'infections nosocomiales. Dans ce contexte, l'approche de ludification avait pour objectif de rendre attractif un sujet que le personnel de soins trouve parfois trop contraignant. D'ailleurs, nous avons identifié plusieurs caractéristiques pour ces formations professionnelles.

- les bases théoriques en lien avec les précautions standards sont généralement connues du personnel de soins mais pas suffisamment appliquées.
- Les séquences de formation devaient être limitées à 30 minutes dans la mesure où elles devaient être effectuées pendant les heures de service.
- Pour changer le comportement du personnel de santé, il était essentiel de lui faire prendre conscience de ses mauvaises pratiques et de leurs conséquences pour les patients et pour eux-mêmes.

Pour cette formation, le choix du contexte graphique du scénario s'est fait sur une représentation simplifiée (cf. figure 5.7) d'un service au sein d'un hôpital.



Figure 5.7 – Site modélisé pour le scénario CPIAS

Avec l'aide des experts du CPias, nous avons donc identifié plusieurs RMF pour cette formation :

- Une RMF qui a été nommée *Guéridon médical* (cf. figure 5.8) permet d'accéder à l'équipement pour la prise en charge de base des patients (prélèvement de sang, pansement, hygiène).



Figure 5.8 – Utilisation d'une RMF - Guéridon médical

- Une RMF *Équipements de protection individuels* (EPI³) (cf. figure 5.9) qui rappelle le code vestimentaire professionnel (tunique à manches courtes, pas de bijoux, pas de vernis à ongles, etc.)



Figure 5.9 – Utilisation d'une RMF - Équipements de Protection Individuels

- Une RMF *Hygiène des mains* (cf. figure 5.10) qui donne la possibilité de jouer des vidéos (illustrant/rappelant un lavage correct des mains) et simule le comportement hygiénique des mains.

Cette deuxième expérimentation a eu lieu dans le contexte suivant (cf. figure 5.11) :

- 15 personnes - infirmières et infirmiers.
- Séquence de 30 minutes pendant une activité normale de travail professionnel.
- Le scénario de test est basé sur les connaissances de base pour lutter contre les infections associées aux soins de santé.

3. Il est intéressant de noter que des RMF similaires ont été identifiées dans deux domaines complètement différents. Si le fond est le même (EPI), tout le contenu est différent et il n'a pas été judicieux voire utile de réutiliser directement la RMF définie pour le domaine sidérurgique. Les domaines d'application sont trop différents.



Figure 5.10 – Utilisation d'une RMF - Hygiène des mains



Figure 5.11 – Expérimentation en Institut de Formation en Soins Infirmiers (IFSI)

A l'issue de ces expérimentations en situation professionnelle, nous avons pu identifier et proposer des éléments simples à intégrer dans la formation sous forme de RMF et

construire un scénario de formation basé sur celles-ci. Sur un point de vue purement pragmatique, ces deux projets ont donné satisfaction puisque l'accueil a été très positif et ils ont demandé tous les deux à être poursuivis (mais en dehors du cadre de ce travail de thèse).

Afin de continuer à valider cette approche centrée "ressources" et implémentée dans un environnement spécifique de jeu sérieux, nous avons également tenté de l'expérimenter dans le monde de la formation initiale.

V.3 Expérimentations en formation initiale

Les sections suivantes décrivent plusieurs de ces expériences au sein des IUT de Chambéry et de Lyon 1 au cours de ce travail de thèse. Là encore, nous avons essayé de varier les approches (collaborative, réalité alternée, etc.) et les domaines d'application. La toute première expérimentation⁴ s'est déroulée avec un enseignant en électronique qui souhaitait évaluer également le savoir-faire des apprenants dans le montage d'un objet électronique (au sens manipulation, insertion des composants, branchements des connexions, de l'alimentation, etc.).

V.3.1 Scénario sur les objets connectés

Le scénario concerne la réalisation d'un objet innovant dans une entreprise. Dans l'histoire du jeu, le dernier "projet" de cette société a été piraté et nous comptons sur les étudiants pour découvrir le contenu de ce projet (schéma technique) et le réaliser (en récupérant les bons composants). Ce scénario donne aux étudiants la possibilité d'explorer l'environnement, de regarder, de choisir, de prendre des décisions afin d'atteindre les prochaines activités qui, pour certains, se dérouleront en situation réelle. Le thème correspond au programme éducatif des étudiants (électronique) mais fait également intervenir les connaissances dans d'autres matières secondaires (programmation, réseau, électricité, communication, gestion de projet et connaissances générales). Tout cela permet aux enseignants d'évaluer les connaissances et/ou le savoir-faire des étudiants dans ces domaines.

Cette expérimentation a eu lieu dans le contexte suivant :

- 58 étudiants de première année de l'IUT dont environ 15 étudiants par session de jeu.
- Session de 3h.
- La partie dans l'environnement numérique du jeu sérieux, donc dans le monde virtuel de Learning Adventure, s'est déroulée dans une salle unique équipée de machines avec un étudiant par machine, et les parties dans le "monde réel" se sont déroulées dans des salles secondaires dédiées à chacune des activités correspondantes mais également en dehors de l'IUT, pour trouver des lieux identifiés par GPS et découvrir des étiquettes NFC qui contenaient un code pour pouvoir

4. NB : Chronologiquement, cela correspond à la toute première expérimentation. Elle doit être considérée comme un précurseur du modèle et de l'implémentation présentée dans ce document car au moment du déroulement de cette expérimentation : le nouvel environnement LA 5 n'était pas complètement fonctionnel, les termes du modèle non arrêtés et le cadre méthodologique non formalisé.

poursuivre ensuite le jeu à nouveau dans l'environnement virtuel (comme nous l'avons évoqué précédemment - cf. figure 4.9).

V.3.1.1 Acceptabilité du système

Cette expérimentation nous a permis de faire les premiers tests sur l'acceptabilité du système et de l'approche en nous appuyant sur des questionnaires. Les résultats décrits ci-dessous résultent d'une séance de debriefing d'une heure (généralement réalisée pour consolider les connaissances acquises), qui a eu lieu la semaine suivant les expériences en complément d'un questionnaire en ligne (évaluation de type échelle de Likert) directement à la fin de l'expérience. En résumé, trois questions centrales ont été posées :

1. Comment est perçu un tel type d'enseignement ?
2. Y-a-t-il une rupture dans la sensation d'immersion lorsque vous passez du virtuel au réel ?
3. Pensez-vous avoir appris grâce au jeu ?

En fonction des hypothèses et des questions posées, nous avons obtenu les résultats suivants après analyse : les étudiants ont apprécié dans leur très grande majorité (95%) ce type de formation. Ceux (2-3 sur 58) pour lesquels ce type d'expérience n'est pas décisif expliquent en général qu'ils n'apprécient pas les jeux vidéo. Cependant, il est intéressant de noter que les phases où les activités se sont déroulées dans la réalité ont toutefois été appréciées par ces mêmes étudiants.

D'autre part, les étudiants considèrent que les activités en dehors du jeu ne brisent pas l'immersion (cela confirme l'impression des formateurs issue de l'observation informelle effectuée in-situ). Il est également intéressant de noter que l'aspect compétition (entre les groupes) n'a absolument pas été promu dans le scénario, mais l'instinct de compétition semblait naturellement créer une certaine émulation entre les groupes. Nous avons également constaté que la partie GPS et la lecture des codes NFC ont été 5 fois (parmi 12 groupes) résolues en utilisant leurs smartphones plutôt que par les moyens offerts dans le cadre du scénario. Là aussi, cela confirme les capacités que présentent ces générations d'apprenants à mettre en place différents moyens techniques ou de communication dans des contextes divers que nous avons évoquées dans le chapitre Introduction.

V.3.1.2 Éléments relatifs au point de vue pédagogique

De plus, d'un point de vue de l'apprentissage, ils ont passé une évaluation pédagogique sous forme de questionnaire à choix multiples avant et après la session d'apprentissage. La particularité était de leur demander de préciser à chaque fois le taux de confiance dans leur réponse. La moyenne delta (différence pré-test / post-test) de la note d'évaluation est de 1,5 point (valeur maximale : 20 points), ce qui montre qu'ils ont effectivement appris via une telle session pédagogique. Mais nous avons surtout constaté que la confiance en soi avait en moyenne augmenté de 10,7 points (sur 100 points).

Du point de vue de l'enseignant en électronique (impliqué dans la conception de la partie scénario-pédagogique et ludique), le « mélange » des différents domaines/technologies est plutôt perturbant car il a eu l'impression de « ne pas maîtriser tous les aspects du contenu » de la session d'apprentissage. De telles méthodes pédagogiques enfreignent les

habitudes des enseignants, mais les étudiants n'ont absolument pas considéré cet aspect mixte comme négatif. Par ailleurs, la mise en place de telles expériences s'est révélée très lourde et relativement coûteuse en équipement et en logistique : 3 enseignants étaient présents et ont activement participé à la progression en accompagnant les groupes dans une réalité mixte lorsqu'un autre est resté dans la salle du jeu sérieux.

Ce scénario précurseur nous a montré que l'approche centrée ressource (ici l'objet connecté est l'élément central autour duquel toute la formation est proposée et l'ensemble de l'évaluation se fait) était un bon point d'entrée pour un enseignant ne maîtrisant pas l'approche à base de jeu sérieux. En outre, du côté des apprenants, il nous a conforté dans la possibilité d'intégrer des scénarios relativement évolués avec des phases pédagogiques, techniques et ludiques.

V.3.2 Scénario sur la mesure physique

Le scénario de mesure physique a été mis en place sur un module de formation du département GMP de l'IUT Lyon 1. Ce module est un module d'adaptation locale du PPN⁵ GMP et est orienté vers les groupes de TD constitués avec des étudiants plutôt destinés à une poursuite d'études. Historiquement, ce module utilisait en TP des platines moteurs couplées avec le logiciel professionnel LabView. Malheureusement, les problèmes liés à l'obsolescence des maquettes (fournisseur en dépôt de bilan, liaison sur port parallèle non présent sur les nouveaux PC, pannes non réparées, etc.) a nécessité une refonte des TP du module. Dans le cadre de cette refonte, nous avons proposé une ludification qui a donné lieu à une expérimentation caractérisée comme suit :

- 120 étudiants de deuxième année de l'IUT Lyon 1 soit 5 groupes de TD (10 groupes de TP)
- 2 sessions de 3h.
- La partie dans l'environnement numérique du jeu sérieux, dans le monde virtuel de Learning Adventure, s'est déroulée dans une salle unique équipée de machines avec un étudiant par machine (cf. figure 5.12), et les activités dans le "monde réel" se sont déroulées à distance (accès à des équipements à distance visibles via une caméra - cf. figure 5.13).

Pour ce scénario, nous avons choisi un contexte onirique futuriste librement inspiré des films "Star Wars". Le joueur joue le rôle d'un technicien du "Premier Ordre", affecté dans une base sur une planète lointaine (cf. figure 5.14)) dont les capteurs ne fonctionnent plus.

Dans un contexte de ludification, nous avons identifié plusieurs RMF pour bâtir un scénario ludique :

- Une RMF Initiation Labview
- Une RMF Accès capteurs
- Une RMF Capteur luminosité
- Une RMF Capteur température

5. Programme Pédagogique National commun à chaque département de DUT.



Figure 5.12 – Expérimentation IUT Lyon 1 - module "Mesures Physiques"

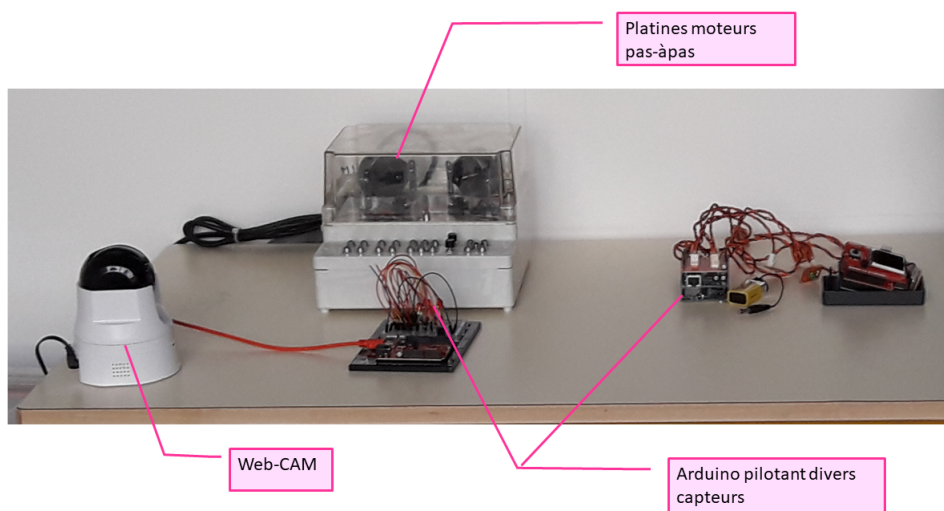


Figure 5.13 – Objets réels accessibles à distance



Figure 5.14 – Base utilisée pour le scénario fondé sur l'univers "STARWARS"

V.3.3 Scénario sur l'asservissement

Le scénario sur l'asservissement est issu de la ludification d'un module de formation du département GMP de l'IUT Lyon 1. Initialement, le module était réalisé en deuxième année (S3) sous une forme classique (cours, TD, TP). Les TP étaient réalisés avec des maquettes pédagogiques spécifiques permettant un asservissement en position et en vitesse d'un simple moteur. Depuis plusieurs années, le constat qui a été fait par les enseignants du module était le suivant :

- L'asservissement de systèmes n'étant pas au cœur de la formation GMP, un grand nombre d'étudiant était peu intéressé par cette matière considérée comme théorique et très éloignée des activités habituelles en conception mécanique.
- Les maquettes pédagogiques utilisées en TP, dataient de plus de 10 ans et reposaient sur une technologie analogique. Elles présentaient de fait, un haut niveau d'obsolescence. Outre les problèmes de maintenance, la phase d'identification du système (issue des réponses indicielles et fréquentielles) impliquait une mise au point fastidieuse des équipements de mesures et une collecte manuelle des différentes valeurs.
- Un petit nombre d'étudiants (autour de 15 à 30%) décrochaient dès les premières séances, ce qui occasionnait des moyennes très basses aux différents contrôles de connaissances.
- L'obsolescence des maquettes impliquait une problématique de maintenance qui ne permettait pas de réparer celles qui tombaient en panne.

Ces différents constats ont conduit les enseignants à vouloir modifier le déroulement du module et notamment les TP. Les réflexions de changement par les enseignants de ce module ont coïncidé avec le déploiement d'une nouvelle plate-forme e-learning à l'université de Lyon 1. Dans ce contexte, nous avons donc mis en œuvre, avec les enseignants concernés, notre approche LGA pour ludifier ce module dans sa phase d'implémentation vers une plate-forme de type LMS.

Cette expérimentation a eu lieu dans le contexte suivant :

- 250 étudiants de deuxième année de l'IUT Lyon 1 soit 9 groupes de TD (18 groupes de TP).
- Session de 3h.
- Comme pour les scénarios précédents, la partie dans l'environnement numérique du jeu sérieux s'est déroulée dans une salle unique équipée de machines avec un étudiant par machine, et les parties dans le "monde réel" se sont déroulées dans les couloirs attenants à la salle (cf. figure 5.16).

La ludification de ce module, qui est décrite plus précisément dans les sections suivantes, a conduit à créer deux activités ludiques. La première activité est un scénario de jeu sous Learning Adventure d'une heure placé en début de module. Dans ce scénario, librement inspiré de la série "LOST"⁶, les joueurs sont sur une île perdue (cf. figure 5.15) et doivent trouver le moyen de sortir de l'île grâce à un système asservi qui suivra une trajectoire spécifique. La seconde activité est une activité en réalité mixte utilisant de petits robots mobiles. L'objectif de cette seconde activité est de créer le régulateur pour les robots en simulation (suivi de consigne), puis de les mettre en place dans le système asservi réel.

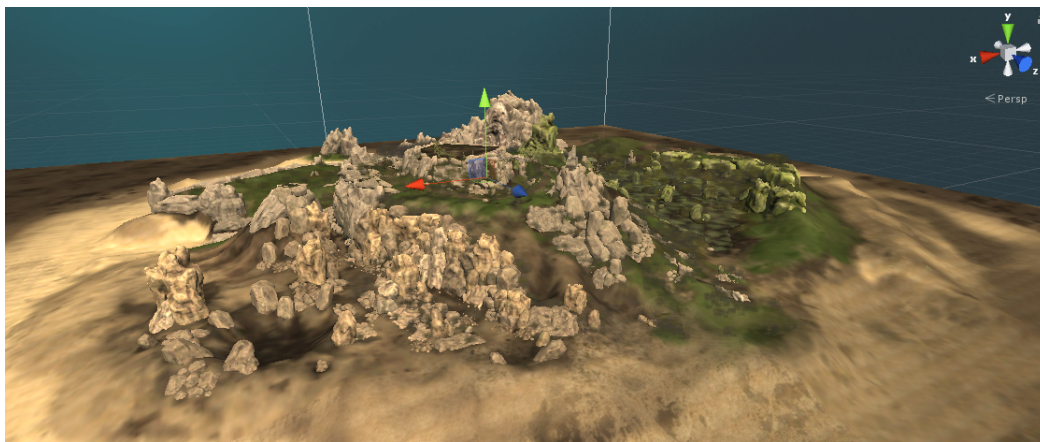


Figure 5.15 – Île utilisée pour le scénario basé sur l'univers de la série "LOST"

Dans ce scénario, nous avons identifié plusieurs RMF ayant un rôle central dans la progression du module :

- une RMF Transformée de Laplace
- une RMF Réponse indicielle
- une RMF Réponse fréquentielle
- une RMF Système linéaire 1er ordre

Ces ressources ont été identifiées comme des RMF car elles présentent nativement plusieurs facettes qui vont permettre de les utiliser dans des contextes différents. Le tableau ci-dessous récapitule les différents facettes et les ressources élémentaires associées.

La RMF Système linéaire 1er ordre montre l'ensemble des facettes contenant l'agrégation de multiples ressources allant d'un document pdf à un objet technologique (ici un robot MBot).

6. [https://en.wikipedia.org/wiki/Lost\(TVseries\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Lost(TVseries))



Figure 5.16 – Activités en réalité mixte avec des robots mobiles

RMF	ludique	pédagogique	technologique
Transformée de Laplace	1 Livre secret	1 Tuto. vidéo, 1 Fiche pdf, 1 QCM	NC
Réponse indicielle	1 PNJ, 1 Objet3D me- sure	1 Tuto. vidéo, 2 Fiches pdf	2 Modèles de simulation Scilab
Réponse fréquentielle	1 PNJ, 1 Objet3D me- sure	1 Tuto. vidéo, 2 Fiches pdf	2 Modèles de simulation Scilab
Système linéaire 1er ordre	2 Tuto. vidéo, 5 Fiches pdf, 2 QCM	2 PNJ, 1 PNJ – Robot, 1 MBot 3D	4 Modèles Scilab, 1 MBot, 2 Pgm Arduino

Tableau 5.3 – MFR et facettes

V.3.4 Scénario sur la robotique mobile

Ce dernier scénario s'inscrit dans un module complémentaire de l'IUT de Chambéry qui consiste à faire découvrir la programmation à des étudiants de la filière MMI. Pour ce scénario, nous avons choisi de créer plusieurs types d'activités ludiques au sein du parcours :

- La première activité est une activité ludique avec Learning Adventure (cf. figure 5.17) se déroulant dans une cité futuriste avec un scénario librement inspiré du jeu de rôle Paranoïa qui décrit un monde post-apocalyptique peuplé de robots où les humains sont clonés et dirigés par un ordinateur fou.
- La deuxième activité est une activité collaborative (cf. figure 5.18) autour d'une table tactile. Sur la base du même principe que le scénario sur les objets connectés, les étudiants devaient récupérer un ensemble de documents qu'ils devaient analyser pour comprendre comment accéder à l'environnement de programmation du robot MBot.
- Une troisième et dernière activité consistait à utiliser tout ce qui a été récupéré



Figure 5.17 – Des étudiants jouent à LearningAdventure



Figure 5.18 – Des activités de collaboration sur une table tactile

dans les activités précédentes pour programmer un robot MBot afin qu'il soit capable de sortir d'un labyrinthe en exploitant les informations fournies par deux de ses capteurs (suivi de ligne et proximité).



Figure 5.19 – Utilisation du robot MBot pour du suivi de ligne

Le contexte de cette expérimentation était le suivant :

- 56 étudiants de première année de l'IUT de Chambéry soit 4 groupes de TP
- 3 sessions de 1h30.
- Comme pour les scénarios précédents, la partie dans l'environnement numérique du jeu sérieux s'est déroulée dans une salle unique équipée de machines avec un étudiant par machine, et les activités collaboratives et dans le "monde réel" se sont déroulées dans la même salle (un "Learning Lab").

Ces différentes expérimentations ont permis de systématiquement mettre à l'épreuve l'environnement de développement/exécution "Learning Adventure version 5" et de l'améliorer progressivement de manière incrémentale. En outre, on constate également une montée en complexité des scénarios qui ont été mis en place et la réutilisation d'objets dits innovants dans différents contextes (Tables tactiles, utilisation de la robotique pédagogique par exemple). En illustrant avec les RMF qui ont été définies et utilisées, on voit clairement apparaître l'approche centrée ressource mais peu le cadre de formalisation qui a été proposé. Nous allons y revenir de manière générale dans la section suivante.

V.4 Retours sur le cadre méthodologique et résultats

V.4.1 Mise en œuvre de LGA

Dans cette section, nous illustrons un peu plus la mise en œuvre de la méthode LGA lors des différents contextes présentés ci-dessus. Conformément au diagramme de la figure 3.9, nous allons commencer par rappeler auparavant les deux tâches d'initialisation dans le paragraphe suivant. Puis nous décrivons les deux principaux processus : identification des ressources pédagogiques et RMF pour pouvoir mettre en place la construction

du parcours pédagogique et le processus de construction du scénario ludique incluant le cas échéant des activités innovantes.

V.4.1.1 Tâche d'initialisation du processus de ludification

Cette tâche d'initialisation a vocation à poser un cadre structurel aux modules que nous devons ludifier. Elle permet aussi aux formateurs d'exploiter leur expertise du domaine et prendre en compte le travail qu'ils ont précédemment réalisé. En effet, comme nous l'avons déjà précisé, les cas de création "ad hoc" sont rares et les formateurs ont dans la plupart des cas, des éléments de cours et des exercices. Finalement la définition des éléments organisationnels est facilitée par l'expertise des formateurs et permet de fixer les limites.

Pour les contextes indiqués dans la section [V.1](#), les éléments organisationnels ont été identifiés à partir des différents documents fournis par nos collègues et nos partenaires :

- Pour les formations professionnelles, nous avons constitué les éléments sur la base des formations existantes principalement constituées d'affiches et de présentations.
- Pour les formations initiales, nous avons utilisé les PPN (Programmes Pédagogiques Nationaux) qui définissent les différentes matières au niveau de chaque filières ainsi que les volumes horaires.

Par la suite, nous nous sommes donc concentrés sur l'identification des différents outils que nous pouvions utiliser dans le cadre de ces formations :

- La plate-forme LMS/MOOC : Claroline Connect⁷ ». Cette plate-forme open-source permet de mettre à disposition des ressources pédagogiques médiatisées.
- L'environnement de jeu sérieux : « Learning Adventure » 5 présenté dans le chapitre IV.
- Un environnement collaboratif : « ITAC ». ITAC est un logiciel permettant de faire des annotations collaboratives sur une table tactile.
- Des équipements/outils métier : les équipements utilisés dans les scénarios permettent de réaliser des activités en réalité mixte. Pour les différentes expérimentations, nous avons utilisé des capteurs Arduino et des robots. Ces équipements attractifs permettent de tester en réel une mise en œuvre de concepts théoriques. Concernant les logiciels, nous avons principalement utilisé Scilab qui est un logiciel open-source de modélisation et de simulation mathématique.

Le Tableau [5.4](#) récapitule les différents outils et équipements identifiés pour chacun des modules.

V.4.1.2 Processus de construction des parcours initiaux

Conformément au processus méthodologique, la troisième étape de notre approche est ensuite d'identifier un certain nombre d'activités à réaliser pendant les séances prévues. Ces activités donnent lieu à un ou plusieurs parcours qui sont créés sous Claroline-Connect. Les figures suivantes montrent quelques extraits de ces activités et des ressources simples.

7. <http://claroline.net>

Module	Type ⁸	LMS	LA5	ITAC	Équipement
Pontier	FP	oui	oui	non	Casque virtuel, Boîtier de commande
Hygiène	FP	oui	oui	non	aucun
Robotique	FI	oui	oui	oui	Robot MBot ⁹
Asservissement	FI	oui	oui	non	Robot MBot
Mesures physiques	FI	oui	oui	non	Sensor Arduino
Objets connectés	FI	oui	oui	oui	Sensor Arduino, Automate industriel

Tableau 5.4 – Outils et équipements utilisés pour les expérimentations

La figure suivante (cf. figure 5.20) montre le parcours pédagogique qui a été défini pour le module d'asservissement (cf. section V.3.3). Ce dernier est constitué d'activités qui donnent lieu à des séances de formation en présentiel. Les figures 5.21 et 5.22 illustrent deux exemples d'activités : la première concerne la partie théorique du module, la seconde concerne l'évaluation terminale. Même si les figures montrent le parcours finalisé, il est à noter qu'à cette étape de notre méthodologie, le contenu des activités n'est pas encore défini.

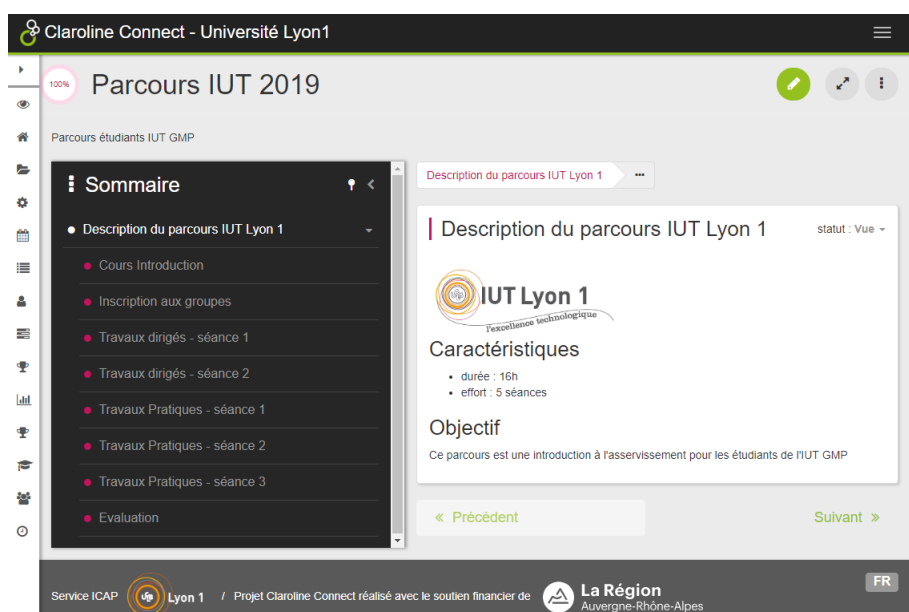


Figure 5.20 – Parcours du module asservissement IUT Lyon1 (partie 1)

La structure d'un parcours reste assez classique. Elle est constituée par un enchaînement séquentielle d'activités. Dans ce cas, le parcours est relativement statique. Pour proposer une approche plus dynamique, nous avons aussi défini des référentiels de compétence. Ces référentiels permettent de créer des parcours dynamiques où les activités sont choisies en fonction des compétences que l'apprenant souhaite acquérir.

A l'issue de ce troisième sous-processus, nous disposons des principales activités

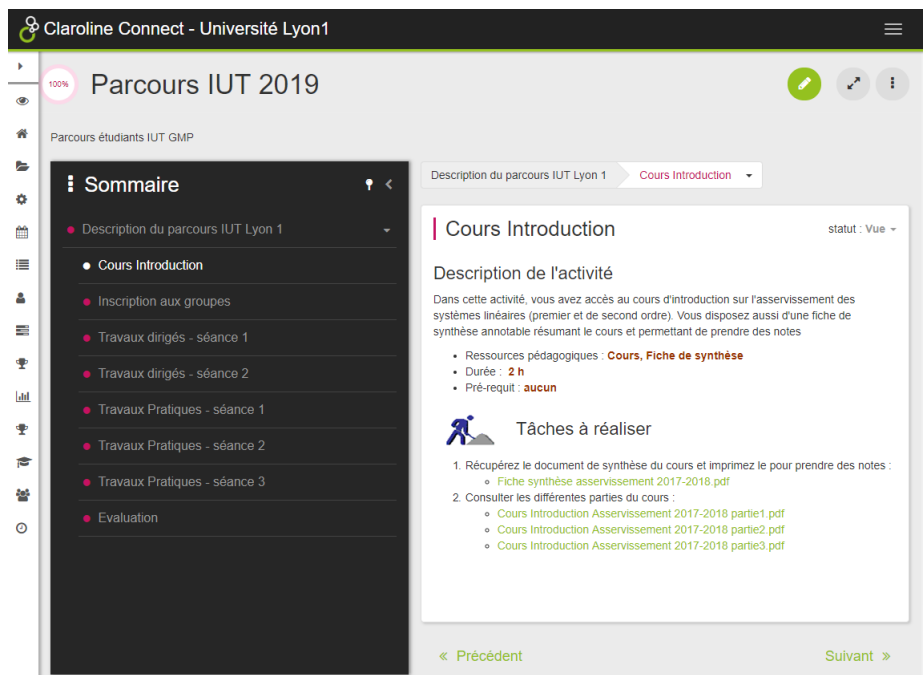


Figure 5.21 – Parcours du module asservissement IUT Lyon 1 (partie 2)

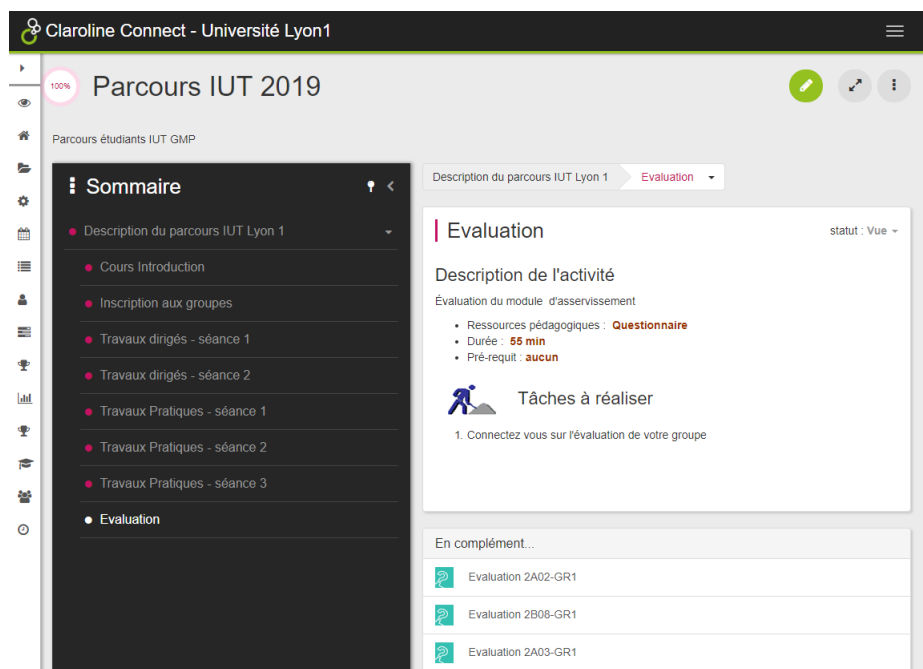


Figure 5.22 – Parcours du module asservissement IUT Lyon 1 (partie 3)

définies dans notre LMS (Claroline Connect). Pour chacun des modules choisis, nous avons donc identifié une activité de jeux sérieux. Pour le module robotique, nous avons identifié par ailleurs une activité collaborative avec la table tactile. Cette approche, top-down, reste très générale mais elle permet aux enseignants d'initier une structure à partir des contraintes organisationnelles sans avoir une idée précise du contenu. On peut considérer que ce troisième sous-processus rassure les enseignants néophytes dans leur démarche de ludification et leur permet de prendre en main le LMS ¹⁰.

V.4.1.3 Processus de construction des activités innovantes

Le processus de construction des activités innovantes constitue le dernier sous-processus de la méthodologie LGA. Ce sous-processus est au coeur de la ludification car il doit aboutir à définir les activités innovantes ainsi que le déroulement d'un scénario de jeu. Nous décrivons les principales étapes de ce processus dans les paragraphes suivants :

Etape d'initialisation du processus.

La figure 3.14 décrit le modèle BPMN de ce sous-processus. Comme indiqué dans ce schéma, les premières étapes sont le choix du contexte graphique et le choix des scènes en lien avec ce contexte. Comme nous l'avons décrit dans les sections précédentes (cf sec.V.2, sec.V.3), ce choix se fait en amont de l'identification des ressources. C'est donc à cette étape que sont choisis les univers graphiques des scénarios. Le tableau 5.5 récapitule ces caractéristiques.

Le choix de l'univers est fait par le formateur en fonction de quelques règles de bon sens. Dans un premier temps, il doit choisir l'époque (passé, présente, à venir). Ce choix conditionne implicitement un contexte. Le contexte doit être choisi en fonction des appétences du formateur. Il doit se sentir à l'aise dans ce contexte. En effet, nos différentes expérimentations nous ont montré que, quelle que soit l'époque ou le contexte, il est toujours possible de bâtir un scénario cohérent pour une formation donnée.

Etape d'identification des ressources pédagogiques et RMF.

Cette étape est la plus cruciale et correspond plus à une approche bottom-up : il s'agit d'identifier les ressources pédagogiques ¹¹, les ressources multi-facettes et les intégrer dans le scénario.

Dans un premier temps, le travail de recensement des ressources purement pédagogiques est facilité par la démarche d'intégration de celles-ci dans un contexte de LMS. Le formateur identifie, regroupe ses supports pour arriver à un ensemble cohérent de ressources que nous appellerons, par abus de langage, des ressources primaires. Ces ressources sont constituées de fichiers, de présentations, de vidéos, d'exercices et de QCM.

Dans une deuxième étape, il s'agit d'identifier les ressources les plus pertinentes, afin de les regrouper dans un contexte que nous avons appelé RMF. De fait, nos premières

10. Nous avons utilisé Claroline-Connect mais cela pourrait tout à fait se faire dans un autre LMS comme Moodle.

11. Comme nous l'avons précisé à plusieurs reprises, le formateur dispose très souvent de ressources déjà disponibles, les cas de formation "from scratch" étant assez rares, surtout pour ceux qui veulent tester ces nouvelles approches.

Tableau 5.5 – Caractéristiques oniriques/réalistes des scénarios ludiques

Module	Type de carte	Style - Epoque	Contexte de jeu
Asservissement	Île	Époque actuelle	Contexte proche de la série télévisée "Lost". Un groupe de naufragés sur une île perdue avec une organisation secrète (Dharma)
Robotique mobile	Ville futuriste	Futur – Science fiction	Contexte proche du jeu de rôle <i>Paranoïa</i> avec un monde de robot où les humains sont des clones
Mesures physiques	Base sur une planète inconnue	Futur – Science fiction	Contexte proche des films « Star Wars », une base de l'empire avec des techniciens
IoT	Base sur une planète inconnue	Futur – Science fiction	même contexte que le module Mesures physiques
Pontier	Site industriel du partenaire (cf. figure 5.1)	Époque actuelle	Contexte d'un jeune opérateur qui vient d'être embauché
Hygiène	Hôpital fictif	Époque actuelle	Contexte d'un service infecté par des bactéries nausocomila avec des références à des séries médicales connues (Grey's Anatomy, Urgence, Dr House)

RMF ne sont généralement constituées que d'une facette pédagogique. Une fois les principes RMF identifiées, le "game designer" complète les différentes et caractérisent leurs différents liens.

Dans les sections précédentes, nous avons présenté les expérimentations par la description de quelques RMF qui illustrent les liens entre les différentes facettes et leur usages dans un jeu sérieux :

- la figure 5.10 montre l'usage du lien entre une animation (facette ludique) et une vidéo de démonstration (facette pédagogique) pour obtenir une hygiène correcte des mains (module de formation professionnelle - Hygiène).
- la Figure 5.4 montre le l'usage du lien entre un objet 3D (facette ludique) et un test sur le LMS (facette pédagogique) concernant les gestes de pilotage (module de formation professionnelle - Pontier).
- la Figure 5.6 illustre l'usage d'équipement (facette technologique) et notamment

un casque de réalité virtuelle afin de simuler le pilotage d'un pont roulant (module de formation professionnelle - Pontier).

A la fin de cette étape, le formateur dispose donc d'un pool de RMF qui vont devoir être orchestrées pour constituer le scénario ludique.

Étape de construction du scénario ludique.

Comme nous l'avons introduit précédemment, la construction du scénario est étroitement liée à l'orchestration des ressources multi-facettes. L'idée clef de la construction du scénario est de positionner dans le monde choisi, les RMF avec des facettes ludiques et de construire la quête étape par étape.

Ainsi, pour nos expérimentations, toutes les RMF avec des facettes ludiques ont été placées sur les cartes. Puis, nous avons construit les différentes étapes de la quête permettant de relier les RMF entre elles en respectant le contexte graphique choisi. Chaque RMF est considérée comme une cible d'une tâche. Il est à noter que l'orchestration des RMF nous permet de générer un scénario initial. Dans la plupart des cas, ce scénario doit être affiné par itération (tests avec le formateur).

Construction itérative du scénario : Le cas de l'exemple industriel

Sur un point de vue méthodologique, le scénario Industeel a soulevé une difficulté et une possibilité de résolution intéressante. Pour mémoire, il s'agissait de simuler le fonctionnement d'un pont roulant. Le déroulement du scénario tel que nous l'avons prévu initialement n'était pas conforme à la progression souhaitée par l'entreprise. Grâce à la granularité de nos RMF, nous avons pu facilement intervertir l'usage de ces ressources. Cela a permis la construction du scénario par des étapes d'itérations successives avec le formateur. Cela permet aussi de mettre en œuvre un contexte de tests partiels mais suffisamment pertinents pour valider un scénario d'usage complexe. Ceci est d'autant plus nécessaire lorsque les équipements virtualisés ou simulés sont complexes et qu'il est difficile pour le concepteur de scénario d'en comprendre toutes les subtilités.

V.4.2 Synthèse - Discussion

Nous avons été en mesure de mener un certain nombre d'expérimentations à base de jeu sérieux assez différentes avec ce système. Formellement, nous générons une structure de scénario comme un enchaînement d'objectifs et de tâches conditionnées. Chaque cible d'une tâche peut être un élément ludique d'une RMF. Bien sûr, il convient de compléter certaines RMF en fonction du contexte de l'univers choisi afin d'éviter des dissonances ludo-narratives. Au final, l'agrégation des RMF définit le scénario initial avec une certaine progression souhaitée par le formateur. Pour autant, cette approche initiale n'est jamais la version finale du scénario. Il est nécessaire de vérifier l'équilibre global du parcours (ni trop ludique, ni trop peu) ce qui est compliqué car il n'existe pas réellement de méthode. Avec le recul, l'introduction des éléments liés aux facettes technologique nous semble être un moyen efficace d'équilibrer le parcours. Il permet de travailler en réalité mixte, en passant par une alternance du virtuel au réel. La figure 5.23 schématise le contexte d'usage et résume ce que nous avons été en mesure de mettre en place.

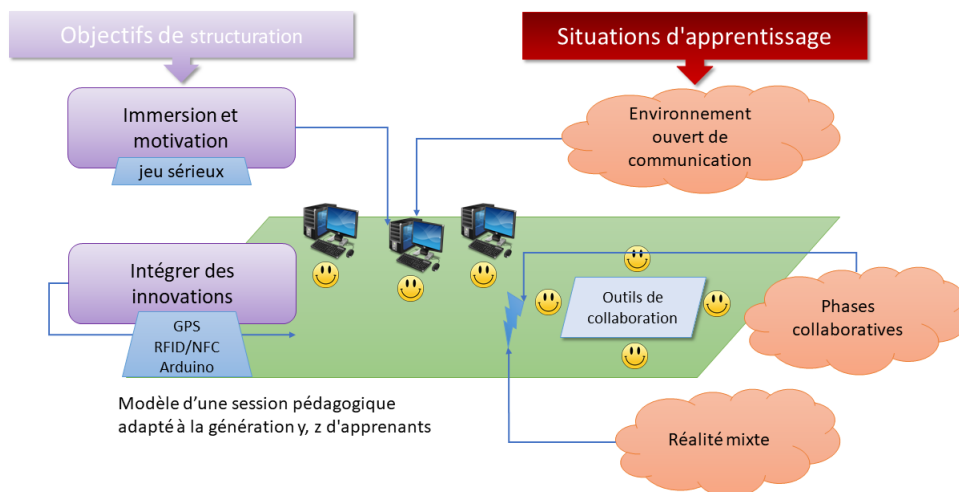


Figure 5.23 – Environnement de jeu sérieux comme cadre structurant d'une session d'apprentissage

Cela est en filigrane dans ce chapitre mais ces expérimentations en contexte professionnel (et également en formation initiale) ont permis de faire évoluer le système. Petit à petit, à mesure que nous maîtrisions les expérimentations les plus simples, nous avons donc pu monter en complexité jusqu'à intégrer au sein d'une même session, à la fois différentes phases de jeu sérieux, utilisation collaborative de tables tactiles et phases de montage électronique/programmation avec les objets connectés.

Il faut reconnaître que si l'objectif est atteint d'un point de vue purement pragmatique (on a pu concevoir des jeux sérieux pour la formation professionnelle qui ont donné satisfaction), le travail nécessaire pour monter de telles expérimentations est encore très important et nécessite l'intervention de plusieurs personnes. Cela reste donc coûteux mais bien moins que s'il avait fallu repartir de zéro à chaque expérimentation : l'environnement Learning Adventure et l'approche proposée ont tout de même permis de réduire clairement le coût. En outre, nous étions bien dans une transformation de formations existantes grâce à l'utilisation de ressources que les formateurs possédaient.

Chapitre VI

Conclusion et perspectives

VI.1 Conclusion générale

L'objectif principal de nos travaux était de faciliter la mise en œuvre de scénarios ludiques au sein de la formation professionnelle. Plus précisément, il s'agissait de développer un modèle de ludification adapté à la formation professionnelle. En effet, comme nous l'avons présenté en introduction la ludification dans un contexte de formation professionnelle doit répondre à des contraintes spécifiques. L'état de l'art (cf. chapitre II) montre que les modèles et les méthodes existants ne répondent pas entièrement à ces contraintes ou l'abordent sous un angle qui n'exploite pas forcément l'existant. Pour la formation professionnelle, nous avons pu constater que les objectifs de formation sont principalement orientés vers des usages, soit sur des pratiques professionnelles, soit sur des équipements ou des logiciels métier. Il nous a semblé donc plus pertinent de considérer le jeu sérieux comme un facilitateur d'intégration (intégration des usages professionnels dans un processus de formation). Cette idée clef constitue le fil rouge des travaux qui ont été réalisés. De fait, pour être "facilitateur", la création d'un scénario doit s'appuyer sur deux socles : des modèles réutilisables et une méthodologie accessible aux formateurs non experts des jeux.

Le chapitre III présente notre principale contribution de modélisation. Pour cela, nous avons proposé de constituer, en appui à la réalisation de scénario, des Ressources Multi-Facettes. Ces ressources permettent de disposer au sein d'un jeu vidéo, des liens vers des objets métier ou technologiques et de les mettre en œuvre dans un contexte proche de leur utilisation réelle. Il peut sembler paradoxal de revenir à une approche de modélisation des ressources alors que les standards historiques (IMS-LD) ont évolué vers une structure centrée sur le scénario. Ce choix résulte d'une analyse et des résultats des expérimentations réalisées en milieu professionnel (et confirmés également depuis plusieurs années de pratique de jeu sérieux au sein des universités de Savoie et de Lyon). En effet, la plupart des formateurs souhaitant ludifier leurs formations recherche une approche pragmatique leur permettant de réutiliser au maximum leurs ressources existantes. L'idée directrice a donc été de partir d'un référentiel connu des formateurs, de faire apparaître les facettes ludiques des ressources, puis de construire le scénario ludique par assemblage. Face à des approches de ludification qui sont essentiellement centrées sur la conception globale d'un scénario, nous avons donc fait le choix de proposer une approche fortement segmentée. Ceci nous a amené à construire un cadre de formalisation¹ (LGA) adapté permettant d'identifier les ressources multi-facettes puis d'agréger autour d'elles les étapes du scénario.

Cette approche a montré son intérêt lors des premiers tests dans un contexte industriel. Nous avons appliqué cette démarche pour virtualiser et simuler un équipement industriel.

Comme nous l'avons décrit dans le chapitre V, nous avons aussi appliqué cette approche de modélisation dans un contexte médical (formation à la lutte contre les maladies nosocomiales). Dans ce contexte, les ressources ne présentaient pas de complexité intrinsèque mais une complexité dans leur usages.

1. Le terme "méthodologie" nous semble un peu exagéré car on reste à un niveau relativement général et le formateur n'est pas forcément guidé sur les aspects organisationnels par exemple. Toutefois, la construction empirique du scénario et les tests que nous avons menés notamment avec le milieu industriel donnent de réelles perspectives sur la formalisation d'une approche méthodologique itérative.

Les travaux présentés ici ont donné lieu aux publications suivantes :

[Abed et al., 2015a], [Abed et al., 2015b], [Abed et al., 2016b], [Abed et al., 2016a], [Abed et al., 2018b], [Pernelle et al., 2019] et [Abed et al., 2018a].

Ce travail de thèse a également donné lieu à un travail d'implémentation important avec la réalisation d'un environnement de conception et déploiement de jeux sérieux appelé Learning Adventure. C'est un prototype fonctionnel qui intègre le modèle de ludification proposé et qui a été expérimenté à 6 reprises dans des contextes relativement différents. Le système complet s'envisage intégré avec des interactions avec une plateforme de type LMS, un système de traçage de l'activité avec des indicateurs et/ou des logiciels/outils métier.

Pour revenir sur les problématiques identifiées en début de document, nous pouvons préciser que les contraintes industrielles ont pu être prises en compte : disponibilité, hétérogénéité, réglementation, validation, évolutivité. Même si, pour le dernier aspect, nous n'avons pas pu tester une évolution du scénario depuis les premières expérimentations (hormis éventuellement l'adaptation du scénario en intervertissant les RMF dont on a parlé dans le chapitre précédent).

A un niveau plus général, nous avons identifié quelques pistes.

- La première concernait l'hypothèse d'une approche méthodologique ou de modélisation : nous avons proposé finalement les deux mais de note point de vue, cela reste plus un cadre de formalisation.
- La seconde évoquait la possibilité d'utiliser des éléments additionnels pour répondre aux contraintes spécifiques. Nous n'avons pas répondu à quels sont les meilleurs éléments mais nous avons pu expérimenter avec différents types (VR, objets connectés, table tactile) mais nous avons montré dans le cadre des expériences que l'approche en réalité mixte (du virtuel au réel) ne casse pas l'immersion, apporte des solutions concrètes aux contraintes spécifiques et est apprécié des apprenants.
- La dernière question consistait à mesurer l'apport réel du jeu sérieux et des éléments additionnels. Avec tous les biais que cela peut comporter et dont nous sommes conscients, des évaluations ont été faites pré et post expérimentations. Il faut reconnaître que les résultats ne semblent pas très probants en terme d'apprentissage pur mais les étudiants ont nettement augmenté la confiance qu'ils mettent dans la réponse donnée.

Le contexte de la thèse ne nous a pas permis de multiplier les expérimentations identiques afin de valider ces résultats sur de grands échantillons et rendre vraiment valides sur un plan statistique ces premiers résultats. C'est la raison pour laquelle ces aspects n'ont pas été traités plus avant dans ce travail de thèse. Un autre point qui était prévu mais n'a pas été exploité est liée à la facette "réseaux sociaux". Les conditions d'expérimentation n'ont pas permis de les mettre en œuvre et notamment les formateurs n'ont pas été intéressés ou en mesure d'exploiter cette possibilité car eux-mêmes se sont révélés peu utilisateurs de ces nouveaux outils.

Sur un plan utilisabilité du système, grâce aux assez nombreuses expérimentations, nous avons obtenu des retours intéressants mais un certain nombre de ces éléments n'ont pu être pris en compte même avec le développement itératif mais restent intéressants en terme de perspectives.

VI.2 Perspectives

En effet, différentes perspectives ont été ouvertes grâce à ce travail.

Nous présenterons des perspectives dans chacun des 3 axes liés à notre activité de recherche : du point de vue de la formalisation méthodologique, du point de vue du modèle et enfin de l'environnement.

Tout d'abord, il serait nécessaire d'aller plus loin et formaliser une méthodologie de construction itérative de scénario basée sur un enchaînement de RMF, avec éventuellement un logiciel/éditeur support pour cette phase. Cela impliquera de définir une description sémantique suffisamment riche des objectifs. L'avantage de ce type d'approche est de pouvoir proposer un prototype de scénario qui permet à des experts métier de valider l'usage des équipements industriels simulés. L'approche a été validée dans différents domaines mais il conviendrait de tester dans d'autres afin d'enrichir et/ou éventuellement mieux identifier voire caractériser les différentes situations d'apprentissage.

Toujours dans le même esprit mais en se focalisant sur le modèle cette fois-ci, de nouveaux contextes permettraient dans un premier temps, d'affiner et/ou étendre la RMF minimale et dans un second temps, utiliser le meta-modèle pour décliner des RMF spécifiquement adaptées à certains contextes (réalité mixte, réalité virtuelle, réalité augmentée, collaboration) : on parviendrait éventuellement à mieux guider le formateur sur le plan organisationnel par exemple (phases d'initialisation du scénario).

Pour ce qui concerne l'environnement développé en Unity 3D, il existe de nombreuses pistes. L'une des plus prometteuses et utiles concerne la création d'un éditeur graphique de scénario qui générerait ensuite le fichier au format json sur lequel s'appuie actuellement Learning Adventure 5. L'approche très déclarative issue de l'état de l'art et utilisée à la fois pour les RMF et l'orchestration des activités (quêtes dans le jeu validées par des éléments déclencheurs - triggers) est un des points positifs permettant d'intégrer toute sorte d'évolution par simple déclaration et un peu de scriptage. Cependant, elle pourrait encore être étendue et appliquée pour le "decorum" qui est l'élément actuellement le plus chronophage, pas très compliqué à faire mais fastidieux et qui de plus, nécessite des connaissances sur l'environnement.

Pour terminer, ce travail de thèse a été fait dans le cadre de deux projets industriels indépendants mais qui tous les deux ont demandé à être reconduits et poursuivis au regard des avis des responsables sur les résultats obtenus. Cela en soit est la majeure perspective d'évolution de ce travail.

Annexe I

Ce premier annexe présente un extrait de scénario sous forme de fichier json (listing 1)

Listing 1 – Scénario IDE du CCLIN

```
{
  "version": "5.1.3",
  "missions": [{
    "missionName": "scenario-IDE",
    "version": "2.1",
    "date": "12/07/2017",
    "objectifs": [
      {
        "_label": "Accueil",
        "_score": "50",
        "taches": [{
          "_type": "OBJET",
          "_titre": "Presentation du jeu",
          "_scene": "Accueil_HCL",
          "_name": "Presentation du jeu",
          "_posX": "-8.23",
          "_posY": "0.7907708",
          "_posZ": "43.18",
          "_openURL": "intro_jeuCCLIN.ogv",
          "_urlClaco": "http://www.cpias-ara-jeuxserieux.fr/resource/open/file/179",
          "_prefab": "prefab/prefabObjet/zoneForPlayVideo01"
        }
      ], {
        "_type": "PNJ",
        "_titre": "Discuter avec Sophie",
        "_scene": "Accueil_HCL",
        "_name": "Sophie",
        "_conversation": "sophie_accueil_diag1",
        "_posX": "-20.46896",
        "_posY": "0.247",
        "_posZ": "34.02604",
        "_prefab": "prefab/prefabCharacter/Sophie",
        "_permanent": "false"
      }, {
        "_type": "OBJET",
        "_titre": "Un sujet serieux",
        "_name": "Presentation du contexte",

```



```

    "_posX": "-8.5",
    "_posY": "1.57",
    "_posZ": "43.36",
    "_scene": "Accueil_HCL",
    "_openURL": "presentation_contexte.ogv",
    "_urlClaco": "http://www.cpias-ara-jeuxserieux.fr/
        resource/open/file/299",
    "_prefab": "prefab/prefabObjet/zoneForPlayVideo01",
    "_permanent": "false",
    "_indicateurDecouvert": "5",
    "_indicateurAcquis": "3"
}, {
    "_type": "PNJ",
    "_titre": "Revoir Sophie",
    "_scene": "Accueil_HCL",
    "_name": "Sophie",
    "_conversation": "sophie_accueil_diag2",
    "_posX": "-15.38574",
    "_posY": "0.247",
    "_posZ": "36.12587",
    "_prefab": "prefab/prefabCaracter/Sophie",
    "_messageEndTask": "Vous avez du travail qui vous
        attend, mais avant, il faut vous mettre en tenue.
        Allez vous changer au vestiaire et attention aux
        mauvaises pratiques ...",
    "_permanent": "false"
}]
},
{
    "_label": "Aller se mettre en tenue",
    "_score": "50",
    "taches": [{
        "_type": "ZONE",
        "_titre": "Aller au vestiaire",
        "_name": "ZoneTriggerToVetstiaire",
        "_posX": "-27.945",
        "_posY": "0",
        "_posZ": "37.60332",
        "_loadScene": "Scene Vestiaire HCL",
        "_scene": "Accueil_HCL",
        "_prefab": "prefab/prefabZone/ZoneTrigger",
        "_permanent": "false"
    }],
    {
        "_type": "PNJ",
        "_titre": "Rencontre avec Bactus",
        "_scene": "Scene Vestiaire HCL",
        "_name": "Bacterius",
        "_conversation": "bactus_vestiaire_diag1",
        "_posX": "74.14",
        "_posY": "0.15",

```

```

    "_posZ": "73.47",
    "_prefab": "prefab/prefabCaracter/Bacterius",
    "_permanent": "false",
    "_messageEndTask": "Il est temps de verifier vos
        connaissances sur les tenues reglementaires.
        Recuperez le parchemin 'Essentiel-Tenue', lisez le
        attentivement, puis recuperer le Quizz pour tester
        vos connaissances"
}, {
    "_type": "OBJET",
    "_titre": "Recuperer 'Essentiel-Tenue'",
    "_name": "Essentiel-Tenue",
    "_posX": "-21.27",
    "_posZ": "37.6",
    "_scene": "Scene Vestiaire HCL",
    "_prefab": "prefab/prefabObjet/cube_vider",
    "_openURL": "LesEssentiels-Tenue.pdf",
    "_urlClaco": "http://www.cpias-ara-jeuxserieux.fr/
        resource/open/file/128",
    "_permanent": "false",
    "_indicateurDecouvert": "5",
    "_indicateurAcquis": "4",
    "_messageEndTask": "Apres cet 'Essentiel', il faudra
        prendre le 'QCM'. Tous les 'QCM' que vous trouverez
        sont ajoutes[+]FFD]otre sac. Il faut l'ouvrir et
        cliquer le QCM pour le lancer. Retournez dans le jeu
        une fois le QCM fini pour obtenir votre note"
}, {
    "_type": "OBJET",
    "_titre": "Tester vos connaissances",
    "_name": "QCM - Tenue professionnelle",
    "_posX": "72.65",
    "_posY": "1.21",
    "_posZ": "75.79",
    "_scene": "Scene Vestiaire HCL",
    "_openURL": "http://www.cpias-ara-jeuxserieux.fr/
        resource/open/ujm_exercice/151",
    "_urlClaco": "http://www.cpias-ara-jeuxserieux.fr/
        resource/open/ujm_exercice/151",
    "_prefab": "prefab/prefabObjet/quiz1",
    "_permanent": "false",
    "_indicateurDecouvert": "5",
    "_indicateurAcquis": "10",
    "_successCondition": "note >=10"
}, {
    "_type": "PNJ",
    "_titre": "Conseils de Bactus",
    "_scene": "Scene Vestiaire HCL",
    "_name": "Bacterius",

```

```

    "_conversation": "bactus_vestiaire_diag2",
    "_posX": "74.14",
    "_posY": "0.15",
    "_posZ": "73.47",
    "_prefab": "prefab/prefabCaracter/Bacterius",
    "_permanent": "false"
  }, {
    "_type": "OBJET",
    "_titre": "Aide supplementaire de Bactus",
    "_scene": "Scene Vestiaire HCL",
    "_name": "Aide – Se mettre en tenue",
    "_posX": "72.65",
    "_posY": "1.21",
    "_posZ": "75.79",
    "_openURL": "mettretenue_jeuCCLIN.ogv",
    "_urlClaco": "http://www.cpias-ara-jeuxserieux.fr/resource/open/file/300",
    "_prefab": "prefab/prefabObjet/zoneForPlayVideo01"
  }, {
    "_type": "OPERATION",
    "_titre": "Se mettre en tenue de combat",
    "_name": "mettretenue",
    "_posX": "-16.6111",
    "_posY": "-4.029273",
    "_posZ": "32.99343",
    "_scene": "Scene Vestiaire HCL",
    "_prefab": "prefab/prefabOperation/operation",
    "_duree": "300",
    "_messageEndTask": "Si vous pensez[U+FFFD]tre incorrectement
      equipe, vous pouvez aller dans le service",
    "_indicateurDecouvert": "5",
    "_indicateurAcquis": "10",
    "_successCondition": "verificationTenu"
  }, {
    "_type": "ZONE",
    "_titre": "Aller dans le service",
    "_name": "aller dans le service",
    "_posX": "80.81",
    "_posY": "0",
    "_posZ": "74.028",
    "_loadScene": "etage bis version 3",
    "_scene": "Scene Vestiaire HCL",
    "_prefab": "prefab/prefabZone/ZoneTrigger",
    "_permanent": "true"
  }
}
{ "_label": "Prise de poste ",

```

```

"_score": "50",
"taches": [{
  "_type": "PNJ",
  "_titre": "Conseils de Bactus",
  "_scene": "etage bis version 3",
  "_name": "Bacterius",
  "_conversation": "bactus_etage_diag1",
  "_posX": "-23.222",
  "_posY": "1.33",
  "_posZ": "40.426",
  "_prefab": "prefab/prefabCaracter/Bacterius",
  "_permanent": "false",
  "_indicateurDecouvert": "5"
}, {
  "_type": "ZONE",
  "_titre": "Aller en salle de vidange",
  "_scene": "etage bis version 3",
  "_name": "salle de vidange",
  "_posX": "-13.44",
  "_posY": "0.83",
  "_posZ": "27.64",
  "_prefab": "prefab/prefabZone/ZoneTrigger",
  "_permanent": "false"
}, {
  "_type": "PNJ",
  "_titre": "Deviner qui est[U+FFFD].",
  "_scene": "etage bis version 3",
  "_name": "Horibilus",
  "_conversation": "horibilus_etage_diag1",
  "_posX": "-7",
  "_posZ": "23.8",
  "_prefab": "prefab/prefabCaracter/Horibilus",
  "_permanent": "false",
  "_indicateurDecouvert": "5"
},
{
  "_type": "OBJET",
  "_titre": "Rebrancher le lave-bassin",
  "_name": "lave-bassin",
  "_posX": "-6.623",
  "_posY": "0.807",
  "_posZ": "23.693",
  "_scene": "etage bis version 3",
  "_prefab": "prefab/prefabObjet/UnpluggedCable",
  "_messageEndTask": "Apres quelques efforts, vous
reussisse[U+FFFD]rebrancher le lave-bassin. Il
faudra faire attention[U+FFFD]os pratiques afin de
ne pas permettre[U+FFFD]et Horibilus de se
reproduire",

```

```

    "_indicateurAcquis": "5"
  },
  {
    "_type": "PNJ",
    "_titre": "Revoir Bactus",
    "_scene": "etage bis version 3",
    "_name": "Bacterius",
    "_conversation": "bactus_etage_diag2",
    "_posX": "-24.222",
    "_posY": "1.33",
    "_posZ": "21",
    "_prefab": "prefab/prefabCaracter/Bacterius",
    "_permanent": "false",
    "_indicateurDecouvert": "5",
    "_messageEndTask": "les 'Essentiels' que vous
      trouverez sont ajoutés à votre sac. Il faut l'
      ouvrir et cliquer sur les fiches pour les
      consulter"
  }, {
    "_type": "OBJET",
    "_titre": "Recuperer 'Essentiel-Gants'",
    "_name": "Essentiel-Gants",
    "_posX": "-20.95",
    "_posY": "2.07",
    "_posZ": "26.621",
    "_scene": "etage bis version 3",
    "_openURL": "LesEssentiels-Gants.pdf",
    "_urlClaco": "http://www.cpias-ara-jeuxserieux.fr/
      resource/open/file/301",
    "_prefab": "prefab/prefabObjet/Cube1",
    "_permanent": "false",
    "_indicateurDecouvert": "5",
    "_indicateurAcquis": "4"
  }, {
    "_type": "OBJET",
    "_titre": "Recuperer 'Essentiel-AES'",
    "_name": "Essentiel-AES",
    "_posX": "-17.21",
    "_posY": "2.07",
    "_posZ": "26.621",
    "_scene": "etage bis version 3",
    "_openURL": "LesEssentiels-AES.pdf",
    "_urlClaco": "http://www.cpias-ara-jeuxserieux.fr/
      resource/open/file/450",
    "_prefab": "prefab/prefabObjet/Cube1",
    "_permanent": "false",
    "_indicateurDecouvert": "5",
    "_indicateurAcquis": "4"
  },

```

```

    {
      "_type": "OBJET",
      "_titre": "Tester vos connaissances",
      "_name": "QCM – Prevention AES",
      "_posX": "-19.689",
      "_posY": "2.6",
      "_posZ": "22.38572",
      "_scene": "etage bis version 3",
      "_openURL": "http://www.cpias-ara-jeuxserieux.fr/
resource/open/ujm_exercice/154",
      "_urlClaco": "http://www.cpias-ara-jeuxserieux.fr/
resource/open/ujm_exercice/154",
      "_prefab": "prefab/prefabObjet/quiz1",
      "_permanent": "false",
      "_indicateurDecouvert": "5",
      "_indicateurAcquis": "10",
      "_successCondition": "note >=10"
    }
  ]
},
{ "_label": "Accueil du premier patient",
  "_score": "50",
  "taches": [{
    "_type": "ZONE",
    "_titre": "Aller en salle de soins",
    "_scene": "etage bis version 3",
    "_name": "ZoneTriggerToSoin2",
    "_posX": "-21.34",
    "_posY": "0.83",
    "_posZ": "41.66",
    "_prefab": "prefab/prefabZone/ZoneTrigger",
    "ancien_messageEndTask": "Une nouvelle journee qui
commence et trois nouveaux patients sont arrives. L
'infirmiere de nuit vous attend pour les
transmissions",
    "_messageEndTask": "Des nouveaux patients sont arrives
. L'infirmiere vous attend pour les transmissions",
    "_permanent": "false"
  }], {
    "_type": "PNJ",
    "_titre": "Discuter avec Marie",
    "_scene": "etage bis version 3",
    "_name": "infirmiere_assise",
    "_conversation": "marie_etage_diag1",
    "_posX": "-15.34094",
    "_posY": "1.568",
    "_posZ": "36.79988",
    "_prefab": "prefab/prefabCaracter/infirmiere_assise",

```

```

    "_permanent": "false",
    "_indicateurDecouvert": "5"
  }, {
    "_type": "PNJ",
    "_titre": "Lire les dossiers medicaux",
    "_scene": "etage bis version 3",
    "_name": "OrdinateurMobil_fiches",
    "_posX": "-12.92327",
    "_posY": "0.75",
    "_posZ": "35.37249",
    "_prefab": "prefab/prefabCaracter/
      ordinateurs_fiches_patients/OrdinateurMobil_fiches
      ",
    "_permanent": "false",
    "_indicateurDecouvert": "5"
  }, {
    "_type": "PNJ",
    "_titre": "Parler avec Mme Vertigo (ch.201)",
    "_scene": "etage bis version 3",
    "_name": "Malade_allonge_PNJ",
    "_conversation": "vertigo_etage_diag1",
    "_posX": "-33.74589",
    "_posY": "1.323",
    "_posZ": "9.586989",
    "_prefab": "prefab/prefabCaracter/Malade_allonge_PNJ",
    "_permanent": "false"
  }, {
    "_type": "PNJ",
    "_titre": "Encore lui ...",
    "_scene": "etage bis version 3",
    "_name": "Horibilus",
    "_conversation": "horibilus_etage_diag2",
    "_posX": "-31.978",
    "_posY": "1.58",
    "_posZ": "10.754",
    "_prefab": "prefab/prefabCaracter/Horibilus",
    "_permanent": "false",
    "_messageEndTask": "Ne te laisse pas perturber par cet
      Horibilus , Applique bien les regles d'hygiene avec
      cette patiente et surveille tes indicateurs. Tout
      ton materiel est sur ton menu 'Gueridon'"
  }, {
    "_type": "OBJET",
    "_titre": "Prendre ses constantes",
    "_scene": "etage bis version 3",
    "_name": "Mme Vertigo - constantes",
    "_posX": "-33.74589",
    "_posY": "1.323",
    "_posZ": "9.586989",

```

```

    "_prefab": "prefab/prefabObjet/
      Malade_allonge_ConstantesV",
    "_permanent": "false",
    "_indicateurAcquis": "5",
    "comm": "Donner un haricot"
  }]
},
{ "_label": "Accueil du deuxieme patient (ch.202)",
  "_score": "50",
  "taches": [{
    "_type": "PNJ",
    "_titre": "Discuter avec Sophie",
    "_scene": "etage bis version 3",
    "_name": "Sophie",
    "_conversation": "sophie_etage_diag1",
    "_posX": "-21.01",
    "_posY": "1.946",
    "_posZ": "21.64",
    "_prefab": "prefab/prefabCharacter/Sophie",
    "_permanent": "false",
    "_indicateurDecouvert": "5",
    "_messageEndTask": "Consultez l'etat de vos
      indicateurs dans le menu [U+FFFF] avant d'aller
      voir Mme Tombe"
  }],
  {
    "_type": "PNJ",
    "_titre": "Parler avec Mme Tombe (ch.202)",
    "_scene": "etage bis version 3",
    "_name": "MTombe_parle",
    "_conversation": "MmeTombe_etage_diag1",
    "_posX": "-12.964",
    "_posY": "1.298",
    "_posZ": "6.875",
    "_prefab": "prefab/prefabCharacter/MTombe_parle",
    "_permanent": "false",
    "COMMENTAIRE": "-----Prendre les constantes.
      Faire aspiration (mettre EPI : tablier uu, masque
      [U+FFFD]isiere et gants). Donner medicaments
      ,-----"
  }, {
    "_type": "OBJET",
    "_titre": "Faire une aspiration",
    "_scene": "etage bis version 3",
    "_name": "aspirerMmeTombe",
    "_posX": "-12.964",
    "_posY": "1.298",
    "_posZ": "6.875",
    "_prefab": "prefab/prefabObjet/

```



```

        Malade_allonge_PNJ_AspirationT",
        "_permanent": "false",
        "COMMENTAIRE": "-----Prendre les constantes.
        Faire aspiration (mettre EPI : tablier uu, masque
        [U+FFFD]isiere et gants). Donner medicaments
        ,----- "
    }, {
        "_type": "OPERATION",
        "_titre": "Eliminer la sonde",
        "_name": "eliminSonde1",
        "_posX": "-12.964",
        "_posY": "1.298",
        "_posZ": "6.875",
        "_scene": "etage bis version 3",
        "_prefab": "prefab/prefabOperation/operation",
        "_duree": "120",
        "_successCondition": "verificationSondeElimine"
    }
]
},
{
    "_label": "Traiter les excreta",
    "_score": "50",
    "taches": [{
        "_type": "OBJET",
        "_titre": "Chercher la fiche 'Essentiel-Excreta'",
        "_name": "Essentiel-Excreta",
        "_posX": "-21.27",
        "_posZ": "10.6",
        "_scene": "etage bis version 3",
        "_prefab": "prefab/prefabObjet/Cube1",
        "_openURL": "LesEssentiels-Excreta.pdf",
        "_urlClaco": "http://www.cpias-ara-jeuxserieux.fr/
        resource/open/file/302",
        "_permanent": "false",
        "_indicateurDecouvert": "5",
        "_indicateurAcquis": "4"
    }, {
        "_type": "OBJET",
        "_titre": "Tester vos connaissances",
        "_name": "QCM - Gestion des excreta",
        "_posX": "-23.27",
        "_posY": "2.6",
        "_posZ": "10.6",
        "_scene": "etage bis version 3",
        "_openURL": "http://www.cpias-ara-jeuxserieux.fr/
        resource/open/ujm_exercise/161",
        "_urlClaco": "http://www.cpias-ara-jeuxserieux.fr/
        resource/open/ujm_exercise/161",
        "_prefab": "prefab/prefabObjet/quiz1",
    }
    ]
}

```

```

    "_permanent": "false",
    "_indicateurDecouvert": "5",
    "_indicateurAcquis": "10",
    "_successCondition": "note >=10"
  },
  {
    "_type": "OBJET",
    "_titre": "Donner un bassin[U+FFFD]Mme Tombe (ch.202)",
    "_scene": "etage bis version 3",
    "_name": "DonBassin_Tombe",
    "_posX": "-12.964",
    "_posY": "1.298",
    "_posZ": "6.875",
    "_prefab": "prefab/prefabObjet/
      Malade_allonge_PNJ_BassinT",
    "_permanent": "false"
  },
  {
    "_type": "PNJ",
    "_titre": "Parler avec Mme Tombe",
    "_scene": "etage bis version 3",
    "_name": "MTombe_parle",
    "_conversation": "MmeTombe_etage_diag2",
    "_posX": "-12.964",
    "_posY": "1.298",
    "_posZ": "6.875",
    "_prefab": "prefab/prefabCaracter/MTombe_parle",
    "_permanent": "false"
  },
  {
    "_type": "PNJ",
    "_titre": "Encore et toujours ...",
    "_scene": "etage bis version 3",
    "_name": "Horibilus",
    "_conversation": "horibilus_etage_diag3",
    "_posX": "-14.428",
    "_posY": "1.58",
    "_posZ": "4.004",
    "_prefab": "prefab/prefabCaracter/Horibilus",
    "_permanent": "false",
    "_messageEndTask": "Recuperez le bassin de Mme Tombe
      , et deplacez vous avec les fleches en cliquant
      sur l'endroit[U+FFFD]vous souhaitez le vider.",
    "COMMENTAIRE": " Aller chercher un haricot et le
      donne[U+FFFD]a patiente"
  },
  {
    "_type": "OBJET",
    "_titre": "Vider le bassin",

```

```

        "_name": "op01",
        "_posX": "-7.62",
        "_posY": "1.82836",
        "_posZ": "23.36",
        "_conversation": "",
        "_scene": "etage bis version 3",
        "_prefab": "prefab\\prefabObjet\\cube_vider",
        "_indicateurDecouvert": "5",
        "_indicateurAcquis": "5",
        "_permanent": "false"
    }
}
},
{
    "_label": "Traquer et eliminer Horibilus",
    "COMMENTAIRE": "objectif optionnel qui sera active selon le",
    "_score": "50",
    "_enabled": "false",
    "taches": [{
        "_type": "PNJ",
        "_titre": "Discuter avec Dr Mamour",
        "_scene": "etage bis version 3",
        "_name": "DrHouse",
        "_conversation": "conversation_DrHouse_optionnel",
        "_posX": "-15.21859",
        "_posY": "0.6999969",
        "_posZ": "38.58803",
        "_prefab": "prefab/prefabCaracter/DrHouse",
        "_permanent": "false"
    }], {
        "_type": "ZONE",
        "_titre": "Descendre au sous-sol",
        "_loadScene": "Hespital_EXAMPLE",
        "_scene": "etage bis version 3",
        "_name": "hopital abandonne enter",
        "_posX": "-14.55",
        "_posY": "0.999",
        "_posZ": "18.718",
        "_prefab": "prefab/prefabZone/ZoneTrigger",
        "_messageEndTask": "Pour vous feliciter de vos bonnes pratiques ; un petit moment de detente",
        "_permanent": "false"
    }], {
        "_type": "OBJET",
        "_titre": "Chercher l'exterminateur pour Horibilus",
        "_name": "Exterminateur pour Horibilus",
        "_loadScene": "",
        "_posX": "-18.41718",
        "_posY": "1.127",

```

```

    "_posZ": "-5.22",
    "_scene": "Hespital_EXAMPLE",
    "_openURL": "",
    "_prefab": "prefab\\prefabObjet\\pistolet",
    "_permanent": "false"
  }, {
    "_type": "OPERATION",
    "_titre": "Eradiquer le plus d'Horibilus",
    "_name": "tuerie",
    "_posX": "-16.6111",
    "_posY": "-4.029273",
    "_posZ": "32.99343",
    "_scene": "Hespital_EXAMPLE",
    "_prefab": "prefab/prefabOperation/operation_noKGF",
    "_duree": "240",
    "_messageEndTask": "Vous venez de contribue[U+FFFD]
      eliminer quelques Horibilus, malheureusement il en
      reste ...",
    "_successCondition": ""
  }, {
    "_type": "ZONE",
    "_titre": "Remonter dans le service",
    "_loadScene": "etage bis version 3",
    "_scene": "Hespital_EXAMPLE",
    "_name": "hopital abandonne sortie",
    "_posX": "-31.586",
    "_posY": "0.332",
    "_posZ": "0.3245871",
    "_prefab": "prefab/prefabZone/ZoneTrigger",
    "_permanent": "false"
  }
]}],
{
  "_label": "Changer un pansement ",
  "_score": "50",

  "taches": [{
    "_type": "PNJ",
    "_titre": "Discuter avec Mme Tombe (ch.202)",
    "_scene": "etage bis version 3",
    "_name": "MTombe_parle",
    "_conversation": "MmeTombe_etage_diag3",
    "_posX": "-12.964",
    "_posY": "1.298",
    "_posZ": "6.875",
    "_prefab": "prefab/prefabCaracter/MTombe_parle",
    "_permanent": "false",
    "COMMENTAIRE":
      "
      Faire Pansemer[U+FFFD]Mme Tombe_

```

```

    }, {
      "_type": "OBJET",
      "_titre": "Changer le pansement de Mme Tombe",
      "_name": "pansement_tombe",
      "_posX": "-12.964",
      "_posY": "1.298",
      "_posZ": "6.875",
      "_scene": "etage bis version 3",
      "_conversation": "",
      "_prefab": "prefab\\prefabObjet\\Tombe_pansement",
      "_permanent": "false",
      "_indicateurDecouvert": "5",
      "_indicateurAcquis": "5"
    }, {
      "_type": "OPERATION",
      "_titre": "Eliminer le pansement sale",
      "_name": "op015",
      "_posX": "-12.964",
      "_posY": "1.298",
      "_posZ": "6.875",
      "_conversation": "",
      "_scene": "etage bis version 3",
      "_prefab": "prefab\\prefabOperation\\operation",
      "_duree": "120",
      "_permanent": "false",
      "_indicateurDecouvert": "5",
      "_indicateurAcquis": "5",
      "_successCondition": "verificationPansementSaleElimine
"
    }
  ]
}, {
  "_label": "Faire un prelevement sanguin",
  "_score": "50",
  "_messageFin": "Votre journee se finit , vous retournez
    au vestiaire",
  "taches": [

    {
      "_type": "PNJ",
      "_titre": "Parler avec Mme Vertigo (ch.201)",
      "_scene": "etage bis version 3",
      "_name": "Malade_allonge_PNJ",
      "_conversation": "discussion_Vertigo_PS",
      "_posX": "-33.74589",
      "_posY": "1.323",
      "_posZ": "9.586989",
      "_prefab": "prefab/prefabCaracter/Malade_allonge_PNJ
    }
  ]
}

```

```

    },
    {
      "_permanent": "false"
    },
    {
      "_type": "OBJET",
      "_titre": "Faire un prelevement sanguin[U+FFFF]me
        Vertigo",
      "_name": "bed0101",
      "_loadScene": "",
      "_posX": "-33.696",
      "_posY": "1.444",
      "_posZ": "9.724",
      "_scene": "etage bis version 3",
      "_conversation": "",
      "_prefab": "prefab\\prefabObjet\\
        Malade_allonge_PNJ_PS",
      "_permanent": "false",
      "_indicateurDecouvert": "5",
      "_indicateurAcquis": "5"
    },
    {
      "_type": "OPERATION",
      "_titre": "Eliminer l'aiguille",
      "_name": "elimineAig",
      "_posX": "-33.696",
      "_posY": "1.444",
      "_posZ": "9.724",
      "_conversation": "",
      "_scene": "etage bis version 3",
      "_prefab": "prefab\\prefabOperation\\/operation",
      "_duree": "120",
      "_permanent": "false",
      "_indicateurAcquis": "5",
      "_indicateurDecouvert": "5",
      "_successCondition": "verificationAiguilleElimine"
    }
  ]
},
{
  "_label": "Fin du service",
  "_score": "50",
  "taches": [{
    "_type": "ZONE",
    "_titre": "Retourner au vestiaire",
    "_loadScene": "Scene Vestiaire HCL",
    "_scene": "etage bis version 3",
    "_name": "ZoneTriggerToVetstiaire04",

```

```

    "_posX": "-16.813",
    "_posY": "0.999",
    "_posZ": "18.752",
    "_prefab": "prefab/prefabZone/ZoneTrigger",
    "_messageEndTask": "Deposez votre tenue dans le
    placard ",
    "_permanent": "false"
  }, {
    "_type": "OPERATION",
    "_titre": "Quitter votre tenue",
    "_name": "mettretenue3",
    "_posX": "-16.6111",
    "_posY": "-4.029273",
    "_posZ": "32.99343",
    "_scene": "Scene Vestiaire HCL",
    "_prefab": "prefab/prefabOperation/operation",
    "_duree": "120",
    "_messageEndTask": "Vous pouvez consulter le bilan de
    votre mission dans le menu [U+FFFD]",
    "_successCondition": "verificationTenuEnleve"
  }
],
"itemsTenuAvatar": "CCLIN_Alliance;CCLIN_boucle_oreilles"
}

```

Annexe II

Ce second annexe présente d'une part , un extrait des règles métier du CCLIN (listing 2), et d'autres part le code C-sharp du moteur de règle (listing 3)

Listing 2 – fichier des règles métier CCLIN

```
{
  "version": "1.0",
  "date": "13/04/2016",
  "Actions": [{
    "Label": "friction SHA",
    "Explication": "Friction des mains avec une solution hydro
alcoolique",
    "DetailExplication": "la friction des mains avec une
solution hydro alcoolique permet une desinfection sauf
si les mains sont souilles (dans ce cas c'est une
mauvaise pratique) ",
    "Address": "@1",
    "Indicators": [{
      "Facts": [{
        "Label": "Mains",
        "Value": "100"
      }],
      "Consequences": [{
        "Label": "Mains",
        "Value": "100"
      }]
    }], {
      "Facts": [{
        "Label": "Mains",
        "Value": "50"
      }],
      "Consequences": [{
        "Label": "Mains",
        "Value": "100"
      }]
    }, {
      "Label": "Germe",
      "Value": "-20"
    }
  ]
}, {
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
```



```

    "Value": "0",
    "Explication": "Après contact avec liquide biologique
    sans gant, friction des mains non efficace",
  }],
  "Consequences": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "50"
  }, {
    "Label": "Pratiques",
    "Value": "0"
  }
  ]
}],
"Bloquant": ""
}, {
  "Label": "lavage mains savon",
  "Address": "@2",
  "Explication": "Lavage des mains avec du savon",
  "DetailExplication": "le lavage des mains sont souillées
  est indispensable avant une friction SHA (c'est une
  bonne pratique) ",
  "Indicators": [{
    "Facts": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "100"
    }],
    "Consequences": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "50"
    }],
    {
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "0"
    }
  ]
}, {
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "50"
  }],
  "Consequences": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "50"
  }
  ]
}, {
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "0"
  }],
  "Consequences": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "50"
  }
  ]
}

```

```

    }, {
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "100"
    }, {
      "Label": "Germes",
      "Value": "-20"
    }
  ]
}],
"Bloquant": ""
}, {
  "Label": "touche liquide biologique",
  "Address": "@3",
  "Explication": "Contact avec du liquide biologique sans
  protection",
  "Indicators": [{
    "Facts": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "100"
    }],
    "Consequences": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "0"
    }],
    }, {
      "Label": "Germes",
      "Value": "+50"
    }, {
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "0"
    }
  ]
}, {
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "50"
  }],
  "Consequences": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "0"
  }],
  }, {
    "Label": "Germes",
    "Value": "+50"
  }, {
    "Label": "Pratiques",
    "Value": "0"
  }
]
}, {
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "0"
  }],

```

```

    "Consequences": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "0"
    }, {
      "Label": "Germes",
      "Value": "+50"
    }, {
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "0"
    }
  ]
}, {
  "Bloquant": ""
}, {
  "Label": "Contact avec du materiel propre",
  "Address": "@4",
  "Explication": "Tout contact avec du materiel de soin doit
    [U+FFFD]traité avec des mains desinfectees",
  "Indicators": [{
    "Facts": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "100"
    }
  ]
}, {
  "Consequences": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "100"
  }
}, {
  "Label": "Pratiques",
  "Value": "100"
}
}], {
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "50"
  }
}], {
  "Consequences": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "50"
  }
}, {
  "Label": "Germes",
  "Value": "+20"
}, {
  "Label": "Pratiques",
  "Value": "0"
}
}], {
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "0"
  }
}],

```

```

    "Consequences": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "0"
    }, {
      "Label": "Germes",
      "Value": "+50"
    }, {
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "0"
    }
  ]
}],
"Bloquant": ""
}, {
  "Label": "Contact avec l'environnement",
  "Address": "@5",
  "Explication": "contact avec l'environnement",
  "Indicators": [{
    "Facts": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "100"
    }
  ]},
  "Consequences": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "50"
  }
  ]
}, {
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "50"
  }
  ]},
  "Consequences": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "50"
  }
  ], {
    "Label": "Germes",
    "Value": "+10"
  }
  ]
}

],
"Bloquant": ""
}, {
  "Label": "contact avec le patient",
  "Address": "@6",
  "Explication": "contact avec le patient",
  "Indicators": [{
    "Facts": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "100"
    }
  ]
}

```

```

    }],
    "Consequences": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "50",
      "Explication": "contact avec le patient"
    }, {
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "100",
      "Explication": "contact avec le patient avec les mains
        propres"
    }
  ]
}, {
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "50"
  }],
  "Consequences": [{
    "Label": "Germes",
    "Value": "+20",
    "Explication": "contact avec le patient avec les mains
      sales"
  }, {
    "Label": "Pratiques",
    "Value": "0",
    "Explication": "contact avec le patient avec les mains
      sales"
  }
  ]
}, {
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "0"
  }],
  "Consequences": [{
    "Label": "Germes",
    "Value": "+50",
    "Explication": "contact avec le patient avec les mains
      tres sales"
  }, {
    "Label": "Pratiques",
    "Value": "0",
    "Explication": "contact avec le patient avec les mains
      tres sales"
  }
  ]
}],
  "Bloquant": ""
}, {
  "Label": "parler avec le patient sans rien toucher",
  "Explication": "parler avec le patient sans rien toucher",
  "Address": "@7",

```

```

"Indicators": [{
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "100"
  }],
  "Consequences": [{
    "Label": "Pratiques",
    "Value": "100"
  }]
}],
"Bloquant": ""
}, {
  "Label": "toucher environnement proche du patient ou le
    patient",
  "Address": "@8",
  "Explication": "Toucher environnement proche du patient ou
    le patient",
  "Indicators": [{
    "Facts": [],
    "Consequences": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "50"
    }],
    {
      "Label": "Germes",
      "Value": "+10"
    }
  ]
}],
"Bloquant": ""
}, {
  "Label": "faire une friction SHA apres avoir touche du
    materiel non propre ou le patient",
  "Explication": "faire une friction SHA apres avoir touche
    du materiel non propre ou le patient",

  "Address": "@9",
  "Indicators": [{
    "Facts": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "50"
    }],
    "Consequences": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "100"
    }],
    {
      "Label": "Germes",
      "Value": "-20"
    }
  ],
  {
    "Label": "Pratiques",
    "Value": "100"
  }
}

```

```

    }]
  }],
  "Bloquant": ""
}, {
  "Label": "ne pas faire une friction SHA apres avoir touche
    environnement ((telephone , ordinateur , lit patient[U+FFFD])
    ",
  "Address": "@10",
  "Explication": "ne pas faire une friction SHA apres avoir
    touche environnement ((telephone , ordinateur , lit
    patient[U+FFFD]) ou le patient",

  "Indicators": [{
    "Facts": [],
    "Consequences": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "50"
    }, {
      "Label": "Germes",
      "Value": "+20"
    }, {
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "0"
    }
  ]
}],
  "Bloquant": ""
}, {
  "Label": "port des gants avant prelevement sanguin",
  "Explication": "port des gants avant prelevement sanguin",
  "Address": "@12",
  "Indicators": [{
    "Facts": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "100"
    }
  ]
}, {
  "Consequences": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "100"
  }
}, {
  "Label": "Pratiques",
  "Value": "100"
}
}],
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "50"
  }
}],
  "Consequences": [{
    "Label": "Mains",

```

```

        "Value": "50"
    }, {
        "Label": "Germes",
        "Value": "+10"
    }, {
        "Label": "Pratiques",
        "Value": "0"
    }
    ]
}],
    "Bloquant": ""
}, {
    "Label": "garder les gants et mettre l'[[U+FFFD]]aiguille dans
    OPCT",
    "Address": "@13",
    "Explication": "garder les gants et mettre l'[[U+FFFD]]aiguille
    dans OPCT",
    "Indicators": [{
        "Facts": [

            ],
        "Consequences": [{
            "Label": "Pratiques",
            "Value": "100"
        }
    ]
}],
    "Bloquant": ""
}, {
    "Label": "ne pas mettre l'[[U+FFFD]]aiguille dans OPCT",
    "Explication": "aiguille eliminee dans un autre endroit
    que l'OPCT",
    "Address": "@14",
    "Indicators": [{
        "Facts": [

            ],
        "Consequences": [{
            "Label": "Germes",
            "Value": "+10"
        }
    ], {
        "Label": "Pratiques",
        "Value": "0"
    }
    ]
}],
    "Bloquant": ""
}, {
    "Label": "ne pas garder les gants pour mettre l'aiguille
    dans l'OPCT",
    "Explication": "ne pas garder les gants pour mettre l'
    aiguille dans l'OPCT",

```



```

"Address": "@15",
"Indicators": [{
  "Facts": [

  ],
  "Consequences": [{
    "Label": "Pratiques",
    "Value": "0"
  }]
}],
"Bloquant": ""
}, {
"Label": "pas de port de gants",
"Explication": "pas de port de gants lors de contact avec
liquide biologique",

"Address": "@16",
"Indicators": [{
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "100"
  }],
  "Consequences": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "0"
  }],
  }, {
    "Label": "Pratiques",
    "Value": "0"
  }
}]
}, {
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "50"
  }],
  "Consequences": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "0"
  }
}]
}],
"Bloquant": ""
}, {
"Label": "mettre des gants",
"Explication": "Port de gant pour le contact avec liquide
biologique",
"Address": "@17",
"Indicators": [{
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "100"
  }

```

```

    }],
    "Consequences": [{
        "Label": "Mains",
        "Value": "100"
    }, {
        "Label": "Pratiques",
        "Value": "100"
    }
    ]
}, {
    "Facts": [{
        "Label": "Mains",
        "Value": "50"
    }],
    "Consequences": [{
        "Label": "Mains",
        "Value": "50"
    }, {
        "Label": "Germes",
        "Value": "+10"
    }, {
        "Label": "Pratiques",
        "Value": "0"
    }
    ]
}, {
    "Facts": [{
        "Label": "Mains",
        "Value": "0"
    }],
    "Consequences": [{
        "Label": "Mains",
        "Value": "0"
    }, {
        "Label": "Germes",
        "Value": "+50"
    }, {
        "Label": "Pratiques",
        "Value": "0"
    }
    ]
}],
    "Bloquant": ""
}, {
    "Label": "json",
    "Address": "@19",
    "Indicators": [{
        "Facts": [{
            "Label": "Mains",
            "Value": "50"
        }
    ]
}

```

```

    }],
    "Consequences": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "100"
    }, {
      "Label": "Germes",
      "Value": "-10"
    }, {
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "100"
    }
  ]
}],
"Bloquant": ""
}, {
  "Label": "pas de friction SHA apres retrait des gants",
  "Address": "@20",

  "Explication": "pas de friction SHA apres retrait des
    gants",

  "Indicators": [{
    "Facts": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "50"
    }],
    "Consequences": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "50"
    }, {
      "Label": "Germes",
      "Value": "+10"
    }, {
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "0"
    }
  ]
}],
"Bloquant": ""
}, {
  "Label": "mettre les gants dans la poubelle",

  "Explication": "mettre les gants dans la poubelle",
  "Address": "@21",
  "Indicators": [{
    "Facts": [

    ],
    "Consequences": [{
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "100"
    }
  ]
}

```

```

    }],
    "Bloquant": ""
  }, {
    "Label": "mettre gants ailleurs",
    "Explication": "mettre les gants dans endroit autre que la
      poubelle",

    "Address": "@22",
    "Indicators": [{
      "Facts": [

        ],
        "Consequences": [{
          "Label": "Pratiques",
          "Value": "0"
        }]
      }],
    "Bloquant": ""
  }, {
    "Label": "mettre des gants avant de prendre l'urinal",
    "Explication": "mettre des gants avant de prendre l'urinal
      ",
    "Address": "@23",
    "Indicators": [{
      "Facts": [{
        "Label": "Mains",
        "Value": "100"
      }],
      "Consequences": [{
        "Label": "Pratiques",
        "Value": "100"
      }]
    }],
    "Facts": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "50"
    }],
    "Consequences": [{
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "0"
    }]
  }],
  "Bloquant": ""
}, {
  "Label": "Elimination des urines dans le lave bassin",
  "Explication": "Elimination des urines dans le lave bassin
    ",
  "Address": "@24",

```

```

"Indicators": [{
  "Facts": [

  ],
  "Consequences": [{
    "Label": "Germes",
    "Value": "-30"
  }, {
    "Label": "Pratiques",
    "Value": "100"
  }]
}],
"Bloquant": ""
}, {
"Label": "retrait des gants apres avoir mis l'urinal dans
le lave bassin",
"Explication": "retrait des gants apres avoir mis l'urinal
dans le lave bassin",

"Address": "@25",
"Indicators": [{
  "Facts": [

  ],
  "Consequences": [{
    "Label": "Pratiques",
    "Value": "100"
  }]
}],
"Bloquant": ""
}, {
"Label": "Port de gants avant le retrait de l'urinal/
bassin",
"Explication": "Port de gants avant le retrait de l'urinal
/bassin",

"Address": "@26",
"Indicators": [{
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "100"
  }],
  "Consequences": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "100"
  }],
  {
    "Label": "Pratiques",
    "Value": "100"
  }
}]
}

```

```

}, {
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "50"
  }],
  "Consequences": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "50"
  }],
  {
    "Label": "Pratiques",
    "Value": "0"
  }
}]
}],
"Bloquant": ""
}, {
  "Label": "absence de gant pour le retrait de l'urinal",
  "Explication": "absence de gant pour le retrait de l'urinal",

  "Address": "@27",
  "Indicators": [{
    "Facts": [

    ],
    "Consequences": [{
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "0"
    }
  ]
}],
"Bloquant": ""
}, {
  "Label": "vider l'urinal dans les WC, le lavabo de la
salle de bain",
  "Explication": "vider l'urinal dans les WC, le lavabo de
la salle de bain",
  "Address": "@28",
  "Indicators": [{
    "Facts": [

    ],
    "Consequences": [{
      "Label": "Germes",
      "Value": "+50"
    }],
    {
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "0"
    }
  ]
}],
"Bloquant": ""

```

```

}, {
  "Label": "pas de port de gants poua ablation d'un
    pansement",

  "Explication": "pas de port de gants poua ablation d'un
    pansement",
  "Address": "@29",
  "Indicators": [{
    "Facts": [

    ],
    "Consequences": [{
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "0"
    }]
  }],
  "Bloquant": ""
}, {
  "Label": "port de gants si indication",

  "Explication": "port de gants si indication",
  "Address": "@30",
  "Indicators": [{
    "Facts": [

    ],
    "Consequences": [{
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "100"
    }]
  }],
  "Bloquant": ""
},

{
  "Label": "port de gants si pas indication",

  "Explication": "port de gants si pas d'indication",
  "Address": "@32",
  "Indicators": [{
    "Facts": [

    ],
    "Consequences": [{
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "0"
    }]
  }],
  "Bloquant": ""
}

```

```

}, {
  "Label": "lavage au savon ou friction SHA[U+FFFD] sortie
    du vestiaire",

  "Explication": "friction SHA[U+FFFD] sortie du vestiaire",
  "Address": "@33",
  "Indicators": [{
    "Facts": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "100"
    }],
    "Consequences": [{
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "100"
    }],
    }, {
      "Label": "Mains",
      "Value": "100"
    }
  ]
}, {
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "50"
  }],
  "Consequences": [{
    "Label": "Pratiques",
    "Value": "100"
  }],
  }, {
    "Label": "Mains",
    "Value": "100"
  }
  ]
  }],
  "Bloquant": ""
}, {
  "Label": "pas de lavage ou frictio[U+FFFD] sortie du
    vestiaire",

  "Explication": "pas de lavage ou frictio[U+FFFD] sortie du
    vestiaire",
  "Address": "@34",
  "Indicators": [{
    "Facts": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "100"
    }],
    "Consequences": [{
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "100"
    }],
  }],
  }, {

```



```

    "Facts": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "50"
    }],
    "Consequences": [{
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "0"
    }
  ]
}, {
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "0"
  }],
  "Consequences": [{
    "Label": "Pratiques",
    "Value": "0"
  }],
  {
    "Label": "Germes",
    "Value": "+50"
  }
}],
"Bloquant": ""
}, {
  "Label": "retrait des accessoires",
  "Explication": "retrait des accessoires",
  "Address": "@35",
  "Indicators": [{
    "Facts": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "100"
    }],
    "Consequences": [{
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "100"
    }
  ]
}, {
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "50"
  }],
  "Consequences": [{
    "Label": "Pratiques",
    "Value": "100"
  }
  ]
}, {
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "0"
  }],

```

```
    "Consequences": [{
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "100"
    }]
  }],
  "Bloquant": ""
}, {
  "Label": "retrait alliance",
  "Explication": "retrait alliance",
  "Address": "@36",
  "Indicators": [{
    "Facts": [{
      "Label": "Mains",
      "Value": "100"
    }],
    "Consequences": [{
      "Label": "Pratiques",
      "Value": "100"
    }]
  }],
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "50"
  }],
  "Consequences": [{
    "Label": "Pratiques",
    "Value": "100"
  }]
}, {
  "Facts": [{
    "Label": "Mains",
    "Value": "0"
  }],
  "Consequences": [{
    "Label": "Pratiques",
    "Value": "100"
  }]
}],
  "Bloquant": ""
}
]
}
```

Listing 3 – Code source du moteur de règle

```
1 /*
2  * Copyright 2015 - www.learning-adventure.eu
3  * Tous droits reserves.
4  *
5  */
6 using UnityEngine;
7 using System.Collections;
8 using System.Collections.Generic;
9 using System.IO;
10 using LA.Engine.Scenario;
11 using LA.Assesments.indicators;
12 using LA.Scenes.rooms;
13 using LA.Tools;
14 using LA.Login;
15 using LAExceptions;
16 using SimpleJSON;
17
18 namespace LA.Assesments
19 {
20     /// <summary>
21     /// Cette classe gere le moteur de regle
22     /// </summary>
23     /// <remarks>
24     /// Auteur : H.Abed - Hamza.abed.professionnel@gmail.com
25     /// Auteur : P.Pernelle - philippe.pernelle@gmail.com
26     /// Auteur : T.Carron - thibault.carron@univ-smb.fr
27     /// </remarks>
28     public class AssesmentEngine : MonoBehaviour
29     {
30
31         private string filePath;
32         //l objet indicateur present dans la scene
33         public GameObject Indicators;
34
35         private LAJsonReader laJsonReader;
36
37         private JSONNode rulesNode = null;
38
39         //Dictionnaire qui sert a stocker les action avec leur id
40         //unique (Address) pour faciliter la recherche
41         public Dictionary<string, AssesmentAction> actions;
42
43         //check si les fichier json est charger et/ou parser
44         private bool fileLoaded = false;
45
46
47         //get version du fichier de configuration
48         public string getVersion()
49         {
50             if (fileLoaded)
51             {
52                 return rulesNode["version"].Value;
53             }
54             else return "";
55         }
56     }
57 }
```

```

55     }
56
57     //get date du fichier de configuration
58     public string getDate()
59     {
60         if (fileLoaded)
61         {
62             return rulesNode["date"].Value;
63         }
64         else return "";
65     }
66
67     //call Assement utilise par les colliders pour
        //calculer les nouveau valeurs des indicateur a partir
        //du base des actions
68     //string address : id unique d'une action
69     //string cause : cause de changement du valeur de l'
        //indicateur
70     public void callAssement(string address)
71     {
72         AssementAction actioncourante = new
            AssementAction();
73
74         //recuperation de l'action[U+FFFD] partir du dictionnaire
        //avec le param Address passer par le collider
75         actions.TryGetValue(address, out actioncourante);
76
77         string cause = actioncourante.explication;
78
79
80         foreach (IndicatorAssement idctr in actioncourante
            .indicators)
81         {
82
83
84             bool matches = true;
85
86             foreach (Fact fct in idctr.facts)
87             {
88                 ConstantesMissionLA.indicatorNames
                    indicatorName = ConstantesMissionLA.
                        getIndicatorNameFromString(fct.label);
89
90                 if (fct.action == Fact.actions.Above)
91                 {
92
93                     if (fct.value > Indicators.GetComponent<
                        IndicatorsLA>().getIndicatorValue(
                            indicatorName))
94                     {
95                         matches = false;
96
97                         break;
98                     }
99                 }
100                 if (fct.action == Fact.actions.Below)

```

```

101         {
102
103             if (fct.value < Indicators.GetComponent<
104                 IndicatorsLA>().getIndicatorValue(
105                     indicatorName))
106             {
107                 matches = false;
108                 break;
109             }
110         }
111         if (fct.action == Fact.actions.Equal)
112         {
113             if (fct.value != Indicators.GetComponent<
114                 IndicatorsLA>().getIndicatorValue(
115                     indicatorName))
116             {
117                 matches = false;
118                 break;
119             }
120         }
121     }
122     if (matches)
123     {
124
125         foreach (Consequence csqce in idctr.
126             consequences)
127         {
128             string explication = csqce.explication.
129                 Equals("") ? cause : csqce.
130                 explication;
131             ConstantesMissionLA.indicatorNames
132                 indicatorName = ConstantesMissionLA.
133                 getIndicatorNameFromString(csqce.
134                 label);
135             if (csqce.action == Consequence.actions.
136                 Replace)
137             {
138                 float value = csqce.value;
139
140                 Indicators.GetComponent<IndicatorsLA
141                     >().setIndicator(indicatorName,
142                     value, explication);
143             }
144             if (csqce.action == Consequence.actions.
145                 Increment)
146             {
147                 float value = Indicators.GetComponent
148                     <IndicatorsLA>().
149                     getIndicatorValue(indicatorName)
150                     + csqce.value;

```

```

140         if (value > 1)
141         {
142             value = 1;
143         }
144         Indicators.GetComponent<IndicatorsLA
            >().setIndicator(indicatorName,
            value, explication);
145
146     }
147     if (csqce.action == Consequence.actions.
        Decrement)
148     {
149         float value = Indicators.GetComponent
            <IndicatorsLA>().
            getIndicatorValue(indicatorName)
            - csqce.value;
150         if (value < 0)
151         {
152             value = 0;
153         }
154         Indicators.GetComponent<IndicatorsLA
            >().setIndicator(indicatorName,
            value, explication);
155
156     }
157 }
158     break;
159 }
160 }
161
162
163 // v[U+FFFD]rification si le joueur est su[U+FFFD]dans une des
    chambres
164 if (GameObject.Find(ConstantsLA.obj_Rooms) != null &&
    GameObject.Find(ConstantsLA.obj_Rooms).
    GetComponent<Rooms>().activeRoom != null)
165 {
166     Engine.Activity.ActivityAction.
        raiseActivityActionOccured(Engine.Activity.
        ActivityAction.ActivityActionType.inRoom);
167 }
168 else
169     Engine.Activity.ActivityAction.
        raiseActivityActionOccured(Engine.Activity.
        ActivityAction.ActivityActionType.outOfRoom);
170 }
171
172 /// <summary>
173 /// initialisation du moteur d[U+FFFD]valuation
174 /// </summary>
175 void Start()
176 {
177     GameObject.Find(ConstantsLA.obj_MissionManager_actif
        ).GetComponent<Scenario>().gameStarted += new
        GameStarted(assessmentInitialisation);
178 }

```

```

179
180
181
182     public void assessementInitialisation()
183     {
184
185         filePath = GameObject.Find(ConstantsLA.
            gameobj_configuration).GetComponent<Configuration
            >().cfgMissionSelected.fileAssesement;
186     if (filePath.Equals(""))
187     {
188         LALog.LogInFileNOK(this, Color.green, "Lecture du
            fichier de regle", " Aucun fichier de
            r[U+FFFD]s r[U+FFFD]");
189
190     }
191     else
192     {
193
194         filePath = Path.Combine(ConstantsLA.
            getPathLocalConfigInResource(), filePath);
195
196         LAJsonReader laJsonReader = new LAJsonReader(
            filePath, LAJsonReader.TypeJSONAcces.
            externalFile);
197
198         if (laJsonReader.parsing() ==
            ConfigurationException.CONFEXCEPTION.NOERROR)
199         {
200             LALog.LogInFileOK(this, Color.green, "Lecture
            et parsing du fichier de regle",
            filePath);
201             rulesNode = laJsonReader.getJSONNODE();
202
203             fileLoaded = true;
204
205             // lancement du parsing des actions
206             actions = AssesementAction.
            getActionsFromNode(rulesNode);
207
208         }
209     }
210
211 }
212
213
214 }
215 }

```

Bibliographie

- [Abed et al., 2016a] Abed, H., Pernelle, P., Amar, C. B., and Carron, T. (2016a). Serious games for vocational training : a compared approach. In *AICCSA 2016-13th ACS/IEEE International Conference on Computer Systems and Applications*.
- [Abed et al., 2016b] Abed, H., Pernelle, P., Carron, T., and Amar, C. B. (2016b). Scenario modeling for serious games : An approach for industry sector. In *International Conference on Web-Based Learning*, pages 185–194.
- [Abed et al., 2015a] Abed, H., Pernelle, P., Carron, T., Benamar, C., Kechiche, M., and Baert, P. (2015a). Serious game framework confronted with specificities of industrial training : application to steel industry. In *European Conference on Games Based Learning*, page 10. Academic Conferences International Limited.
- [Abed et al., 2018a] Abed, H., Pernelle, P., Carron, T., Talbot, S., and Wayntal, D. (2018a). Approche de ludification des enseignements ou comment motiver des étudiants aux concepts mathématiques. In *Colloque International - La Modélisation mathématique dans le contexte de Mayotte et de sa région 2018*.
- [Abed et al., 2018b] Abed, H., Pernelle, P., Carron, T., Talbot, S., Wayntal, D., and Amar, C. B. (2018b). A gamification approach for serious games. In *2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*, pages 551–558. IEEE.
- [Abed et al., 2015b] Abed, H., Pernelle, P., Talbot, S., Kredens, E., and Carron, T. (2015b). Teaching generation y and z with mixed reality : from virtual with serious game to real with iot. In *E-Learn : World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education*, number 1, pages 981–989.
- [Alvarez, 2007] Alvarez, J. (2007). *Du jeu vidéo au serious game*. PhD thesis, Université Toulouse.
- [Alvarez and Djaouti, 2010] Alvarez, J. and Djaouti, D. (2010). *Introduction to Serious Game*. Questions Théoriques / CCI Grand Hainaut.
- [Aouadi et al., 2016] Aouadi, N., Pernelle, P., Amar, C. B., Carron, T., and Talbot, S. (2016). Models and mechanisms for implementing playful scenarios. In *AICCSA 2016-13th ACS/IEEE International Conference on Computer Systems and Applications*.
- [Baptista and Vaz de Carvalho, 2008] Baptista, R. and Vaz de Carvalho, C. (2008). Funchal 500 years : Learning through role play games. In *2nd European Conference on Games Based Learning (Academic Publishing International)*, pages 25–30, Barcelona, Spain.
- [Baron et al., 2006] Baron, M., Lucquiaud, V., Autard, D., and Scapin, D. L. (2006). K-made : un environnement pour le noyau du modèle de description de l'activité. In

- Proceedings of the 18th Conference on l'Interaction Homme-Machine*, pages 287–288. ACM.
- [Basque, 2016] Basque, J. (2016). LicÉ – laboratoire en ingénierie cognitive et éducative, mÉthode misa.
- [Berger et al., 2018] Berger, J., Bawab, N., De Mooij, J., Widmer, D. S., Szilas, N., De Vriese, C., and Bugnon, O. (2018). An open randomized controlled study comparing an online text-based scenario and a serious game by belgian and swiss pharmacy students. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 10(3) :267–276.
- [Bíró, 2014] Bíró, G. I. (2014). Didactics 2.0 : A pedagogical analysis of gamification theory from a comparative perspective with a special view to the components of learning. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 141 :148–151.
- [Bisognin et al., 2010] Bisognin, L., Carron, T., and Marty, J.-C. (2010). Learning games factory : construction of learning games. using a component-based approach. In *Actes de 4th European Conference on Games Based Learning*, pages 19–30.
- [Bjork and Holopainen, 2004] Bjork, S. and Holopainen, J. (2004). *Patterns in Game Design (Game Development Series)*. Charles River Media, Inc., Rockland, MA, USA.
- [Botturi, 2003] Botturi, L. (2003). E2ml-educational environment modeling language. In *EdMedia : World Conference on Educational Media and Technology*, pages 304–311. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- [Botturi et al., 2006] Botturi, L., Derntl, M., Boot, E., and Figl, K. (2006). A classification framework for educational modeling languages in instructional design. In *6th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2006)*, pages 1216–1220.
- [Brasher et al., 2008] Brasher, A., Conole, G., Cross, S., Weller, M., Clark, P., and White, J. (2008). Compendiumld-a tool for effective, efficient and creative learning design. In *Proceedings of the 2008 European LAMS Conference : Practical Benefits of Learning Design, 25-27 June 2008, Cadiz, Spain*. LAMS Foundation.
- [Buckingham and Burn, 2007] Buckingham, D. and Burn, A. (2007). Game literacy in theory and practice. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 16(3) :323–349.
- [Caniëls et al., 2007] Caniëls, M. C., Smeets-Verstraeten, A. H., and van den Bosch, H. M. (2007). Lms, lcms, and e-learning environments. In *The Challenges of Educating People to Lead in a Challenging World*, pages 401–421. Springer.
- [Carrillo et al., 2017] Carrillo, R., Renaud, C., Prié, Y., and Lavoué, É. (2017). Dashboard for monitoring student engagement in mind mapping activities. In *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2017 IEEE 17th International Conference on*, pages 433–437. IEEE.
- [Carron et al., 2008] Carron, T., Marty, J.-C., and Heraud, J.-M. (2008). Teaching with game based learning management systems : Exploring and observing a pedagogical dungeon. *Simulation and Gaming*, 39(3) :353–378.
- [Carron et al., 2013] Carron, T., Pernelle, P., and Marty, J. (2013). *A serious Game Environment to Support Organisational Changes in Enterprise*, chapter A serious Game Environment to Support Organisational Changes in Enterprise, pages 239–257. Springer.

- [Castaño-Garrido et al., 2015] Castaño-Garrido, C., Maiz-Olazabalaga, I., and Garay-Ruiz, U. (2015). Diseño, motivación y rendimiento en un curso mooc cooperativo= design, motivation and performance in a cooperative mooc course. *Comunicar*, 22(44) :19–26.
- [Clark et al., 2016] Clark, D. B., Tanner-Smith, E. E., and Killingsworth, S. S. (2016). Digital games, design, and learning : A systematic review and meta-analysis. *Review of educational research*, 86(1) :79–122.
- [Cui et al., 2003] Cui, Y., Trent, E. S., Sullivan, P. M., and Matiru, G. N. (2003). Cause-related marketing : How generation y responds. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 31(6) :310–320.
- [Dalziel et al., 2003] Dalziel, J. et al. (2003). Implementing learning design : The learning activity management system (lams). In *Interact, integrate, impact : proceedings of the 20th annual conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education (ASCILITE)*. Wollongong, NSW : Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education.
- [De La Passardière and Grandbastien, 2003] De La Passardière, B. and Grandbastien, M. (2003). Présentation de lom v1. 0, standard iee. *Sciences et Techniques Educatives*, pages 211–218.
- [Deterding et al., 2011] Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., and Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness : defining gamification. In *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference : Envisioning future media environments*, pages 9–15. ACM.
- [Dillenbourg et al., 1996] Dillenbourg, P., Baker, M., Blaye, A., and OMalley, C. (1996). *The evolution of research on collaborative learning*, chapter The evolution of research on collaborative learning, pages 189–211.
- [Djaouti, 2011] Djaouti, D. (2011). *Serious Game Design : considérations théoriques et techniques sur la création de jeux vidéo à vocation utilitaire*. PhD thesis, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier.
- [Djaouti et al., 2011] Djaouti, D., Alvarez, J., Jessel, J.-P., and Rampnoux, O. (2011). Origins of serious games. In *Serious games and edutainment applications*, pages 25–43. Springer.
- [Dondlinger, 2007] Dondlinger, M. J. (2007). Educational video game design : A review of the literature. *Journal of applied educational technology*, 4(1) :21–31.
- [Duculty et al., 2011] Duculty, F., Avila, M., Vrignat, P., Millet, J., Bardet, J., and Begot, S. (2011). Du besoin à la cible, une démarche générique : travaux pratiques en automatisme et en informatique industrielle. In *CETISIS, Colloque sur l'Enseignement des Technologies et des Sciences de l'Information et des Systèmes, Trois-Rivières, Québec*.
- [Durand and Downes, 2009] Durand, G. and Downes, S. (2009). Toward simple learning design 2.0. In *Computer Science & Education, 2009. ICCSE'09. 4th International Conference on*, pages 894–897. IEEE.
- [El Borji and Khaldi, 2014] El Borji, Y. and Khaldi, M. (2014). An iee lom application profile to describe serious games «sg-lom». *International Journal of Computer Applications*, 86(13).

- [Ferraris et al., 2007] Ferraris, C., Martel, C., and Vignollet, L. (2007). Ldl for collaborative activities. *Handbook of visual languages in instructional design : Theories and practices*. Hershey, PA : Idea Group.
- [Fidalgo-Blanco et al., 2015] Fidalgo-Blanco, Á., Sein-Echaluce, M. L., and García-Peñalvo, F. J. (2015). Methodological approach and technological framework to break the current limitations of mooc model. *Journal of Universal Computer Science*, 21 :712–734.
- [Fidalgo-Blanco et al., 2016] Fidalgo-Blanco, Á., Sein-Echaluce, M. L., and García-Peñalvo, F. J. (2016). From massive access to cooperation : lessons learned and proven results of a hybrid xmooc/cmoooc pedagogical approach to moocs. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 13(1) :24.
- [Fowler, 2004] Fowler, M. (2004). *UML distilled : a brief guide to the standard object modeling language*. Addison-Wesley Professional.
- [Galarneau and Zibit, 2007] Galarneau, L. and Zibit, M. (2007). Online games for 21st century skills. In *Games and simulations in online learning : Research and development frameworks*, pages 59–88. IGI Global.
- [Garris et al., 2002] Garris, R., Ahlers, R., and Driskell, J. E. (2002). Games, motivation, and learning : A research and practice model. *Simulation & gaming*, 33(4) :441–467.
- [Gibbons, 2003] Gibbons, A. S. (2003). What and how do designers design ? *Tech-Trends*, 47(5) :22–27.
- [Griffiths et al., 2009] Griffiths, D., Beauvoir, P., Liber, O., and Barrett-Baxendale, M. (2009). From reload to recourse : learning from ims learning design implementations. *Distance Education*, 30(2) :201–222.
- [Guardiola et al., 2012] Guardiola, E., Natkin, S., Soriano, D., Loarer, E., Vrignaud, P., Boy, T., Dosnon, O., et al. (2012). Du jeu utile au jeu sérieux (serious game). *Hermès, La Revue*, (1) :85–91.
- [Gudmundsen, 2006] Gudmundsen, J. (2006). Movement aims to get serious about games. *USA Today*, 5(19).
- [Guo, 2016] Guo, J. (2016). *Serious Games pour la e-Santé : application à la formation des médecins généralistes*. PhD thesis, Université de toulouse 3 Paul Sabatier.
- [Harman and Koohang, 2007] Harman, K. and Koohang, A. (2007). *Learning objects : standards, metadata, repositories, and LCMS*. Informing Science.
- [HAS, 2012] HAS (2012). Guide de bonnes pratiques en matiere de simulation en sante.
- [Hayes, 2008] Hayes, E. (2008). Girls, gaming and trajectories of it expertise. *Beyond Barbie and Mortal Kombat : New perspectives on gender and computer games*, pages 217–230.
- [Hernández Leo et al., 2005] Hernández Leo, D., Asensio-Pérez, J. I., and Dimitriadis, Y. (2005). Computational representation of collaborative learning flow patterns using ims learning design. *Journal of Educational Technology & Society 2005 ; 8 (4) : 75-89*.
- [Huotari and Hamari, 2012] Huotari, K. and Hamari, J. (2012). Defining gamification : a service marketing perspective. In *Proceeding of the 16th international academic MindTrek conference*, pages 17–22. ACM.

- [IMS, 2003] IMS, L. (2003). Ims learning design information model, version 1.0 final specification. Retrieved June, 10 :2003.
- [Jourde, 2011] Jourde, F. (2011). *Collecticiel et multimodalité : spécification de l'interaction la notation COMM et l'éditeur e-COMM*. PhD thesis, Université de Grenoble.
- [Kapp, 2012] Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction : game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons.
- [Kelle et al., 2011] Kelle, S., Klemke, R., Gruber, M., and Specht, M. (2011). *Standardization of Game Based Learning Design*, volume 6785, chapter Standardization of Game Based Learning Design, pages 518–532. Springer.
- [Koper, 2001] Koper, R. (2001). Modeling units of study from a pedagogical perspective : the pedagogical meta-model behind eml.
- [Koper and Tattersall, 2005] Koper, R. and Tattersall, C. (2005). Preface to learning design : A handbook on modelling and delivering networked education and training. *Journal of Interactive Media in Education*, (1).
- [Lejeune, 2004] Lejeune, A. (2004). Ims learning design. *Distances et savoirs*, 2(4) :409–450.
- [Li, 2003] Li, Z. (2003). *The potential of america's army, the video game as civilian-military public sphere*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology.
- [Marfisi-Schottman, 2012] Marfisi-Schottman, I. (2012). *Méthodologie, modèles et outils pour la conception de Learning Games*. PhD thesis, Lyon, INSA.
- [Marfisi-Schottman et al., 2011] Marfisi-Schottman, I., George, S., and Tarpin-Bernard, F. (2011). Un profil d'application de lom pour les serious games. In *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Conférence EIAH'2011*, pages 81–94. Editions de l'UMONS, Mons 2011.
- [Mariais, 2012] Mariais, C. (2012). *Modèles pour la conception de Learning Role-Playing Games en formation professionnelle*. PhD thesis, Université de Grenoble.
- [Marne, 2014] Marne, B. (2014). *Modèles et outils pour la conception de jeux sérieux : une approche meta-design*. PhD thesis, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI.
- [Marne et al., 2013] Marne, B., Carron, T., Labat, J.-M., and Marfisi-Schottman, I. (2013). Moppliq : a model for pedagogical adaptation of serious game scenarios. In *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2013 IEEE 13th International Conference On*, pages 291–293. IEEE.
- [Marne et al., 2011] Marne, B., Huynh-Kim-Bang, B., and Labat, J.-M. (2011). Articuler motivation et apprentissage grâce aux facettes du jeu sérieux. In *EIAH 2011-Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, pages 69–80. Editions de l'UMONS, Mons 2011.
- [Martel et al., 2005] Martel, C., Vignollet, L., and Ferraris, C. (2005). Ldl : un langage supporta la scénarisation pédagogique. *Scénariser l'enseignement et l'apprentissage : une nouvelle compétence pour le praticien*, pages 51–56.
- [Martey et al., 2017] Martey, R. M., Shaw, A., Stromer-Galley, J., Kenski, K., Clegg, B., Folkestad, J., Saulnier, T., and Strzalkowski, T. (2017). Testing the power of game lessons : The effects of art style and narrative complexity on reducing cognitive bias. *International Journal of Communication*, 11 :22.

- [Marty et al., 2012] Marty, J. C., Carron, T., and Pernelle, P. (2012). Observe and react : Interactive indicators for monitoring pedagogical sessions. *International Journal of Learning Technology*, 7(3) :277–296.
- [Mayer, 2009] Mayer, I. S. (2009). The gaming of policy and the politics of gaming : A review. *Simulation and Gaming*, 40 :825–862.
- [McAuley et al., 2010] McAuley, A., Stewart, B., Siemens, G., and Cormier, D. (2010). The mooc model for digital practice.
- [McCrindle, 2013] McCrindle, M. (2013). Generation z defined global, visual and digital. Disponible en ligne sur http://mccrindle.com.au/SocialAnalysis/2012/Generation-Z-Defined-Global-Visual-Digital_McCrindle-Research-2013.pdf.
- [McGill, 2006] McGill (2006). Steinberg centre for simulation and interactive learning.
- [Mehm et al., 2009] Mehm, F., Göbel, S., Radke, S., and Steinmetz, R. (2009). Authoring environment for story-based digital educational games. In *Proceedings of the 1st international open workshop on intelligent personalization and adaptation in digital educational games*, volume 1, pages 113–124.
- [Michael and Chen, 2006] Michael, D. and Chen, S. (2006). *Serious Games : Games That Educate, Train, and Inform*. Boston.
- [Miller, 2012] Miller, F. S. (2012). *Transforming Learning Environments : Strategies to Shape the Next Generation*, volume 16. Emerald Group Publishing.
- [Ney et al., 2010] Ney, M., Gonçalves, C., Balacheff, N., Schwartz, C., and Bosson, J.-L. (2010). *Phone, email and video interactions with characters in an epidemiology game : Towards authenticity*, volume 6250, chapter Phone, email and video interactions with characters in an epidemiology game : Towards authenticity, pages 241—255. http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-14484-4_20, New York.
- [OMG, 2012] OMG (2012). Simple illustration d'un processus d'expédition des commandes avec bpmn 2.0.
- [OMG, 2013] OMG (2013).
- [Palley, 2012] Palley, W. (2012). Gen z : Digital in their dna. *New York : JWT Intelligence*.
- [Paquette, 2002] Paquette, G. (2002). *Modélisation des connaissances et des compétences : un langage graphique pour concevoir et apprendre*. PUQ.
- [Paquette et al., 1997] Paquette, G., Crevier, F., Aubin, C., Rocheleau, J., Paquin, C., and Léonard, M. (1997). Méthode d'ingénierie d'un système d'apprentissage. *Revue Informations In Cognito*, 8 :1997.
- [Parnaudeau and Garcia, 2014] Parnaudeau, M. and Garcia, H. (2014). Designing simulations for health managers in sub-saharan african countries : adherence to ehealth services. In *Virtual, Augmented Reality and Serious Games for Healthcare 1*, pages 93–109. Springer.
- [Paterno, 2012] Paterno, F. (2012). *Model-based design and evaluation of interactive applications*. Springer Science & Business Media.

- [Pernelle et al., 2019] Pernelle, P., Abed, H., Carron, T., Talbot, S., Wayntal, D., and BenAmar, C. (2019). Les jeux sérieux : une approche de ludification au sein de filières technologiques pour la formation en présentiel et en distanciel. In de l'Université du Québec, P., editor, *Pratiques et innovations à l'ère du numérique en formation à distance : technologie, pédagogie et formation (à paraître août 2019)*. PUQ.
- [Pernelle et al., 2012a] Pernelle, P., Carron, T., Marty, J. C., and Talbot, S. (2012a). Learning plm system with a serious game. In *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, pages 397–398. Proceedings of the APMS 2012 Conference, Advances in Production Management Systems, Springer.
- [Pernelle et al., 2012b] Pernelle, P., Marty, J., and Carron, T. (2012b). Serious gaming : A new way to introduce product lifecycle management. In et al., L. U., editor, *IEEE Workshop on Learning Technology for Education in Cloud 7th International Conference on Knowledge Management in Organizations. Services and Cloud Computing*, pages 89–100. Springer.
- [Pernin, 2004] Pernin, J.-P. (2004). Lom, scorm et ims-learning design : ressources, activités et scénarios. In *actes du colloque «L'indexation des ressources pédagogiques numériques»*, Lyon, volume 16.
- [Prensky, 2001] Prensky, M. (2001). *Digital Game-Based Learning*. McGraw-Hill.
- [Rajper et al., 2016] Rajper, N. J., Reiff-Marganiec, S., et al. (2016). Towards a gamified approach for enhancing vbe preparedness for establishing virtual collaborations. In *Working Conference on Virtual Enterprises*, pages 165–177. Springer.
- [Recker, 2010] Recker, J. (2010). Opportunities and constraints : the current struggle with bpmn. *Business Process Management Journal*, 16(1) :181–201.
- [Reiff-Marganiec et al., 2005] Reiff-Marganiec, S., Blair, L., and Turner, K. J. (2005). *APPEL : The ACCENT Project Policy Environment/Language*. Department of Computing Science and Mathematics, University of Stirling.
- [Reilly, 2012] Reilly, P. (2012). Understanding and teaching generation y. In *English teaching forum*, volume 50, pages 2–11. ERIC.
- [Ritterfeld et al., 2009] Ritterfeld, U., Cody, M., and Vorderer, P. (2009). *Serious games : mechanisms and effects*. Routledge, London.
- [Rollings and Adams, 2006] Rollings, A. and Adams, E. (2006). Game design and development : Fundamentals of game design.
- [Ruano et al., 2016] Ruano, I., Cano, P., Gámez, J., and Gómez, J. (2016). Advanced lms integration of scorm web laboratories. *IEEE Access*, 4 :6352–6363.
- [Sanchez et al., 2011] Sanchez, E., Ney, M., and Labat, J.-M. (2011). Jeux sérieux et pédagogie universitaire : de la conception à l'évaluation des apprentissages. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 8(1-2) :48–57.
- [Sauvé et al., 2007] Sauvé, L., Renaud, L., Kaufman, D., and Marquis, J. S. (2007). Distinguishing between games and simulations : A systematic review. *educational technology & society. Educational Technology & Society*, 10(3) :247–256.
- [Sawyer and Rejeski, 2002] Sawyer, B. and Rejeski, D. (2002). Serious games : Improving public policy through game-based learning and simulation.

- [Schell, 2008] Schell, J. (2008). *A book of lenses*, volume 520. Morgan Kaufmann. ISBN : 0123694965.
- [Sendler, 2013] Sendler, U. (2013). Industrie 4.0 (ref. seulement en allemand). *Berlin/-Heidelberg*.
- [Sharples et al., 2013] Sharples, M., de McAndrew, P., Weller, M., Ferguson, R., FitzGerald, E., Hirst, T., and Gaved, M. (2013). *Innovating pedagogy 2013 : Open university innovation report 2*.
- [Sheahan, 2005] Sheahan, P. (2005). *Generation Y : Thriving and surviving with generation Y at work*. Hardie Grant Books.
- [Silver, 2009] Silver, B. (2009). *Bpmn method and style : A levels-based methodology for bpm process modeling and improvement using bpmn 2.0*. *Cody-Cassidy Press, US*.
- [Sitzmann, 2011] Sitzmann, T. (2011). A meta-analytic examination of the instructional effectiveness of computer-based simulation games. *Personnel psychology*, 64(2) :489–528.
- [Squire, 2003] Squire, K. (2003). Videogames in education. *International Journal of Intelligent Games and Simulations*, 2 :49–62.
- [Tattersall et al., 2003] Tattersall, C., Manderveld, J., Hummel, H., Sloep, P., Koper, R., and De Vries, F. (2003). *Ims learning design frequently asked questions*.
- [Torrente et al., 2014] Torrente, J., Borro-Escribano, B., Freire, M., del Blanco, Á., Marchiori, E. J., Martínez-Ortiz, I., Moreno-Ger, P., and Fernández-Manjón, B. (2014). Development of game-like simulations for procedural knowledge in healthcare education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(1) :69–82.
- [Torrente et al., 2009] Torrente, J., Moreno-Ger, P., Fernández-Manjón, B., and Del Blanco, Á. (2009). Game-like simulations for online adaptive learning : A case study. *Learning by Playing. Game-based Education System Design and Development*, pages 162–173.
- [Tran et al., 2010] Tran, C., George, S., and Marfisi-Schottman, I. (2010). Edos : An authoring environment for serious games. design based on three models. In *Proceedings of ECGBL 2010 The 4th European Conference on Games Based Learning. 4 th ECGBL*, pages 393–402.
- [Venhuizen et al., 2013] Venhuizen, N., Evang, K., Basile, V., and Bos, J. (2013). Gamification for word sense labeling. In *Proceedings of the 10th International Conference on Computational Semantics (IWCS 2013)*, pages 397–403.
- [Vrignat et al., 2015] Vrignat, P., Duculty, F., Avila, M., Begot, S., Millet, J.-F., and Delouche, D. (2015). En route vers l'industrie 4.0. Retour. In *Questions de Pédagogie dans l'Enseignement Supérieur*, Brest, France. QPES.
- [Wattanasoontorn et al., 2013] Wattanasoontorn, V., Boada, I., García, R., and Sbert, M. (2013). Serious games for health. *Entertainment Computing*, 4(4) :231–247.
- [WEB 2 Gimelec Consortium, 2013] WEB 2 Gimelec Consortium (2013). Industrie 4.0 : l'usine connectée [online]. Disponible en ligne sur <http://www.gimelec.fr/Publications-Outils/Industrie-4.0-1-usine-connectee-Publication>.
- [White, 2008] White, S. A. (2008). *BPMN modeling and reference guide : understanding and using BPMN*. Future Strategies Inc.

- [Wigfield et al., 2004] Wigfield, A. and Guthrie, J. T., Tonks, S., and Perencevich, K. C. (2004). Children's motivation for reading : Domain specificity and instructional influences. *Journal of Educational Research*, (97) :299–309.
- [Wilson and McDonagh, 2014] Wilson, A. S. and McDonagh, J. E. (2014). A gamification model to encourage positive healthcare behaviours in young people with long term conditions. *EAI Endorsed Trans. Serious Games*, 1(2) :e3.
- [Wouters et al., 2013] Wouters, P., Van Nimwegen, C., Van Oostendorp, H., and Van Der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 101 :249–265.
- [Woyach, 2008] Woyach, S. (2008). Immersion through video games. *illumin review of engineering in everyday Life*, issue iv, 5.
- [Yee et al., 2012] Yee, N., Ducheneaut, N., and Nelson, L. (2012). Online gaming motivations scale : development and validation. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, pages 2803–2806. ACM.
- [Yu, 2009] Yu, T. W. (2009). Learning in the virtual world : the pedagogical potentials of massively multiplayer online role playing games. *International Education Studies*, 2(1).
- [Yusoff et al., 2009] Yusoff, A., Crowder, R., Gilbert, L., and Wills, G. (2009). A conceptual framework for serious games. In *Advanced Learning Technologies, 2009. ICALT 2009. Ninth IEEE International Conference on*, pages 21–23. IEEE.
- [Zyda, 2005] Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38(9) :25–32.