



HAL
open science

MODELES ET OUTILS POUR TROUVER DES JEUX EDUCATIFS NUMERIQUES

Maho Wielfrid Morie

► **To cite this version:**

Maho Wielfrid Morie. MODELES ET OUTILS POUR TROUVER DES JEUX EDUCATIFS NUMERIQUES. Informatique [cs]. Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, 2021. Français. NNT: . tel-04700767

HAL Id: tel-04700767

<https://hal.science/tel-04700767v1>

Submitted on 17 Sep 2024

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

Union - Discipline – Travail

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



**Institut National Polytechnique
Félix HOUPHOUËT-BOIGNY de Yamoussoukro**

N° d'ordre : 087 / 2021



Ecole Doctorale Polytechnique

THÈSE UNIQUE

Pour l'obtention du grade de

Docteur de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny de Yamoussoukro

Mention : Sciences et Technologies

Spécialité : Informatique

SUJET :

MODELES ET OUTILS POUR TROUVER DES JEUX EDUCATIFS NUMERIQUES

Présentée et soutenue publiquement le 1^{er} juillet 2021 par :

MORIE Maho Wielfrid

JURY

M. ASSIDJO Nogbou Emmanuel	Professeur Titulaire	Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire	Président
M. LO Moussa	Professeur Titulaire	Université Virtuelle du Sénégal, Sénégal	Rapporteur
M. MARTY Jean-Charles	Maître de conférences HDR	Université de Savoie Mont-Blanc, France	Rapporteur
M. KONAN Kouadio Fransisco	Maître de conférences	Ecole Normale Supérieure d'Abidjan, Côte d'Ivoire	Examineur
M. GOORE Bi Tra	Maître de conférences	Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire	Directeur de thèse
Mme MARFISI Iza	Maître de conférences	Le Mans Université, France	Encadrante

Dédicace

À ma mère et à mon père,

À mes frères et sœurs,

À mes cousins et cousines,

À ma compagne

À ma grande princesse Merrylet

Avec vous, j'ai toujours avancé, merci.

Remerciements

L'histoire de cette thèse est faite de dévouement et de soutien de certaines personnes qui ont permis que cette aventure se déroule bien jusqu'à son aboutissement.

Ainsi, je remercie en premier M. GOORE Bi Tra, Maître de Conférences à l'INPHB qui a bien voulu diriger ce projet. Ses orientations, ses conseils et ses observations ont permis de conduire cette thèse dans la bonne direction.

Ensuite, un grand merci à Mme MARFISI Iza, Maître de Conférences à l'Université du Mans, qui a accepté d'encadrer cette thèse malgré la distance (France – Côte d'Ivoire). J'ai vu à travers elle un engagement et une efficacité inégalable. Elle a eu à travailler plusieurs fois souvent tard dans la nuit et les Week-ends pour que nous ayons les résultats exposés dans cette thèse, indépendamment de sa vie de famille bien remplie.

Bien avant de continuer, j'adresse une mention spéciale aux responsables du *Laboratoire de Recherche en Informatique et Télécommunication* (LARIT), particulièrement à M. BABRI Michel et M. OUMTANAGA Souleymane tous deux Professeurs Titulaires à l'INPHB. Ils se sont toujours comportés avec nous comme des pères. Ils ont tout mis en œuvre pour nous offrir un cadre de travail propice.

Je remercie M. ZOUEU Thouakessh Jérémie, Professeur Titulaire à l'INPHB et Directeur de l'UMRI 78, pour ses conseils et ses observations sans toutefois oublier M. YAO Kouassi Benjamin, Professeur Titulaire à l'INPHB et Directeur de l'École Doctorale Polytechnique (EDP) ainsi que toute son équipe, pour le travail abattu au sein de cette école.

Cette thèse m'a conduit dans plusieurs pays dont le Nigeria ; je remercie à cet effet Mlle ADEDJO Veronica, coordinatrice du projet *BAD ACE ICT* de *Obafemi Awolowo University* du Nigeria qui a tout mis en œuvre pour que mon séjour se déroule dans les meilleures conditions.

Par ailleurs, mes travaux de recherches dans le cadre de cette thèse m'ont conduit en France où j'ai été bien intégré au sein du *Laboratoire Informatique de l'Université du Mans* (LIUM). Je tiens à remercier sincèrement M. GEORGES Sébastien, Professeur Titulaire à l'Université du Mans et Directeur du LIUM qui n'a ménagé aucun effort pour que mes conditions de travail au sein de ce laboratoire soient excellentes. Pour poursuivre ma lancée, j'exprime toute ma

gratitude à Mme N'TAKPE Juliette, Coordinatrice du Service de Coopération et d'Action Culturelle (SCAC), qui s'est disposée afin que j'aie tout le nécessaire pour de très bons séjours.

Je reste aussi reconnaissant envers M. KONE Malik, Mlle OBODJE Mélissa, M. KONAN Burkel et son épouse, grâce à qui mes différents séjours en France ont été des plus agréables.

Je remercie également le président du jury M. ASSIDJO Nogbou Emmanuel, Professeur Titulaire de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny en Côte d'Ivoire. Les rapporteurs, M. LO Moussa, Professeur Titulaire de l'Université Virtuelle du Sénégal au Sénégal et M. MARTY Jean-Charles, Maître de conférences HDR de l'Université de Savoie Mont-Blanc en France. Ainsi que l'examineur, M. KONAN Kouadio Fransisco, Maître de conférences de l'Ecole Normale Supérieure d'Abidjan en Côte d'Ivoire pour le travail abattu.

Je ne saurais terminer sans toutefois remercier M. MORIE Florent, censeur au CBCG de Daloa, qui a mobilisé plusieurs enseignants pour mes expérimentations. Je n'oublie pas également tous les 62 participants à toutes les expérimentations ; en effet, ils ont été patients et dévoués à toutes les tâches demandées.

Je termine en disant merci à tous les Professeurs, Docteurs, doctorants, ingénieurs et stagiaires Master du LARIT et du LIUM pour leur accueil, sympathie, conseil et appui. J'encourage d'ailleurs tous les doctorants à s'armer de courage pour atteindre leur objectif.

Résumé

Les jeux éducatifs numériques (JEN) sont des ressources pédagogiques qui peuvent améliorer la qualité de formation dans de nombreux contextes éducatifs et à tous âges. Cependant, leur utilisation dans les établissements scolaires reste infime malgré leurs nombreux avantages pédagogiques. Une des raisons qui explique ce phénomène est le manque de catalogues, qui permettrait aux enseignants de trouver des JEN adaptés à leurs besoins. Les catalogues existants, issus du monde du jeu vidéo, ne proposent pas des filtres pertinents et simples à utiliser pour aider les enseignants à trouver des JEN parmi les autres jeux non-éducatifs. L'objectif de cette thèse est donc de proposer des modèles et des outils informatiques permettant aux enseignants de trouver des JEN existants et adaptés à leurs besoins pédagogiques.

Pour ce faire, tout d'abord, nous proposons ADEM (*Automatic Description Extraction Metadata*), un modèle d'extraction automatique de métadonnées de JEN. Ce modèle permet de créer une base de données des JEN existants et d'extraire leurs caractéristiques grâce à une méthode originale de *textmining*. ADEM a permis de collecter des informations sur 785 JEN. La pertinence de ces informations a été évaluée par 15 enseignants.

Nous proposons également LGMD (*Learning Games Metadata Definition*), un schéma de métadonnées léger et optimal avec seulement 23 champs, suffisants pour couvrir les informations sur les JEN et adaptés au monde éducatif. Une validation, avec 17 enseignants, a également permis de valider le fait que les champs de LGMD sont utiles et suffisants pour rechercher des JEN qui répondent à leurs besoins pédagogiques.

Pour finir, nous proposons UDID (*User-Driven Interface Design*), une méthode de conception d'interface de catalogue numérique qui permet aux utilisateurs finaux de concevoir leur propre interface à travers 5 étapes et du matériel spécifique. Cinq séances de conception ont été menées avec 17 enseignants, afin de concevoir l'interface d'un catalogue de JEN.

Le catalogue *Planète des JEN*, a été conçu à partir des trois contributions de cette thèse : ADEM sert à trouver automatiquement les JEN existants que les enseignants peuvent rechercher au moyen de filtres, basés sur les champs de métadonnées LGMD, et grâce à une interface intuitive, conçue avec la méthode UDID. L'évaluation de ce catalogue avec 30 enseignants

montre que nous avons atteint notre principal objectif avec des pistes de réflexion future pour aller encore plus loin.

Mots-clés : Jeux éducatifs numériques, Serious Games, Éducation, Web sémantique, Web Scraping, métadonnées, UX design

Abstract

Title: MODELS AND TOOLS TO FIND LEARNING GAMES

Learning Games (LGs) are pedagogical resources that can improve the quality of education in many domains and at all ages. However, their use in schools remains minimal, despite their many pedagogical benefits. One of the reasons for this is the lack of a catalogue, which would allow teachers to find LGs that are adapted to their needs. The existing catalogues, which are mostly designed by video game editors, do not offer relevant and easy-to-use filters to help teachers find LGs, among all the games. The objective of this thesis is therefore to propose models and digital tools, to help teachers find existing LGs, adapted to their pedagogical needs.

First, we propose **ADEM** (Automatic Description Extraction Metadata), a model for the automatic extraction of LG metadata. This model allows us to create a database of existing LGs and to extract their characteristics using an original text mining method. ADEM was used to collect information on 785 LGs. The relevance of this information has been evaluated by 15 teachers.

We also propose **LGMD** (Learning Games Metadata Definition), a light and optimal metadata schema with only 23 fields, sufficient to cover the relevant educational information about the LGs. A validation, with 17 teachers, also validated that the fields of LGMD are useful and sufficient to search for LGs that meets their pedagogical needs.

Finally, we propose **UDID** (User-Driven Interface Design), a digital catalogue interface design method that allows end users to design their own interface through 5 steps and specific material. Five design sessions were conducted with 17 teachers to design the interface of a LG catalogue.

The catalogue *Planète des JEN* was designed from the three contributions of this thesis: ADEM is used to automatically find existing LGs that teachers can search for, by using filters, based on the LGMD metadata fields, and through an intuitive interface, designed with the UDID method. The evaluation of this catalogue, with 30 teachers, shows that we have reached our main goal, despite some limitations that may be the subject of future reflections.

Keywords: Learning Games, Serious Games, Educational, Semantic Web, Web Scraping, Metadata, UX design

Sommaire

DEDICACE	I
REMERCIEMENTS.....	II
RESUME.....	IV
ABSTRACT.....	VI
SOMMAIRE	VII
LISTE DES FIGURES	XII
LISTE DES TABLEAUX.....	XIV
LISTE DES ACRONYMES	XV
LISTE DES ANNEXES.....	XVII
INTRODUCTION	1
OBJET DE RECHERCHE	1
CONTEXTE	1
PROBLEMATIQUE	2
ORGANISATION DU MEMOIRE DE THESE.....	2
1 PROBLEMATIQUE ET METHODOLOGIE DE RECHERCHE	4
INTRODUCTION.....	5
1.1 DEFINITION ET CONTEXTE D'UTILISATION DES JEUX EDUCATIFS NUMERIQUES.....	5
1.1.1 <i>Définition de Jeu éducatif numérique</i>	5
1.1.1.1 Du Serious Games aux Jeux éducatifs numériques	5
1.1.1.2 Définition des Jeux éducatifs numériques	7
1.1.2 <i>Avantages des jeux éducatifs numériques</i>	8
1.1.2.1 Avantages pédagogiques liés au numérique.....	9
1.1.2.2 Avantages pédagogiques liés aux ressorts ludiques	11
1.1.3 <i>Contexte d'utilisation des JEN</i>	12
1.1.3.1 Diagnostic du système éducatif de la Côte d'Ivoire	12
1.1.3.2 Évolution des pratiques pédagogiques en Côte d'Ivoire	15
1.2 PROBLEMATIQUE DE LA SELECTION DES JEUX EDUCATIFS NUMERIQUES.....	18
1.2.1 <i>Freins à l'adoption des Jeux éducatifs numériques</i>	19
1.2.1.1 Difficultés dans la conception de JEN	19
1.2.1.2 Problème dans la recherche de Jeux éducatifs numériques.....	20
1.2.2 <i>Catalogues numériques de Jeux éducatifs numériques</i>	20
1.2.2.1 Indexation de Jeux éducatifs numérique dans les catalogues	21
1.2.2.2 Description des Jeux éducatifs numériques.....	21

1.2.2.3	Ergonomie des catalogues de Jeux Educatifs Numériques	22
1.3	OBJECTIFS ET QUESTIONS DE RECHERCHE	23
1.3.1	<i>Objectifs de recherche</i>	24
1.3.2	<i>Questions et hypothèses de recherche</i>	24
1.3.2.1	Question de recherche pour l'objectif 1 (O1)	24
1.3.2.2	Question de recherche pour l'objectif 2 (O2)	25
1.3.2.3	Question de recherche pour l'objectif 3 (O3)	25
1.4	METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE	26
1.4.1	<i>Étude préliminaire des difficultés des enseignants</i>	26
1.4.2	<i>Étude des travaux existants sur les questions de recherche</i>	26
1.4.3	<i>Contributions à l'indexation automatique et à la description des Jeux éducatifs numériques</i>	27
1.4.4	<i>Conception d'interface de catalogue de Jeux éducatifs numérique dans une approche participative</i>	27
	CONCLUSION	28
2	ÉTAT DE L'ART SUR L'INDEXATION, LA DESCRIPTION AINSI QUE L'ERGONOMIE DES CATALOGUES DE JEN	30
	INTRODUCTION.....	31
2.1	METHODES D'INDEXATION DE JEUX EDUCATIFS NUMERIQUES	31
2.1.1	<i>Méthodes d'indexation de pages web</i>	31
2.1.1.1	Indexation manuelle de pages web	31
2.1.1.2	Indexation automatique des pages web	32
2.1.2	<i>Analyse des pages web pour le web Scraping</i>	33
2.1.2.1	Structure du langage HTML	33
2.1.2.2	Modèles de web Scraping	34
2.1.3	<i>Approches automatiques de web Scraping</i>	35
2.1.3.1	Approche semi-supervisée de web Scraping	35
2.1.3.2	Web Scraping par bloc visuel	36
2.2	MODELES DE DESCRIPTION DES JEN	39
2.2.1	<i>Schémas de métadonnées pour la description des JEN</i>	39
2.2.1.1	Learning Object Metadata	40
2.2.1.2	Analyse de métadonnées pour les jeux éducatifs numériques.....	41
2.2.2	<i>Extensions du Learning Object Metadata</i>	42
2.2.2.1	Modèle LOMFR-SG.....	42
2.2.2.2	Modèle SGLOM.....	43
2.2.2.3	Modèle G/P/S	44
2.2.2.4	Synthèse des solutions (LOM-extension).....	44
2.3	INTERFACE DE CATALOGUE DE JEN.....	46
2.3.1	<i>Analyse de l'interface des catalogues de JEN existants</i>	47
2.3.1.1	SeriousGamesClassification	47

2.3.1.2	Mobygames	48
2.3.1.3	SeriousGameFR	50
2.3.1.4	Problématiques des catalogues de JEN existants	50
2.3.2	<i>Méthodes d'UX design dans la conception d'interface graphique</i>	51
2.3.3	<i>Méthodes de conception participative d'interface graphique</i>	52
CONCLUSION		53
3	EXTRACTION AUTOMATIQUE DES METADONNEES POUR L'INDEXATION DES JEUX EDUCATIFS NUMERIQUES (ADEM)	55
INTRODUCTION.....		56
3.1	PHASE I. TRAITEMENT DES PAGES WEB	57
3.1.1	<i>Étape 1. Collecte automatique des JEN sur le web</i>	57
3.1.2	<i>Étape 2. Segmentation des pages web</i>	57
3.1.2.1	Construction des blocs d'une page web.	57
3.1.2.2	Nettoyage des blocs de la page web.....	58
3.1.3	<i>Étape 3. Sélection des blocs de contenu significatif</i>	60
3.1.3.1	Détection des blocs importants	60
3.1.3.2	Sélection des blocs.....	63
3.2	PHASE II. EXTRACTION DES MOTS CLES.....	64
3.2.1	<i>Étape 4. Segmentation sémantique</i>	64
3.2.1.1	Détection de la langue du texte	64
3.2.1.2	Prétraitement du texte de description	65
3.2.2	<i>Étape 5. Identification des mots clés</i>	65
3.2.2.1	Choix des types de mots clés à rechercher	65
3.2.2.2	Méthodes d'identification des mots clés	66
3.3	EXPERIMENTATION ET RESULTATS	67
3.3.1	<i>Collecte et extraction automatique de mots clés</i>	67
3.3.2	<i>Évaluation de la pertinence des mots extraits</i>	69
3.3.2.1	Methodologie d'évaluation.....	69
3.3.2.2	Résultats des évaluations.....	71
CONCLUSION		76
4	SCHEMA DE METADONNEES POUR LA DESCRIPTION DES JEUX EDUCATIFS NUMERIQUES (LGMD).....	78
INTRODUCTION.....		79
4.1	ANALYSE DES CHAMPS DES EXTENSIONS DE LOM EXISTANTES	79
4.1.1	<i>Catégorie Générale</i>	80
4.1.2	<i>Catégorie Cycle de vie</i>	80
4.1.3	<i>Catégorie Méta-métadonnées</i>	81
4.1.4	<i>Catégorie Technique</i>	81
4.1.5	<i>Catégorie Pédagogique</i>	82

4.1.6	<i>Catégorie Droits</i>	83
4.1.7	<i>Catégorie Relation</i>	84
4.1.8	<i>Catégorie Annotation</i>	84
4.1.9	<i>Catégorie Classification</i>	85
4.1.10	<i>Catégorie Intégration à la formation</i>	85
4.2	STRUCTURE DU MODELE <i>LEARNING GAME METADATA DEFINITION</i>	86
4.3	ANALYSE DE DONNEES DES JEN FOURNIES PAR LES EDITEURS.....	87
4.3.1	<i>Collections des données</i>	87
4.3.2	<i>Résultats des analyses</i>	88
4.4	DISCUSSION	91
	CONCLUSION	93
5	METHODE DE CONCEPTION D'UNE INTERFACE DE CATALOGUE DE JEUX EDUCATIFS NUMERIQUES	95
	INTRODUCTION.....	96
5.1	METHODE DE CONCEPTION D'INTERFACE DE CATALOGUE NUMERIQUE (UDID)	97
5.1.1	<i>Matériel associé à la méthode UDID</i>	98
5.1.2	<i>Les phases de la méthode UDID</i>	99
5.1.2.1	Phase 1 : Présentation et briefing	99
5.1.2.2	Phase 2 : Organisation des zones de l'interface.....	100
5.1.2.3	Phase 3 : Disposition et choix des filtres de recherche	100
5.1.2.4	Phase 4 : Représentation des résultats de la recherche	100
5.1.2.5	Phase 5 : Débriefing	100
5.2	CONCEPTION D'INTERFACE DE CATALOGUE DE JEUX EDUCATIFS NUMERIQUE.....	101
5.2.1	<i>Profils des participants</i>	101
5.2.2	<i>Matériel de l'expérimentation</i>	104
5.2.3	<i>Protocole expérimental</i>	105
5.2.4	<i>Résultats des séances de conception d'interface</i>	105
5.2.4.1	Q1. Choix des filtres de recherche	107
5.2.4.2	Q2. Formats des filtres de recherche.....	108
5.2.4.3	Q3. Organisation de l'interface	109
5.2.4.4	Q4. Présentation des résultats de la recherche des JEN	109
5.3	MAQUETTE FINALE DE L'INTERFACE	111
5.4	DISCUSSION	112
5.4.1	<i>Discussion sur l'application de la méthode UDID</i>	112
5.4.2	<i>Validation du schéma de métadonnées LGMD</i>	114
	CONCLUSION	114
6	CATALOGUE PLANETE DES JEUX EDUCATIFS NUMERIQUES.....	116
	INTRODUCTION.....	117
6.1	CARACTERISTIQUES DU CATALOGUE PLANETE DES JEUX EDUCATIFS NUMERIQUES	117

6.1.1	<i>Interface principale</i>	118
6.1.2	<i>Page de description des JEN</i>	119
6.2	ÉVALUATION DES CATALOGUES.....	119
6.2.1	<i>Profil des participants</i>	120
6.2.2	<i>Protocole d'évaluation</i>	120
6.3	RESULTATS DE L'EVALUATION DU CATALOGUE	121
6.3.1	<i>Utilisabilité</i>	121
6.3.2	<i>Description des JEN</i>	123
6.3.3	<i>Utilité des Catalogues</i>	123
6.4	PERSPECTIVES D'AMELIORATION DU CATALOGUE <i>PLANETE DES JEN</i>	126
	CONCLUSION	127
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES		128
1.	BILAN	128
2.	PERSPECTIVES.....	132
2.1	<i>Étendre la recherche d'ADEM sur le Web</i>	132
2.2	<i>Utilisation de microformats pour la description des JEN</i>	133
2.3	<i>Inciter les éditeurs à remplir les métadonnées</i>	134
2.4	<i>Concevoir un modèle d'extraction de métadonnées générique</i>	135
LISTES DES PUBLICATIONS		136
BIBLIOGRAPHIE.....		138
ANNEXES		149
	ANNEXE I : ENQUETE SUR L'UTILISATION DES RESSOURCES PEDAGOGIQUES	149
	ANNEXE II : BALISES HTML PAR CATEGORIE.....	150
	ANNEXE III : DICTIONNAIRE DU CHAMP <i>PUBLIC CIBLE</i>	151
	ANNEXE IV : QUESTIONNAIRE D'EVALUATION DES CATALOGUES	152
	ANNEXE V : REPONSES AUX QUESTIONS OUVERTES	153
	ANNEXE VI : EVALUATION DES CATALOGUES DE JEN	154

Liste des figures

Figure 1 : Image des Jeux éducatifs numériques ; Pulse! à gauche et Opération frog à droite.....	11
Figure 2 : Système de filtres des catalogues de JEN MobyGames et SeriousGameClassification.....	23
Figure 3 : Méthodologie de recherche	28
Figure 4: Fonctionnement du modèle VIPS (Faessel, 2011)	37
Figure 5 : Étapes de traitement des pages web dans l'approche par blocs visuels	39
Figure 6 : Schéma de métadonnées Learning Object Metadata (LOM)	41
Figure 7 : Schéma de métadonnées LOM-Extension.....	45
Figure 8 : Images de la page de recherche (à gauche) et de présentation des SG (à droite) du catalogue <i>seriousgamesclassification</i>	48
Figure 9 : Interface du catalogue <i>Mobygames</i>	49
Figure 10 : Catalogue <i>seriousgame.fr</i> avec la page de menu (à gauche) et la page de présentation des SG (à droite).....	50
Figure 11 : Étapes des activités du modèle ADEM	56
Figure 12 : La page web de <i>Supercharged!</i> et son code source.....	58
Figure 13: Les blocs de la page web de <i>Supercharged!</i> après l'étape de segmentation.....	60
Figure 14: La page web "Les ECSPER" avec un pop-up en cliquant sur un des 6 Jeux Educatifs numériques.....	76
Figure 15 : Allègement de la catégorie 1. <i>Générale</i>	80
Figure 16 : Allègement de la catégorie 2. <i>Cycle de vie</i>	81
Figure 17 : Abandon de la catégorie 3. <i>Méta-Métadonnées</i>	81
Figure 18 : Allègement de la catégorie 4. <i>Technique</i>	82
Figure 19 : Allègement de la catégorie 5. <i>Pédagogique</i>	83
Figure 20 : Allègement de la catégorie 6. <i>Droits</i>	84
Figure 21 : Abandon de la catégorie 7. <i>Relation</i>	84
Figure 22 : Allègement de la catégorie 8. <i>Annotation</i>	85
Figure 23: Allègement de la catégorie 9. <i>Classification</i>	85
Figure 24: Allègement de la catégorie 10. <i>Intégration à la formation</i>	86

Figure 25 : Le modèle Learning Games Metadata Definition (LGMD).....	87
Figure 26 : Pourcentage des données fournies pour chaque champ du schéma LOM-extension	89
Figure 27: Pourcentage des données fournies pour chaque champ du schéma LGMD	90
Figure 28 : Comparaison des données fournies par catégorie entre le schéma LOM-extension et le schéma LGMD.....	91
Figure 29: Répartition des données fournies sur le champ "groupe d'âge" et le champ "classification du jeu" par rapport au champ "public cible"	93
Figure 30 : Exemple de matériel associé à la méthode UDID	99
Figure 31: Les cinq phases de la méthode UDID	99
Figure 32 : Équipe 1, séances de conception du Mans (France).....	103
Figure 33 : Équipe 2, séances de conception de Nantes (France).....	103
Figure 34 : Équipe 3, séances de conception de Daloa (Côte d'Ivoire).....	103
Figure 35 : Équipe 4, séances de conception de Daloa (Côte d'Ivoire).....	104
Figure 36 : Equipe 5, séances de conception de Daloa (Côte d'Ivoire).....	104
Figure 37 : Les différents formats disponibles pour le filtre Discipline : (a) Liste déroulante, (b) Case à coché, (c) Case à option, (d) Boite de texte, (e) Nuage de mots et (f) Barre à intervalle.	105
Figure 38 : Maquettes des équipes lors des séances de conception	106
Figure 39 : Vignette des JEN de la maquette finale.....	111
Figure 40 : Maquette finale adoptée après application de la méthode UDID	112
Figure 41: Page principale du catalogue Planète des jeux éducatifs numériques	118
Figure 42 : Page de description d'un JEN du catalogue Planète des jeux éducatifs numériques	119
Figure 43 : Répartition des évaluations par catalogue dans la grille des scores SUS avec interprétation (Bangor, 2009).....	122
Figure 44 : Améliorations prévues des filtres Discipline et Mots clés.....	126
Figure 45: Récapitulatif des contributions de la thèse	131
Figure 46 : Comparaison des recherches sur les jeux éducatifs (à gauche) et sur les livres (à droite) sur Google.....	133

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Statistiques des prix des JEN	18
Tableau 2 : Catalogues de JEN avec le nombre de JEN par rapport aux Serious Games	21
Tableau 3 : Site web de JEN spécialisés	21
Tableau 4 : Champs ajoutés par le modèle LOMFR-SG	43
Tableau 5 : Champs ajoutés par le modèle SGLOM.....	43
Tableau 6 : Les scores des ratios des blocs de la page web <i>Supercharged!</i>	62
Tableau 7: Liste des 24 pages web de JEN analysées.....	68
Tableau 8: Mots clés des JEN extraits par ADEM automatiquement.....	69
Tableau 9: Récapitulatif des scores donnés par les enseignants pour le mot clé "Discipline"	72
Tableau 10: Récapitulatif des scores donnés par les enseignants pour le mot clé "Plateforme"	73
Tableau 11: Récapitulatif des scores donnés par les enseignants pour le mot clé "Public cible"	74
Tableau 12: Moyenne des évaluations des enseignants	75
Tableau 13: Nombre de jeux collectés par catalogue.....	88
Tableau 14: Répartition des participants par équipe de conception.....	102
Tableau 15 : Filtres choisis par équipe.....	107
Tableau 16 : Nombre de filtres choisi selon les formats par les équipes	108
Tableau 17 : Les informations choisies pour la description des JEN sur les vignettes	110
Tableau 18 : Catalogues à évaluer	119
Tableau 19 : Métrique des Scores de l'utilisabilité	121
Tableau 20 : Moyenne (sur 5) des scores de la description par catégorie.....	123
Tableau 21 : Nombre d'enseignants ayant trouvé des JEN dans chaque catalogue	124

Liste des acronymes

ADEM : *Automatic Description Extraction Model*

ANSUT : *Agence Nationale du Service Universel des Télécommunications*

APC : *Approche Par Compétence*

BAC : *Baccalauréat*

BYOD : *Bring Your Own Device*

DBR : *Design-Based Research*

DoC : *Degree of Coherence*

DSPS : *Direction des Stratégies, de la Planification et des Statistiques*

EIAH : *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*

FPC : *Formation Par Compétence*

IHM : *Interfaces Homme-Machine*

JEN : *Jeux éducatifs numériques*

LAD : *Learning Analytics Dashboard*

LG : *Learning Games*

LGMD : *Learning Games Metadata Definition*

LMD : *Licence-Master-Doctorant*

LOM : *Learning Object Metadata*

MENET : *Ministère de l'éducation nationale de l'enseignement technique*

MLR : *Metadata for Learning Ressources*

PETV : *Programme d'Éducation Télévisuelle*

POS tag : *Part-of-Speech tagging*

PPO : *Pédagogie Par Objectif*

SG : *Serious Games*

STEM : *sciences, technologies, ingénieries et mathématiques*

SUS : *System Usability Scale*

TIC : *Technologies de l'Information et de la Communication*

TP : *Travaux Pratiques*

UCD : *User-Centered Design*

UDID : *User-Driven Interface Design*

UFHB : *Université Felix Houphouët-Boigny*

UFR : *Unités de Formation et de Recherche*

UVCI : *Université Virtuelle de Côte d'Ivoire*

VIPS : *Vision-based Page Segmentation*

XIML *XML Indexing Management Language*

XML : *Extensible Markup Language*

Liste des annexes

ANNEXE I : ENQUETE SUR L'UTILISATION DES RESSOURCES PEDAGOGIQUES	149
ANNEXE II : BALISES HTML PAR CATEGORIE	150
ANNEXE III : DICTIONNAIRE DU CHAMP <i>PUBLIC CIBLE</i>	151
ANNEXE IV : QUESTIONNAIRE D'EVALUATION DES CATALOGUES	152
ANNEXE V : REPONSES AUX QUESTIONS OUVERTES	153
ANNEXE VI : EVALUATION DES CATALOGUES DE JEN	154

Introduction

Objet de recherche

La qualité de la formation a toujours été au cœur des préoccupations du monde éducatif. Des innovations organisationnelles et technologiques sont régulièrement apportées pour améliorer les formations dispensées dans le système éducatif. C'est ainsi que les jeux éducatifs numériques (JEN) ont été introduits pour servir de ressources pédagogiques (Kafai & Burke, 2015; Van Eck, 2006). Les JEN se présentent comme des jeux numériques, explicitement conçus pour servir dans le cadre de la formation, avec comme objectif de faciliter l'apprentissage (Marfisi-Schottman, 2012; Michel et al., 2009). Le développement des technologies a contribué à la prolifération des JEN sur le marché. Il existe ainsi des centaines de JEN par domaine et des travaux scientifiques ont largement démontré leurs nombreux avantages pédagogiques. En effet, leur caractère numérique facilite leur utilisation sur diverses plateformes. Ils permettent également de simuler l'utilisation de matériel souvent difficile ou coûteux à acquérir, et de s'entraîner dans des environnements potentiellement dangereux (Alvarez, 2007). De plus, les ressorts ludiques qu'ils intègrent sont un atout indéniable pour motiver les apprenants, à tous les niveaux. Ainsi, les JEN ont tout intérêt à être utilisés, en tant que ressources pédagogiques, pour favoriser l'innovation pédagogique à tous les niveaux.

Contexte

L'utilisation des JEN peut se faire à tous les niveaux d'étude du système éducatif. Ils peuvent être utilisés en complément des ressources pédagogiques traditionnelles ou pour pallier les déficits liés au manque de moyens économiques des institutions éducatives. Par exemple, en Côte d'Ivoire, le système éducatif présente des insuffisances au niveau des infrastructures et des matériels scolaires. Dans ce contexte de limite, les JEN peuvent être d'une grande aide puisqu'ils sont disponibles sur divers appareils informatiques et faciles d'accès pour le plus grand nombre. De plus, la Côte d'Ivoire a adopté des approches pédagogiques nécessitant la mise en pratique des contenus d'apprentissage nécessitant de grands moyens (Goin Bi & Koutou, 2019). Dans ce contexte, les JEN peuvent être bien plus utiles. Le fait de simuler le maniement de matériel de formation ou des environnements difficiles à mettre en place pour le grand nombre est un atout qui participe à améliorer la qualité de l'enseignement dans notre contexte. Cependant, malgré leurs nombreux atouts et leur facilité d'intégration dans le système

éducatif, force est de constater que les JEN sont très peu utilisés par les acteurs du monde éducatif en particulier les enseignants.

Problématique

Les enseignants souhaitant utiliser les JEN pour leur cours se heurtent à plusieurs difficultés, notamment celle de l'accès aux JEN existants. Les JEN répertoriés dans les catalogues de *Serious Games* sont noyés dans la liste des *Serious Games*. Ces catalogues ne proposent pas d'informations spécifiques ou de filtres de recherche sur les aspects pédagogiques pourtant indispensables aux enseignants pour identifier aisément les JEN selon leurs besoins (Djaouti, 2011). Pour améliorer l'accès aux JEN, il faut ainsi répondre à trois problématiques :

- Comment indexer les JEN existants, afin de fournir une liste complète et régulièrement mise à jour ?
- Comment améliorer la description des JEN, afin que les enseignants puissent trouver les JEN leur convenant rapidement ?
- Comment concevoir une interface de catalogue de JEN qui soit ergonomique et intuitive pour faciliter la recherche des JEN aux enseignants ?

Cette thèse s'inscrit dans le domaine des environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH), mais, pour répondre aux problématiques ci-dessus, les contributions apportées ont été dans les domaines du web sémantique, mais aussi du *User-eXperience design*. La méthodologie de recherche est basée sur une démarche centrée-utilisateur. Dans notre contexte, cette démarche consiste à effectuer tous les travaux en ayant pour objectif central la satisfaction des besoins des enseignants.

Organisation du mémoire de thèse

Cette thèse est organisée autour de 6 chapitres.

- Le **chapitre 1** présente notre objet d'étude : les JEN, ses avantages pédagogiques, son contexte d'utilisation, la problématique, les objectifs et la méthode de recherche.
- Le **chapitre 2** est consacré à une revue de littérature sur les modèles d'extraction d'information, les schémas de métadonnées pour la description de JEN et les méthodes de conception d'interface. L'étude des différents travaux a guidé les choix de nos approches.

- Le **chapitre 3** est consacré à la première contribution qui propose un modèle d'extraction automatique de métadonnées pour la description des JEN.
- Le **chapitre 4** concerne la deuxième contribution qui propose un schéma de métadonnées adapté à la description des JEN.
- Le **chapitre 5** concerne la troisième contribution qui présente une méthode de conception d'interface de catalogue numérique impliquant une forte participation des utilisateurs finaux.
- Le **chapitre 6** présente une évaluation du catalogue de JEN *Planète des JEN* issue de la réification de nos travaux de thèse.

Ce manuscrit finit par une **conclusion générale et des perspectives** qui font le bilan des travaux effectués, suivi de quelques perspectives issues de cette recherche.

1

Problématique et méthodologie de recherche

INTRODUCTION	5
1.1 DEFINITION ET CONTEXTE	5
1.2 PROBLEMATIQUE.....	18
1.3 OBJECTIFS ET QUESTIONS DE RECHERCHE	23
1.4 METHODE DE RECHERCHE	26
CONCLUSION	28

Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons les Jeux Educatifs Numériques (JEN). Nous allons parcourir les faits historiques marquant l'introduction des jeux dans l'enseignement. Une définition des JEN permettra de circonscrire le champ d'études de cette thèse. En plus de présenter les avantages des JEN, ce chapitre cherche à montrer les contextes d'enseignement dans lesquels les JEN peuvent apporter de nombreux bénéfices. Bien que les JEN aient de nombreux avantages, ils sont peu utilisés dans l'enseignement. Nous allons présenter les problématiques qui constituent un frein à son adoption, définir des objectifs à atteindre pour les résoudre et la méthode de recherche utilisée.

1.1 Définition et contexte d'utilisation des jeux éducatifs numériques

1.1.1 Définition de Jeu éducatif numérique

1.1.1.1 Du Serious Games aux Jeux éducatifs numériques

L'objet de notre étude concerne les jeux numériques utilisés pour l'enseignement. La notion de Jeu éducatif numérique (JEN), qualifiée d'oxymore par Alvarez (2007), comprend deux principaux termes. D'un côté, il y a le terme « jeu » qui fait appel au divertissement avec des propriétés qui sont "hors de la réalité et non sérieuses" comme le présente Huizinga (1952), et de l'autre, le terme « éducatif » qui appelle au développement des propriétés intellectuelles et physiques des apprenants, tel que défini par Emile Durkheim (1922). Trouver une définition aux JEN peut se révéler alors plus complexe qu'il ne le semblerait.

Depuis des décennies, plusieurs définitions ont été proposées pour tenter de conceptualiser les JEN. Alvarez (2007) fait savoir que les premières traces de jeu dans l'éducation remontent à la période de la renaissance (au début du XVI siècle) avec l'approche "*Serio Ludere*" qui signifie "jouer sérieusement". Le "*Serio Ludere*" était un mode d'expression destiné à attirer l'attention du public par le jeu ou le rire (Manning, 2004). Ce mode d'expression facilitait "la compréhension et l'assimilation des savoirs" comme le fait remarquer Léotard-Sommer (2019). Pourtant, il faut attendre l'année 1970 pour avoir une première définition concrète des jeux sérieux avec le chercheur Clark Abt dans son ouvrage "*Serious Games*" (Abt, 1970). Abt

introduit la notion de *Serious Games*, couramment traduit en français par "jeux sérieux" (Brougère, 2012), comme des "jeux explicitement et intentionnellement à but éducatif et qui ne sont pas premièrement destinés aux divertissements" (Abt, 1970). Par cette définition, Abt fait la différence entre des jeux conçus pour le simple divertissement et des jeux conçus principalement pour l'éducation. À cette époque, l'informatique n'étant pas développée, cette définition traitait des jeux non informatiques, mais elle continue pourtant de servir de référence.

C'est dans les années 2000 qu'émerge une définition qui cadre avec notre champ d'études. À cette époque, l'industrie du jeu vidéo, qui était en pleine expansion, était utilisée pour faire passer des messages liés à la défense, à la politique, à la publicité, etc. (Michael Zyda, 2005). Ainsi, en 2002 dans le livre blanc "*Serious Games : Improving Public Policy through Game-Based Learning and Simulation*" (Sawyer & Rejeski, 2002), Ben Sawyer invite à utiliser les ressorts du jeu vidéo comme outils d'apprentissage et de simulation. Le message sera entendu puisque dans la même année, précisément le 4 juillet 2002 lors de la fête nationale des États-Unis, l'armée américaine lance le célèbre *America's Army*, un jeu de simulation militaire très réaliste. Ce jeu gratuit de bonne qualité, conçu avant tout pour valoriser l'image de l'armée, est actuellement utilisé pour l'entraînement des soldats américains et surtout pour recruter les jeunes (Nieborg, 2004). Le succès de ce jeu sera le point marquant dans la promotion des Jeux sérieux. En 2003, plusieurs événements sont organisés en faveur des jeux sérieux telle que la *Serious Games Day* lancée par le Wilson International Center. À la suite, Sawyer va créer le *Serious Games Initiative* et le *Serious Games Summit*. A cette occasion, Sawyer et Rejeski proposent une définition de *Serious Games* :

<<Une application informatique utilisant les technologies et savoir-faire du monde du jeu vidéo. L'objectif premier de cette application n'est pas le divertissement, mais de se servir de ressorts ludiques pour ses activités pédagogiques>>.

Cette définition servira d'approche pour d'autres définitions plus spécifiques. Ainsi, en 2007 le chercheur français Alvarez (2007) propose une définition globale des *Serious Games* :

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

simple divertissement. Cet écart semble indexé sur la prégnance du "scénario pédagogique">>.

Toutes ces définitions sont larges pour cadrer avec notre champ d'études qui concerne spécifiquement le domaine de l'éducation. En 2005 Zyda propose une classification des *Serious Games* dans de nombreux domaines tels que l'armée, la santé, la politique, la publicité, la sensibilisation, la religion, l'art, l'éducation, etc., montrant ainsi leur diversité d'utilisation du moment qu'ils servent à faire passer un message "sérieux".

1.1.1.2 Définition des Jeux éducatifs numériques

En 2012, Marfisi-Schottman travaille sur les *Serious Games* dans le domaine de l'enseignement supérieur et la formation professionnelle. Dans ces travaux, la chercheuse propose de désigner ce type de jeu par le terme *Learning Games (LG)*, que nous traduisons par **jeux éducatifs numériques (JEN)** (Marfisi-Schottman, 2012). C'est ce terme "jeux éducatifs numériques" qui sera adopté dans la suite de notre thèse pour caractériser notre objet d'étude qui concerne les jeux conçus sur supports informatiques et utilisés pour l'enseignement. Marfisi-Schottman donne cette définition des LG :

<<Un Learning Game est une application informatique qui utilise des ressorts ludiques pour catalyser l'attention des apprenants et faciliter leur apprentissage. Il a des buts éducatifs explicites et peut être utilisé dans le cadre de formations à tous les niveaux.>>

Cette définition cadre bien avec notre objet d'étude en mettant l'accent sur le but éducatif des *Serious Games*. Toutefois, le lien entre l'objectif pédagogique et le scénario du jeu n'est pas clair. Elle fait d'ailleurs des recommandations dans ce sens pour que le LG soit réellement au "service de l'apprentissage".

Ces recommandations stipulent que les activités pédagogiques doivent être "tissées" avec le scénario du jeu. Pour cette étude, il est important que les objectifs pédagogiques conduisent la conception du scénario du jeu.

La définition de Marfisi-Schottman est réaménagée en intégrant cette recommandation pour proposer cette définition des Jeux éducatifs numériques.

*Un jeu éducatif numérique est une **application informatique**, qui utilise des **ressorts ludiques** pour catalyser l'attention des apprenants et faciliter leur apprentissage. Il a des **butts éducatifs explicites** et peut être utilisé pour tous les **niveaux d'enseignement**, soit en activités libres ou dans **un contexte de groupe d'apprentissage**.*

Cette définition permet de centrer l'objet de notre étude sur des jeux informatiques conçus pour l'enseignement sur des activités pédagogiques explicites. En effet, certains jeux peuvent être détournés de leur but original pour être utilisés dans des séances de formation. Par exemple, Idriss Aberkane (2005) explique dans ses travaux comment il détourne les jeux *Starcraft* et *Final Fantasy X* pour enseigner les mathématiques. Il se sert du succès de ces jeux pour catalyser l'attention des apprenants pour ensuite leur faire assimiler des notions de mathématique. Il est évident que plusieurs jeux peuvent être détournés pour des activités pédagogiques. Cela peut donner l'impression que tous les jeux vidéo sont utilisables dans n'importe quelle situation d'apprentissage (Van Eck, 2006).

Cet usage détourné des jeux ordinaires dépend fortement des capacités des enseignants à le faire. L'absence de butts éducatifs explicites fait que ces jeux non éducatifs ne peuvent pas servir pour tous les enseignants ou être utilisés de façon autonome par les apprenants. En effet, ils ne sont pas explicitement destinés à l'enseignement pour être exploités dans un contexte de classe, soit en groupe ou individuellement.

Nous venons de définir les Jeux éducatifs numériques (JEN), explorons leurs avantages afin de justifier de leur utilité dans l'enseignement.

1.1.2 Avantages des jeux éducatifs numériques

Cette section sera consacrée aux avantages qu'apportent les JEN dans la formation. Il s'agit de justifier la pertinence de l'introduction des JEN dans l'enseignement en tant que ressources pédagogiques. Les avantages pédagogiques des JEN sont décrits en deux parties : d'abord ceux liés à leur nature numérique puis ceux liés à l'utilisation des ressorts ludiques.

1.1.2.1 Avantages pédagogiques liés au numérique

Les JEN sont des ressources pédagogiques numériques. **Ils sont disponibles sur de multiples plateformes** (Susi et al., 2007) telles que les ordinateurs, smartphones, tablettes numériques et consoles de jeu (Prensky, 2003). Dans les détails, le catalogue *MobyGames*¹ recense 270 plateformes sur lesquelles peuvent s'exécuter les JEN. Cette diversité leur confère un avantage intéressant pour l'apprentissage par des initiatives telles que *Bring Your Own Device* (BYOD) qui consiste, pour l'apprenant, à consulter les ressources pédagogiques directement sur ses propres appareils mobiles, et ainsi d'apprendre partout et à tout moment (Y. Song, 2014).

Contrairement aux ressources pédagogiques traditionnelles, **les JEN peuvent être déployés à l'infini**. Les JEN permettent aux apprenants d'acquérir des connaissances et de l'expérience qui sont difficiles à avoir dans des situations réelles pour des raisons de coût, d'accessibilité et de temps. Ainsi, un atout majeur des JEN réside dans le fait qu'ils permettent d'élaborer des scénarios qui simulent le maniement de matériel trop coûteux ou très sensible, des situations ou environnements trop dangereux ou difficiles à réaliser dans la réalité. En effet, certaines formations, surtout celles dans le domaine professionnel ou technique, nécessitent du matériel lourd, souvent difficile à acquérir (Marfisi-Schottman, 2012). De ce fait, il est quasiment impossible de le rendre disponible pour tous les apprenants, ce qui limite l'acquisition de connaissances pratiques de leur utilisation, sans compter les cas où le matériel est dangereux à manipuler. Par exemple, pour des expérimentations lors de travaux pratiques de chimie qui consistent à observer des réactions de produits chimiques, si la manipulation des réactifs est dangereuse, les enseignants sont moins disposés à laisser les apprenants pratiquer ces expérimentations. Ce risque est nul avec les JEN tels que *Mechem*², *Little Alchemy*³, *Décrire la Matière*⁴, etc. Les apprenants ont ainsi la latitude de faire toutes sortes d'expérimentation pour découvrir par eux-mêmes (Bollini et al., 2013). Certains environnements de travail sont complexes à explorer e.g. le corps humain. Dans les formations en médecine chirurgicale, les pratiques sur les cobayes sont difficiles à reproduire indéfiniment en cas d'erreurs. Les JEN tels que *Pulse!*⁵ sont donc de bons environnements pour pratiquer sans stress, de même que *Operation Frog* développé en 1983 par *Interactive Picture Systems Inc.* qui permet la

¹ <https://www.mobygames.com/browse/games>

² <http://www.davidnikdel.com/projects/mechem/>

³ http://www.giiks.com/internet_mobile/little-alchemy-assembler-et-creer-les-elements/

⁴ <http://education.francetv.fr/activite-interactive/chimie-decrire-la-matiere-o26736>

⁵ <http://www.virtualworldsnews.com/2008/05/breakaway-licen.html>

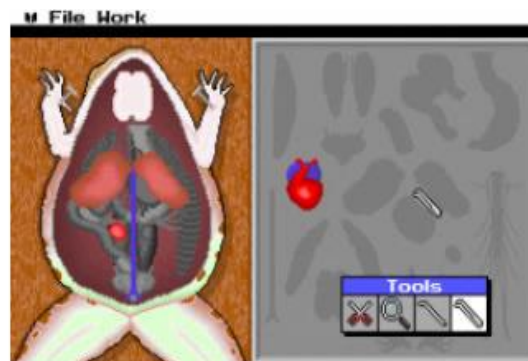
dissection de grenouille virtuelle (Figure 1). Cela évite d'avoir une possible promiscuité entre les animaux et les apprenants.

Ainsi, le cadre de simulation des JEN **favorise l'apprentissage par essai-erreur** (Djaouti, 2016; Martinovic et al., 2016). Étant donné que les actions de l'apprenant n'auront aucun impact sur la vie réelle ou ne risquent pas d'endommager le matériel d'apprentissage par une mauvaise manipulation, ils peuvent réessayer les actions autant de fois qu'il sera nécessaire pour assimiler les notions enseignées (Brougère, 2005; Sanchez et al., 2011). Ensuite la liberté d'action favorise l'autonomie, le sens de la responsabilité (Kirriemuir & McFarlane, 2004) et le constructivisme des apprenants (Barab et al., 2005). L'apprenant devant son JEN est le maître de l'environnement simulé et responsable de ses choix. Ainsi, il est plus conscient de l'impact de chaque choix opéré (Habgood & Ainsworth, 2011).

Un autre point positif des JEN concerne **la prise en compte du rythme d'apprentissage** (Kafai & Burke, 2015). Chaque apprenant a un style d'apprentissage particulier qui caractérise ses facultés de compréhension. Le style d'apprentissage est une caractéristique importante dans l'assimilation des connaissances par les apprenants (Dunn et al., 1995; Felder & Silverman, 1988). Un enseignant aura moins de temps pour suivre chaque apprenant selon son style et son rythme d'apprentissage. Les JEN peuvent les aider à tenir compte des différences de styles chez les apprenants d'un même groupe (Lorenzo & Lorenzo, 2013). En effet, un apprenant qui a besoin de recommencer plusieurs fois une action avant de comprendre ce qui lui est demandé pourra le faire sans crainte d'être jugé par ses pairs. Au contraire, un apprenant qui réussit du premier coup pourra passer à l'étape suivante immédiatement et ne sera plus frustré d'avoir à attendre ses camarades (Djaouti, 2016). Soflano (2015), Khenissi (2016) et nos travaux menés en 2019 ont montré le bénéfice pour les apprenants que procure la prise en compte du style d'apprentissage dans les JEN.



Pulse !



Operation frog

Figure 1 : Image des Jeux éducatifs numériques ; Pulse! à gauche et Opération frog à droite.

Pour terminer, les JEN sont de **bons compromis en termes d'accessibilité et de coût**. Ils permettent de réaliser des économies par rapport aux matériels d'apprentissages coûteux et difficiles à acquérir, surtout pour des pays en voie de développement.

1.1.2.2 Avantages pédagogiques liés aux ressorts ludiques

Un autre avantage des JEN est la stimulation des interactions entre joueurs (Barab et al., 2005). Les JEN sont des outils qui favorisent fortement les interactions sociales et culturelles des apprenants (Khalili et al., 2011). Avec un JEN, un apprenant sera prompt à donner un coup de main aux autres ou à en demander plutôt que dans des situations de classe traditionnelle. Par exemple, *Lure of the Labyrinth* (The Education Arcade, 2009) est un JEN destiné à l'apprentissage des mathématiques. Dans son environnement, chaque apprenant dirige un avatar qui par de petits jeux simples va réviser ses fondamentaux en mathématiques. La composante multijoueur stimule et renforce l'échange d'informations à caractère éducatif entre les apprenants. Cela se traduit par des points à gagner chaque fois qu'un apprenant rédige de petits guides pour aider d'autres apprenants (Djaouti, 2016).

Dans cette section, un tour d'horizon des avantages des JEN a été fait. Les JEN viennent résoudre les problèmes d'accessibilité, de coût et de manipulation qui peuvent éventuellement se présenter dans un contexte d'enseignement. De plus, les JEN favorisent la motivation de sorte à marquer fermement l'engagement des apprenants sur les activités pédagogiques. Après avoir justifié la pertinence de l'utilisation des JEN dans l'enseignement, voyons dans quel contexte d'éducation ils peuvent intervenir, à quel niveau, et comment les utiliser pour qu'ils soient utiles et efficaces pour les besoins des enseignants.

1.1.3 Contexte d'utilisation des JEN

Après avoir montré les bénéfices que peuvent apporter les JEN, il faut définir leurs contextes d'utilisation. Il s'agit de déterminer comment les JEN peuvent s'intégrer aux méthodes d'enseignement actuelles ou servir d'outils pour l'innovation pédagogique future. Pour cela, un panorama des composantes des systèmes éducatifs conduira à déterminer les niveaux d'intégration possible des JEN. Étant donné la diversité des systèmes éducatifs dans le monde, nous partirons du système éducatif de la Côte d'Ivoire. Ce choix est grandement lié au contexte géographique de nos travaux. Le système éducatif de la Côte d'Ivoire essaye de suivre les recommandations du monde éducatif francophone au niveau pédagogique, et présente des similitudes avec le système éducatif des nombreux pays en voie de développement au niveau technologique. La suite de ce chapitre servira à faire un diagnostic des infrastructures du système éducatif ivoirien et une évaluation des méthodes pédagogiques pour expliquer comment les JEN peuvent s'intégrer et aider à améliorer la qualité de la formation.

1.1.3.1 Diagnostic du système éducatif de la Côte d'Ivoire

Selon L'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) (1998), un système éducatif performant est la condition pour qu'un état accède à un réel développement endogène. Les gouvernants doivent créer les conditions nécessaires pour aider les enfants à aller à l'école, et s'assurer qu'ils acquièrent effectivement les compétences nécessaires à leur niveau d'étude. Ils doivent garantir un accès équitable pour tous à l'école. Les infrastructures scolaires, le matériel didactique et les animateurs du système éducatif doivent être en nombre suffisant pour assurer une formation de qualité. C'est dans ce domaine que les moyens font défaut en Côte d'Ivoire. Le système éducatif ivoirien composé du cycle primaire, du cycle secondaire et du cycle supérieur, présente des difficultés dans son ensemble qui agissent sur la qualité de formation et le taux d'achèvement du parcours scolaire des individus (Goin Bi & Koutou, 2019).

Au niveau du **cycle primaire**, le déficit est d'abord dû au manque d'infrastructures. Dans les conditions actuelles de scolarisation, un enfant du CP1 a 60% de chance de terminer le cycle primaire. En effet, avec un taux d'accès de 100%, le cycle primaire en Côte d'Ivoire présente

un taux d'achèvement de seulement 61% (DSPS/MENET)⁶ (UNESCO. IIEP Pôle de Dakar et al., 2016). Le primaire présente une moyenne de 44 élèves par classe avec par exemple, seulement 19% des écoles ont moins de 30 élèves par enseignant et dans 12,4 % des établissements, plus de 60 élèves se partagent un enseignant. Avec cet effectif pléthorique, les enseignants éprouvent des difficultés à encadrer au mieux les apprenants qui présentent des profils d'apprentissages différents. Ensuite, le manque de manuel scolaire est handicapant à tous les niveaux avec seulement 60% des élèves qui y ont accès. Ces éléments rejaillissent sur les performances scolaires. Il est donc constaté que les élèves rencontrent beaucoup de difficultés en conjugaison, grammaire et mathématique (DSPS/MENET).

Dans ce contexte, Les JEN peuvent aider les enseignants à fixer les connaissances chez les apprenants. Les apprenants, par groupe de 2 ou 3, autour d'une tablette pourront travailler les leçons sur le français (e.g. *Les mots du visuel*⁷ ou *Reconnaitre les déterminants*⁸) et les mathématiques (e.g. *Zombie division*⁹ ou *Lure of labyrinth*¹⁰). Ainsi, après une première phase d'explication générale d'un cours, l'enseignant peut laisser les enfants en activités libres sur les JEN avec une surveillance minimum. Cela lui garantit une implication maximale des apprenants et une progression efficace au rythme de chacun. De plus, les apprenants pourront continuer à la maison si possible, avec la même motivation. Nous pouvons discuter du coût du matériel dont la fourniture peut être tout aussi difficile que les manuels scolaires. Néanmoins, ce coût peut être négligeable dans une économie d'échelle vu que le coût du matériel numérique connaît une baisse importante au fil des années avec des projets tels que la tablette éducative ivoirienne *Qelasy*¹¹. De plus les jeunes ivoiriens sont de plus en plus équipés en smartphone ou tablette personnelle¹².

Le **cycle secondaire** comprend l'enseignement secondaire général, l'enseignement technique et la formation professionnelle. Au niveau de l'enseignement secondaire général, le problème de manuels scolaires ne se pose pas puisqu'ils ne sont pas fournis par l'état. Cependant, il se pose les mêmes problèmes d'infrastructures et de matériels de travaux pratiques. Le cycle secondaire présente une moyenne de 40 élèves par enseignants avec des disparités très prononcées pour

⁶ DSPS - Direction des Stratégies, de la Planification et des Statistiques / MENET - Ministère de l'éducation nationale de l'enseignement technique

⁷ http://www.ccdmd.qc.ca/fr/ressources/?id=5244&action=animer_eureka

⁸ <https://education.francetv.fr/matiere/grammaire/cm1/jeu/reconnaitre-les-determinants>

⁹ <http://zombiedivision.co.uk/>

¹⁰ <https://education.mit.edu/project/lure-of-the-labyrinth/>

¹¹ <https://ayanawebzine.com/en-vedette/la-cote-divoire-decouvre-qelasy-la-nouvelle-tablette-educative-ivoirienne/>

¹² <https://www.tendancedici.com/chiffres-cles-du-mobile-en-afrique-de-louest-cas-de-la-cote-divoire/>

les matières scientifiques en sous-effectif d'enseignant. Ensuite, les laboratoires de travaux pratiques (TP) sont sous-équipés, ce qui laisse les collégiens toujours dans la théorie des notions enseignées jusqu'au BAC. Dans le secondaire général, le taux d'abandon était de 20% en 2016. Cette situation est encore plus grave dans l'enseignement technique et la formation professionnelle. Le manque d'infrastructures ne favorise pas l'adoption des filières techniques nécessitant du matériel de pointe pour assurer une formation de qualité aux apprenants¹³. Les filières tertiaires représentent près de 72% de l'offre de formation, et seulement 0.2% pour les filières agropastorales dans un pays dont le succès repose sur l'agriculture¹⁴ (Toungara, 1990).

À ce niveau, les JEN peuvent être d'une grande aide avec par exemple *Vacheland*, un JEN qui simule un environnement agricole dans lequel l'apprenant doit utiliser les techniques agropastorales pour faire évoluer ses cultures et ses vaches (Michel et al., 2009). Un autre exemple avec les enseignants des filières "Secrétariat Bureautique" qui peuvent se servir du JEN *The typing of Dead* pour améliorer la rapidité et la précision des élèves dans l'utilisation du clavier des ordinateurs (Mildner, 2016). Ce sont ici des exemples de JEN disponibles qui peuvent aider dans ce type de formation.

Le secteur de **l'enseignement supérieur** est confronté à la massification de la population étudiante qui se traduit par une insuffisance d'infrastructures et de ressources humaines. En 2019, le secteur de l'enseignement supérieur comptait 253 955 étudiants pour 403 établissements, dont sept universités publiques regroupant plus de 100 000 étudiants¹⁵. Par exemple, la première université, l'Université Felix Houphouët-Boigny (UFHB), comptait environ 70 000 étudiants pour une capacité d'accueil de 30 000¹⁶. Dans plusieurs Unités de Formation et de Recherche (UFR), le ratio enseignant-chercheur étudiant dépasse les 1/25 recommandé par l'UNESCO. Par exemple au niveau de l'UFR de Droit ce ratio atteint 69 étudiants pour 1 enseignant-chercheur¹⁷. Cette carence se retrouve aussi au niveau du matériel didactique avec des salles de TP sous-équipés et un niveau faible d'intégration des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) (Bogui, 2017). Cette situation à inciter les autorités ivoiriennes à créer l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire (UVCI) qui dispense ses programmes essentiellement en ligne (Chen, 2018). L'UVCI créée en 2015 était

¹³ Rapport préliminaire, Ministère de l'éducation nationale, l'enseignement technique et de la formation professionnelle, 2019

¹⁴ <https://www.fratmat.info/article/87108/62/special-houphouet-boignybinome-cafe-cacao-comment-s-est-il-impose-comme-pivot>

¹⁵ Atelier de restitution et de validation des données statistiques 2018-2019 de l'enseignement supérieur ivoirien.

¹⁶ <https://www.cotedivoire.news/actualite/37783-liste-et-classement-des-universites-cote-d-ivoire.html>

¹⁷ Annuaire statistique de l'enseignement supérieur 2017-2018

initialement prévue pour accompagner les universités physiques à développer un catalogue d'offre à distance pour résorber les problèmes cités plus haut (Holo et al., 2019). Elle accueillait en 2020 plus de 5 000 étudiants avec un mode de suivi des étudiants par un système de tutorat. Cette initiative est intéressante à plusieurs titres, car c'est dans ce type d'environnement éducatif que les JEN peuvent s'intégrer et aider à améliorer la qualité de la formation malgré le peu de moyens disponibles. En effet, les JEN peuvent servir de ressources pédagogiques pour des séances de travaux dirigés (TD) ou des séances de TP et d'outil d'évaluation. Il est vrai que les JEN spécialisés du niveau académique dans un contexte d'enseignement supérieur ivoirien ne sont pas répandus. Cependant, l'éducation nationale peut profiter de la baisse du coût de production des jeux pour proposer un vaste programme de création de JEN pour ce secteur. Cela sera profitable à grande échelle pour les apprenants qui disposent déjà du matériel numérique pour l'exécution des JEN. En effet, le taux de pénétration des smartphones et tablettes numériques chez les étudiants atteint ces dernières années 72%, favorisé par la baisse du coût du matériel informatique¹⁸. Des initiatives telles que le projet "1 étudiant, 1 ordinateur" de l'ANSUT, la distribution de tablettes par l'UVCI à ses étudiants ou la suppression des taxes douanières sur le matériel informatique par le gouvernement, ont aidé les étudiants dans ce sens¹⁹. Ainsi, les JEN ont déjà un terrain de développement disponible qui évitera d'importants investissements pour leur intégration.

Après avoir fait le diagnostic du système éducatif et montré les différents niveaux d'intégration possible des JEN, expliquons à présent comment les JEN peuvent s'inscrire dans l'évolution pédagogique déjà amorcée en Côte d'Ivoire.

1.1.3.2 Évolution des pratiques pédagogiques en Côte d'Ivoire

Pour être compétitifs au niveau international, les Etats doivent constamment s'interroger sur leur système éducatif en tenant compte des avancées technologiques et des nouveaux types de savoir. Dans cette optique, l'État ivoirien s'est régulièrement penché sur la question de la qualité de son système éducatif. Ainsi, le système éducatif de base (primaire et collège) a connu plusieurs modifications depuis les indépendances.

¹⁸ Bilan ministériel du ministère de la Communication, de l'économie numérique et de la Poste, 2017.

¹⁹ <https://cio-mag.com/cote-divoire-lacquisition-des-terminaux-informatiques-progresse-depuis-la-defiscalisation/>

Au lendemain des indépendances, les autorités optent pour l'enseignement rénové de 1963 à 1970. Ensuite, viennent successivement le Programme d'Éducation Télévisuelle (PETV) de 1971 à 1982 et les programmes de souveraineté portés par l'adoption de la Pédagogie Par Objectif (PPO) dès 1982 (Ouattara-Goïta et al., 2009). La PPO est une approche pédagogique prônée par Tyler (1949) et développée par Mager (1962) pour l'éducation.

La PPO se concentre sur trois concepts : le comportement observable, l'objectif général et l'objectif spécifique. Le savoir est formulé en objectif général puis découpé en objectifs spécifiques pour lesquels le mode opératoire (comportement) et les moyens de la réalisation sont définis. Dans la PPO, l'enseignant définit l'objectif général puis les objectifs spécifiques, les opérations à effectuer et le temps d'apprentissage pour les atteindre (Cuq, 2003). Cette approche morcelée est centrée sur les connaissances à acquérir plutôt que sur les compétences des apprenants à développer. L'apprenant n'est pas au centre du processus d'apprentissage, mais soumis aux objectifs de l'enseignant. Il est aussi reproché à la PPO de trop morceler les connaissances en objectifs spécifiques au point que l'apprenant perd la finalité de l'apprentissage (Meziane, 2014). Après 2 décennies de PPO en Côte d'Ivoire, des problèmes majeurs ont été révélés : les contenus sont souvent inadaptés aux réalités ivoiriennes, les connaissances sont trop morcelées et les pratiques pédagogiques avec une faible participation des apprenants (Ouattara-Goïta et al., 2009; Palé, 2018). Ainsi, après des états généraux de l'éducation, les autorités ont procédé, en 2002, à une réforme du système éducatif en remplaçant la PPO par l'Approche Par Compétence (APC) aussi appelée Formation Par Compétence (FPC).

La FPC se décrit comme une approche d'apprentissage centré sur l'apprenant dans une idée de construction, et non de transmission des connaissances, pour développer, chez les apprenants, le savoir-faire et le savoir-être (Chisholm & Leyendecker, 2008). Pour De Ketele (2000), la FPC cherche à développer chez l'apprenant des compétences pour résoudre un problème issu de la vie réelle et non lui donner un mode opératoire prédéterminé. Dans la FPC, l'enseignant organise les apprentissages plutôt que de les dispenser en montrant à l'apprenant à quoi pourra servir ce qu'il apprend (Scallon, 2004). Contrairement à la PPO, dans laquelle l'enseignant présente les outils, leur mode d'utilisation et comment les appliquer précisément pour résoudre un problème, dans la FPC, il présentera les outils aux apprenants et encadrera le développement de leur esprit critique sur les choix à opérer pour la résolution du problème. Par exemple, pour une leçon sur "le résumé en français, niveau 6^e", l'enseignant va encadrer les échanges et la

construction d'idée entre les apprenants pour les amener graduellement à la résolution du problème. La FPC favorise donc la collaboration, l'émergence et la construction des savoirs, la responsabilité, la résolution de situation de la vie courante. Bien que cette approche d'apprentissage soit bénéfique pour un monde en constante évolution, son application en Côte d'Ivoire ne se fait pas sans difficulté (Palé, 2018). Premièrement, la FPC est arrivée dans un contexte de crise sociopolitique qui a poussé la Banque mondiale, principal bailleur de fonds de cette réforme, à se retirer (DFPC²⁰, 2006). Ensuite, l'influence de la PPO, sur plus de deux décennies, sur la pédagogie est toujours très forte d'autant plus qu'il y a un manque de formation pour sensibiliser les enseignants au nouveau système. Enfin, la FPC favorisant l'apprentissage pratique, les apprenants doivent avoir accès aux outils et bénéficier d'un encadrement rapproché de la part des enseignants. Alors, comment faire de la FPC dans des conditions de classe pléthoriques et de manque de matériel didactique adapté ? Par exemple, pour l'étude des calculettes en mathématique, il faut des calculatrices ; pour la géométrie, il faut des instruments ; pour la découverte des régions en géographie, des sorties sont recommandées, pour la biologie animale, les simples croquis ne suffiront pas, etc. Dans un contexte de sous-équipement, les JEN peuvent être des atouts de poids. Les apprenants n'auront pas forcément besoin de voyager pour découvrir des régions ou des lieux étudiés, de faire des sorties extrascolaires pour observer les animaux bouger dans leurs environnements naturels, d'avoir des réactifs pour les expériences en chimie, etc. Les environnements de simulations proposés par les JEN permettront aux apprenants de se rapprocher des situations réelles. La motivation et l'autonomie stimulées par les JEN favorisent dans ces cas l'autoconstruction de ces compétences.

Les JEN sont des ressources pédagogiques adaptées à une bonne application de la FPC. Une intégration massive des JEN dans l'éducation, à travers la FPC, peut se caractériser, certainement par de meilleurs résultats scolaires et par l'atteinte des objectifs de formation.

Au niveau de l'enseignement supérieur, l'État a opté, depuis 2012, pour le système Licence-Master-Doctorant (LMD) afin de se conformer aux exigences mondiales. Cette approche de formation vise tout comme la FPC, à faire émerger chez les apprenants un esprit critique et à développer le sens de la recherche pour qu'ils soient capables de trouver eux-mêmes les outils et les moyens nécessaires pour la résolution des problèmes. Cependant, les difficultés du

²⁰ Direction pour la promotion de la formation par compétence

terrain, comme évoqué plus haut (section 1.1.3.1), rendent difficile son application réelle. Dans ce contexte aussi, les JEN peuvent intervenir pour une mise en situation pratique. De plus, la disponibilité des JEN en ligne fait d'eux des ressources pédagogiques idéales pour la formation à distance, tel que le monde a connu dans la période de COVID 19.

Pour résumer, les JEN peuvent s'intégrer sans difficulté dans le système éducatif ivoirien. Au niveau infrastructure, les JEN constituent des ressources pédagogiques qui peuvent aider à limiter les difficultés de l'enseignement pour améliorer la qualité de formation. Les récentes évolutions technologiques ont permis d'avoir beaucoup de JEN gratuit ou de baisser considérablement leur prix (Tableau 1). Les nouvelles approches pédagogiques (FPC et LMD) nécessitent d'importants moyens et des dispositions structurelles difficiles à mettre en œuvre. De ce fait, l'adoption massive des JEN peut combler les déficits constatés dans l'offre de situation pratique de l'éducation ivoirienne.

Tableau 1 : Statistiques des prix des JEN

Type de coût	Prix Min (FCFA)	Prix Max (FCFA)	% de JEN
<i>Gratuit</i>	-	-	90,32
<i>Achat direct</i>	650	196 795	5,35
<i>Achat In-App</i>	650	65 595	4,33

Les avantages des JEN, qu'ils soient liés au numérique ou à leurs ressorts ludiques, sont des atouts pour accroître la qualité de formation dans le système éducatif ivoirien. Cependant, les JEN ne font actuellement pas l'objet d'une adoption massive de la part des enseignants. Dans la suite, sera exposé le problème majeur auquel les enseignants sont confrontés pour trouver les JEN adaptés à leurs objectifs pédagogiques. Une étude des méthodes de sélection des JEN actuelles permettra de déterminer les difficultés rencontrées.

1.2 Problématique de la sélection des Jeux éducatifs numériques

Nous avons, dans la section précédente (section 1.1), présenté comment les JEN peuvent être des atouts de taille pour l'amélioration de la qualité de formation dans le contexte ivoirien. Les JEN présentent de nombreux avantages pour le développement académique et peuvent s'intégrer au système éducatif actuel sans nécessiter des investissements supplémentaires. Cependant, force est de constater que les JEN sont rarement utilisés par les acteurs du monde éducatif, malgré tous les bénéfices qu'ils pourraient apporter.

Les raisons de ce manque d'intérêt se situent à deux niveaux. Premièrement, les JEN sont méconnus des acteurs du monde éducatif. La plupart des enseignants interrogés durant cette thèse ont affirmé ne pas connaître les JEN, surtout qu'ils n'ont pas été formés avec ce type de ressources pédagogiques. Quant aux étudiants, ils confondent les simulateurs, les Ludo Games et les JEN. Ensuite, ceux qui connaissent les JEN évoquent des difficultés à les trouver sur le web. Par exemple, lors d'un entretien effectué avec 6 enseignants connaissant les JEN –1 du niveau primaire, 2 du secondaire et 3 du supérieur—, la principale raison évoquée est le fait qu'ils n'arrivaient tout simplement pas à trouver des JEN correspondant à leurs besoins pédagogiques. Cette problématique est détaillée en étudiant les différents outils que les acteurs du monde éducatif ont actuellement à leur disposition pour trouver des JEN.

1.2.1 Freins à l'adoption des Jeux éducatifs numériques

Les enseignants qui souhaitent utiliser les JEN pour leur formation ont deux possibilités. Ils peuvent soit concevoir les JEN selon leurs besoins, ce qui constitue le cas idéal, ou soit réutiliser des JEN existants qui se rapprochent de leurs besoins.

1.2.1.1 Difficultés dans la conception de JEN

La conception de JEN est un exercice passionnant qui nécessite cependant de relever plusieurs défis. Les concepteurs doivent fournir un JEN qui soit à la fois ludique et attractif, tout en ayant un fort potentiel éducatif (Marfisi-Schottman, 2012). Cela nécessite de créer un bon scénario pédagogique et ludique à la fois, habillé d'un design attractif. Les enseignants peuvent faire le scénario pédagogique. En revanche, la scénarisation ludique, le design graphique et le développement du jeu requièrent un niveau de technicité au-delà de leurs compétences. De plus, la conception de JEN demande une charge de travail trop lourde pour un enseignant tout seul. Car, il faut en moyenne 1 à 2 ans pour développer un JEN avec un investissement à plein temps (Marfisi-Schottman, 2012).

Ainsi, pour concevoir un JEN de bonne facture, il est nécessaire que cela se fasse dans le cadre d'un projet triparti avec l'implication de spécialistes au niveau éducatif (enseignants), au niveau ludique (*game designer*) et au niveau développement (graphiste et informaticien développeur) (Kelly & McCabe, 2007). Pour que cette collaboration à trois niveaux puisse aboutir à un JEN attractif, sa conception doit suivre une méthodologie de conception adaptée et explicite telle que la méthodologie *LEGADEE* (Marfisi-Schottman, 2012; Michael Zyda, 2005) ou utiliser

des éditeurs destinés à la conception de jeux éducatifs d'un type très spécifique, tel que *JEM Inventor* pour créer des JEN mobiles (Karoui et al., 2020). Néanmoins, réunir une telle équipe de spécialistes n'est pas à la portée de tous. Dans ce contexte, la conception de JEN ne peut se faire que dans le cadre de projets institutionnels, d'entreprises spécialisées, de recherche ou universitaire. Nous recommandons d'ailleurs aux pouvoirs publics d'investir dans ce domaine parallèlement aux investissements dans les autres types de ressources pédagogiques.

Les exigences techniques de la conception de JEN nécessitent des compétences que n'ont pas les enseignants. Il est donc difficile de leur demander de concevoir leur propre JEN. De plus, il existe déjà un grand nombre de JEN, pour la plupart gratuit (90,32%) et disponibles sur le Net. De ce fait, il semble évident que les enseignants pourraient utiliser les JEN existants appropriés à leurs besoins pédagogiques. Mais pourquoi ne le font-ils pas déjà ? En réalité, les enseignants qui connaissent les JEN éprouvent des difficultés à trouver ceux correspondant à leurs besoins. La section suivante détaille les difficultés rencontrées à ce niveau.

1.2.1.2 Problème dans la recherche de Jeux éducatifs numériques

La recherche de JEN en ligne peut se faire de deux façons, soit en passant par les moteurs de recherche tels que *Google* ou *Bing*, ou en utilisant directement les catalogues de JEN existants. Les moteurs de recherche sont d'excellents outils de recherche d'information sur le web qui ont fait leurs preuves. Cependant, il n'est pas toujours évident de trouver les réponses attendues à ses requêtes, surtout concernant des éléments spécialisés tels que les JEN (Dumouchel & Karsenti, 2017). Ces moteurs de recherche fournissent des informations de tous genres. De ce fait, les enseignants non experts de la recherche en ligne se retrouvent noyés dans une masse de résultats de recherche parmi lesquels ils doivent faire le tri pour trouver les JEN adéquats.

Il existe également des sites spécialisés qui proposent des JEN. Analysons maintenant ces catalogues et notamment le type de JEN qu'ils proposent et leurs options de recherche.

1.2.2 Catalogues numériques de Jeux éducatifs numériques

Pour être réellement utile, le catalogue doit disposer d'une **large gamme de JEN** et fournir des **informations pertinentes** sur ceux-ci afin que les enseignants puissent trouver ceux qui répondent à leurs besoins pédagogiques à travers une **interface intuitive**. Les sections suivantes montrent qu'aucun ne répond à ces trois critères.

1.2.2.1 Indexation de Jeux éducatifs numérique dans les catalogues

La plupart des catalogues des JEN étudiés sont, en réalité, des catalogues de *Serious Games*. Ceux-ci répertorient un faible pourcentage de JEN, qui sont difficiles à trouver parmi les autres jeux (Tableau 2). Il existe également des sites web d'éditeurs, d'institutions ou des blogs d'enseignants qui répertorient des JEN spécifiques aux champs d'études de ces organismes (Tableau 3). Par exemple, le site web *MIT education arcade*²¹ est un projet de l'institution MIT STEP proposant 7 JEN dans le domaine des sciences, technologies, ingénieries et mathématiques (STEM). Le nombre peu élevé de JEN s'explique par le moyen de collecte de ressources de ces catalogues. Qu'il s'agisse de catalogues généralistes de *Serious Games* ou spécialisés, ils sont alimentés par des spécialistes ou des passionnés de jeux qui mènent une veille technologique pour se tenir au courant des dernières sorties. Par exemple, le catalogue *MobyGames* recense plus de 100 contributeurs avec 20 ans d'existence. Le problème (P1) ici est que les JEN sont noyés dans des catalogues proposant beaucoup de jeux non éducatifs ou dispersés sur des sites web spécialisés dans des domaines pédagogiques bien spécifiques. Il est donc complexe de pouvoir les collecter pour en proposer une liste complète et régulièrement mise à jour.

Tableau 2 : Catalogues de JEN avec le nombre de JEN par rapport aux *Serious Games*

Catalogues	Serious Games	JEN	% de JEN
<i>SeriousGameClassification</i>	3,300	420	12
<i>MobyGames</i>	110,558	290	0.2
<i>Serious Games Fr</i>	183	74	40

Tableau 3 : Site web de JEN spécialisés

Sites web spécialisés	Serious Games	JEN	% de JEN
<i>MIT Education Arcade</i>	8	7	99
<i>Vocabulary Spelling City</i>	42	42	100
<i>LesEscper</i>	6	6	100

1.2.2.2 Description des Jeux éducatifs numériques

Après avoir été identifiés, les JEN sont répertoriés, à la main, dans les catalogues selon leur propre modèle de description. Par exemple, le catalogue *SeriousGamesClassification* utilise un

²¹ <https://education.mit.edu/project-type/games/>

modèle de classification appelé G/P/S (*Gameplay/Purpose/Scope*) pour classer les jeux selon trois critères. Le premier est le message diffusé par le jeu qui peut être un message éducatif, un message d'entraînement, une histoire racontée, un message informatif, etc. Le second concerne le marché ciblé par le jeu, e.g. santé, militaire, éducation, politique, etc. Enfin, le public cible pour donner la tranche d'âge concernée par le jeu ou le type de public, e.g. des étudiants, des professionnels, etc. Le catalogue *MobyGames* décrit les jeux selon la plateforme (e.g. PC, Android ou Nintendo), l'année de publication (e.g. 2008, 2020), le thème du jeu (visual, board game ou shooter) et la classification du jeu (e.g. ESRB, PEGI). Ces classifications sont trop limitées pour décrire les aspects pédagogiques des JEN. Aucune information sur la discipline et la motivation pédagogiques du JEN n'est disponible. De plus, ces modèles de description des JEN différents ne permettent aux enseignants de trouver facilement des JEN lorsqu'ils changent de catalogue. Le problème (**P2**) ici, réside dans le fait que ces modèles ne décrivent pas les JEN avec des informations pertinentes pour les enseignants, étant donné qu'ils répertorient tous les types de *Serious Games*.

1.2.2.3 Ergonomie des catalogues de Jeux Educatifs Numériques

Le dernier point constituant un frein à la sélection de JEN concerne l'ergonomie des catalogues. En effet, les catalogues ne sont pas intuitifs, i.e. qu'ils ne permettent pas aux utilisateurs de trouver les JEN sans effort intellectuel considérable. La disposition des différentes zones sur la page d'accueil, l'agencement des JEN et des filtres de recherche sont aux antipodes des modèles de UX design plébiscités (Leavitt, 2006). En effet, pour les catalogues de *Serious Games* (Tableau 3), la zone de recherche prend trop de place sur la page web. Tous les filtres sont soit au même format, pour tous types d'informations, soit inadaptés. Par exemple, dans le cas du catalogue *SeriousGamesClassification*, tous les filtres proposés sont au format *case à cocher*, quelle que soit l'information décrite. Dans le catalogue *MobyGames*, le mode de recherche est sous forme de lien catégoriel (Figure 2). Ainsi, pour sélectionner des JEN mobiles, il faut chercher dans la liste des 270 plateformes proposées par ce catalogue. De plus, les filtres de recherche disparaissent de la page de résultats. Il est alors nécessaire de retourner à la page précédente pour affiner les résultats de la recherche s'ils ne sont pas satisfaisants. Ces interfaces homme-machine (IHM) ne permettent pas aux enseignants de trouver facilement les JEN selon leurs besoins. Finalement, le problème (**P3**) concernant la présentation des JEN dans les catalogues est handicapant dans leur sélection.

Year	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003
	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994
	1993	1992	1991	1990	1989	1988			

Genre		
Action	Adventure	Compilation
DLC / add-on	Educational	Puzzle
Racing / driving	Role-Playing (RPG)	Simulation
Special edition	Sports	Strategy / tactics

Themes	
Arcade	Board game
Cards / tiles	Fighting
Interactive fiction / text adventure	Managerial / business simulation
Platform	Puzzle elements
Shooter	Visual novel

Sports	
Athletics	Baseball
Basketball	Bowling
Boxing	Cricket
Darts / target shooting	Fishing
Football (American)	Football (European) / Soccer
Golf	Hockey
Horse / derby	Olympiad / mixed sports
Pinq pong / table tennis	Pool / snooker
Racquetball / squash	Rugby
Sailing / boating	Skateboarding
Snowboarding / skinq	Surfing
Tennis	Volleyball
Wrestling	

Rating Systems		
Apple Rating	BBFC Rating	CERO Rating
ClassInd Rating	DJCTQ Rating	ELSPA Rating
ESRA Rating	ESRB Rating	GRB Rating
GSRR Rating	OFLC (Australia) Rating	OFLC (New Zealand) Rating
PEGI Rating	RARS Rating	SEGA Rating
SELL Rating	USK Rating	VET/SFB Rating
VRC Rating	aDeSe Rating	

Companies

mobygames.com

The games are classified according to their **gameplay**, their **purposes**, their **markets** and **target audience**, alongside with user-contributed **keywords**.

Quick search

Directly playable Downloadable

Advanced search

Video Game Video Toy Both

Purpose

<input type="checkbox"/> Educational message broadcasting	<input type="checkbox"/> Subjective message broadcasting
<input type="checkbox"/> Informative message broadcasting	<input type="checkbox"/> Training
<input type="checkbox"/> Marketing & Communication message broadcasting	<input type="checkbox"/> Goods trading
	<input type="checkbox"/> Storytelling
	<input type="checkbox"/> Licensed title

Market

<input type="checkbox"/> Entertainment	<input type="checkbox"/> Culture & Art
<input type="checkbox"/> State & Government	<input type="checkbox"/> Ecology
<input type="checkbox"/> Military & Defence	<input type="checkbox"/> Politics
<input type="checkbox"/> Healthcare	<input type="checkbox"/> Humanitarian & Caritative
<input type="checkbox"/> Education	<input type="checkbox"/> Media
<input type="checkbox"/> Corporate	<input type="checkbox"/> Advertising
<input type="checkbox"/> Religious	<input type="checkbox"/> Scientific Research

Audience

<input type="checkbox"/> 0 to 3 years old	<input type="checkbox"/> 35 to 60 years old
<input type="checkbox"/> 3 to 7 years old	<input type="checkbox"/> below 60 years old
<input type="checkbox"/> 8 to 11 years old	
<input type="checkbox"/> 12 to 16 years old	<input type="checkbox"/> General Public
<input type="checkbox"/> 17 to 25 years old	<input type="checkbox"/> Professionals
<input type="checkbox"/> 25 to 35 years old	<input type="checkbox"/> Students

Directly playable Downloadable

seriousgamesclassification.com

Figure 2 : Système de filtres des catalogues de JEN MobyGames et SeriousGameClassification

En conclusion, la sélection des JEN est un exercice difficile pour les acteurs du monde éducatif. Si concevoir soit même un JEN est trop complexe et coûteux, l'utilisation des JEN existants semble être le bon compromis. Encore faut-il aider les enseignants à trouver ces JEN facilement.

Or actuellement, il existe trois problématiques à résoudre pour atteindre cet objectif : trouver un moyen efficace d'indexer les JEN dans un catalogue central (**P1**), fournir une description de ces JEN qui permette aux enseignants de trouver ceux qui répondent à leurs besoins pédagogiques (**P2**) et fournir une interface de catalogue ergonomique et intuitive pour les enseignants (**P3**).

1.3 Objectifs et questions de recherche

Dans la section 1.2, nous avons présenté les problématiques **P1**, **P2** et **P3** à résoudre pour que les enseignants puissent trouver les JEN existants correspondant à leurs besoins. Il s'agit de définir les objectifs à atteindre pour les résoudre. Enfin, les questions de recherche seront posées pour atteindre ces objectifs.

1.3.1 Objectifs de recherche

De nombreux JEN existants pourraient servir aux enseignants. Cependant, il n'existe pas de catalogue qui centralise les informations sur ces JEN et qui propose un moyen simple et efficace pour que les enseignants puissent trouver ceux qui correspondent à leurs objectifs pédagogiques. Ces observations ont donc amené à formaliser trois objectifs spécifiques de recherche auxquels cette thèse va tenter de répondre dans :

- **O1** : Collecter les informations sur les JEN existants afin de proposer une liste complète qui se met à jour avec les nouveaux JEN.
- **O2** : Améliorer la description des JEN afin que les enseignants puissent trouver les JEN qui leur conviennent rapidement avec des filtres pertinents.
- **O3** : Proposer un catalogue de JEN avec une interface et une ergonomie optimale pour les enseignants.

1.3.2 Questions et hypothèses de recherche

Cette section présente les questions et hypothèses émises pour tenter de trouver des solutions aux objectifs de recherche établis.

1.3.2.1 *Question de recherche pour l'objectif 1 (O1)*

Pour collecter les informations sur les JEN existants et les nouveaux à venir, une question intéressante serait comment extraire automatiquement les informations de description des JEN des catalogues de JEN vue dans l'introduction. Ainsi, formulons les hypothèses de recherche suivantes :

- **H1.1**. Un algorithme de parcours des pages web pourrait permettre d'identifier les zones contenant des textes de description des JEN automatiquement.
- **H1.2**. Une analyse sémantique du texte récupéré dans ces zones permettra d'extraire les mots clés significatifs pour l'indexation des JEN automatiquement.

Ces hypothèses de recherche s'inscrivent dans le domaine du *web sémantique* pour l'indexation et l'extraction d'information sur le web.

1.3.2.2 Question de recherche pour l'objectif 2 (O2)

Pour aider les enseignants à trouver des JEN adaptés à leurs besoins, il faudra trouver un moyen simple de décrire les informations caractérisant leur aspect pédagogique. Il existe des travaux proposant des schémas de métadonnées de JEN, issues des recherches sur l'indexation des ressources pédagogiques. Les schémas de métadonnées existants sont des extensions du schéma *Learning Object Metadata* (LOM) qui décrit les ressources pédagogiques. Ils comptent donc beaucoup plus de champs à renseigner qui peuvent être complexes à utiliser. Nous allons les analyser et comprendre pourquoi ils ne sont pas utilisés par les catalogues cités avant. Ainsi, formulons l'hypothèse suivante :

- **H2.1.** Une version simplifiée et allégée des schémas de métadonnées de JEN existants donnera un outil de description simple à renseigner, et permettant de décrire les informations utiles des JEN pour les enseignants.

Cette hypothèse de recherche concerne le domaine du web sémantique précisément les annotations sémantiques par les métadonnées (Prié & Garlatti, 2004).

1.3.2.3 Question de recherche pour l'objectif 3 (O3)

Pour avoir un catalogue de JEN ergonomique avec une interface intuitive, il est important de savoir comment prendre en compte les besoins des enseignants dans la conception des interfaces de catalogue. Puisqu'il est difficile de partir des catalogues existants, il faut concevoir un catalogue selon leurs besoins. Pour ce faire, formulons l'hypothèse suivante :

- **H3.1.** Une méthode de conception participative d'interface, impliquant des enseignants représentatifs des utilisateurs finaux, permettra de concevoir une interface de catalogue ergonomique et intuitive.
- **H3.2.** L'implication des enseignants permettra de faire des choix des filtres pertinents à proposer.

Ces hypothèses concernent le champ de recherche du web design pour l'ergonomie et l'intuitivité des sites web.

Les objectifs de cette thèse ont été définis ainsi les hypothèses pour les atteindre, voyons à présent la méthode de recherche qui sera appliquée.

1.4 Méthodologie de la recherche

Cette section détaille les étapes de la méthode de recherche choisie pour répondre au mieux aux objectifs. La méthode de recherche utilisée dans cette thèse est la méthode basée sur le design (DBR : *Design-Based Research*). La DBR est une méthode de conduite de recherche utilisée dans le domaine des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH), qui facilite la collaboration entre chercheurs et les utilisateurs finaux (enseignants), pour aboutir à des résultats répondant aux besoins réels. Ainsi, dans cette thèse, une étude préliminaire a permis d'analyser la situation des JEN auprès des enseignants pour identifier les problèmes de terrain.

Partant des difficultés exprimées, une revue de la littérature effectuée a permis de formuler des questions de recherche à résoudre. Chaque solution aux questions de recherche a été validée avec les acteurs de terrain pour assurer l'utilisabilité réelle des outils conçus à chaque étape. Ces étapes sont basées sur les hypothèses des questions de recherche formulées.

1.4.1 Étude préliminaire des difficultés des enseignants

Au début de ce projet de thèse, une étude préliminaire a permis d'identifier les difficultés des enseignants dans la sélection des JEN. Ainsi, des entretiens individuels ont été menés avec 6 enseignants connaissant les JEN (1 du niveau primaire, 2 du secondaire et 3 du supérieur) pour déterminer leur niveau de connaissance réel des JEN, leur expérience d'utilisation dans leurs classes et leur possible besoin en JEN. Ces entretiens ont été menés entre janvier et mars 2018 en Côte d'Ivoire sur la base d'un questionnaire sur les critères de choix des ressources pédagogiques (Annexe 1) (Bachy et al., 2010). Certains entretiens ont été enregistrés et sont disponibles sur la plateforme *Soundcloud*²².

1.4.2 Étude des travaux existants sur les questions de recherche

À la suite des entretiens, la littérature a été consultée pour connaître les causes des difficultés des enseignants, et s'il existait des solutions qui peuvent être adaptées à leurs besoins. Étant donné que les travaux sur les JEN sont récents, la revue de littérature a été étendue sur tous les types de *Serious Games*. L'étude de la littérature a permis de montrer que les solutions

²² <https://soundcloud.com/user-71670493/sets/entretien-avec-les-enseignants>

existantes ont du mal à répondre aux objectifs fixés au regard des spécificités des JEN. Cet état de l'art sera présenté dans le **chapitre 2** de cette thèse.

1.4.3 Contributions à l'indexation automatique et à la description des Jeux éducatifs numériques

Après la revue de littérature, il a été proposé un modèle d'extraction automatique de mots clés descriptif des JEN de leurs pages web. Ce modèle parcourt le web à la recherche de JEN pour les indexer. Cette contribution est la solution proposée pour répondre au premier objectif (**O1**) sur l'indexation automatique des JEN et sera présentée dans le **chapitre 3**. Les informations de description des JEN doivent être représentées dans un modèle de description adapté. Cela donne donc un schéma de métadonnées pour la description des JEN. Ce schéma se veut optimal pour la description des JEN en ce sens qu'il prend en compte les spécificités des JEN et qu'il est léger et facile à implémenter. Cette contribution liée au deuxième objectif (**O2**) sera détaillée dans le **chapitre 4**.

1.4.4 Conception d'interface de catalogue de Jeux éducatifs numérique dans une approche participative

Puisqu'il est à présent possible d'indexer les JEN automatiquement et les décrire dans un schéma de description adapté, la dernière contribution propose une méthode de conception participative d'interface de catalogue numérique de JEN pour répondre à l'objectif (**O3**). Cette méthode permet aux enseignants de créer l'interface de catalogue de JEN eux-mêmes. À la suite de ces séances de conception, un catalogue expérimental sera conçu et évalué pour valider les contributions proposées. Ces éléments seront détaillés dans le **chapitre 5**. Les contributions de cette thèse seront donc exposées dans les chapitres 3, 4 et 5 (Figure 3).

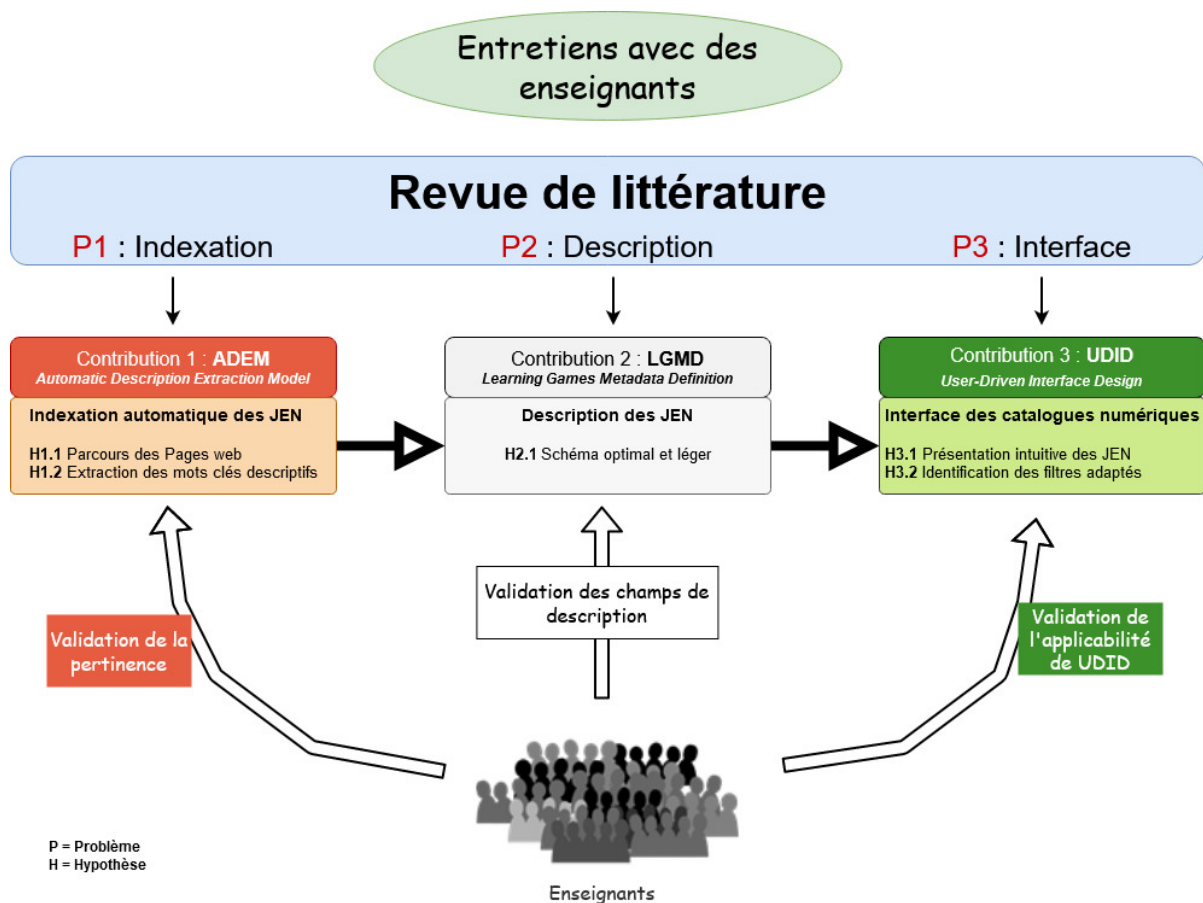


Figure 3 : Méthodologie de recherche

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté notre objet de recherche : les jeux éducatifs numériques (JEN) destinés à la formation des apprenants. Ce chapitre présente les atouts indéniables des JEN et les contextes d'enseignements dans lesquels ils peuvent s'intégrer.

Ensuite, la problématique générale est présentée. Elle consiste à créer des modèles et des outils informatiques pour aider les enseignants à trouver des JEN existants, qui pourraient être utilisés dans leur cours. Pour résoudre cette problématique, trois objectifs de recherche sont formulés.

- **O1** : Collecter les informations sur les JEN existants afin de proposer une liste complète et mise à jour.
- **O2** : Améliorer la description des JEN afin que les enseignants puissent trouver les JEN qui répondent à leurs besoins pédagogiques.

- **O3** : Créer un catalogue de JEN en ligne avec une interface et une ergonomie optimale pour les enseignants.

Pour atteindre ces objectifs, des questions et des hypothèses de recherche à partir d'observation des travaux sur les modèles existants ont été également formulées. Enfin, une présentation de la méthodologie de recherche centrée utilisateur impliquant fortement les enseignants est faite.

Le chapitre suivant va explorer les travaux de la littérature à la recherche de solutions répondant à nos objectifs.

2

État de l'art sur l'indexation, la description ainsi que l'ergonomie des catalogues de JEN

INTRODUCTION	31
2.1 METHODES D'INDEXATION	31
2.2 MODELES DE DESCRIPTION	39
2.3 INTERFACE DE CATALOGUE	46
2.4 CONCLUSION.....	53

Introduction

Le chapitre 1 a présenté les jeux éducatifs numériques (JEN) et leurs atouts pour l'éducation. Il a été montré qu'ils étaient adaptés, en tant que ressources pédagogiques, dans plusieurs contextes d'enseignement. Cependant, les enseignants n'ont pas de moyen simple et intuitif de trouver les nombreux JEN existants qu'ils pourraient utiliser en classe. Les problèmes liés à l'indexation, la description, mais aussi à l'ergonomie des catalogues de JEN actuels ne leur facilitent pas la recherche. Trois objectifs ont été définis pour répondre à cette problématique. Ce chapitre explore la littérature à la recherche de travaux permettant d'atteindre ces objectifs.

2.1 Méthodes d'indexation de Jeux éducatifs numériques

Cette section s'intéresse aux travaux portant sur les méthodes d'indexation pour trouver des solutions au premier objectif (**O1**), c'est-à-dire, collecter les informations sur les JEN existants et les nouveaux à venir. Premièrement, il s'agira de faire une revue des méthodes d'indexation manuelles, qui constituent les principales méthodes d'indexation actuelles des JEN et sur les méthodes d'indexation automatique de contenu web, appelées *web Scraping*, étant donné que les JEN sont référencés sur des pages web.

2.1.1 Méthodes d'indexation de pages web

2.1.1.1 Indexation manuelle de pages web

L'indexation web consiste à analyser des pages web dans le but de produire une représentation réduite et formalisée de celles-ci en ne gardant que les éléments essentiels (Cardinaels et al., 2005; El Hachani, 1997). Cette indexation est manuelle lorsque ce sont des humains—généralement des experts—qui vont parcourir le web pour analyser les pages web afin de recueillir des mots clés et les représenter dans un langage structuré. Cette méthode d'indexation, encore utilisée dans les catalogues de JEN, a été vulgarisée dans les années 90 avec l'avènement des annuaires web tel que *Yahoo!* (Ifrah, 2010). Les annuaires web fournissaient un formulaire de soumission de pages web aux concepteurs de sites web qui sont examinées par des experts de l'équipe éditoriale puis insérées dans l'arborescence de l'annuaire avec une représentation selon les règles de chaque annuaire (Beauvisage & Assadi, 2002; Chakrabarti et al., 1998). Cette méthode d'indexation est intéressante pour des domaines spécialisés tels que le domaine de l'éducation parce que les indexeurs ont une grande capacité à évaluer et classer les pages web selon leurs contenus. Cependant, elle présente certains inconvénients non négligeables. Le

premier se trouve dans la subjectivité de l'analyse des pages web. Deux experts peuvent choisir des termes différents pour représenter une page web dans une structure qui peut également varier (Savoy, 2005). Saracevic (1988) relevait déjà que la différence de terme entre des personnes différentes pour un même besoin d'information varie entre 30 et 63%. De plus, le processus d'indexation est une tâche lourde qui nécessite des experts du domaine et beaucoup de temps. Ensuite, elle ne peut être performante que si le nombre de pages web à indexer n'est pas trop élevé ou le nombre de personnes commises à la tâche est important (Prime-Claverie et al., 2002). De ce fait, cette méthode ne permet pas d'indexer une large gamme de JEN avec des mises à jour récentes. Les exigences techniques et le coût de l'indexation manuelle ne permettent pas d'atteindre l'objectif (**O1**) d'indexation exhaustive des JEN. Ainsi, il est nécessaire d'automatiser, le plus possible, la tâche d'indexation des pages web pour collecter un plus grand nombre de JEN afin de garantir une mise à jour constante.

2.1.1.2 Indexation automatique des pages web

L'indexation automatique des pages web s'est développée avec les *crawlers*, des robots algorithmiques qui analysent les pages web pour récolter un ensemble de mots clés descriptifs des contenus de celles-ci. Les pages web sont structurées sur la base du langage HTML (*HyperText Markup Language*) qui définit un ensemble de balises permettant de décrire et formater le contenu (Berners-Lee et al., 2001; Keith, 2010). La structuration logique du HTML facilite l'analyse automatique des pages web par les moteurs de recherche et l'indexation méthodique des informations qu'elles contiennent (Bayon, 2000). Les premiers *crawlers* indexaient des éléments spécifiques de la page web tels que le titre à travers la balise `<title>`, la description et les mots clés avec la balise `<meta>`, etc. Ces balises, renseignées par les concepteurs de sites web, leur fournissent des renseignements sur le contenu de la page web. Cependant, ces balises spécifiques ont une portée limitée en termes d'information qu'elles peuvent contenir. Par exemple, il est difficile de représenter toutes les informations d'un JEN à l'aide de balise `<meta>`. Cette portée limitée et les risques de *spamdexing* qui consistent à tromper les robots indexeurs avec beaucoup de mots clés non en lien avec le thème de la page web ont conduit les moteurs de recherche à indexer tout le contenu des pages web (Nathenson, 1998). Ainsi, les robots indexeurs parcourent la page web pour récupérer tout le texte et extraire des mots clés. Le texte récupéré est analysé suivant la langue en procédant à une normalisation puis une analyse statistique des termes. Cette technique donne une liste de mots clés, sans

identifier leur valeur sémantique. Il faut donc une intervention humaine pour leur donner un sens.

Le web sémantique permet de résoudre ce problème par une description formelle de concepts d'un domaine donné, basée sur les ontologies (Dean et al., 2002; Kiryakov et al., 2004). Il comprend donc des langages de description structurés, tels que *RDFa* et *MicroData*, qui introduisent des balises HTML sémantiques afin de permettre un traitement automatique des informations. Ces balises sémantiques permettent de reconnaître automatiquement le sens des informations qu'elles portent. Par exemple, l'attribut "date" des balises `<input>` ou `<time>` permet de savoir que l'information présente décrit la date d'un élément. Les *MicroData* sont des éléments intéressants du point de vue de l'analyse automatique du web. Cependant, ils contiennent très peu d'objets pour prendre toutes les représentations d'un concept dans une langue. De plus, les *MicroData* sont apparus autour de 2011 avec le *HTML5*. Ainsi, une indexation se basant uniquement sur les éléments du web sémantique sera inefficace avec les pages web créées avant cette date (Hickson et al., 2018).

En réalité, le problème majeur de cette technique d'indexation, dans notre contexte, est le bruit généré par l'indexation du contenu intégrale de la page web. Sur une page, en plus du contenu principal, il y a très souvent du contenu complémentaire, qui traite de sujets connexes ou qui présente des articles similaires. Sur une page web décrivant un JEN, une indexation qui utilise l'intégralité du contenu de cette page entrainera du bruit, car le contenu complémentaire a souvent les mêmes termes que le texte décrivant le JEN (Bharti & Babu, 2017; Lytvyn et al., 2017). Cela n'est pas mauvais en soi lorsqu'il s'agit de décrire une page web. Cependant, notre contexte concerne l'indexation des JEN, i.e. indexer uniquement le contenu principal de la page web. Ainsi, un prétraitement doit donc être effectué sur la page web, pour trouver le contenu principal (i.e. la description du JEN) avant de procéder à l'indexation. La section suivante présente les solutions des travaux antérieurs pour l'analyse des pages web, afin de déceler le contenu principal.

2.1.2 Analyse des pages web pour le web Scraping

2.1.2.1 Structure du langage HTML

Les pages web sont des documents structurés avec le langage HTML. Le langage HTML regroupe les balises en deux types, *inline* et *block*. Les balises de type *inline* servent au formatage du contenu dont la principale balise est `` pour appliquer tout type de

formatage dans les feuilles de style CSS (*Cascading Style Sheets*). Les balises de type block servent à l'organisation et à la disposition du contenu sur la page. La balise `<div>`, qui est la principale balise de type *block*, est utilisée pour regrouper des contenus de la page web par bloc. Par exemple, une page web d'article peut avoir son entête dans une `<div>`, son pied de page dans une autre, les articles représentés dans une `<div>` chacun. Le *HTML5* introduit des balises sémantiques telles que les balises `<header>` et `<footer>` pour l'entête et le pied de page, les balises `<nav>` et `<aside>` pour les menus de navigation et les contenus relatifs au sujet principal de la page web. Une page web d'articles peut disposer chaque article dans une balise `<section>` qui peut contenir un titre d'article dans une balise `<h2>` et le texte de l'article dans la balise `<article>`. La structuration d'une page web avec des balises sémantiques permet donc aux indexeurs automatiques d'analyser facilement la page web et identifier le contenu à indexer sans ambiguïté.

Il s'agit maintenant de savoir comment utiliser les balises *HTML* pour indexer les JEN. Nous allons faire une revue des modèles et les techniques de web Scraping des travaux antérieurs pour identifier, extraire et indexer des contenus spécifiques d'une page web.

2.1.2.2 Modèles de web Scraping

Le principe du *web Scraping* est de concevoir un programme qui va extraire le contenu d'un site web (Ferrara et al., 2014). Les concepteurs de programme de *web Scraping* étudient généralement la structure de la page web pour identifier les zones de contenu à extraire puis programment leur outil en fonction de cette analyse. Le programme récupère le code HTML de la page web, puis construit l'arbre du DOM (*Document Object Model*) de la page en représentant les balises sous forme de nœud. Par exemple, lorsque le programme de *web Scraping* doit récupérer le prix de certains produits sur une page web, le concepteur va identifier la balise HTML de la page qui contient cette information. Le programme pourra alors parcourir l'arbre de toutes les pages, à la recherche du même nœud, pour récupérer l'information automatiquement. Cette technique est intéressante pour indexer plusieurs pages qui ont la même structure HTML. Cependant, elle requiert une phase d'analyse manuelle préalable du concepteur et montre donc ses limites lorsqu'il s'agit de pages web différentes. Pour résoudre cette difficulté, le système de *web Scraping* doit être automatisé, i.e. extraire les informations souhaitées sans analyse manuelle préalable. La section suivante présente les approches proposées pour résoudre ce problème.

2.1.3 Approches automatiques de web Scraping

2.1.3.1 Approche semi-supervisée de web Scraping

Pour extraire beaucoup plus d'information sur le web, il est nécessaire d'automatiser la méthode de *web Scraping*. Ainsi, Crescenzi (2001) propose *ROADRUNNER*, un modèle de *web Scraping* pour extraire des informations importantes des pages web de manière non supervisée (i.e. sans analyse manuelle). Ce système identifie le contenu principal d'une page en procédant à une comparaison des différences entre deux pages du même site. Par exemple, pour le site web "sitedejeu.com", *ROADRUNNER* va analyser les pages <http://www.sitedejeu.com/liste-jeux/jeu1/> et <http://www.sitedejeu.com/liste-jeux/jeu2/> pour déceler les différences significatives afin de déterminer les informations de chaque JEN.

Bien que très astucieux, ce modèle présente quelques limitations. Tous d'abord, pour fonctionner correctement, les pages web analysées doivent avoir un code HTML strictement bien formaté (i.e. toutes les balises doivent être correctement fermées sans erreur dans le code). Il n'est pourtant pas toujours évident que les Webmasters soient aussi stricts, surtout si les navigateurs affichent leurs pages web comme voulu, nonobstant quelques erreurs. Ensuite, ce modèle a la particularité d'être très sensible au moindre changement. Pourtant, les contenus complémentaires peuvent aussi présenter des différences d'une page à une autre. Enfin, par son mode de fonctionnement, il peut ignorer des informations significatives lorsqu'elles se répètent sur plusieurs pages, e.g. les informations sur l'éditeur ou sur le public cible qui peuvent être les mêmes pour plusieurs JEN (Patel & Thakkar, 2015).

Sleiman (2014) propose *TRINITY*, un système de reconnaissance qui va identifier les schémas des pages web d'un même domaine. Une fois les schémas détectés, *TRINITY* organise l'arbre de la page en préfixe, séparateur, et suffixe pour affiner la détection de zones changeantes contenant les informations importantes. Roldan (2017) fournit une heuristique d'extraction partant de plusieurs hypothèses sur les schémas des pages web pour identifier les zones d'informations significatives. Tous ces travaux sont intéressants pour établir des différences entre les nœuds des pages, cela peut être une base pour identifier des informations importantes. Cependant, ils sont limités à plusieurs niveaux.

Premièrement, ils sont plus ou moins sensibles au changement sur les différentes pages web d'un même domaine. Ensuite, la complexité de la structure des pages web apporte du bruit dans les données extraites.

De plus, ces modèles ont besoin d'être ajustés à chaque fois pour les différents sites web. Il faut que les systèmes d'extraction ne soient pas influencés par la complexité, le moindre changement et le mauvais formatage de la page web. Ainsi, le problème majeur de ces méthodes pour notre problématique vient du fait qu'elles ont besoin d'analyser plusieurs pages d'un même site pour fonctionner correctement. En effet, les JEN sont généralement décrits sur une multitude de sites, certains avec une seule page.

Dans notre contexte, il faut un modèle d'extraction qui puisse reconnaître les blocs de contenu significatifs. Les modèles de *web Scraping* de la section suivante proposent des extractions de contenu par bloc visuel, se rapprochant de l'analyse humaine.

2.1.3.2 Web Scraping par bloc visuel

Il est bien plus facile pour des humains d'identifier les zones d'une page web contenant des informations spécifiques. Ils arrivent visuellement à découper les pages web par bloc de contenu cohérent, afin d'identifier les zones avec les informations importantes. C'est ce processus que Cai (2003) reproduit dans le modèle *VIPS* (VIsion-based Page Segmentation) (Cai et al., 2003; Simon & Lausen, 2005).

Le modèle *VIPS* simule la représentation visuelle de la structure des pages web d'un humain. Il se base sur l'arbre du DOM de la page web pour établir des règles de représentation des blocs. Il commence par faire une fragmentation unitaire de tous les nœuds de type bloc de l'arbre du DOM de la page web qu'il classe dans des sous-pages. Cette fragmentation est récursive pour chaque sous-page pour atteindre une certaine granularité (i.e. chaque bloc ne contient plus de blocs).

Pour chaque bloc lié, il calcule un degré de cohérence (DoC) entre chaque nœud dans un intervalle de valeur compris entre 0 et 1. L'algorithme de *VIPS* commence par détecter les blocs visuels puis il identifie les séparateurs des blocs pour finalement construire une représentation visuelle des blocs et leur hiérarchie d'apparition (Figure 4).

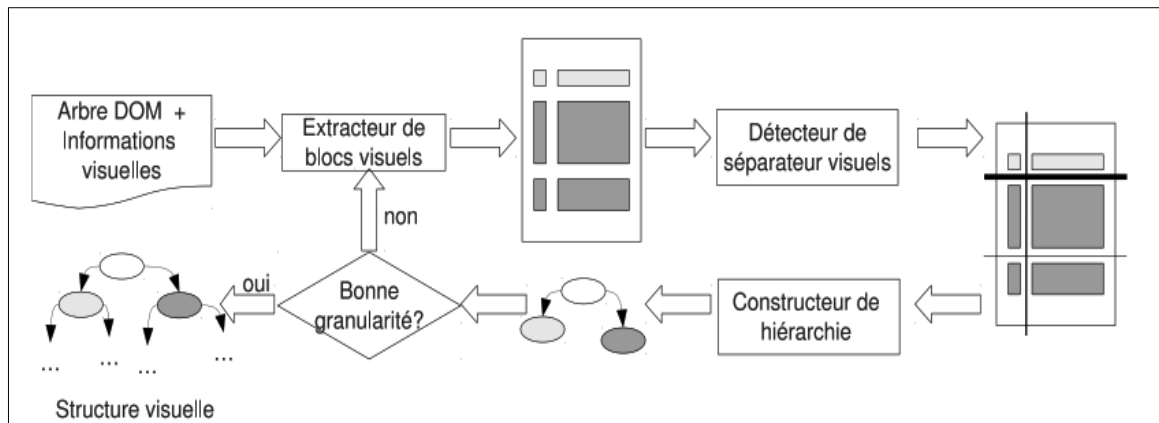


Figure 4: Fonctionnement du modèle VIPS (Faessel, 2011)

Après ce processus de représentation, la granularité de chaque bloc est vérifiée, déterminant si son *DoC* est inférieur à un seuil défini arbitrairement. Dans le cas contraire, l'algorithme est répété sur les blocs pour atteindre cette granularité. Ces derniers sont considérés comme une sous-page à laquelle est appliqué un nouveau cycle de segmentation. Cette méthode bien qu'écrite à l'époque du HTML 4.1 permet de découper la page web en bloc puis de déterminer les liaisons entre blocs pour donner une représentation de celle-ci conforme au rendu visuel dans un navigateur. Des améliorations ont été apportées par plusieurs auteurs pour déterminer l'importance des blocs. Par exemple, Song (2004) définit 4 niveaux d'importance pour classer les blocs des pages web en se basant sur le thème général de celle-ci. Les niveaux d'importance varient de 1, avec les blocs à contenus publicitaires, à 4, avec les blocs à contenus liés au thème de la page web. Ce système de classification se fait par apprentissage sur le contenu textuel des pages web (Song et al., 2004). Pour être encore plus fins dans la classification, Liu (2006) propose une méthode basée sur l'entropie de Shannon qui prend en compte le poids de chaque caractéristique des blocs sur des critères spatiaux et des critères de contenu (Le et al., 2006). En effet, la classification de Song, basée uniquement sur le contenu, est sensible aux bruits que peuvent générer des blocs de publicité qui sont de plus en plus similaires aux blocs de contenus significatifs. Ces méthodes de classification sont basées sur le thème de la page web définie à partir du titre et des mots clés de la balise *<meta>*. Pourtant, les mots clés ne sont pas toujours renseignés par les webmasters et les termes du titre peuvent se retrouver dans différents blocs de la page web. Fernandes (2007) propose, pour régler ce problème, une classification par analyse des fréquences d'occurrence des termes de la page web. Il s'agit de mesurer la quantité d'information que porte l'occurrence d'un terme dans un bloc. Cette méthode à l'avantage de faire ressortir les différences entre les blocs. Faessel (2011) va plus loin avec *BlockWeb*, un modèle de décomposition de pages web en une hiérarchie de blocs visuels. Ce modèle prend

en compte l'importance visuelle de chaque bloc et les liens des blocs au même voisinage. Une page est représentée sous forme d'un graphe acyclique orienté dont chaque nœud est associé à un bloc et étiqueté par l'importance de ce bloc et chaque arc est étiqueté par la perméabilité du bloc cible au bloc source. Il propose de construire le graphe de la page web dans le langage XIML (XML Indexing Management Language) permettant d'analyser directement les blocs de plus bas niveau. Les blocs les plus similaires à une requête peuvent ainsi être renvoyés à la place de la page complète.

Le modèle de représentation d'une page web par bloc visuel est une base de travail intéressante, car elle se rapproche d'une analyse de la page web par un humain. Ensuite, les méthodes de classification des blocs de page web donnent les catégories dans lesquelles les blocs d'une page web peuvent être regroupés. Ainsi, ces travaux peuvent être utiles pour éliminer les blocs qui ne sont pas utiles dans notre contexte et garder les plus importants. Une fois que les blocs les plus importants déterminés, une application des méthodes de *Text Mining* permettra d'extraire les mots clés de leur contenu pour une indexation des JEN.

Cette section a fourni un tour d'horizon des méthodes de *web Scraping* qui traitent de l'extraction de contenus d'une page web. Pour notre contexte, l'approche la plus pertinente est l'approche de représentation par bloc visuel. Elle organise la page web par bloc, ce qui permet de découper le contenu d'une page web selon leur thème. La catégorisation des blocs en 4 niveaux d'importance facilite la segmentation de la page web qui consiste à supprimer tous les blocs inutiles tels que les blocs de publicité. Cependant, elle ne va pas au-delà de la phase de détection des blocs pour proposer les blocs de contenus significatifs d'une page web.

Rappelons qu'en plus du contenu principal de description, les pages web des JEN contiennent généralement d'autres contenus tels que les contenus complémentaires et publicitaires. À ce stade, l'approche par bloc visuel permet de supprimer certains contenus publicitaires et complémentaires, i.e. ceux qui ressemblent le moins possible au contenu principal dans le formatage. Pour extraire le texte de description des JEN, il faut arriver à différencier les blocs de contenu principal des blocs restants. Cette discrimination est importante pour éviter d'avoir du bruit dans la phase de collecte de mots clés pour les métadonnées. Ainsi, il faut ajouter, entre la phase de détection des blocs et celle de collecte de mots clés, une phase de sélection de blocs significatifs (Figure 5).

La revue de littérature pour trouver les solutions au problème d'indexation des JEN permet d'identifier la direction à suivre pour résoudre notre problématique (chapitre 3). Elle permet

également de comprendre la cause des limites des solutions existantes. Pour que l'extraction des informations avec cette méthode soit optimale, il faut que les JEN soient décrits selon un modèle pertinent pour les enseignants et facile à analyser. Nous allons étudier les propositions de la littérature pour une meilleure description des JEN.

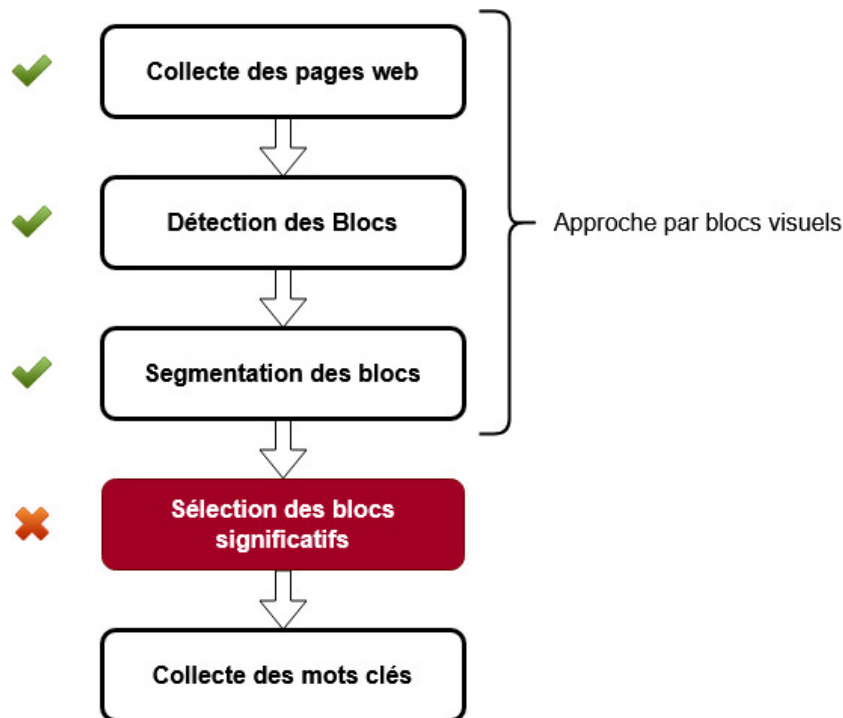


Figure 5 : Étapes de traitement des pages web dans l'approche par blocs visuels

2.2 Modèles de description des JEN

La deuxième problématique qui doit être résolue pour faciliter la recherche efficace de JEN par les enseignants est de trouver un moyen de les décrire et de les catégoriser avec des informations qui représentent toutes leurs complexités (Wirth & Fürnkranz, 2015). Actuellement, les catalogues de JEN utilisent tous les modèles de description différents et qui ne tiennent pas en compte des informations relatives aux objectifs et aux contextes pédagogiques, pourtant indispensables pour les enseignants. Cette section sera le cadre d'une revue des modèles de description et de classification des JEN et plus généralement des Serious Games.

2.2.1 Schémas de métadonnées pour la description des JEN

Le champ d'études des JEN et des *serious games* (SG) en général sont très récents. Les travaux concernant leur description se sont donc tout naturellement penchés sur les recherches

similaires concernant les ressources pédagogiques. En effet, dès 2002, le groupe de travail IEEE-LTSC-LOM propose une description des ressources pédagogiques, nommée "*Learning Object Metadata*" (LOM), afin de les représenter de façon uniforme, quel que soit le système de répertoire (Barker, 2005; Neven & Duval, 2002).

2.2.1.1 Learning Object Metadata

Le *Learning Object Metadata* (LOM) est un schéma de métadonnées pour la description des ressources pédagogiques numériques et non numériques. Le standard LOM est largement utilisé pour des ressources partageables (Rajabi et al., 2015) dans le cadre de formation en ligne et de répertoires de ressources pédagogiques tels qu'*ARIADNE* (Najjar et al., 2003) ou *GLOBE* (Ochoa et al., 2011). LOM comporte 68 champs dont 45 champs principaux à remplir répartis en 9 catégories qui décrivent tous les aspects des ressources pédagogiques (McClelland, 2003; Pernin, 2004) (Figure 6). Le standard LOM utilise cinq types de données pour les valeurs des champs : le type chaîne de caractère (CS), le type date (DT), le type durée (DU) permet de représenter la durée en temps, le type chaîne de langue (LS) pour l'encodage de la langue et le type vocabulaire (VS) pour des champs nécessitant l'utilisation d'un vocabulaire contrôlé qui peuvent être représentés dans une liste déroulante. Chaque champ possède une qualification : obligatoire, recommandée ou facultative. Les 9 catégories du LOM sont les suivantes :

- **1. Générale** : Concerne les caractéristiques d'une ressource pédagogique qui la décrivent succinctement (titre, langue, description, etc.).
- **2. Cycle de vie** : Concerne les informations relatives à la conception de la ressource pédagogique (Version, Framework utilisé, etc.).
- **3. Meta-Métadonnées** : présente les schémas de métadonnées utilisés pour décrire la ressource pédagogique.
- **4. Technique** : Regroupe les caractéristiques techniques (format, taille, le mode d'installation, etc.).
- **5. Pédagogique** : Décrit les fonctions pédagogiques de la ressource et son contexte d'utilisation (type de public, âge, langue de l'apprenant, etc.).
- **6. Droits** : Décrit les conditions légales d'utilisation de la ressource (coûts, droits d'auteur, etc.).
- **7. Relation** : Décrit les potentielles relations qui peuvent exister entre les ressources.
- **8. Annotation** : Permet des remarques sur l'utilisation pédagogique de la ressource.
- **9. Classification** : Permet de catégoriser une ressource pédagogique dans différents domaines.

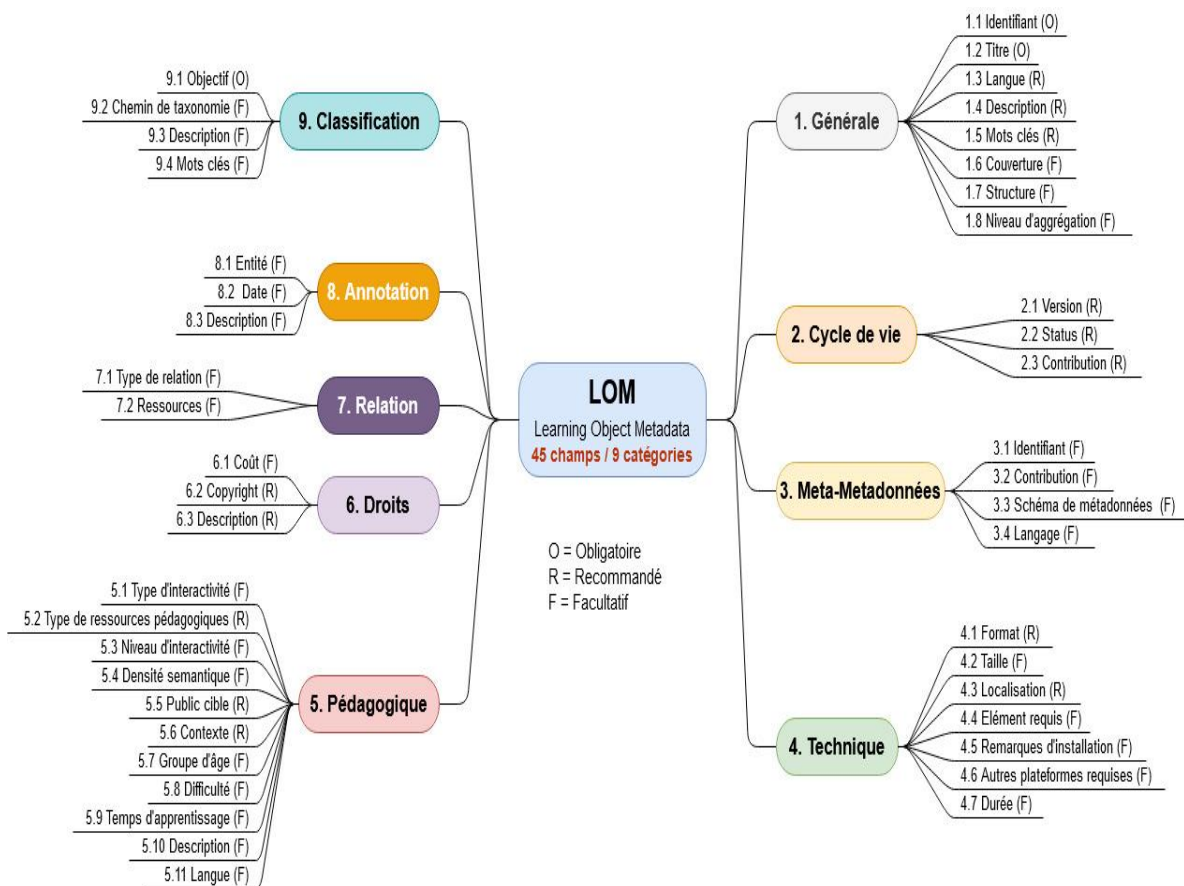


Figure 6 : Schéma de métadonnées Learning Object Metadata (LOM)

Le fait que plusieurs répertoires utilisent LOM pour la description de leurs ressources pédagogiques assure sa popularité et par ailleurs la garantie de compatibilité (Massart, 2009; Ternier et al., 2008). Cependant, les JEN ont des particularités par rapport aux ressources pédagogiques classiques, qui ne sont pas considérées dans le LOM, malgré les tentatives d'amélioration avec des projets tels que le *Metadata for Learning Ressources* (MLR) (Bourda et al., 2010; Currier, 2008). Ces particularités sont discutées dans la section suivante.

2.2.1.2 Analyse de métadonnées pour les jeux éducatifs numériques

Les particularités des JEN se trouvent d'abord au niveau des exigences techniques du fait de leur caractère numérique. Ainsi, la plateforme d'exécution des JEN est une information capitale pour leur sélection, tout comme les informations qui renseignent sur les caractéristiques graphiques du jeu, les actions induites par le jeu et le type de jeu. Une autre caractéristique des JEN concerne la jouabilité, le mode de jeu, l'identification des éléments de progression dans le jeu, l'expérience requise et les besoins possibles d'assistance pour les novices.

En définitive, les informations spécifiques qui ne se retrouvent pas dans les ressources pédagogiques comme les livres, les documents audio ou vidéo, ne sont pas prises dans les métadonnées du LOM. Des travaux ont été menés pour étendre les champs du LOM pour une prise en compte des JEN. Chaque solution essaye d'ajouter des champs au LOM pour décrire certaines caractéristiques des JEN ou de restructurer le LOM. La suite est consacrée à l'étude des extensions existantes du LOM.

2.2.2 Extensions du Learning Object Metadata

Les JEN comportent des spécificités qui ne se retrouvent pas dans d'autres ressources pédagogiques (Aouadi et al., 2015) et qui requièrent l'ajout ou la modification de certains champs de métadonnées du LOM (Freire & Fernández-Manjón, 2016; Prensky, 2003). Cette section s'intéresse aux extensions du LOM proposées pour la description des *Serious Games* en générale, parce qu'il n'existe pas de solution spécifique aux JEN, étant donné le manque de maturité de ce champ d'études.

2.2.2.1 Modèle LOMFR-SG

L'un des premiers schémas de métadonnées pour les Serious Games est le LOMFR-SG, une extension de la version française du LOM (Marfisi-Schottman et al., 2011) qui ajoute 3 champs au LOM tels que les champs "1.9 type documentaire", "5.12 activités induites" et "5.13 validations des connaissances". Premièrement, les auteurs font une réorganisation du LOM en mettant l'accent sur la capitalisation de certains champs qualifiés de facultatifs pour les rendre obligatoires ou recommandés. Il s'agit des champs "1.9 Type documentaire" et "5.12 Activités induites" dans la catégorie pédagogique ainsi que des champs "4.1 Format", "4.3 Localisation" et "4.4 Exigences techniques" de la catégorie technique (Ratan & Ritterfeld, 2009). Ensuite, le LOMFR-SG ajoute des champs supplémentaires tels que les champs "5.14 Type de jeu" (e.g. aventure, stratégie, etc.) qualifiés de recommandé (Rego et al., 2010), "5.15 Présence de tuteur", "5.16 Réjouabilité" et "5.17 Motivation du jeu" (e.g. création, curiosité, compétition, etc.) qualifiés facultatif. Ils ajoutent une catégorie supplémentaire, "10 Intégration à la formation" avec 4 champs qui fournissent des informations sur l'intégration des JEN dans une plateforme d'apprentissage avec des champs tels que "10.2 paramétrages possibles" ou "10.3 observables". En particulier, le champ "10.4 Indicateurs de progression" donne une indication qui peut être utilisée par les enseignants pour évaluer leurs apprenants (e.g. score, temps de jeu, niveau atteint, % de complétion, etc.) (Tableau 4).

Tableau 4 : Champs ajoutés par le modèle LOMFR-SG

Catégories	Champs	*Qualité
1. Générale	1.9 Type documentaire	F
5. Pédagogique	5.12 Activités induites	F
	5.13 Validation des connaissances	F
	5.14 Type de jeu	R
	5.15 Présence de tuteur	F
	5.16 Ré-Jouabilité	F
	5.17 Motivation	F
10. Intégration à la formation	10.1 Type de composant	O
	10.2 Paramétrages possibles	F
	10.3 Observables	F
	10.4 Indicateurs de progression	F

*O=Obligatoire ; R=Recommandé ; F=Facultatif

2.2.2.2 *Modèle SGLOM*

Le second schéma de métadonnées pour les Serious Games est le SGLOM (Elborji & Khaldi, 2014). Les extensions du schéma SG-LOM se concentrent sur trois catégories du LOM, les catégories "5 Pédagogie", "8 Annotation" et "9 Classification". Les auteurs reprennent certains champs proposés dans LOMFR-SG auxquels ils ajoutent le champ "Mode de jeu" (e.g. solo ou multijoueur) dans la catégorie 5. Ensuite, la catégorie 8 contient les champs "Expérience de jeu requis" (e.g. novice, avancé, expert, etc.) et "classification du jeu" qui permet de classer les JEN dans des formats de classification basé sur l'âge des joueurs pour des systèmes de contrôle parental, tels que le système ESRB ou le système PEGI (Hendrix et al., 2012; Konzack, 2012). Enfin, le SGLOM fait une distinction entre genre de jeu avec des valeurs comme "aventure" ou "puzzle" et le type de jeu avec les valeurs comme "narration", "science-fiction", etc. dans la catégorie 9 (Tableau 5).

Tableau 5 : Champs ajoutés par le modèle SGLOM

Catégories	Champs	*Qualité
5. Pédagogique	5.12 Réjouabilité	F
	5.13 Mode de jeu	F
	5.14 Indicateurs de progression	F
	5.15 Jouabilité	R
	5.16 Activités induites	F
8. Annotation	8.4 Expérience de jeu	F
	8.5 Classification du jeu	F
9. Classification	9.5 Genre de jeu	F
	9.6 Type de jeu	F

*O=Obligatoire ; R=Recommandé ; F=Facultatif

2.2.2.3 *Modèle G/P/S*

Le modèle G/P/S (Gameplay, Purpose, Scope), proposé par Djaouti (2011), est plutôt un modèle de classification de *Serious Games* (SG). Il est utilisé pour décrire plus de 3300 SG dans le catalogue *seriousgameclassification*²³. De ce fait, il peut renseigner sur les informations à mettre en avant dans la description des JEN.

Le modèle G/P/S classe les SG en trois catégories, à savoir le *Gameplay* (jouabilité), lié au côté ludique, le *Purpose* (l'intention ou le marché ciblé) lié au côté sérieux et le *Scope* (champ d'application ou le public), lié à la cible. Le *Gameplay* renseigne sur les caractéristiques graphiques du jeu, les actions induites par le jeu et le type de jeu (e.g. détection, exploration, création, etc.). Ainsi, il sera possible de déterminer si le jeu se joue en évitant des obstacles, détruisant des objets ou des ennemis, et connaître la motivation derrière le JEN (e.g. écrire, organiser, créer, explorer, etc.).

Le *Purpose* concerne l'objectif général du Serious Game et reprend la classification de Zyda (2005), Alvarez (2007) et Bogost (2012): edugames, learning games, advergaming, etc. Cette catégorie n'a pas réellement d'utilité pour les JEN, car le *Purpose* sera toujours JEN.

Enfin, la catégorie *Scope* représentant le public cible. Cette catégorie définit les caractéristiques de l'utilisateur final et peut concerner l'âge, le genre ou la profession du public. Une classification du scope peut être effectuée par un système d'âge inspiré par les systèmes de classifications ESRB (1994) ou le PEGI (2003).

Le modèle de classification G/P/S se veut simpliste dans sa structure, il ne prend donc pas en compte toutes les spécificités des SG. Cependant, il recommande de mettre l'accent sur les informations pédagogiques et de bien détailler la cible des JEN dans leur description.

2.2.2.4 *Synthèse des solutions (LOM-extension)*

Les travaux d'extension du LOM pour les SG ont été passés en revue dans la section précédente. Cette section sera donc consacrée à faire une synthèse des extensions dans un modèle regroupé sous le vocable **LOM-Extension**. La figure ci-dessous regroupe les extensions du LOM proposées, contenant 60 champs principaux, dont 20 qualifiés d'obligatoires ou recommandés et 40 facultatifs.

²³ <http://www.Seriousgameclassification.com>

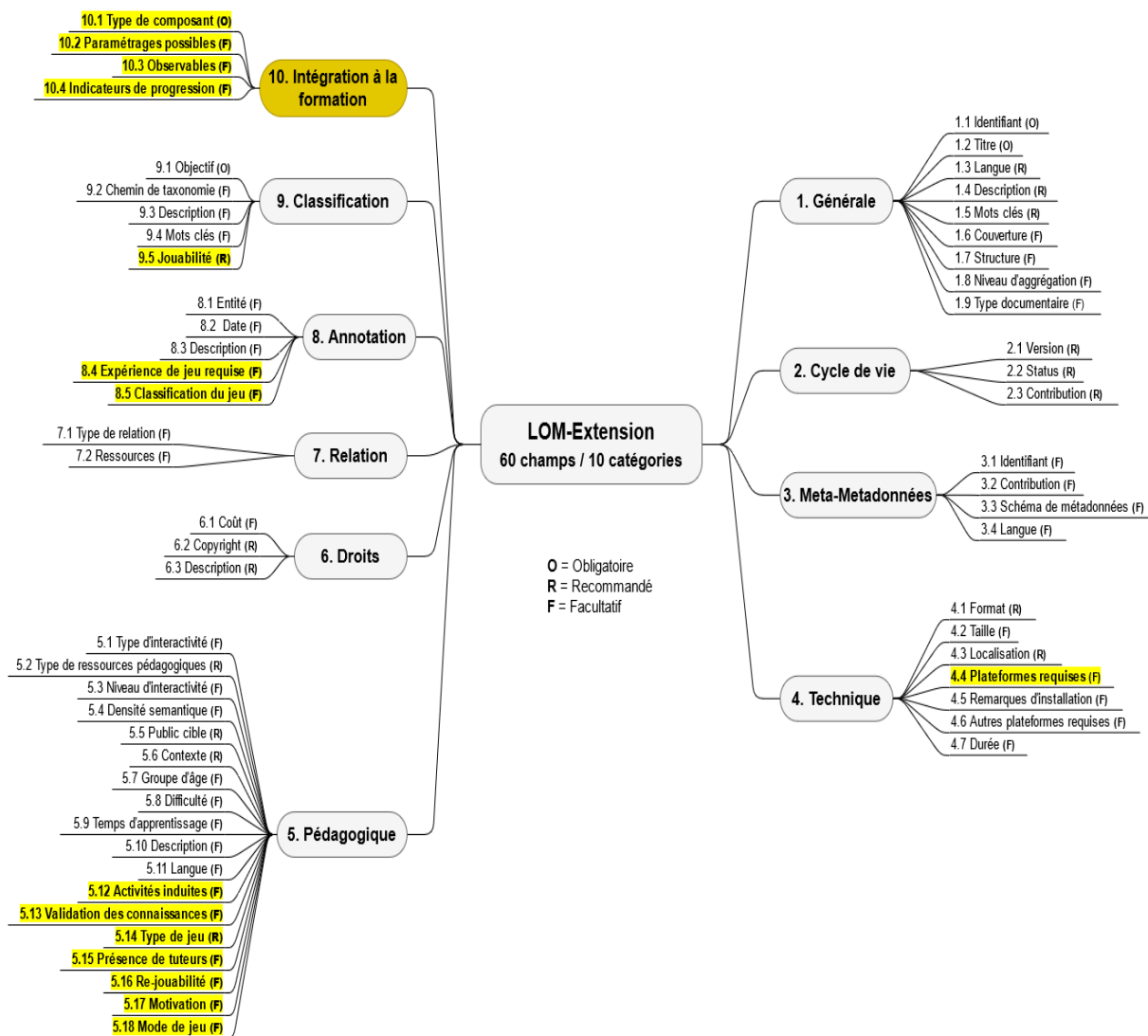


Figure 7 : Schéma de métadonnées LOM-Extension

Les champs ajoutés au LOM sont pour la plupart qualifiés de facultatifs à l'exception des champs "5.14 type de jeu" et "9.5 jouabilité" qualifiés de recommandés. L'importance de ces champs est relevée au niveau du modèle de classification G/P/S. Il faut également souligner que LOM-Extension ne supprime aucun champ du LOM, probablement pour rester compatibles avec les répertoires de ressources pédagogiques existants. Les extensions font passer LOM de 45 champs principaux à 60 champs. Cela fait apparaître une question importante qui est de savoir si LOM-Extension ne complexifie pas la tâche de description des JEN. En effet, dans la réalité, seuls 20 champs du LOM sont utilisés dans la plupart des répertoires de ressources pédagogiques classiques (Ochoa et al., 2011). Ochoa estime également que les champs du LOM ne sont pas utilisés correctement dans 68% des cas. De plus, il est très rare de trouver des répertoires de ressources pédagogiques qui référencent

simultanément des documents textuels, audiovisuels et des JEN. De ce fait, est-il donc pertinent de conserver autant de champs qui ne seront certainement pas utilisés ?

De plus, il apparaît des redondances et plusieurs ambiguïtés à certains niveaux. Par exemple, un champ "Langue" se trouve dans plusieurs catégories (générale, pédagogique et métadonnées) avec des valeurs différentes pour chacune d'elles. Il en va de même pour les champs "Description", "Contribution" et "Plateforme". Même si ces champs communiquent des informations différentes, ils peuvent induire les éditeurs de JEN en erreur ou nécessiter plus d'attention dans leur interprétation. Il est important qu'un schéma de métadonnées soit le plus lisible possible pour garantir une utilisation correcte (Palavitsinis et al., 2014). Par conséquent, pour garantir une description effective des JEN, il faut un schéma de métadonnées qui soit allégé et spécifique au JEN, i.e. débarrasser des champs inutiles au JEN. Pour cela, il faut une analyse profonde des champs du LOM-extension pour retenir les nécessaires. Le chapitre 5 proposera un schéma de métadonnées léger, qui ne contiendra que les champs qui sont pertinents pour les caractéristiques des JEN.

Cette section a permis de comprendre pourquoi les éditeurs ne décrivent pas correctement leur JEN. Les modèles de description apportent de la lourdeur qui rendent complexe la tâche de description. Il est donc important d'avoir un modèle plus léger et optimal pour les JEN qui en plus de convenir aux éditeurs doit fournir des informations utiles aux enseignants pour trouver facilement les JEN. Pour satisfaire ce dernier point, les informations fournies par le schéma de métadonnées sur les JEN doivent également être organisées de manière intuitive dans les catalogues de JEN. En effet, le choix, le format et l'organisation des informations sont des critères essentiels pour avoir des interfaces de catalogues ergonomiques. La section suivante fait une étude des interfaces des catalogues de SG existants pour identifier les méthodes de conception qui peuvent être utilisées pour la conception d'un catalogue de JEN.

2.3 Interface de catalogue de JEN

Cette section concerne le troisième objectif, à savoir la conception d'un catalogue numérique de JEN, à destination des enseignants. Pour faciliter la recherche, le catalogue numérique doit proposer une interface ergonomique et intuitive (Boucher, 2016). En ce qui concerne l'ergonomie, l'interface ne doit pas être surchargée, les informations du même type doivent être regroupées par zone (e.g. filtres de recherche), et la zone principale de la page web (e.g. les JEN qui répondent aux à la recherche) doit être la plus grande possible pour capter l'attention de l'utilisateur. En ce qui concerne l'intuitivité, les enseignants doivent pouvoir trouver et

interpréter les informations du catalogue sans assistance et sans effort intellectuel considérable qu'ils soient expérimentés ou non (Dos Santos & Souto, 2019; Kurniawan & Zaphiris, 2005). Les composants de l'interface doivent donc être adaptés aux types d'informations qu'ils représentent. Par exemple, les formats des filtres de recherche doivent convenir au type de données représenté. Il apparaît que tout ceci est complexe à mettre en place.

Premièrement, il y a beaucoup de champs de métadonnées disponibles sur les JEN parmi lesquels il faudrait choisir quelques filtres pertinents et leur format pour faciliter la recherche. Ensuite, la disposition des JEN résultant de cette recherche et les informations à afficher sont aussi importantes afin d'aider les utilisateurs à faire un choix rapide et éclairé. Ainsi, il n'est pas évident de faire les bons choix pour avoir une interface ergonomique et intuitive. Analysons d'abord l'interface des catalogues de SG existants.

2.3.1 Analyse de l'interface des catalogues de JEN existants

Comme expliqué dans le chapitre 1, il existe deux types de catalogues qui répertorient les JEN, à savoir les petits catalogues spécialisés et les grands catalogues généralistes en SG. Les catalogues spécialisés ont généralement moins de 20 JEN qui concernent un domaine pédagogique précis. Ainsi, ils n'ont pas besoin de système de recherche et d'organisation des JEN performant pour présenter leurs JEN. Cette section s'intéressera donc aux grands catalogues généralistes qui offrent plus de 100 JEN parmi des milliers de SG.

2.3.1.1 *SeriousGamesClassification*

Le catalogue *SeriousGamesClassification* offre plus de 3300 SG parmi lesquels nous avons répertorié près de 400 JEN. Les filtres de recherche et les informations sur les JEN sont représentés suivant le modèle G/P/S. Ce catalogue fournit un système de filtre basé sur « l'intention » du JEN (e.g. message éducatif, raconter une histoire ou un message informatif), le « marché ciblé » (e.g. santé, communication ou politique) et le « public cible » (e.g. 0 à 3 ans, grand public ou professionnels) (Djaouti et al., 2011). Les filtres des groupes "intention" et "marché" permettent de différencier les JEN des autres SG avec des filtres tels que "Diffuser un message éducatif" et "Education". Cependant, aucun filtre ne permet aux enseignants de rechercher les JEN en fonction de la discipline pédagogique ou des connaissances à valider. Ensuite, la zone "public" contient uniquement des filtres basés sur des tranches d'âge et trois filtres sur le niveau. Un enseignant du secondaire qui souhaite rechercher des JEN pour sa classe de 3^e doit donc trouver les tranches d'âge correspondantes pour les cocher. De plus, tous

les filtres proposés sont au format "Case à cocher" avec des valeurs prédéfinies qui restreignent la flexibilité dans l'expression des besoins de recherche (à gauche de la Figure 8). Proposer exclusivement ce format oblige l'utilisateur à cocher des cases parmi celles qui sont disponibles même si leurs valeurs ne correspondent pas aux besoins réels.

Pour finir, les JEN correspondant à la recherche sont disposés en grille, uniquement représentée par une vignette, le titre et l'année de publication (à droite de la Figure 8). Il est évident que ces trois éléments ne permettent pas de différencier les JEN. Les enseignants sont ainsi obligés de cliquer sur chaque JEN afin de trouver celui qui correspond réellement à ses besoins.

Au vu de ces éléments, nous pouvons dire que, malgré le fait que ce catalogue offre une collection impressionnante de JEN, son interface n'est pas adaptée aux besoins des enseignants.

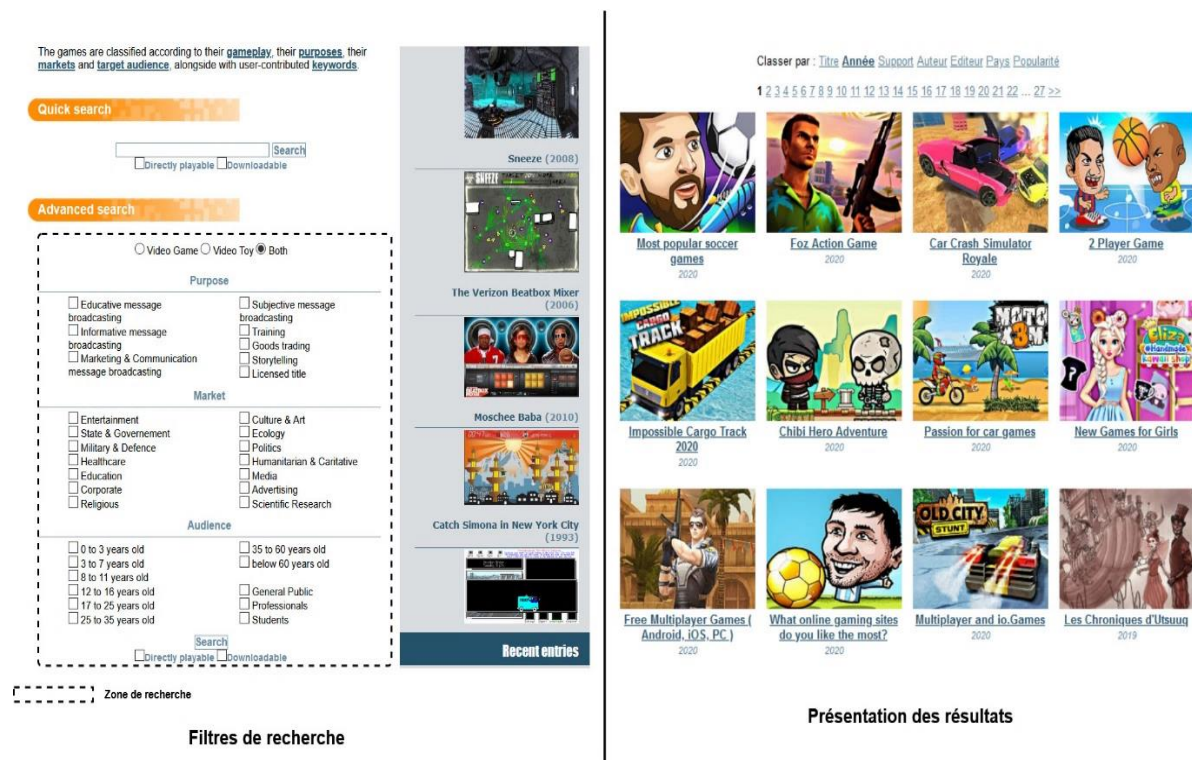


Figure 8 : Images de la page de recherche (à gauche) et de présentation des SG (à droite) du catalogue *seriousgamesclassification*

2.3.1.2 Mobygames

Le catalogue *Mobygames* propose plus de 110 000 SG parmi lesquels nous avons répertorié 260 JEN. Ce catalogue propose un mode de recherche basé sur la « plateforme » (e.g. PC, Android, Nintendo, etc.), l'année de sortie du JEN (e.g. 2008, 2020), le type de jeu (e.g. aventure, éducationnel, etc.), le « thème du jeu » (visual, board game, shooter, etc.) et le

système classification du jeu (e.g. ESRB, PEGI, etc.), le type de "sport" pratiquer dans le JEN et le nom de "l'éditeur". Ce catalogue fourni des filtres sous forme de lien pour une recherche uniquement par catégories et sous-catégories. Pour accéder uniquement aux JEN, il faut sélectionner le lien *educational* qui mène dans une sous-catégorie qui liste la discipline des JEN présents. Il n'y a pas de filtre concernant le public cible ou le mode de jeu qui sont pourtant primordiaux pour les enseignants. De plus, pour effectuer des recherches selon plusieurs critères, il faut naviguer de lien en lien jusqu'au dernier critère choisi (Figure 9). Cette organisation nécessite de comprendre au préalable l'organisation du catalogue pour effectuer des recherches de JEN sans compter qu'il faut naviguer à travers plusieurs pages avant d'avoir les JEN correspondants aux besoins exprimés. À l'issue de la phase de recherche, les JEN proposés sont listés dans une zone avec uniquement leur titre comme information trié par ordre alphabétique (Figure 9). Cela complexifie encore plus la sélection des JEN. Ainsi, l'interface ce catalogue non plus n'est ni ergonomique ni intuitif pour les enseignants.

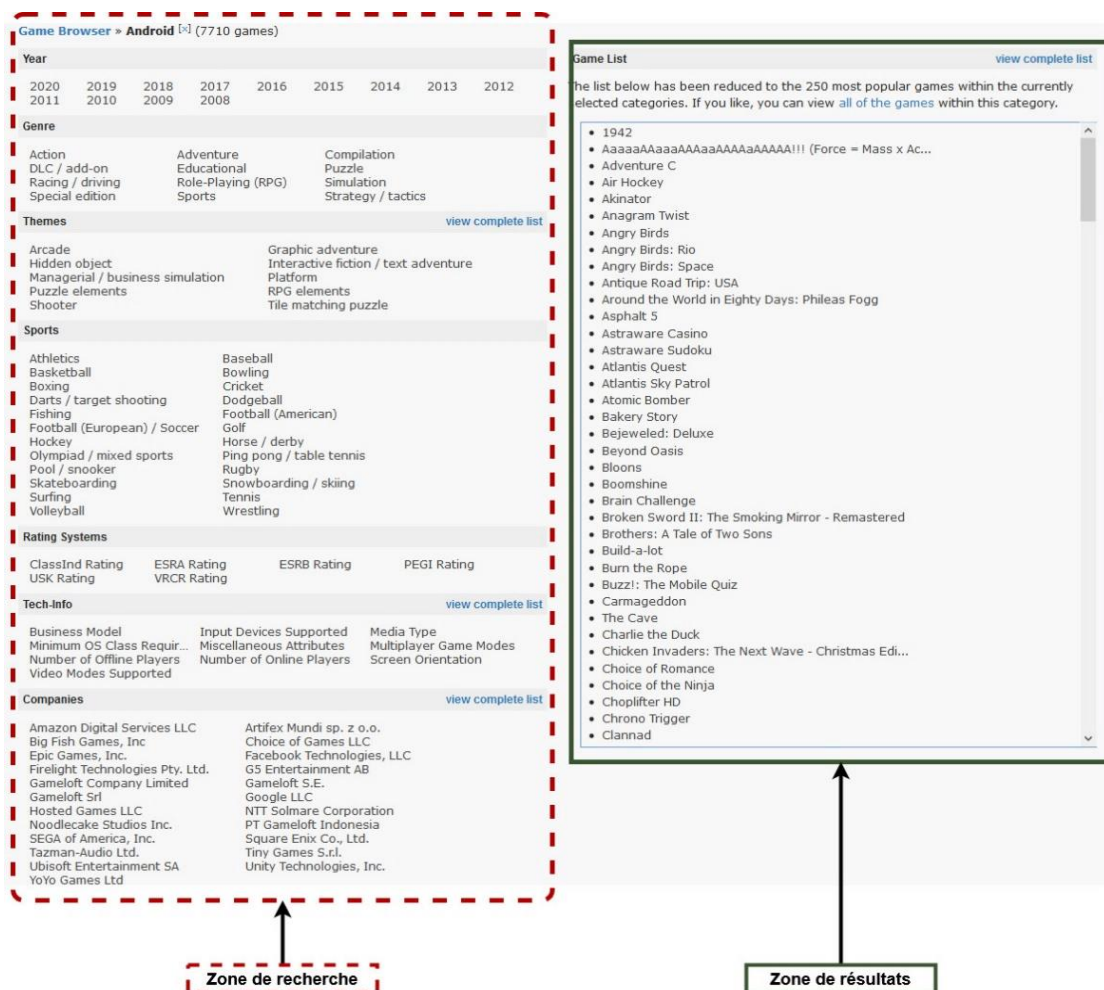


Figure 9 : Interface du catalogue Mobygames

2.3.1.3 SeriousGameFR

Le catalogue *SeriousGameFR* offre 630 SG parmi lesquels nous avons environ 100 JEN. Ce catalogue ne propose pas de zone de recherche sur son interface. Il propose plutôt un menu horizontal qui permet de sélectionner les JEN. Ainsi, ce menu ne donne pas beaucoup de choix pour que les enseignants expriment leurs besoins de recherche (à gauche de la Figure 10). De plus, dans la zone de résultats, les JEN sont présentés en ligne avec une vignette, le titre et une partie de la description du JEN en deux lignes. Nous pensons que ces quelques informations sont insuffisantes pour permettre de distinguer chaque JEN (à droite de la Figure 10). Les enseignants sont donc obligés de parcourir chaque JEN afin de trouver celui correspondant à ses besoins. Ce catalogue est donc encore moins bien adapté aux besoins des enseignants.

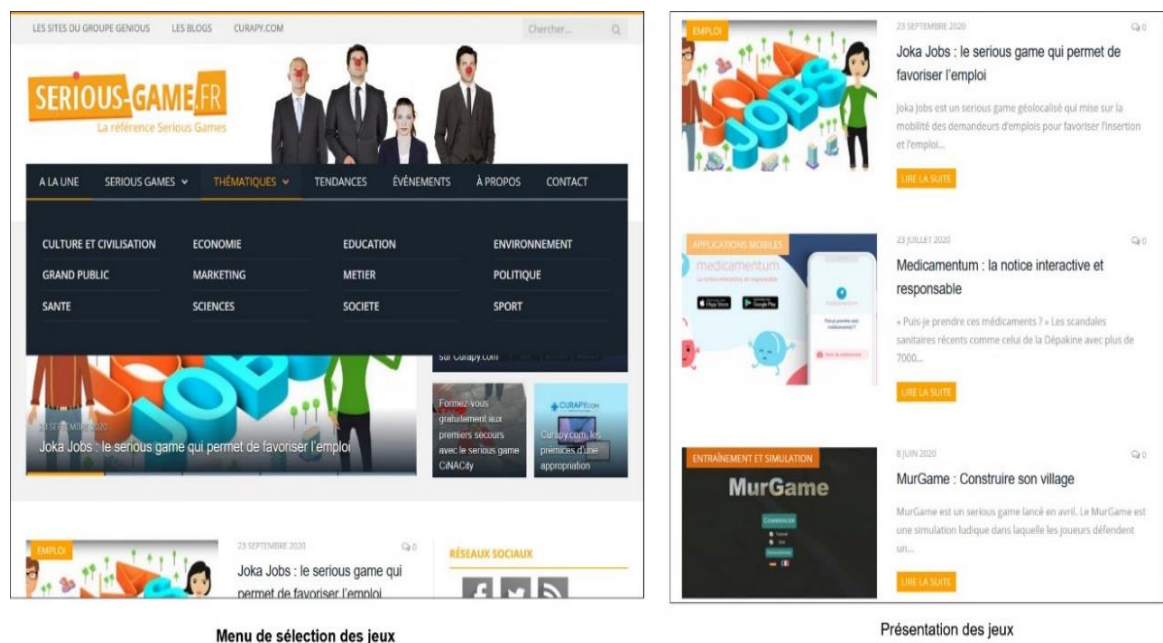


Figure 10 : Catalogue seriousgame.fr avec la page de menu (à gauche) et la page de présentation des SG (à droite)

2.3.1.4 Problématiques des catalogues de JEN existants

Pour proposer un catalogue de JEN ergonomique et intuitif, les interfaces des catalogues de SG existants ont été analysées, afin d'identifier les bonnes pratiques à copier. Cependant, force est de constater que, malgré le fait qu'ils proposent un nombre important de JEN (plus d'une centaine), ils ne sont pas adaptés aux enseignants.

En effet, ils ne proposent aucun filtre de recherche par aspects pédagogiques des JEN, qui sont pourtant des critères de recherche principaux pour les enseignants et ne permettent pas de

distinguer facilement les JEN des jeux non éducatifs qui sont bien plus nombreux dans ces catalogues. Il est également très difficile de rechercher des JEN publiés entre deux années données (e.g. de 2008 à 2019) ou concernant une tranche d'âge précise (e.g. de 10 à 15 ans).

De plus, leurs interfaces ne se sont pas intuitives. En effet, les zones de recherche prennent beaucoup de place, réduisant la présentation des JEN à quelques lignes, ce qui ne permet pas de les départager rapidement. Ensuite, tous les filtres sont dans un seul format pour tous types d'informations, i.e. qu'ils soient de type numérique, textuel ou qu'ils nécessitent de choisir un intervalle de valeur (Figure 8).

La réalité est que la plupart des interfaces de catalogues de JEN sont conçues par des développeurs ou par des industriels du jeu vidéo qui ne connaissent pas les concepts et les besoins du monde éducatif. Le catalogue *SeriousGamesClassification* est proposé par des chercheurs dans le domaine des SG, tandis que le catalogue *Mobygames* est essentiellement fourni en SG par des passionnés des jeux vidéo.

Ainsi, pour ne pas reproduire les mêmes interfaces, il faut s'appuyer sur les besoins des enseignants afin de choisir les filtres de recherche, l'organisation de l'interface et la présentation des JEN issus de la recherche. Le premier défi réside dans le choix des filtres parmi les 60 champs de métadonnées LOM-extension disponibles. Le deuxième défi est de choisir le format le mieux adapté à chaque filtre (e.g. "Cases à cocher", "Liste déroulante", "Cases d'option") et sa position sur l'interface. Pour finir, le troisième défi est de trouver une représentation des JEN qui répondent aux critères de recherche, de façon à contenir un minimum de champs de description tout en présentant les informations pertinentes pour les enseignants. Au vu de la multitude de choix à faire, il semble évident que les utilisateurs finaux doivent être consultés avant même de faire des maquettes de l'interface. Les sections suivantes présentent les méthodes de conception qui intègrent les utilisateurs finaux dans le processus de conception d'interface.

2.3.2 Méthodes d'UX design dans la conception d'interface graphique

Il existe actuellement plusieurs méthodes de design d'interface. Ces méthodes se présentent sous la forme de guides de bonnes pratiques (De Troyer & Leune, 1998). Les méthodes de l'UX (User eXperience) design, par exemple, donnent des pistes à suivre sur les couleurs à adopter, les types de widget et leur disposition sur l'interface, les choix de typographie, les animations, etc. qui doivent correspondre aux messages portés par le site web et aux publics ciblés (Ivanc et al., 2012; Kurniawan & Zaphiris, 2005). Toutefois, ces méthodes n'impliquent pas les

utilisateurs finaux. Avec ces méthodes, il n'y a donc aucun indicateur sur l'attractivité effective d'une interface (Sutcliffe, 2002) et un réaménagement de l'interface est toujours possible après la phase de développement, ce qui est très coûteux. Ainsi, il est important d'utiliser des méthodes de conception d'interface impliquant les utilisateurs finaux dès les premières phases de maquettage. Il existe peu de méthodes d'UX design qui s'appuient sur les utilisateurs (De Troyer & Leune, 1998). Pour élaborer une méthode de conception d'interface de catalogues numérique, il faut alors explorer les approches de conception impliquant les utilisateurs finaux dans leurs processus tels que la méthode Agile ou celles centrées-utilisateur.

2.3.3 Méthodes de conception participative d'interface graphique

La méthode Agile est une approche qui implique de développer les applications de façon incrémentale. Ainsi, à chaque étape du développement, l'appréciation de l'utilisateur est requise afin de valider chaque partie de l'application (Maleki & Ramsin, 2018). Cette validation est importante pour la suite du développement de l'application, car elle permet d'ajuster les éléments de l'interface et les fonctionnalités. Cependant, elle donne peu d'informations sur les composants, leur disposition et l'organisation de l'interface que les utilisateurs veulent avoir en réalité (Torrecilla-Salinas et al., 2015). En effet, l'utilisateur final aura tendance à faire des modifications sur les éléments qui ne lui conviennent pas plutôt que de faire de nouvelles propositions complètement différentes de l'interface proposée. Les interfaces déjà conçues, même simplement sous forme de maquette, peuvent donc bloquer les utilisateurs dans la conception de l'interface selon leur vision, surtout si celle-ci est radicalement différente. La tâche la plus complexe se trouve au niveau de l'organisation de l'interface. Pour un catalogue numérique, il faut par exemple découper l'interface en plusieurs zones : une zone de recherche contenant les filtres, une zone de résultat avec les vignettes des ressources trouvées, une zone de tri pour les options de tri, etc. (Turk et al., 2014). De ce fait, il existe une infinité de façon de disposer les éléments et d'organiser l'interface parmi lesquelles les designers vont devoir faire un choix qui ne sera pas forcément celui des utilisateurs finaux. L'approche Agile ne semble pas optimale dans le contexte d'une méthode de conception d'interface, surtout pour une application spécialisée telle qu'un catalogue de JEN. La méthode adéquate ne doit pas se contenter d'avoir les appréciations des utilisateurs à chaque étape, mais impliquer ceux-ci dans le processus de conception.

L'approche de Design Centrée utilisateur (UCD) semble apporter des solutions à cette préoccupation, car elle propose de concevoir toute application avec les utilisateurs ou de leur

confier la conception de l'interface et de toutes les parties non techniques de l'application (Mao et al., 2005; Schnall et al., 2016; Silva da Silva et al., 2011). Cependant, la mise en pratique de l'approche UCD dans notre contexte de conception d'interface doit se faire avec prudence. Dans le cas où les possibles utilisateurs finaux sont non habitués aux plateformes en ligne, il sera difficile pour ceux-ci de concevoir d'entrée l'interface, car ils n'ont aucune base sur laquelle s'appuyer (Vredenburg et al., 2002). Ils seront impuissants devant le nombre important de possibilité d'organisation de l'interface et de filtres à choisir dans le format idéal. Il faudrait dans ce cas une méthode de conception adaptée de l'UCD qui donnera les mécanismes à suivre afin de guider dans les moindres détails la conception d'interface intuitive avec les utilisateurs finaux.

La présentation des JEN à travers une interface intuitive des catalogues est primordiale pour garantir leur sélection et leur vulgarisation auprès des enseignants. Or, les catalogues existants sont loin d'offrir cette intuitivité, ce qui complique l'accessibilité aux JEN. Il n'y a pas de modèle fonctionnant sur lequel partir pour proposer un catalogue de JEN utile aux enseignants. De ce fait, la conception d'interface devrait être encadrée par des méthodes adéquates de conception. Le tour d'horizon fait sur les méthodes de conception montre qu'ils sont moins adaptés dans un contexte de catalogues spécialisés tels que ceux des JEN. L'approche UCD est celle qui se rapproche le plus de l'objectif, i.e. une méthode de conception avec une forte implication des utilisateurs finaux.

Conclusion

Ce chapitre a fait une revue de littérature sur les travaux pouvant répondre à nos objectifs spécifiques.

Pour l'objectif **O1 concernant la collecte d'informations sur les JEN existants**, les solutions des travaux sur le web Scraping, i.e. l'extraction automatique de contenus significatifs dans la description des JEN ont été étudiées. L'analyse des forces et faiblesses des modèles étudiés ont permis de se positionner sur l'approche par découpage de la page web par bloc visuel, car elle permet de mieux représenter les types d'informations des pages web. Cependant, elle ne permet pas de différencier les blocs significatifs des autres blocs. Sur cette base, il sera proposé un modèle d'extraction automatique de description des JEN dans la première contribution dans le **chapitre 3**.

Pour l'objectif **O2 qui est d'améliorer la description des JEN**, les modèles de description de JEN existants basés sur des extensions du schéma de métadonnées LOM ont été analysés. Cependant, cette extension apporte une certaine lourdeur qui ne faciliterait pas la description des JEN qui est pourtant importante pour leur identification par des systèmes informatiques ou humains. Nous allons donc proposer dans le **chapitre 4** un modèle de description léger et optimal pour la description des JEN.

Enfin, les catalogues existants ont été analysés pour répondre à l'objectif **O3 qui est de proposer un catalogue de JEN ergonomique pour les enseignants**. Malgré le fait que ceux-ci proposent de nombreux JEN, leurs filtres et interfaces ne répondent pas aux besoins des enseignants. Étant donné qu'il est impossible de repartir de ces catalogues comme modèle, une étude a été faite sur les méthodes de conception pour la conception d'interface telles que UCD, qui implique les utilisateurs finaux. Dans le chapitre 5, cette méthode sera adaptée afin d'impliquer les enseignants dans la conception de l'interface du catalogue de JEN.

3

Extraction automatique des métadonnées pour l'indexation des Jeux éducatifs numériques (ADEM)

INTRODUCTION	56
3.1 PHASE I. TRAITEMENT DES PAGES WEB.....	57
3.2 PHASE II. EXTRACTION DES MOTS CLES	64
3.3 EXPERIMENTATION ET RESULTATS.....	67
CONCLUSION	76

Introduction

Pour résoudre notre problématique, dans le chapitre 1, il a été formulé trois objectifs, dont le premier **O1**, est de collecter des informations sur les JEN existant. La revue de littérature sur le sujet a montré que l'approche d'extraction d'information par blocs visuels était la plus adaptée dans notre contexte. Cependant, elle ne permettait pas de sélectionner les blocs de contenus significatifs des pages web qui sont importants pour assurer l'extraction effective des informations des JEN.

Ainsi, nous proposons, dans ce chapitre, un **modèle d'extraction automatique de description des JEN**, nommé **ADEM** (*Automatic Description Extraction Model*) qui va au-delà de cette limite. Ce modèle parcourt les pages web des JEN collectées à travers plusieurs sites. Ensuite, il effectue une segmentation de chaque page web pour pouvoir sélectionner les blocs de texte significatifs. Enfin, les informations extraites automatiquement des blocs sélectionnés sont formatées pour récupérer les données utiles à l'indexation de JEN (Figure 11).

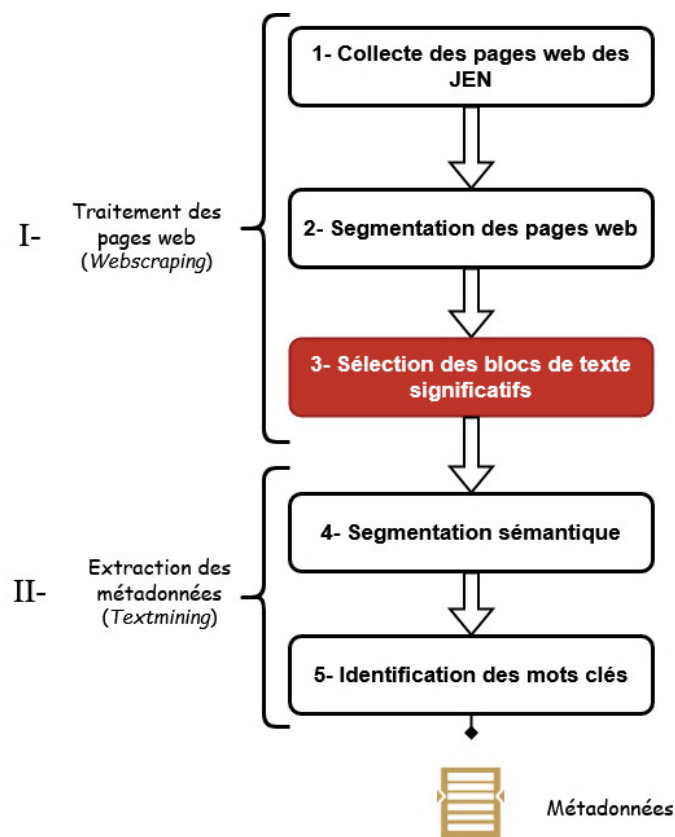


Figure 11 : Étapes des activités du modèle ADEM

3.1 Phase I. Traitement des pages web

3.1.1 Étape 1. Collecte automatique des JEN sur le web

Pour collecter le maximum d'informations sur les JEN, le modèle ADEM part, pour l'instant, des liens des pages web des JEN disponibles sur plusieurs catalogues et sites web spécialisés (voir Tableau 2 et Tableau 3). Cela constitue une bonne base de travail, car ces sites web sont régulièrement fournis en JEN par des experts et des passionnés de jeu. De plus, il sera facile d'inclure automatiquement de nouveau JEN, à partir de leur URL.

Après la phase de collecte des pages web des JEN, un traitement est effectué sur chacune d'elles. L'objectif de cette phase est d'extraire uniquement le texte de description des JEN. Elle se déroule en deux étapes principales : la segmentation des pages web, qui elle consiste à supprimer les blocs de contenus inutiles (étape 2) et la sélection des blocs de texte significatif qui permet de sélectionner les blocs contenant le texte de description parmi ceux restants (étape 3).

3.1.2 Étape 2. Segmentation des pages web

L'étape de la segmentation des pages web consiste à un prétraitement de celles-ci afin de faciliter la détection des blocs de texte significatif. Cette étape commence par une analyse de la page web pour construire les différents blocs puis à un nettoyage des différents blocs.

3.1.2.1 Construction des blocs d'une page web.

La page web est représentée dans une hiérarchie de bloc en utilisant l'arbre du DOM de celle-ci. L'arbre du DOM construit un ensemble de nœuds à partir des balises contenues dans la balise `<body>` de la structure HTML de la page web (Figure 12). Le nœud *body* représente donc le premier bloc P de la page web. Les blocs d'une page web sont définis par les balises de type bloc qui sont les seules à pouvoir contenir d'autres blocs. Un bloc B peut donc contenir des blocs, des balises de type *inline*, du contenu textuel ou du contenu multimédia (e.g. images, vidéos, etc.). La hiérarchie des blocs B_i est parcourue pour identifier de façon récursive les blocs et leurs sous-blocs. Ainsi, la page web $P = \{B_1, B_2, \dots, B_n\}$ contient un ensemble de blocs $B_i = \{B'_1, \dots, B'_n\}$ qui eux contiennent des blocs B'_i . Ce processus est repris pour chaque bloc trouver jusqu'au bloc de fin, i.e. un bloc ne contenant pas d'autres blocs, soit $B_i = \{\emptyset\}$.

Après avoir construit la hiérarchie des blocs des pages web, il faut procéder au nettoyage des blocs pour ne conserver que les blocs utiles.

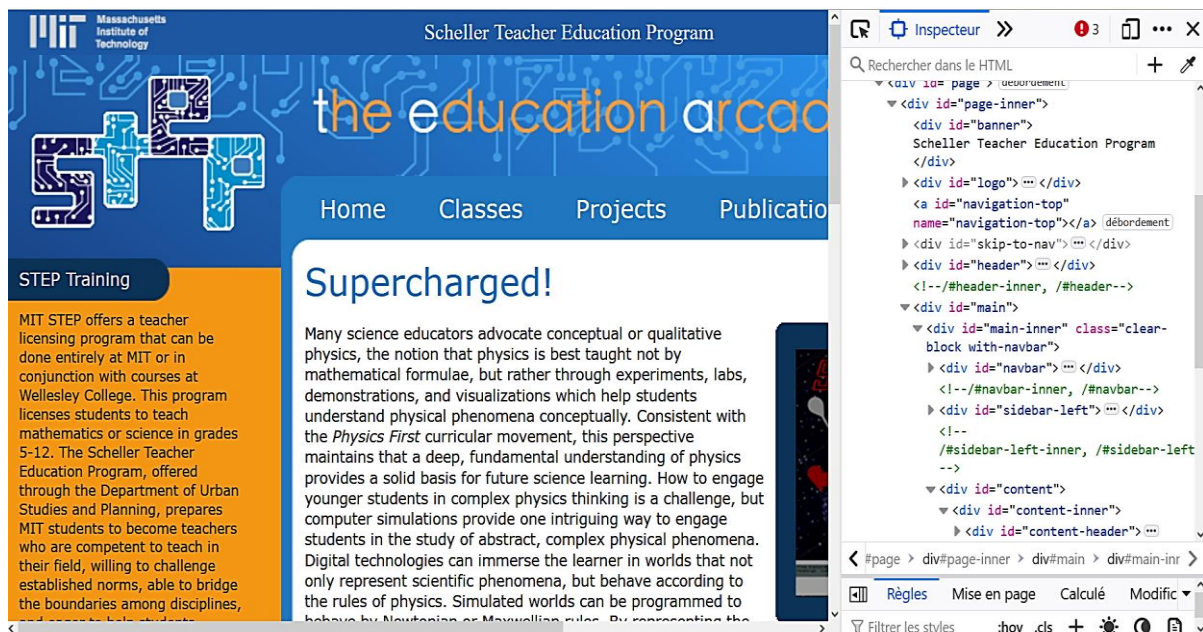


Figure 12 : La page web de *Supercharged!* et son code source

3.1.2.2 Nettoyage des blocs de la page web

L'étape de nettoyage consiste à supprimer les blocs ou les contenus inutiles de la page web telle que décrite dans l'algorithme 1. Si la page web est structurée suivant les recommandations HTML5, cette phase de nettoyage est simple, car les blocs les plus importants sont les blocs `<article>` et `<section>`. ADEM récupère donc tous ces blocs.

Toutefois, en plus des pages web créées avant la mise en œuvre de HTML 5 (Keith, 2010), certains concepteurs de sites web n'utilisent pas les types de balises recommandés par la norme HTML5. ADEM procède alors à un nettoyage spécifique. Premièrement, les blocs d'en-tête, de pied de page, de menu et de navigation sont supprimés. Ces blocs sont identifiables avec les balises `<header>`, `<footer>`, `<aside>` et `<nav>`. Les blocs de formulaire telles que `<form>`, `<input>` et `<button>` sont également supprimées. Enfin, les blocs multimédias tels que `<video>` et `<audio>` et les blocs de graphiques `<canvas>` ou `<svg>` sont supprimées. En plus de ce premier nettoyage, ADEM cherche les valeurs des attributs "id" et "class" des blocs `<div>` qui sont sémantiquement proches des balises HTML5. La similarité *dw* entre les valeurs des attributs "id" et "class" et les noms des blocs de présentation HTML5 est calculée par la distance de *Jaro-Winkler* (Cohen et al., 2003; Winkler, 2006). Il y a similarité lorsque la mesure

est supérieure à 0.80. Par exemple, dans la Figure 12, la page web ne contient pas de bloc HTML5 spécifique, mais il y a des attributs "id" du bloc `<div>` qui contiennent des mots comme "navbar", "sidebar", "content", etc. qui sont proches des blocs `<nav>` et `<aside>` du HTML5. Les mots "content" et "main" sont utilisés pour définir le contenu principal des pages web (Hoy, 2011). Par exemple, pour la page web de la Figure 12, ADEM supprime l'image de fond, l'entête, le pied de page et le menu de la barre de navigation. Il ne reste que le contenu principal (Figure 13). Ce processus de nettoyage permet de conserver uniquement les blocs de contenus textuels utiles pour l'extraction de mots clés.

Cependant, ils ne contiennent pas tous le contenu décrivant le JEN. Comme cela a été montré au chapitre 2, certains blocs peuvent contenir des informations de sujets relatifs au thème principal, de la publicité, des commentaires, etc., il est alors nécessaire de passer à une étape de détection de blocs significatifs. Cette détection se fera à partir d'un raisonnement basé sur la logique de construction des pages web.

Algorithme 1 : WEBPAGE CLEANING

```

#initialisation de la liste des blocs
#(Présentation, formulaire et media)
pre_blk      ← (header, footer, aside, nav, ...)*
form_blk     ← (form, input, button, ...)*
media_blk    ← (svg, canvas, audio, ...)*
p            ← (b1, b2, ..., bn) #liste des blocs de page
for b in p
    if b in (pre_blk+form_blk+media_blk)
        delete p(b) #suppression des blocs non significatifs
        break
    end if

    for t in pre_blk
        #vérification de la similarité
        di ← jaro-winkler(t, b.id)
        dc ← jaro-winkler(t, b.class)
        if di, dc > 0.8
            delete p(b)
            break
        end if
    end for
end for
return p

```

* Voir annexe 2 pour la liste complète des blocs

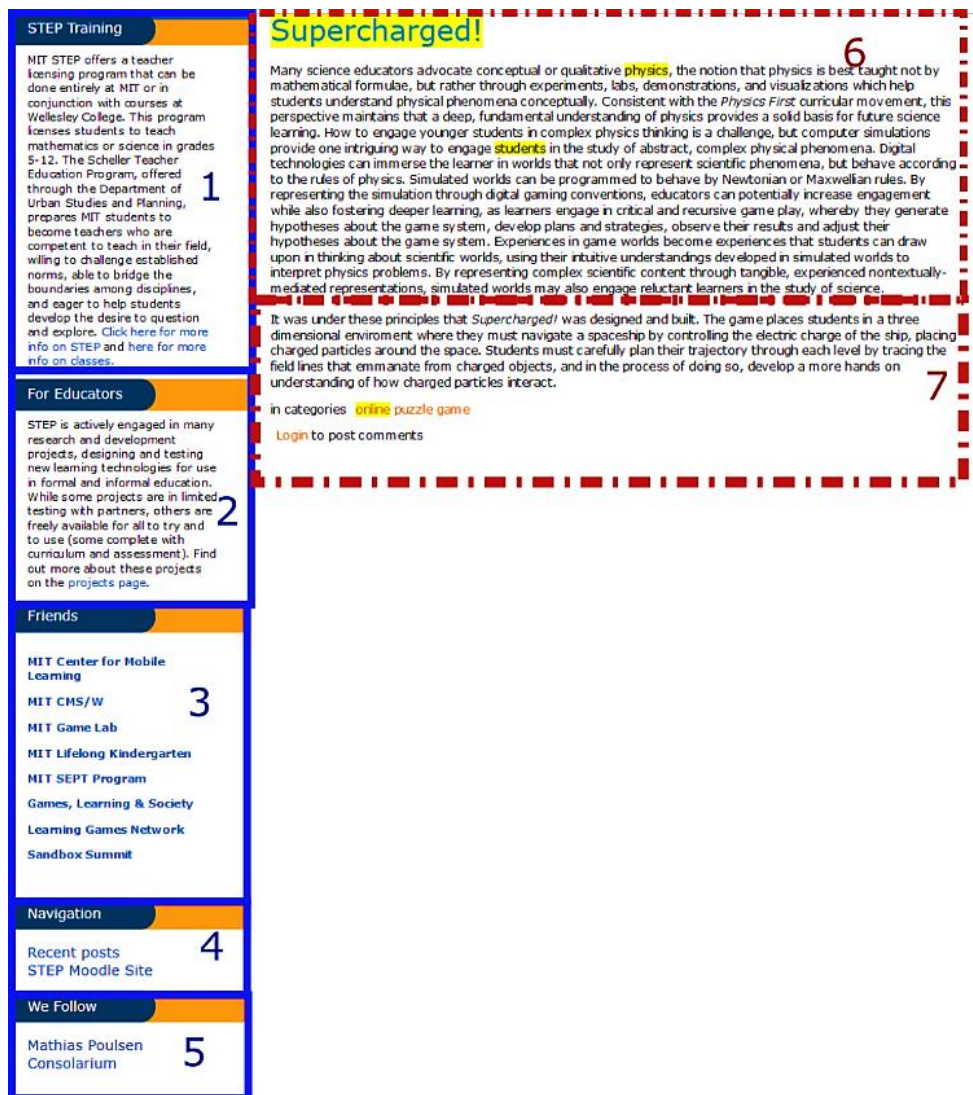


Figure 13: Les blocs de la page web de *Supercharged!* après l'étape de segmentation

3.1.3 Étape 3. Sélection des blocs de contenu significatif

Pour détecter les blocs de contenu significatif, une heuristique de détection est élaborée à partir de la logique de conception de page web telle qu'établie dans les recommandations HTML (Faraday, 2001; Frain, 2015; Kaur & Gupta, 2018).

3.1.3.1 Détection des blocs importants

Afin de détecter les blocs avec du contenu sur le JEN, quatre hypothèses sont formulées :

- Les blocs de contenu significatif sont ceux qui contiennent le plus de paragraphes (i.e. les balises <p>).

- Les blocs de contenu significatif sont ceux qui contiennent le plus de balises *inline* (e.g. ``, ``, `
`...) puisque ces balises sont utilisées pour formater les textes sur lesquels l'utilisateur doit se concentrer.
- Les blocs de contenu significatif contiennent beaucoup plus de texte que la moyenne des autres blocs. Ainsi, le poids w des mots est plus important qu'ailleurs.
- Les blocs de contenu significatif sont ceux qui contiennent le moins de liens (i.e. les balises `<a>`). En effet, les blocs de publicité, ou de contenu relatif sont bien plus fournis en liens pour permettre de naviguer vers d'autre site.

Partant de ces critères, ADEM calcul un ratio des balises dans chaque bloc restant après l'étape de segmentation. Pour un bloc B_i donné, le ratio R_x d'une balise `<x>` représente le nombre de balises `<x>` dans le bloc B_i sur le nombre total de cette balise dans tous les blocs.

L'équation de calcul du ratio R_x permet donc de calculer la proportion R_p des balises `<p>`, R_a des balises `<a>` et R_{in} des balises de type *inline* définies par `<in>` contenues dans chaque bloc et par rapport à tous les blocs de la page web.

$$R_x = \frac{TagR_i(x)}{TagPage(x)} \quad (1)$$

$$\langle x = p \rangle : R_p = \frac{TagR_i(p)}{TagPage(p)} \quad (2)$$

$$\langle x = in \rangle : R_{in} = \frac{TagR_i(in)}{TagPage(in)} \quad (3)$$

$$\langle x = a \rangle : R_a = \frac{TagR_i(a)}{TagPage(a)} \quad (4)$$

Pour déterminer les blocs B_i , qui contiennent le contenu de description des JEN, les trois ratios seront examinés pour calculer une valeur relative V_R pour chaque bloc. La valeur V_R (eq. 5) permet de déterminer le niveau d'influence de chaque balise d'hypothèse (`<p>`, `<a>`, `<in>`) dans la structure de chaque bloc.

En somme, comme le montre l'algorithme 2, les blocs répondant à nos hypothèses de manière optimale, des valeurs V_R plus élevées que la moyenne de blocs, i.e. les valeurs R_{in} , R_p et w les plus élevées, et la valeur R_a le plus faible possible. La situation optimale des blocs pertinents B_{opt} dans laquelle la valeur V_R d'un bloc B_i est supérieure à la moyenne $Avg(V_R P_{age})$ de l'ensemble V_{RT} des valeurs relatives V_R des blocs de la page web est décrite dans l'équation 6.

$$V_R = R_p + R_{in} + w - R_a \quad (5)$$

$$\forall V_{Ri} \in V_{RT}, B_i \in B_{opt} / V_R(B_i) > Avg(V_RPage) \quad (6)$$

Algorithme 2 : BLOCK DETECTION

```

#Selection des blocs dont VR > AvgVR
VR_list
Meaningful_Blk
AvgVRPage
p ← (b1, b2, ..., bn) #liste des blocs
for b in p
    #Calcul des Métriques pour chaque blocs block
    (Ra, Rp, Rin, w, Vr) calculation
    Add Vr in VR_list
end for
#détection des blocs significatifs
AvgVRPage ← VR_list mean calculation
for V in VR_list
    if V > AvgVRPage
        Add Block in Meaningful_Blk
    end if
end for
return Meaningful_Blk

```

Par exemple, la page web du JEN *Supercharged!* (Figure 13) contient 7 blocs après l'étape de segmentation. Dans ces blocs, il y a un total de 17 balises $\langle a \rangle$, 20 balises $\langle p \rangle$, 7 balises *inline* et 496 mots. Ainsi, le calcul des ratios R_p , R_{in} et R_a des 7 blocs montre que seuls les blocs 1, 6 et 7 ont un V_R supérieur à la moyenne et sont donc gardés (en surbrillance dans le Tableau 6).

Tableau 6 : Les scores des ratios des blocs de la page web *Supercharged!*

<i>BLOCS</i>	R_{in}	R_p	w	R_a	V_R
1	0	0.1	99	0.11	98.99*
2	0	0.1	60	0.055	60.05
3	0	0.4	25	0.47	24.93
4	0	0.1	05	0.11	4.98
5	0	0.1	03	0.11	2.88
6	0.85	0.1	220	0	220.95*
7	0.28	0.1	84	0.11	84.27*
<i>Avg(VRPage)</i>					70.86

À ce niveau de l'étape de détection des blocs importants, il s'agit de savoir si tous les blocs retenus sont ceux contenant effectivement les données de description des JEN. Dans l'exemple, le bloc B_1 présente du contenu relatif au projet MIT-STEP global et non en lien avec le JEN concerné. Les blocs au contenu relatif doivent être séparés des blocs au contenu significatif.

3.1.3.2 Sélection des blocs

Algorithme 3 : MEANINGFUL BLOCK SELECTION

```

#Sélection des blocs significatifs
Parent_dic          : dictionary
Parent_VR
Meaningful_Blk
Max_VR
Blk                 ← (b1, b2, ..., bn) #liste des blocs
Selected_Blk
for b in Meaningful_Blk
    Parent ← find b parent in Blk
    if Parent not in Parent_dic
        Add Parent (b) in Parent_dic
    else
        Add b in Parent_dic[p]
    end if
end for
# Selection du blocs parent avec le plus grand VR
for parent in Parent_dic
    #Parent VR is sum of its blocks' VRs
    Parent_VR ← parent VR calculation
end for
Selected_Blk ← Parent's blocks with max VR
return Selected_Blk

```

Pour sélectionner les blocs significatifs des autres blocs tels que décrits dans l'algorithme 3, le raisonnement suivant est fait. Si plusieurs blocs sont dans une situation optimale i.e. leur valeur $V_R > Avg(V_R P_{age})$, alors, seuls les blocs qui sont voisins immédiats dans la hiérarchie des blocs sont considérés. Le bloc parent est ainsi considéré comme un seul bloc et le processus est repris jusqu'à déboucher sur des blocs qui ne sont pas voisins dans la hiérarchie. Plusieurs cas de figure peuvent se présenter.

Premièrement, le cas où il n'y a aucun voisinage immédiat parmi les blocs détectés. Alors, le bloc avec la plus grande valeur de V_R est sélectionné. Ensuite, il y a le cas où plusieurs blocs peuvent être regroupés par voisinage sans toutefois que les groupes de blocs soient voisins. ADEM considère alors chaque groupe comme un bloc et sélectionne uniquement celui avec la plus grande valeur de V_R . Enfin, pour le cas de figure dans lequel certains blocs sont voisins et d'autre séparés, seuls les blocs voisins sont sélectionnés.

Dans l'exemple de la Figure 13, les blocs 1, 6 et 7 sont dans une situation optimale. Cependant, seuls les blocs 6 et 7 sont voisins, i.e. ils ont le même parent, le bloc 1 n'est donc pas sélectionné. Il est important de faire cette discrimination, car elle permet d'ignorer les contenus qui ne sont pas liés à la description du JEN. Sans cette discrimination, si le bloc B_1 qui traite des objectifs généraux et des missions du projet MIT-STEP était conservé, des termes comme "Mathématiques" et "classe 5-12" auraient créés de nombreux cas de faux positifs dans la suite du traitement concernant l'extraction de mots clés.

Dans cette section, un modèle de traitement des pages web en deux étapes a été élaboré. Après l'étape de segmentation qui permet de nettoyer la page web, l'étape de sélection des blocs de contenu significatif permet de sélectionner les blocs contenant les informations de description des JEN.

Dans la suite, les informations de description obtenues des blocs significatifs seront analysées pour extraire des mots clés descriptifs en vue d'indexer les JEN. Pour ce faire, le texte récupéré doit passer par une étape de segmentation sémantique pour enlever les termes inutiles afin de faciliter l'identification des mots clés.

3.2 Phase II. Extraction des mots clés

3.2.1 Étape 4. Segmentation sémantique

Cette étape de prétraitement consiste à supprimer les termes de langage qui ne sont syntaxiquement et sémantique pas importants. Ensuite, les termes restants sont regroupés dans une base sémantique commune (*Lemmatisation*). Pour réussir cette étape de segmentation sémantique, il faut connaître la langue du texte récupéré. Étant donné que les JEN peuvent servir dans l'enseignement partout dans le monde, le modèle doit être capable d'indexer les JEN dans toutes les langues.

3.2.1.1 Détection de la langue du texte

À ce niveau de nos travaux, le modèle ADEM se concentre sur les JEN en anglais et en français. La langue anglaise est choisie pour son caractère international et la langue française parce que ce projet de thèse concerne d'abord le monde éducatif francophone à travers la Côte d'Ivoire et la France.

Pour détecter la langue du texte, ADEM s'appuie sur la valeur de l'attribut *lang* de la balise *<meta>* du code HTML de la page web du JEN. Cet attribut fournit une indication sur la principale langue utilisée dans une page web. Si l'attribut *lang* de la balise *<meta>* n'est pas fourni, ADEM procède à une analyse sémantique du texte pour effectuer cette détection en mesurant la fréquence des caractères et des mots de référence de l'anglais et du français (Lui et al., 2014; Truica et al., 2015). La connaissance de la langue du texte permet de faire un prétraitement efficace.

3.2.1.2 Prétraitement du texte de description

Après la détection de la langue du texte, ADEM procède à la suppression des mots vides. Il s'agit de supprimer des mots qui n'ont aucune valeur sémantique dans notre contexte. En français, les mots vides évidents sont "le", "la", "son", "leur", "nous", etc., et en anglais il y aura "the", "you", "then", etc. Les mots vides recherchés dans le texte proviennent du corpus de *Stop Words* de Porter (Porter, 1980; Truica et al., 2015) auquel sont ajoutés des mots tels que "jeu", "éducatif", pour le français et les mots "serious", "player", pour l'anglais. Une fois le texte débarrassé des mots vides, ADEM procède à la lemmatisation des termes restants. La lemmatisation consiste à ramener les termes à leur entrée lexicale commune pour éviter qu'un terme écrit différemment à plusieurs endroits ne soit compté plusieurs fois. Ensuite, après l'étiquetage grammatical (*POS tag*) de termes restants, ADEM conserve uniquement les termes marqués comme nom, adjectif ou adverbe. En effet, les verbes, prépositions, etc. sont inutiles dans notre contexte, parce qu'ils ne peuvent pas être utilisés comme mots clés pour des métadonnées.

3.2.2 Étape 5. Identification des mots clés

Après la segmentation, qui débarrasse le texte de tous les termes qui peuvent compromettre l'analyse du texte, ADEM passe ensuite à l'identification des mots clés pouvant servir pour des métadonnées. Le défi ici est de savoir le type de mots clés choisir parmi les termes lemmatisés.

3.2.2.1 Choix des types de mots clés à rechercher

Les mots clés de description des JEN à extraire doivent correspondre aux informations d'un schéma de métadonnées complet. La section 2 du chapitre 2 a montré que les modèles de description existants ne sont pas totalement adaptés aux JEN. De ce fait, un modèle de

description sera proposé dans le chapitre 4. Bien avant, l'extraction des mots clés concernera 4 types de données importantes pour les JEN afin d'illustrer le fonctionnement du modèle ADEM.

3.2.2.2 Méthodes d'identification des mots clés

L'identification du **titre** est faite sur un raisonnement basé sur la structure HTML de la page web du JEN. ADEM part du principe que la balise <title> de la page web contient le nom du site web et le titre de son sujet principal (i.e. le JEN), séparé par un caractère non alphanumérique (e.g. "-", "|", ":", etc.). Ensuite, le titre du JEN est souvent encadré dans la balise <h1> ou la balise <h2>, si <h1> contient le nom de la page web.

L'identification de la **plateforme** est encore plus simple, puisqu'il s'agit de rechercher les JEN qui peuvent fonctionner sur les plateformes suivantes : PC, Tablette, Smartphone, Mac, et sur les systèmes d'exploitation suivants : Windows, Linux, MacOS, iOS, Android, Windows Phone et sur le navigateur. Cette liste est limitée à ces plateformes qui peuvent être aisément déployées dans une salle de classe.

Le **public cible** peut concerner soit l'âge ou le niveau des apprenants. L'identification de l'âge passe par des expressions régulières pour détecter des séries de numéros telles que "12-18" ou des chiffres suivis des termes tels que "th", "ans" ou dans la même phrase que "âge", etc. Pour le niveau, un dictionnaire (annexe 3) est utilisé pour rechercher les termes tels que "student", "étudiant", "préscolaire", etc. S'il n'y a aucune correspondance, le terme "grand public" est considéré par défaut.

Pour la **discipline**, les termes lemmatisés sont d'abord regroupés par leur synonyme commun pour réduire le nombre de termes à analyser. Ensuite, la fréquence d'apparition des termes dans la liste des termes est calculée. ADEM se sert ensuite du thésaurus du domaine éducatif *European Schoolnet Vocabulary Bank for Education* qui contient une banque de vocabulaire des disciplines scolaires (Massart, 2009) pour rechercher la correspondance des termes les plus fréquents. Le thésaurus a été amélioré en ajoutant des vocabulaires du domaine éducatif correspondant au sujet²⁴ (Abu-Naser et al., 2015; Ameen et al., 2012). Ainsi, pour l'exemple de la figure ci-dessus, ADEM a pu extraire les mots "*Supercharged!*" pour le titre, "online"

²⁴ Dictionnaire disponible sur <https://github.com/mmw01/Thesis>

pour la plateforme, "student" pour le public cible et "physique" pour la discipline (mots surlignés en jaune dans la Figure 13).

Cette section a présenté les techniques utilisées dans le modèle ADEM pour extraire les mots clés du contenu descriptif des JEN à partir de leurs pages web. Les méthodes de segmentation sont nécessaires afin de rendre efficace l'indexation des JEN. Pour tester l'efficacité réelle du modèle, ADEM sera testé sur des JEN dans la suite. Le plan d'expérimentation qui sera conçu servira à savoir si les métadonnées extraites des JEN collectés décrivent bien ceux-ci tels que le verraient des humains.

3.3 Expérimentation et résultats

Dans cette section, une expérimentation a permis d'évaluer le fonctionnement du modèle ADEM. L'objectif de cette expérimentation est de valider le fait que le modèle ADEM puisse extraire automatiquement des informations pertinentes sur les JEN, en analysant le contenu de leurs pages web. Le plan d'expérimentation consiste d'abord à utiliser ADEM pour collecter les liens des JEN des six catalogues dans le tableau 2 et extraire des mots clés de ces pages web. Ces catalogues sont assez différents pour représenter la variété des catalogues existants ou les nouveaux catalogues de JEN qui pourraient être créés. Ensuite, la pertinence des mots clés extraits automatiquement sera évaluée sur une sélection de JEN avec l'aide d'enseignants.

3.3.1 Collecte et extraction automatique de mots clés

ADEM a été testé sur les six catalogues listés dans le tableau 2. Étant donné que ces catalogues référencent des JEN et des jeux non-éducatifs, ADEM a collecté uniquement les jeux étiquetés dans la catégorie « éducation » de ses sites. Au moment de l'écriture de ces lignes, le modèle a collecté des informations sur **785 JEN**. Cependant, notre catalogue, qui utilise ADEM, en propose aujourd'hui bien plus puisque le modèle prend en charge les nouveaux JEN ajoutés à ces catalogues quotidiennement. Les extractions de mots clés ont été effectuées par un outil conçu en langage *Python*, avec la bibliothèque de *web Scraping* "Beautifulsoup" dans sa version 4. Les tests ont été effectués sur un ordinateur équipé d'un processeur *Intel Core i7* de 9e génération, cadencé à 8 cœurs, d'un *GPU Nvidia GeForce GTX 1050* et d'une mémoire *RAM* de 16 Go. L'extraction des métadonnées s'est faite en deux étapes. Tout d'abord, la connexion aux pages web des JEN à partir de leur lien pour récupérer le code source a été faite avec la bibliothèque "Beautifulsoup". La deuxième étape consistait à analyser le code source

des pages web pour extraire les métadonnées. Le temps d'exécution de cette expérimentation est d'environ 2000 millisecondes pour chaque page web des JEN. Cependant, ce temps d'exécution est essentiellement dû à la première étape de connexion à la page web faite par la bibliothèque *Beautifulsoup* qui utilise donc internet pour les récupérer et les mettre sous forme d'objet avec 1600 millisecondes en moyenne (Zheng et al., 2015). Cette section correspond à la construction de l'arbre hiérarchique des blocs de la page web.

Afin d'évaluer la pertinence des mots clés extraits automatiquement avec ADEM, une expérimentation sur une sélection de 24 JEN a été menée. Les pages web sélectionnées représentent des pages web bien formatées, mais aussi mal formatées, avec des pop-up de présentation, des pages web de catalogues spécialisés, des pages web avec plusieurs JEN et des pages web avec des animations Flash (Tableau 7) de façon à avoir une diversité représentative des pages web de JEN qui peuvent être traitées avec ADEM. Pour les besoins de cette expérimentation, ADEM extrait uniquement les mots clés correspondant au **titre**, à la **discipline**, à la **plateforme** requise et au **public cible** correspondant au JEN (Tableau 8). Cependant, expliqué dans le chapitre suivant, ADEM est capable d'extraire les informations pour les 23 champs du schéma de métadonnées proposés.

Tableau 7: Liste des 24 pages web de JEN analysées

JEN	URL
1	https://education.mit.edu/project/lure-of-the-labyrinth/
2	https://web.mit.edu/mitstep/projects/supercharged.html
3	https://www.slnova.org/
4	http://serious.gameclassification.com/EN/games/16870-MeChEM/index.html
5	http://Fold.it
6	http://lesecspers.mines-douai.fr/
7	http://lesecspers.mines-douai.fr/
8	http://lesecspers.mines-douai.fr/
9	http://lesecspers.mines-douai.fr/
10	https://igg-games.com/learn-japanese-175115241-to-survive-hiragana-battle-free-download.html
11	https://codecombat.com/
12	http://programminggames.org/Prog-Play.ashx
13	https://www.mobygames.com/game/browser/taxman-game
14	http://www.algo-bot.com/
15	http://www.jeuxvideo.com/jeux/pc/00004646-the-typing-of-the-dead.htm
16	https://www.mobygames.com/game/cranky/
17	https://www.mobygames.com/game/wii/10-minute-solution
18	http://serious.gameclassification.com/FR/games/3152-Zombie-Division/index.html
19	http://www.gameclassification.com/FR/games/66-La-poubelle-ecologique/index.html
20	http://www.socialimpactgames.com/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=249
21	http://www.desq.co.uk/sections/portfolio/index_search.aspx?clientID=20#
22	http://serious.gameclassification.com/FR/games/46068-Reconnaitre-les-determinants/index.html
23	https://checkio.org/
24	https://www.learninggamesforkids.com/memory_games/color-memory-game.html

Tableau 8: Mots clés des JEN extraits par ADEM automatiquement

JEN	Titre	Discipline	Plateforme	Public
1	Lure of the Labyrinth	Math, Algebra	Online	College
2	Supercharged	Physics	Online	Student
3	StarLogo	Programming system	Online	Age +10
4	MecheM	Chemistry	Online	Age -17
5	Foldit	Science, biology	PC, online	All
6	Robot Tueur	Mécanique	Online	Student
7	Fuite Fatal	Electricité	Online	Student
8	Estimation du bien-être en entreprise	Statistique, Math	Online	Student
9	Mission a Emosson	Mechanic	Online	Student
10	Learn Japanese To Survive! Hiragana Battle	Japanese	PC	All
11	codecombat	Code python, JavaScript	Online	College
12	Prog & Play	programming language	PC	College
13	taxman	number, math	Online	All
14	Algo bot	Programming	Online	College
15	Typing of dead	Computer	PC	All
16	Cranky	Math	Online	All
17	10 minutes Solution	Sports, body exercises	Online	3rd person
18	Zombie division	math	Online	College
19	Poubelle ecologique	Tri dechets	Online	age -18
20	Algebots	Math	Online	age -12
21	english taxi	English, Chinese	Online	Student
22	Reconnaître les déterminants	Langue, Français	Online	age -11
23	check.io	programming	Online	Student
24	Color memory games	Memory game	Tablet	Kids

L'analyse de mots clés extraits dans le Tableau 8 montre, dans un premier temps, qu'ADEM a été capable d'extraire des informations concernant le titre, la discipline, la plateforme requise et le public cible pour les 24 JEN. Ensuite, ADEM a été capable d'extraire des mots clés en anglais et en français (e.g. *Mécanique* et *Robot Tueur* pour le JEN 6). Concernant le public cible, ADEM a été capable d'extraire aussi bien des informations sur l'âge (e.g. âge -18) que sur le niveau de classe (e.g. *college*) ou sur le type de personne (e.g. *kids*). Pour les JEN dont le public cible n'est pas mentionné (e.g. les JEN 5, 10, 17, etc.), ADEM considère qu'ils sont destinés au grand public avec le mot clé *All* (en jaune dans le Tableau 8). Dans la suite, les résultats de l'évaluation de la pertinence des mots clés extraits par des enseignants seront présentés.

3.3.2 Évaluation de la pertinence des mots extraits

3.3.2.1 Méthodologie d'évaluation

L'objectif initial d'ADEM est d'indexer les JEN comme le ferait un humain. Il a donc semblé pertinent de faire évaluer la pertinence des mots clés extraits par des enseignants, puisqu'ils constituent la cible de nos travaux. L'évaluation a donc été menée auprès de 15 enseignants au

profil divers tant dans la discipline (3 enseignants en langues, 6 en sciences, 1 en sport, et 5 en technologies) que dans le niveau d'enseignement (2 enseignants en primaire, 8 dans le secondaire et 5 dans le supérieur).

Chaque enseignant devait mesurer la précision des mots clés extraits en comparant aux données qu'ils auraient eux-mêmes trouvées sur les pages web. Pour le **titre**, les enseignants devaient marquer "Vrai" ou "Faux" si le mot clé extrait correspondait exactement ou pas au titre du JEN. Pour la **discipline**, la **plateforme** et le **public cible**, ils devaient attribuer un score de 0 à 5 en fonction du niveau de correspondance entre les mots clés extraits et les données des pages web des JEN qu'ils auraient choisis. De plus, ils devaient donner un pourcentage de précision pour chaque texte de description extrait. Ainsi, cette indication devait les aider à juger du niveau de précision du texte de description extrait par le modèle ADEM par rapport au contenu présent sur la page web des JEN. Cette évaluation s'est déroulée sur une période de 2 mois durant lesquels chaque enseignant évaluait les informations des 24 JEN. De plus, ils pouvaient laisser des commentaires sur leurs observations et faire des recommandations sur l'interprétation des informations des JEN. En premier lieu, il faut déterminer s'il y a une concordance minimale au-delà du hasard entre les scores des enseignants à partir des travaux de Fleiss (2013) avant de faire la moyenne pour chaque JEN. Cet auteur propose de mesurer la concordance des observateurs Kf pour plusieurs juges avec la formule (7).

Il y a accord total entre les observateurs lorsque $Kf=1$. En revanche, $Kf \leq 0$ signifie aucune concordance entre les observateurs, i.e. les résultats auraient pu tout aussi bien être expliqués par le hasard. Dans cette expérimentation, $T=24$, car il y a 24 JEN, $k=6$, car il y a 6 valeurs de notation de 0 à 5 et $n=15$ pour les 15 enseignants.

$$Kf = \frac{\overline{P_m} - \overline{P_e}}{1 - \overline{P_e}} \quad (7)$$

Avec :

$$\overline{P_m} = \frac{1}{T} \sum_i^T (P_i) \quad (8)$$

$$\overline{P_e} = \sum_{j=1}^k P_j^2 \quad (9)$$

$$P_i = \frac{1}{n(n-1)} \left[\left(\sum_j^K n_{ij}^2 \right) - n \right] \quad (10)$$

$$P_j = \frac{1}{Tn} \sum_i^T n_{ij} \quad (11)$$

Le facteur P_i (10) renseigne sur le degré d'accord existant entre les observateurs pour l'objet i . P_i tend vers 1 lorsqu'il y a une unanimité entre les choix des observateurs (en vert dans les tableaux 9, 10, 11), et P_i tend vers 0 lorsque les avis sont mitigés (en jaune dans les tableaux 9, 10, 11).

3.3.2.2 Résultats des évaluations

Tout d'abord, les 15 enseignants ont estimé que tous les **titres** des JEN extraits automatiquement par ADEM étaient corrects, ce qui donne **100% de correspondance** (Tableau 12).

Les scores de correspondance donnés par les 15 enseignants pour la discipline, la plateforme et le public cible sont présentés respectivement dans les tableaux 9, 10 et 11.

Concernant la **discipline**, le $K_f=0.22$ explique l'existence d'une concordance entre les scores des enseignants sont qui d'ailleurs similaires. En effet, 17 JEN sur 24 ont un $P_i \geq 0.5$ dont 5 avec un $P_i \geq 0.75$ (en claire dans le Tableau 9).

23 JEN qui ont obtenu une moyenne supérieure ou égale à 3 sur 5, dont 16 JEN ayant reçu le score maximal de 5 sur 5 par au moins 2/3 des enseignants. En moyenne, les scores de concordance pour les JEN sont de 4.49 sur 5 (Tableau 9). Il y a, cependant, une exception à ces très bons scores : le JEN N° 5 *Foldit* a reçu un score de 0 par 12 enseignants. Cela peut s'expliquer par le fait que la page web du JEN *Foldit* contient beaucoup d'information sur son mode d'emploi ainsi que des conseils pour aller plus vite dans le jeu. Ceci ne représente pas le seul cas de divergence d'interprétation. Par exemple, avec le JEN N° 8 *Estimation du bien être en entreprise*, une enseignante expliquait que bien qu'elle comprenne la mention "statistique" pour la discipline, elle aurait préféré "économie" ou "gestion d'entreprise", car il s'agit selon elle d'une utilisation des statistiques pour la gestion du personnel d'une entreprise.

Tableau 9: Récapitulatif des scores donnés par les enseignants pour le mot clé "Discipline"

JEN	0	1	2	3	4	5	P_i
1	0	0	0	0	4	11	0,58
2	0	0	0	0	8	7	0,47
3	0	0	0	0	3	12	0,66
4	0	0	0	0	3	12	0,66
5	12	0	0	0	0	3	0,66
6	0	0	0	0	3	12	0,66
7	0	0	0	6	3	6	0,31
8	0	0	0	0	6	9	0,49
9	0	0	0	0	2	13	0,75
10	0	0	0	3	3	9	0,4
11	0	0	0	0	3	12	0,66
12	0	0	0	0	0	15	1
13	0	0	0	0	3	12	0,66
14	0	0	0	4	0	11	0,58
15	0	0	0	0	14	1	0,87
16	0	0	0	0	1	14	0,87
17	0	0	0	1	3	11	0,55
18	0	0	0	3	2	10	0,47
19	0	0	0	0	8	7	0,47
20	0	0	0	0	2	13	0,75
21	0	0	0	0	5	10	0,52
22	0	0	0	0	6	9	0,49
23	0	0	0	0	5	10	0,52
24	0	0	0	0	3	12	0,66

Les tendances sont similaires pour la correspondance des mots clés extraits automatiquement pour la **plateforme** (Tableau 10) avec $K_f=0.23$. Les enseignants sont quasi unanimes sur leur score : 20 JEN ont un $P_i \geq 0.5$, dont 12 JEN ont un $P_i \geq 0.75$ (en vert dans le Tableau 10).

20 JEN ont obtenu un score supérieur à 3 sur 5, dont 5 JEN ayant reçu le score maximal de 5 sur 5 par au moins 2/3 des enseignants. La moyenne générale des scores est de 4.57 sur 5 (Tableau 10). Seul le JEN N° 1 *Lure of Labyrinth* a des scores assez dispersés avec un P_i de 0.33. Le fait que cette donnée ne soit pas explicitement présente dans la description du JEN, elle fut plutôt considérée comme incorrecte par bien d'enseignants.

Tableau 10: Récapitulatif des scores donnés par les enseignants pour le mot clé "Plateforme"

JEN	0	1	2	3	4	5	Pi
1	8	4	1	2	0	0	0,33
2	0	0	0	0	3	12	0,66
3	0	0	0	0	4	11	0,58
4	0	0	0	0	10	5	0,52
5	0	0	0	0	0	15	1
6	0	0	0	0	2	13	0,75
7	0	0	0	0	2	13	0,75
8	0	0	0	0	2	13	0,75
9	0	0	0	0	8	7	0,47
10	0	0	0	1	8	6	0,41
11	2	0	0	0	0	13	0,75
12	0	0	0	0	1	14	0,87
13	0	0	0	0	4	11	0,58
14	2	0	0	0	0	13	0,75
15	0	0	0	0	5	10	0,52
16	0	0	0	0	0	15	1
17	0	0	0	0	1	14	0,87
18	0	0	0	0	3	12	0,66
19	0	0	0	0	1	14	0,87
20	0	0	0	0	4	11	0,58
21	0	0	0	0	0	15	1
22	0	0	0	0	1	14	0,87
23	0	0	0	1	4	10	0,49
24	0	0	0	0	5	10	0,52

La concordance au-delà du hasard pour le public cible est encore plus forte avec $K^f=0.5$. Les enseignants sont beaucoup plus en accord sur leur choix pour le **public cible** avec 21 JEN dont $P_i \geq 0.5$ dont 10 JEN avec $P_i \geq 0.75$ (en jaune dans le Tableau 11).

Même s'il y a une quasi-unanimité des choix des enseignants, le score de correspondance est plus bas avec une moyenne de 3.43 sur 5 (Tableau 12). En effet, seuls 13 JEN sur les 24 qui ont obtenu une moyenne supérieure à 4. De plus, 8 JEN ont obtenu une moyenne inférieure à 3. Les JEN pour lesquels ADEM a extrait la valeur "All" ont tous obtenu des moyennes inférieures à 2 (e.g. N° 5 *Foldit* – Avg = 0, N° 15 *The Typing of Dead* – Avg = 0.06, N° 16 *Cranky* – Avg = 0.8, etc.) (Tableau 12). Ceci est certainement dû à une erreur de notre part. En effet, quand ADEM ne trouve pas d'information sur le public cible, il utilise la valeur "All", mais les enseignants n'en ont pas été informés.

Tableau 11: Récapitulatif des scores donnés par les enseignants pour le mot clé "Public cible"

JEN	0	1	2	3	4	5	Pi
1	0	0	0	0	0	15	1
2	0	0	0	0	0	15	1
3	0	0	0	0	11	4	0,58
4	0	0	2	0	1	12	0,64
5	15	0	0	0	0	0	1
6	2	0	0	0	2	11	0,54
7	0	0	0	0	6	9	0,49
8	0	0	0	0	3	12	0,66
9	1	0	0	0	1	13	0,74
10	11	0	0	0	4	0	0,58
11	6	0	0	0	6	3	0,31
12	13	0	0	0	0	2	0,75
13	10	0	0	0	5	0	0,52
14	11	0	0	0	1	3	0,55
15	9	0	0	0	6	0	0,49
16	12	0	0	0	3	0	0,66
17	0	0	0	15	0	0	1
18	0	0	0	0	6	9	0,49
19	0	0	0	3	0	12	0,66
20	0	0	0	0	1	14	0,87
21	0	0	0	0	5	10	0,52
22	0	0	0	1	1	13	0,74
23	0	0	0	5	0	10	0,52
24	0	0	0	0	0	15	1

Concernant l'extraction du **texte de description** des JEN, les enseignants ont attribué en moyenne un niveau de précision $P_r > 90\%$ pour 12 JEN dont $P_r = 100\%$ pour 5 JEN. En revanche, 4 JEN ont un $P_r = 73.75\%$ (e.g. du N°6 *Robot Tueur* au N° 9 *Mission à Emosson*) et N° 5 *Foldit* obtient un score de 0% (Tableau 12). Les JEN avec une moyenne de précision supérieure à 95% ont une page web avec une structure HTML plutôt bien formatée avec une utilisation des balises adéquates.

Tableau 12: Moyenne des évaluations des enseignants

JEN	Titre	Moyenne (0 - 5)			% P_r
		Discipline	Plateforme	Public cible	
1	V	4,73	0,8	5	98,13
2	V	4,47	4,8	5	99,38
3	V	4,8	4,73	4,26	93,75
4	V	4,8	4,33	4,53	96,88
5	V	1	5	0	0
6	V	4,8	4,86	4,2	73,75
7	V	4	4,86	4,6	73,75
8	V	4,6	4,86	4,8	73,75
9	V	4,87	4,46	4,6	73,75
10	V	4,4	4,33	1,06	100
11	V	4,8	4,33	2,6	74,38
12	V	5	4,93	0,66	88,75
13	V	4,8	4,73	1,33	92,5
14	V	4,47	4,3	1,26	92,5
15	V	4,07	4,66	1,6	93,75
16	V	4,93	5	0,8	89,38
17	V	4,67	4,93	3	95,63
18	V	4,47	4,8	4,6	100
19	V	4,47	4,93	4,6	100
20	V	4,87	4,73	4,93	77,5
21	V	4,67	5	4,66	81,88
22	V	4,6	4,93	4,8	100
23	V	4,67	4,6	4,33	84,38
24	V	4,8	4,66	5	100
Totale	100%	4,49	4,57	3,43	82,15

*V=vrai

Il y a cependant des difficultés d'extraction pour le contenu de description des JEN tels que le JEN N° 5 *Foldit* $P_r = 0$, principalement dues aux problèmes mentionnés plus haut. En outre, il y a beaucoup de bruit dans la récupération du contenu de description, ce qui s'explique par la mauvaise organisation des pages avec des informations dispersées dans plusieurs nœuds sans rapport les uns avec les autres. Ainsi, le niveau de précision est plus faible pour *Robot tueur*, *Fuite Fatal*, *Estimation du bien-être en entreprise* et *Mission à Emosson*, car ces JEN sont décrits sur la même page *Les ECSPER* qui contient 6 JEN pour ce projet, avec un pop-up qui apparaît lorsque vous cliquez sur un des JEN (Figure 14).

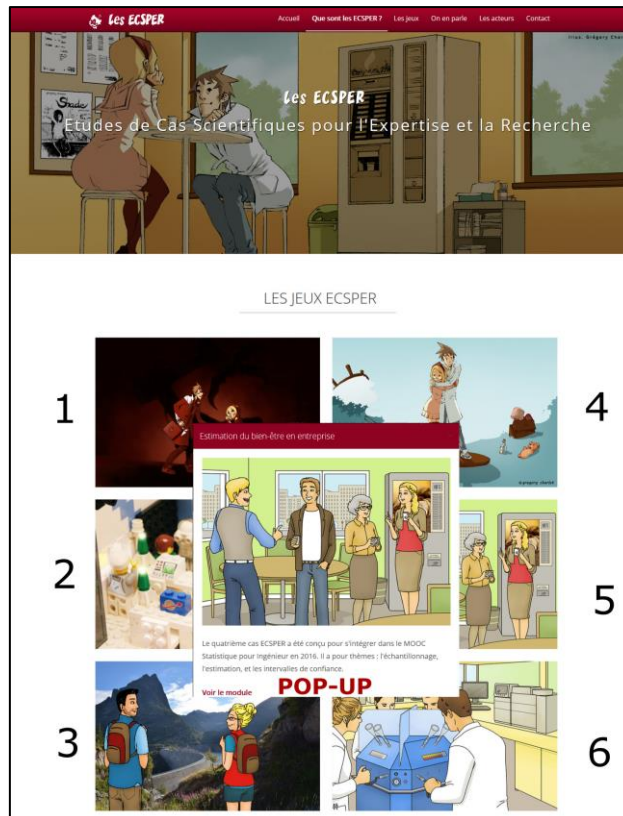


Figure 14: La page web "Les ECSPER" avec un pop-up en cliquant sur un des 6 Jeux Educatifs numériques

Conclusion

Ce chapitre a permis de répondre à l'objectif **O1** concernant la collecte d'informations sur les jeux éducatifs numériques (JEN). L'idée d'extraire automatiquement les informations décrivant les JEN vise ainsi à résoudre le problème de l'indexation automatique des JEN. Nous avons donc proposé un modèle d'extraction automatique nommé *Automatic Description Extraction Model (ADEM)*, permettant d'extraire le contenu de description et les mots clés pertinents des JEN disponibles sur leurs pages web. La particularité du modèle ADEM est qu'il peut fonctionner sans connaissance préalable de l'organisation et de la structure de HTML de la page web. La principale difficulté pour l'extraction automatique de contenu pertinent des pages web des JEN est liée à leurs architectures HTML. Le fait de ne pas utiliser des blocs sémantiquement compréhensibles pour la structuration des contenus de description des JEN diminue le niveau de précision dans les données extraites.

Ainsi, l'outil conçu sur le modèle ADEM a permis de récolter les informations pour 785 JEN pour lesquels des mots clés concernant le titre, la discipline, la plateforme et le public cible ont été extraits. En réalité, ADEM a été capable d'extraire des mots clés concernant 23 champs de

métadonnées qui seront présentés dans le chapitre 5. La pertinence des données extraites automatiquement par ADEM semble très satisfaisante en tenant compte des expérimentations menées avec 15 enseignants. Les enseignants ont jugé que les informations extraites pour le titre étaient correctes à 100 %. Les informations extraites pour la discipline et la plateforme ont obtenu des moyennes supérieures à 4/5 et le public cible 3/5. De plus, la pertinence des textes de description collectés est au-dessus de 80%. Cela permet donc de valider nos hypothèses **H1.1** et **H1.2**. Pour la première hypothèse, ADEM arrive à identifier les blocs de texte significatifs des pages web contenant les informations de description des JEN. Pour la seconde hypothèse, une analyse sémantique du texte récupéré par ADEM permet bien d'avoir les mots clés pertinents pour l'indexation des JEN.

Le modèle ADEM peut être utilisé par les catalogues de LG pour améliorer et accélérer les tâches d'indexation en spécifiant simplement les pages web de jeu pour l'indexation automatique. Enfin, l'ADEM pourrait être utilisée pour indexer automatiquement toutes sortes d'articles sur les pages web. Des travaux futurs permettront de fournir aux utilisateurs une interface où ils pourront ajuster les paramètres dans ADEM, en fonction de leurs objectifs et des mots clés désirés.

Cependant, le niveau de précision concernant les données extraites de certaines pages web de JEN, en particulier celles qui sont mal formatées ou contenant du contenu flash, n'était pas aussi élevé que pour les autres. La difficulté à représenter le monde éducatif est liée à la diversité des programmes et sujets d'enseignement dans le monde. En effet, comment extraire les mots clés concernant le public cible d'un JEN si le thème abordé par celui-ci peut être étudié à différents niveaux d'enseignement selon le pays ?

De plus, le constat est que les enseignants ont beaucoup de mal à lire les pages web des JEN pour trouver les informations sur les JEN, car elles contiennent parfois beaucoup d'informations diverses telles que les pages web des JEN *Foldit* et *Prog & play*. Les éditeurs de JEN gagneraient donc à décrire leurs JEN avec des métadonnées simples et compréhensibles pour éviter des ambiguïtés d'interprétation. Dans le chapitre suivant, nous allons proposer un schéma de métadonnées simple et adapté pour les JEN.

4

Schéma de métadonnées pour la description des Jeux Educatifs Numériques (LGMD)

INTRODUCTION	79
4.1 ANALYSE DES CHAMPS DES EXTENSIONS DE LOM.....	79
4.2 STRUCTURE DU LEARNING GAME METADATA DEFINITION	86
4.3 ANALYSE DES DONNEES DES JEN FOURNIES.....	87
4.4 DISCUSSION	91
CONCLUSION	93

Introduction

Le chapitre 3 a présenté un modèle d'indexation automatique des jeux éducatifs numérique (JEN). Une des difficultés majeures rencontrées pour cette indexation vient de la mauvaise description des JEN par les éditeurs. De plus, il n'existe pas de consensus sur un modèle de description des JEN. Le chapitre 2 a révélé les freins à l'adoption des modèles de description des JEN existants. En effet, ces schémas sont basés sur des extensions du LOM, un schéma de métadonnées conçu pour décrire des ressources pédagogiques et qui s'avère très lourd et inadapté pour la description des JEN. Ainsi, l'enjeu est de proposer un schéma de métadonnées léger et optimal pour la description des JEN. Le schéma de métadonnées proposé doit contenir peu de champ, pour faciliter son utilisation par les éditeurs de JEN, tout en conservant les informations importantes et nécessaires à la description des JEN.

Pour élaborer le modèle *Learning Games Metadata Definition* (LGMD), les principaux champs proposés par les extensions de LOM seront analysés afin d'identifier les champs les plus utiles à la description des JEN. Ensuite, les champs des catégories retenues seront réaménagés en y introduisant des champs importants pour les JEN, mais non présents dans LOM-extension. Enfin, les données des JEN fournies par les éditeurs seront analysées pour s'assurer que les champs du LGMD couvrent bien les informations nécessaires à leur description.

4.1 Analyse des champs des extensions de LOM existantes

Learning Object Metadata (LOM) est un schéma de métadonnées conçu pour décrire les ressources pédagogiques. Pour adapter le LOM aux JEN, plusieurs travaux de recherche y ont ajouté des champs de description spécifiques aux JEN. Dans le chapitre 2, ces extensions de LOM ont été regroupées dans un schéma nommé LOM-Extension. Cette section sera consacrée à l'analyse des champs de ce LOM-Extension afin d'identifier les champs à conserver afin de proposer un modèle léger et optimal pour la description des JEN.

LOM-extension contient 60 champs principaux, dont 20 obligatoires ou recommandés et 40 facultatifs. Les auteurs de ces extensions décrivent les champs obligatoires ou recommandés comme les plus importants et les plus renseignés dans les répertoires de ressources pédagogiques (Ochoa et al., 2011). Les champs facultatifs sont disponibles pour les cas où l'éditeur voudrait aller plus loin dans la description d'une ressource. Ils ne fournissent donc pas d'informations importantes.

Ainsi, étant donné l'objectif d'obtenir un modèle de description léger et optimal pour faciliter son usage par les éditeurs, il semblait logique de conserver, dans un premier temps, uniquement les champs obligatoires et recommandés. La suite du chapitre fera un récapitulatif des champs, pour chacune des 10 catégories de LOM-Extension, pour discuter de leur pertinence pour la description de JEM.

4.1.1 Catégorie Générale

Dans la catégorie générale, les champs obligatoires ou recommandés sont conservés, à savoir les champs *titre*, *langue*, *description* et *mots clés* exceptés les champs *identifiant* et *type documentaire*.

En effet, le champ *identifiant* définit un numéro d'entrée du JEN dans un catalogue catalogues. Il s'agit d'un numéro donné automatiquement comme un numéro ISBN. Ce n'est donc pas une information qui doit être fournie par l'éditeur de JEN. Ensuite, il y a le champ *type documentaire* qui désigne le type de la ressource pédagogique (e.g. vidéo, image, document, JEN, etc.). Étant donné que le modèle de description LGMD concerne uniquement les JEN, il n'est pas nécessaire de demander cette information aux éditeurs (Figure 15).

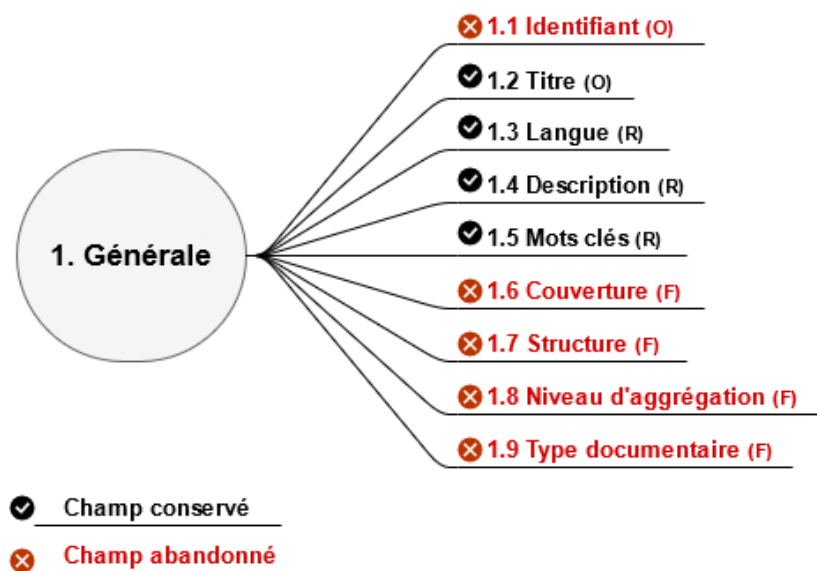


Figure 15 : Allègement de la catégorie 1. Générale

4.1.2 Catégorie Cycle de vie

Tous les champs de cette catégorie sont recommandés. Cependant, sont conservés uniquement les champs *version*, permettant d'identifier le numéro de version actuelle de la ressource

pédagogique et *contribution*, qui permet de communiquer des informations concernant l'éditeur. Le champ *état de la ressource* traite de la disponibilité du JEN. Cette information peut être importante pour des catalogues fournissant des ressources pédagogiques physiques telles que des livres ou des CD, dans la mesure où celles-ci peuvent être en rupture de stock, donc indisponibles. Cependant, elle ne semble pas pertinente pour des ressources pédagogiques numériques telles que les JEN (Figure 16).

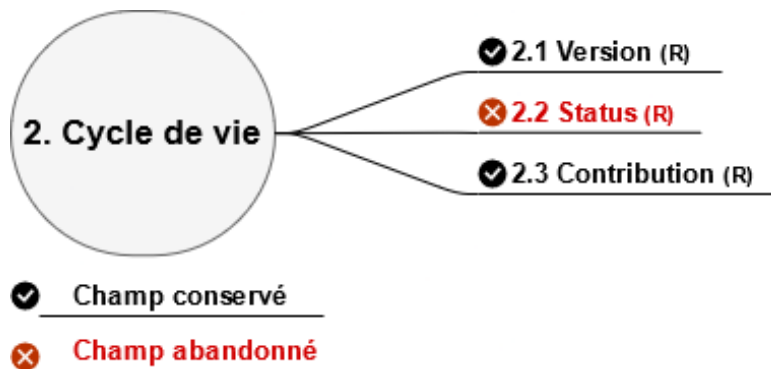


Figure 16 : Allègement de la catégorie 2. Cycle de vie

4.1.3 Catégorie Méta-métadonnées

Cette catégorie est une sorte de super métadonnée qui renseigne des informations sur le schéma de métadonnées utilisé. Les champs tels que *contribution* communiquent des informations sur les personnes ou les entités ayant décrit le JEN. Les informations de cette catégorie ne présentent réellement pas d'intérêt pour la description des JEN dans notre contexte. De plus, ils sont tous facultatifs. Cette catégorie ne sera donc pas conservée (Figure 17).

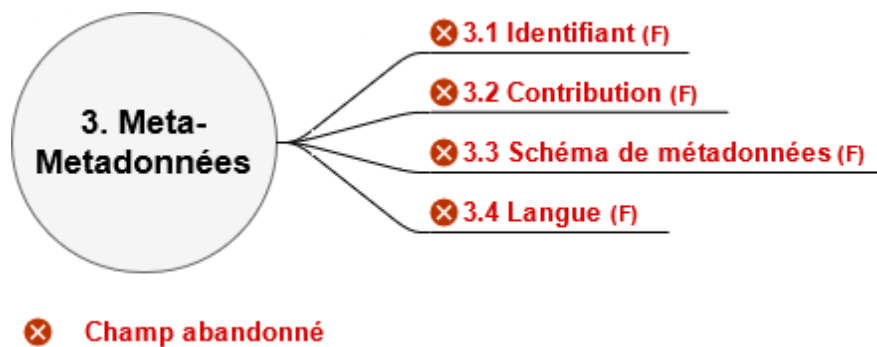


Figure 17 : Abandon de la catégorie 3. Méta-Métadonnées

4.1.4 Catégorie Technique

Dans cette catégorie, en plus des champs recommandés, les champs *taille* et *exigences techniques*, qui sont facultatifs seront tout de même conservés. En effet, le champ *taille* permet

de savoir si l'espace disque du matériel informatique disponible est suffisant pour l'installation du JEN. Le champ *exigence technique* renseigne sur le matériel et les plateformes requises pour l'exécution de la ressource pédagogique. Étant donné que les JEN ne sont pas conçus pour s'exécuter sur toutes les plateformes, il est important pour les utilisateurs de savoir si le matériel à leur disposition est capable de les exécuter. Rappelons que la norme LOM a été élaborée au départ pour couvrir les ressources pédagogiques textuelles, qui sont de petite taille, et généralement portable sur toutes les plateformes. Il pouvait donc ne pas être nécessaire de donner ces informations, ce qui n'est pas le cas pour les JEN (Figure 18).

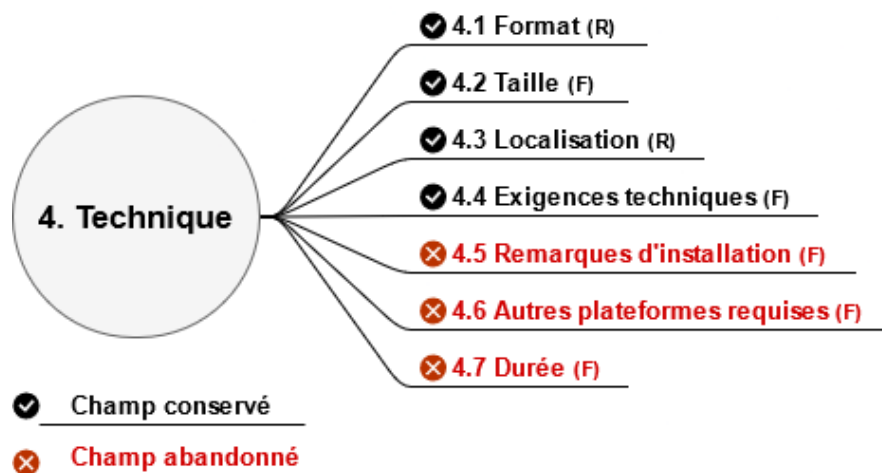


Figure 18 : Allègement de la catégorie 4. Technique

4.1.5 Catégorie Pédagogique

La catégorie pédagogique contient 4 champs recommandés et 14 champs facultatifs. Le champ *type de la ressource* qui définit l'objet de la ressource n'est pas conservé, puisqu'il aura toujours la valeur "application/jeu". Le champ *contexte* définit le niveau pédagogique des apprenants auxquels est destiné le JEN (e.g. "niveau CM", "licence"), tandis que le champ *public cible* peut traiter du type d'apprenant (e.g. "élève du primaire", "étudiant 1^{ère} année"). Il est alors possible de fusionner le champ *contexte* avec le champ *public cible* puisqu'il n'y a pas de différences majeures entre les deux. En plus, le champ *groupe d'âge*, pourtant facultatif est conservé, car il définit l'intervalle d'âge requis auquel sont destinés les JEN. En effet, cette information est capitale parce qu'elle permet d'apporter des précisions au champ *public cible* qui est plus généraliste. De plus, ce champ a un caractère universel, puisqu'il est plus facile d'interpréter les valeurs telles que "8-12 ans" ou "-15 ans" que les valeurs du champ *public cible* telles que "Tle" ou "Licence" qui n'ont pas les mêmes significations dans tous les systèmes éducatifs du monde. Les champs facultatifs *activités induites*, *validation des acquis* et *mode de*

jeu sont également conservés. Bien qu'ils ne soient pas capitaux, ces champs donnent pourtant des informations intéressantes sur les apports pédagogiques des JEN.

En effet, le champ *mode de jeu* permet de savoir si un JEN peut se jouer à plusieurs, ce qui peut être intéressant pour des activités de groupe. Il est également utile de conserver le champ *validation des connaissances* qui décrit les compétences à acquérir dans une discipline (e.g. pour les maths : trigonométrie, calcul de cosinus, etc.) et le champ *activités induites* qui décrit les activités pédagogiques générées durant l'exploitation du JEN (e.g. créer, coopérer, etc.) (Figure 19).

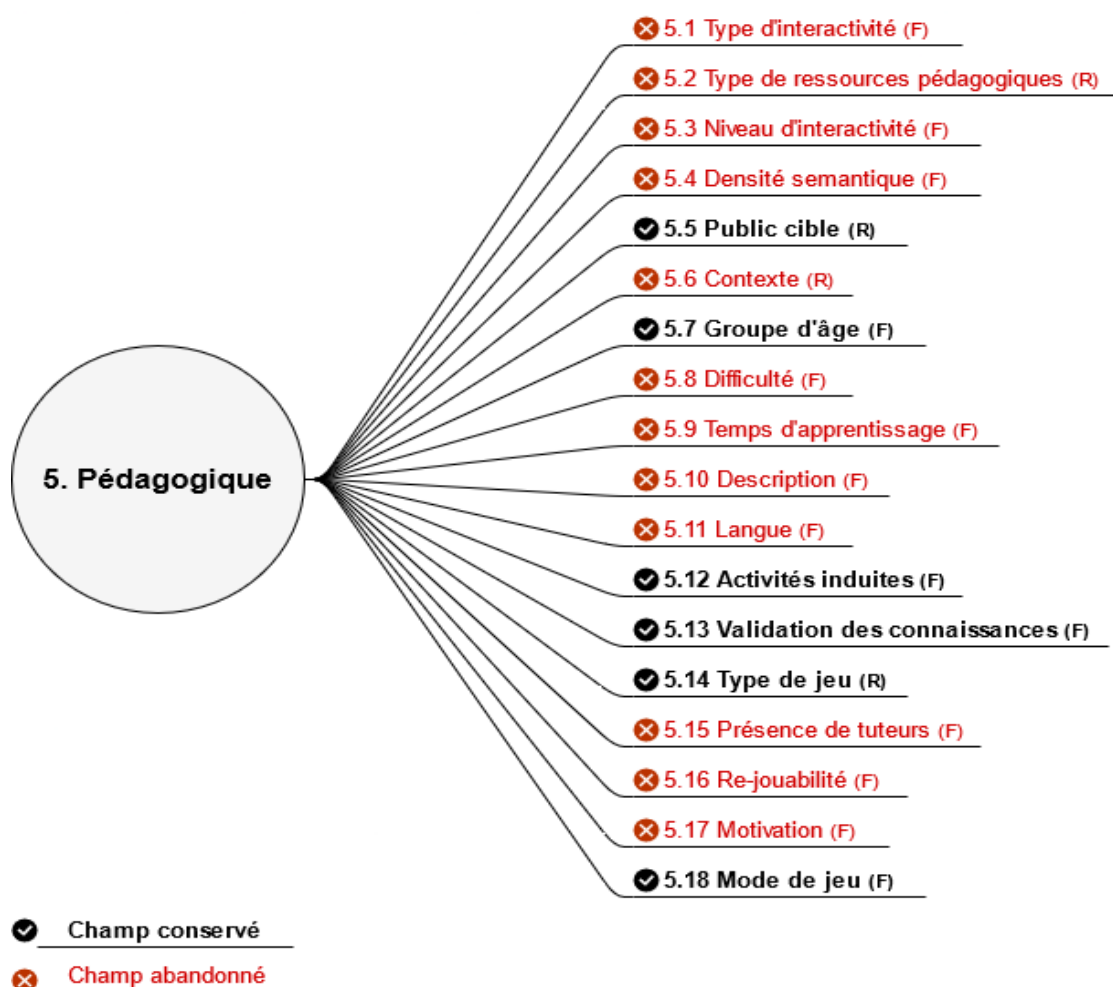


Figure 19 : Allègement de la catégorie 5. Pédagogique

4.1.6 Catégorie Droits

La catégorie *Droits* représente les informations concernant les droits d'auteurs et les conditions d'utilisation des JEN. Le champ *description* permet de donner tous les détails des conditions d'utilisation. Bien qu'il soit intéressant, l'information qui va intéresser principalement un

enseignant est si le JEN est libre de droits de gratuit. Les champs conservés sont les champs *copyright* en recommandé et *coût* en facultatif, qui donnent ces informations (Figure 20).

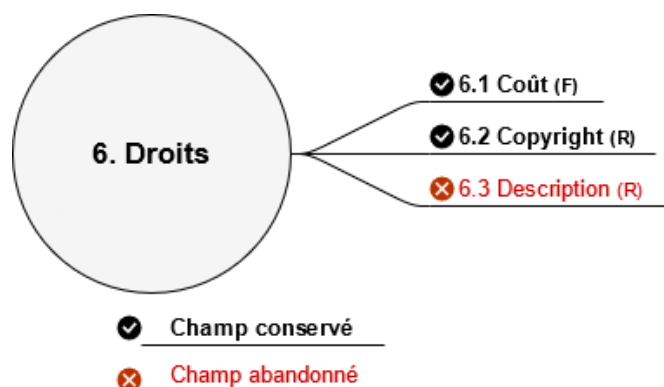


Figure 20 : Allègement de la catégorie 6. Droits

4.1.7 Catégorie Relation

La catégorie relation qui décrit le type de lien pouvant exister entre plusieurs JEN ne sera pas conservée. Cette catégorie n'est pas capitale dans la description des JEN, car elle ne donne pas d'information spécifiquement sur le JEN, en plus d'avoir uniquement des champs facultatifs (Figure 21).

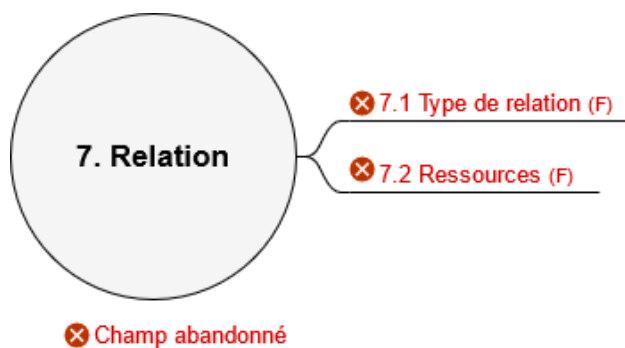


Figure 21 : Abandon de la catégorie 7. Relation

4.1.8 Catégorie Annotation

La catégorie annotation contient uniquement des champs facultatifs. Cependant, le champ *classification du jeu* sera conservé, car il permet de classer les JEN selon des systèmes de classification basés sur le profil des apprenants en tant que joueurs (e.g. PEGI +14, ERSB 12, etc.) (Bushman & Cantor, 2003; Konzack, 2012) (Figure 22).

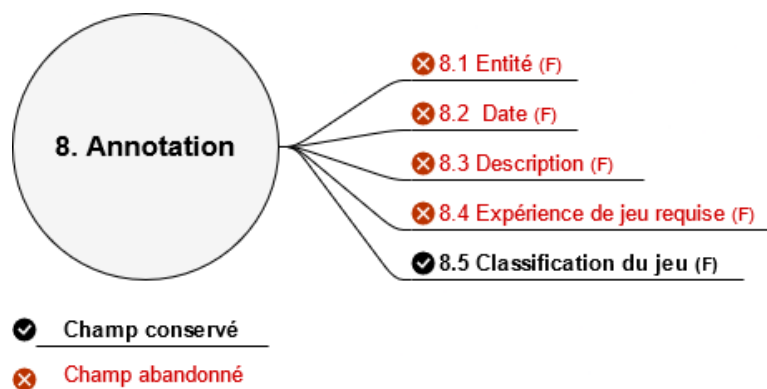


Figure 22 : Allègement de la catégorie 8. Annotation

4.1.9 Catégorie Classification

La catégorie classification contient trois champs facultatifs, un champ recommandé et un champ obligatoire. Le champ obligatoire *objectif* ne sera pas conservé, car il traite des objectifs pédagogiques du JEN en communiquant des informations sur la validation des acquis, les activités générées par l'exploitation du JEN, etc., qui sont déjà représentées dans la catégorie pédagogique. Les travaux antérieurs étudiés dans le chapitre 2 ont par ailleurs souligné la nécessité que ces informations soient dans la catégorie pédagogique. Le champ recommandé *jouabilité* (e.g. aventure, exploration, etc.) sera conservé (Figure 23).

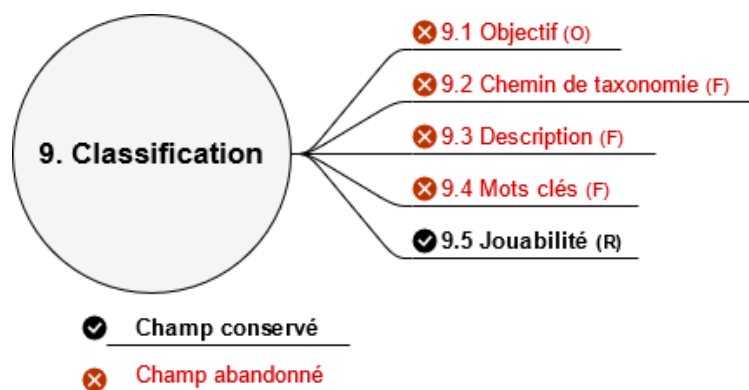


Figure 23: Allègement de la catégorie 9. Classification

4.1.10 Catégorie Intégration à la formation

La dernière catégorie intégration à la formation, ajoutée par le schéma LOMFR-SG (Marfisi-Schottman et al., 2011) traite de l'intégration des JEN dans une offre de formation avec des données telles que le paramétrage des composants et les traces d'exploitation du JEN par l'apprenant. Le champ obligatoire *type de composant* définit l'objectif du composant avec des valeurs tel que "pédagogique", "fonctionnel", "éditeur de composants". Ce champ ne concerne

pas seulement les JEN, mais les *Serious Games* dans leur globalité. Ainsi, ce champ ne sera pas conservé, puisqu'il aurait eu comme valeur "pédagogique" dans tous les cas. Cependant, le champ facultatif *indicateur de progression* est conservé parce qu'il communique des informations intéressantes sur comment les apprenants sont évalués dans le JEN (e.g. des scores, le temps, le niveau de complétion, etc.) (Figure 24).

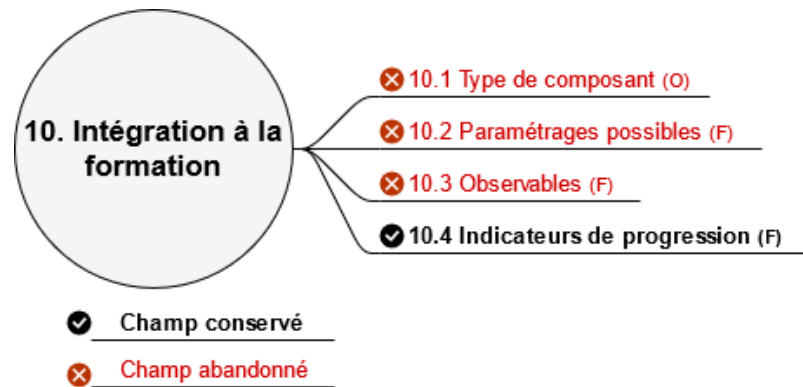


Figure 24: Allègement de la catégorie 10. Intégration à la formation

4.2 Structure du modèle *Learning Game Metadata Definition*

L'analyse des principaux champs de LOM-extension fait ressortir les champs les plus significatifs pour la description des JEN. De cette analyse, 21 champs sont conservés dans 8 catégories. Cependant, une réorganisation des champs est nécessaire pour replacer certains champs dans les catégories appropriées selon leur signification et par souci d'allègement du modèle proposé. Le champ *classification du jeu* de la catégorie annotation est ramené dans la catégorie classification puisqu'il définit un système de classification des JEN selon le profil des apprenants. Ensuite, le champ *indicateur de progression* de la catégorie intégration à la formation, traitant du mode d'évaluation pédagogique de l'apprenant, sera mieux représenté dans la catégorie pédagogique qui rassemble tous les aspects pédagogiques des JEN. Les catégories intégration à la formation et annotation, qui ne contiennent plus de champs, sont donc supprimées. Un réaménagement est fait en introduisant dans la catégorie pédagogique, le champ *discipline* qui traite du sujet principal étudié dans les JEN avec des valeurs tels que "math", "histoire", "informatique", etc. Effet, cette information était généralement renseignée dans le champ *mots clés* de la catégorie générale ou dans les sous valeurs du champ objectif de la catégorie classification. Ensuite, le sous-champ *date* du champ *contribution* de la catégorie cycle de vie est défini comme un champ principal. Enfin le champ *exigences techniques* de la

catégorie technique est renommé en *plateforme* (e.g. Windows, Linux, Android, etc.), qui est un terme bien plus explicite pour des éditeurs de JEN et les enseignants.

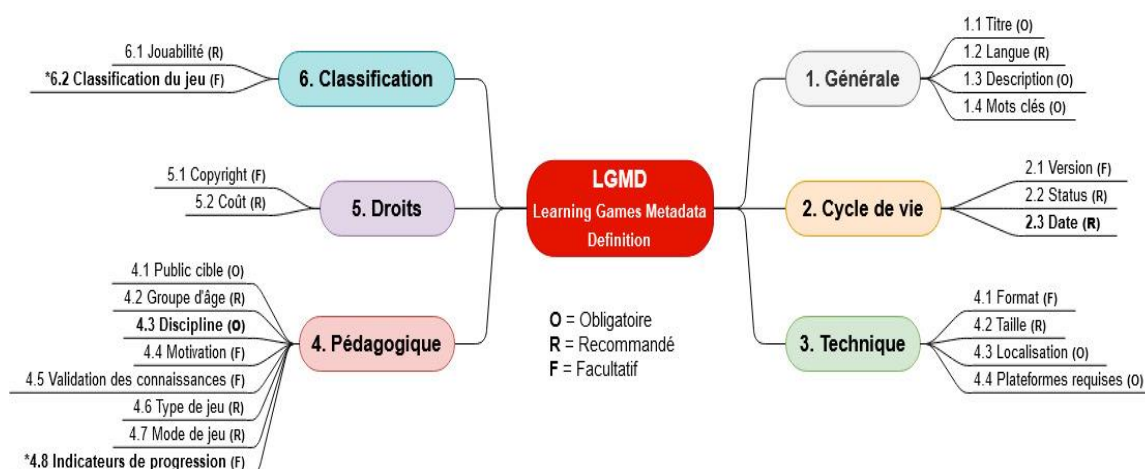


Figure 25 : Le modèle Learning Games Metadata Definition (LGMD)

En résumé, le schéma LGMD fournit 23 champs répartis dans 6 catégories (Figure 25), dont 7 champs obligatoires, 10 recommandés et 6 champs facultatifs qui peuvent avoir plusieurs valeurs dans différents formats. Il comporte donc trois fois moins de champs que le schéma LOM-extension étudié précédemment, puisqu'il se veut léger et compréhensible pour inciter les éditeurs de JEN à l'utiliser. Les champs ainsi proposés sont pertinents pour la description des JEN, car ils sont issus des travaux d'extension de LOM précédemment étudiés (chapitre 2). Cependant, le piège à éviter concerne la perte d'informations importantes pour les JEN. Il faudrait donc s'assurer que l'allègement de LOM-extension proposé ne réduit pas la quantité d'informations utiles pour la description des JEN.

La section suivante consiste à vérifier si les champs du schéma de métadonnées LGMD couvrent entièrement les données couramment fournies par les éditeurs de JEN.

4.3 Analyse de données des JEN fournies par les éditeurs

4.3.1 Collections des données

Le schéma LGMD est conçu pour être plus léger et plus simple à renseigner pour les éditeurs de JEN que les modèles existants basés sur des extensions de LOM. Les champs qui semblaient non significatifs et ambigus dans la description des JEN ont été supprimés. Afin d'être sûr de n'en avoir pas trop supprimé, il faut vérifier que les champs du LGMD couvrent bien les données actuellement fournies par les éditeurs de JEN. Les données des JEN disponibles dans

les catalogues en ligne seront de ce fait analysées. Afin de fixer un périmètre de recherche, la collecte concernera uniquement les JEN créés du 1^{er} janvier 2008 au 31 décembre 2020 et disponibles sur les principales plateformes numériques (e.g. Windows, Linux, iOS, Android) ou pouvant être joué en ligne. 785 JEN ont été collectés (Tableau 13), et leurs données seront analysées pour être comparées avec les champs des schémas LOM-extension et LGMD.

Tableau 13: Nombre de jeux collectés par catalogue

Catalogues	Nombre de jeux collectés
SeriousGameClassification	413
MobyGames	286
Serious Game Fr	75
MIT STEP	7
LesEscper	4
Total	785

Il faut rappeler que les éditeurs de JEN ne suivent pas de schéma de métadonnées pour la description de leur JEN. Ils décrivent leur JEN avec des paragraphes de texte comme cela a été montré dans le chapitre 1. Ainsi, l'analyse des données des JEN portera sur les textes de description des JEN pour trouver des mots clés pouvant correspondre aux valeurs de chaque champ du schéma LOM-extension et ceux du schéma LGMD. Chaque mot clé trouvé correspondant à la valeur d'un champ est considéré comme fourni par l'éditeur. Cette tâche sera réalisée à partir d'un outil basé sur le modèle ADEM, présenté dans le chapitre 3, capable d'extraire des données avec une pertinence supérieure à 4/5. Bien qu'ayant été validé sur 4 types de données, le modèle ADEM peut à fortiori être performant pour les autres champs puisqu'il utilise les mêmes méthodes d'extraction. Les résultats des données collectés sont présentés dans la section suivante.

4.3.2 Résultats des analyses

L'analyse des informations des pages web des JEN révèle plusieurs correspondances entre les mots clés et les champs des schémas LOM-extension et LGMD. Les résultats des analyses donnent 17 champs fournis par les éditeurs des 785 JEN collectés, quel que soit le schéma de métadonnées (Figure 26). 15 champs sont fournis à plus de 50%, dont 10 champs fournis par 100% des éditeurs de JEN (Figure 26). Cependant, il apparaît 3 champs qui sont rarement fournis par les éditeurs, avec 2% pour le champ "classification du jeu", 1% pour le champ "copyright" et 0.5% pour le champ "version".

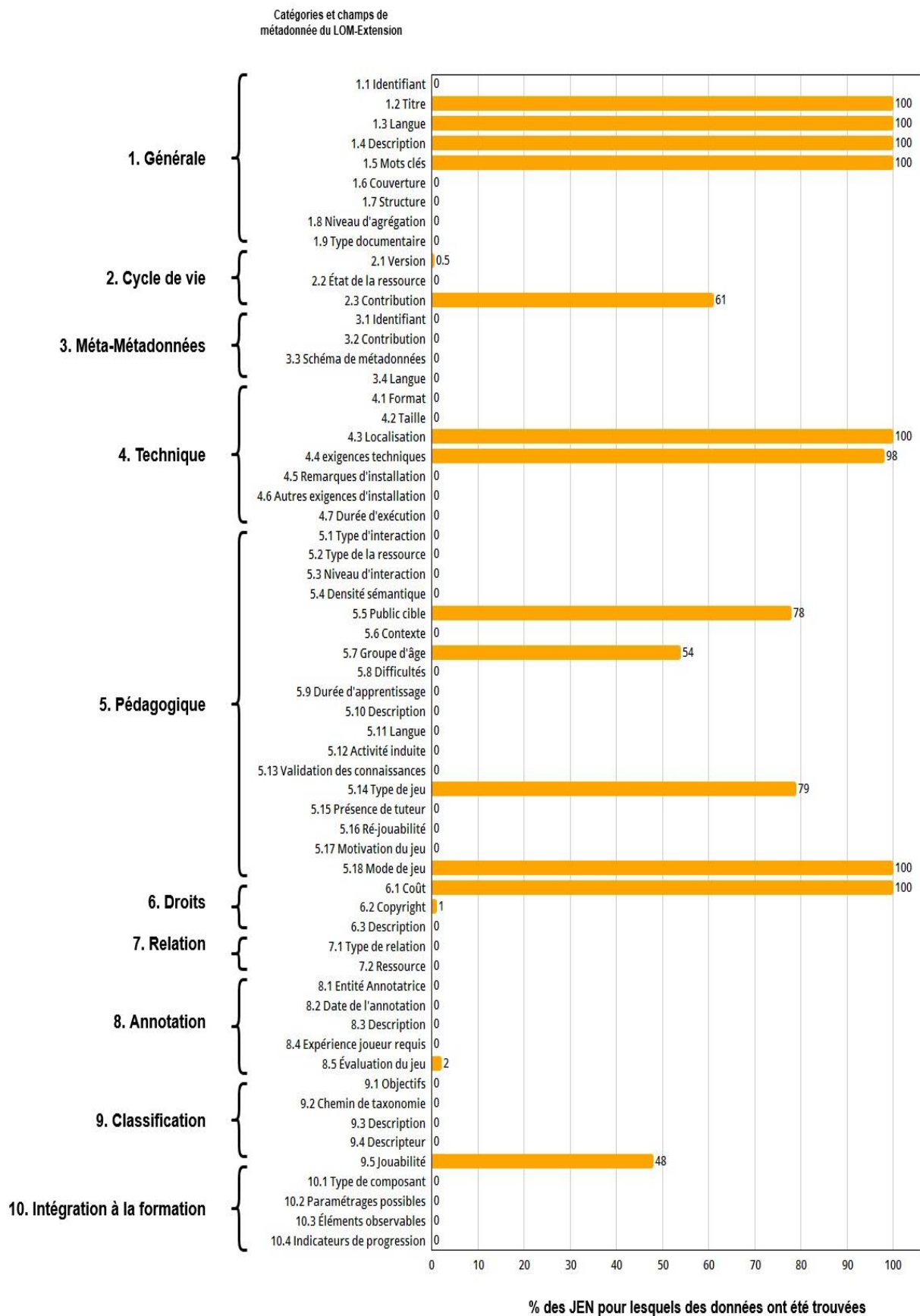


Figure 26 : Pourcentage des données fournies pour chaque champ du schéma LOM-extension

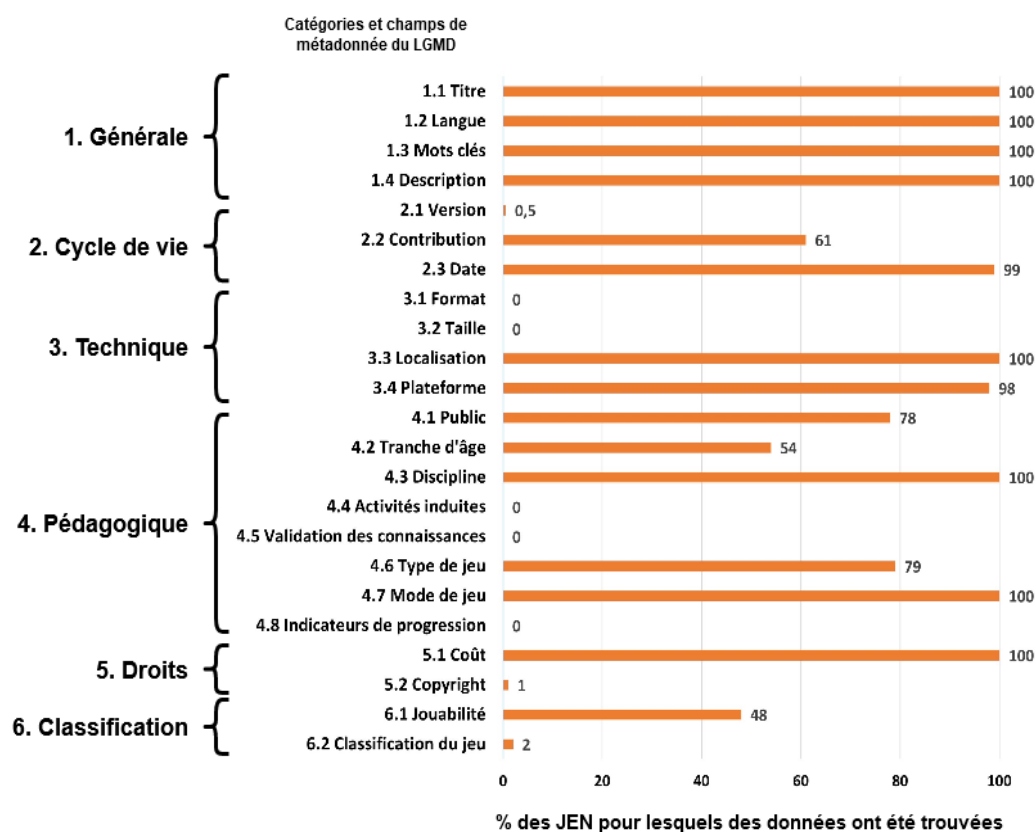


Figure 27: Pourcentage des données fournies pour chaque champ du schéma LGMD

Sur les 17 champs fournis par les éditeurs, les champs *discipline* et *date*, fournis par environ 100% des éditeurs de JEN sont pourtant des sous catégories dans LOM-Extension. Ainsi, plus de 45 champs du schéma LOM-extension ne sont pas fournis par les éditeurs de JEN, soit 75% des champs non utilisés. Les catégories *méta-métadonnées* et *relation* du schéma LOM-extension n'ont aucun champ fourni, et pour la catégorie *annotation*, seul le champ *classification du jeu* est fourni à 2%. 6 champs facultatifs sont fournis dans le schéma LOM-extension, dont 5 champs fournis à plus de 50% et 7 champs obligatoires ou recommandés de ce modèle sont fournis à moins de 1%.

En revanche, les 17 champs fournis par les éditeurs sont couverts par les champs du schéma LGMD. Ainsi, 6 champs du schéma LGMD ne sont pas fournis par les éditeurs de JEN, i.e. *format*, *taille*, *activité induite*, *validation des connaissances* et *indicateurs de progression* auxquels s'ajoute le champ *version* pour sa très faible représentation (0.5%) (Figure 27). Les résultats montrent également que toutes les catégories du schéma LGMD ont au moins 1 champ fourni par les éditeurs de JEN, avec 100% des champs fournis pour les catégories générale, droits et classification (Figure 28).

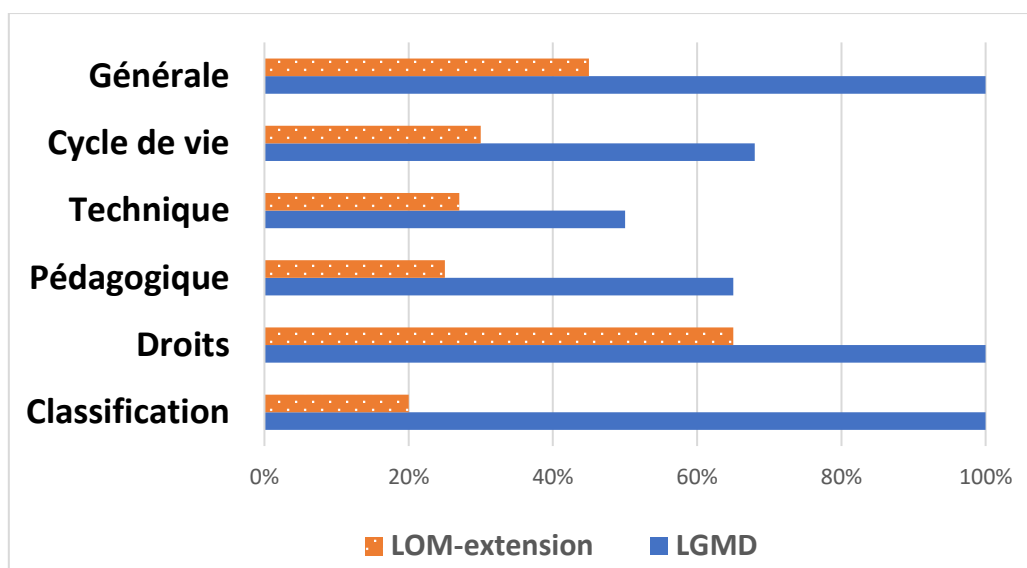


Figure 28 : Comparaison des données fournies par catégorie entre le schéma LOM-extension et le schéma LGMD

4.4 Discussion

La première interprétation possible des résultats obtenus est que le schéma LGMD couvre bien toutes les informations fournies par les éditeurs, et ce, malgré l'allègement effectué. Le fait que les éditeurs de JEN n'ont fourni aucune donnée pour des champs non inclus dans le schéma LGMD prouve qu'ils ne sont pas significatifs pour la description des JEN.

Les résultats montrent par ailleurs que la création des champs *discipline* et *date* étaient nécessaires puisqu'ils sont fournis par quasiment tous les éditeurs dans la description de leur JEN. De plus, le fait de retrouver beaucoup d'informations pour 6 champs qualifiés de facultatifs dans le schéma LOM-extension et aucune information pour 7 champs considérés comme obligatoires par ce schéma montre qu'il n'est pas adapté aux pratiques réellement utilisées.

En revanche, le schéma LGMD est adapté à la description des JEN puisque tous ses champs importants sont fournis par les éditeurs de JEN. Cependant, huit champs du modèle sont quasiment fournis à 0%. Bien que ces champs ne soient pas fournis par les éditeurs des JEN collectés sur les catalogues actuels, ils devraient être conservés afin d'encourager les éditeurs de JEN à fournir ces informations qui aideront sans doute les enseignants à trouver les JEN appropriés pour leurs besoins de formation.

Par exemple, aucun des éditeurs de JEN ne fournit d'informations pour le champ *validation des connaissances* qui pourrait être très utile aux enseignants. En effet, la description textuelle

rédigée par les éditeurs de JEN ne fournit que des informations sur l'aspect pédagogique des JEN sans donner une liste précise des connaissances ciblées qu'il est possible d'acquérir à travers l'exploitation du JEN. L'absence de cette information est probablement due au fait que les éditeurs de JEN, qui sont généralement des industriels du jeu vidéo, ne connaissent pas les termes précis utilisés dans le milieu éducatif pour décrire les connaissances à valider. Cela peut également expliquer pourquoi aucune information ne peut être trouvée pour les champs *activités induites* et *indicateurs de progression*.

L'absence d'information pour le champ *version* peut s'expliquer par le fait qu'ils présentent probablement toujours la dernière version de leurs JEN. Cependant, il est essentiel que les éditeurs fournissent cette information qui peut guider les enseignants dans leur choix de JEN. Une nouvelle version d'un JEN peut cibler du matériel plus récent et les enseignants peuvent rechercher une ancienne version de JEN pouvant s'exécuter sur du matériel plus ancien. Par ailleurs, un enseignant peut rechercher une version antérieure de JEN dans laquelle l'accent a été mis sur une leçon particulière.

Une analyse de la catégorie *droits* du schéma LGMD montre que le champ *copyright* est très peu représenté parmi les données fournies. En effet, les éditeurs préfèrent rassembler cette information dans le coût du JEN fourni à 100% avec des termes "gratuit", "libre" ou tout simplement le prix du JEN pour signifier qu'il est payant.

Un point d'amélioration possible du schéma LGMD concerne le champ *classification du jeu* qui est faiblement fourni par les éditeurs. Une analyse croisée des résultats montre que pour tous les JEN où le champ *groupe d'âge* est fournie (e.g. 3 à 6 ans), le champ *classification du jeu* n'est pas fourni et vice-versa (Figure 29). Ce phénomène peut s'expliquer par le fait que ces deux champs fournissent des types d'informations similaires sur l'âge des apprenants. En effet, le champ *classification du jeu* classe les JEN selon l'âge des apprenants avec des termes tels que "PEGI +3" qui signifie pour les enfants de trois ans et plus, "ESRB -14" qui signifie pour les enfants de moins de 14 ans, etc. Ce système d'évaluation provient de l'industrie du jeu vidéo pour aider au contrôle parental. Une fusion des 2 champs peut être envisagée afin d'obtenir un schéma de métadonnées encore plus concis.

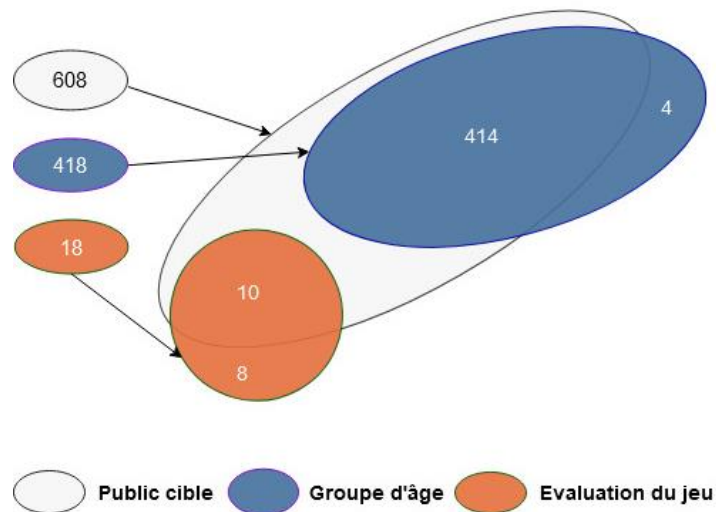


Figure 29: Répartition des données fournies sur le champ "groupe d'âge" et le champ "classification du jeu" par rapport au champ "public cible"

En définitive, le schéma LGMD proposé permet d'atteindre l'objectif initial qui est de fournir un modèle léger et optimal pour la description des JEN. La réduction du nombre de champs n'a donc pas entraîné de perte d'information capitale pour la description des JEN. De plus, puisque le schéma LGMD est issu des extensions du LOM, il reste donc compatible avec LOM. Il est intéressant de garder cette compatibilité pour deux raisons. Premièrement, il permet aux éditeurs habitués au LOM de s'en servir sans difficulté, surtout qu'il est plus léger. Ensuite, il sera facile d'intégrer les JEN décrits avec le LGMD dans les répertoires de ressources pédagogiques existants utilisant LOM et vice-versa. Cela signifie qu'il est possible de traduire la description des JEN du LGMD en LOM par inférence.

Conclusion

Dans ce chapitre, il a été proposé un schéma de métadonnées pour répondre à l'objectif (O2) concernant la description des jeux éducatifs numériques (JEN).

Learning Games Metadata Definition (LGMD) est un schéma de métadonnées optimal et léger pour les JEN, avec 23 champs répartis dans 6 catégories contre 60 champs en 10 catégories pour LOM-Extension. Le schéma proposé ne contient que les champs des extensions LOM qui sont importants pour la description des JEN. Malgré la réduction du nombre de champs, une analyse des informations de 785 JEN, prouve que le schéma LGMD couvre bien toutes les données actuellement fournies par les éditeurs de JEN. Les données pour 2/3 de ces champs sont fournies dans plus de 50% des cas. Il est important de conserver les 1/3 des champs restants pour encourager les éditeurs à fournir ces informations, qui aideront les enseignants à trouver

les JEN répondant à leurs besoins. Ces travaux ont permis de valider en partie l'hypothèse **H2.1** selon laquelle une version allégée des schémas de métadonnées existants peut être plus facile à renseigner et communiquer des informations utiles des JEN aux enseignants.

En outre, le schéma LGMD est rétrocompatible avec la norme LOM. Cela signifie que le référencement d'une ressource pédagogique avec le LGMD peut être converti en LOM. Cette compatibilité assure l'interopérabilité avec les répertoires de ressources pédagogiques existants.

Une évaluation de ce schéma sera effectuée avec des enseignants dans le chapitre suivant à travers des séances de conception d'interface de catalogue numérique qui permettront premièrement de connaître les informations les plus utiles sur les JEN selon la vision des enseignants, et ensuite de savoir comment les JEN doivent être présentés pour faciliter leur sélection. Il s'agira de savoir comment organiser les champs proposés sur l'interface des catalogues afin qu'elles soient ergonomiques pour les enseignants.

5

Méthode de conception d'une interface de catalogue de jeux éducatifs numériques

INTRODUCTION.....	96
5.1 METHODE DE CONCEPTION D'INTERFACE DE CATALOGUE NUMERIQUE (UDID)	97
5.2 CONCEPTION D'INTERFACE DE CATALOGUE DE JEN	101
5.2 MAQUETTE FINALE DE L'INTERFACE	111
5.4 DISCUSSION	112
CONCLUSION.....	114

Introduction

Dans le premier chapitre de cette thèse, nous avons identifié trois problèmes informatiques qui freinent l'adoption des jeux éducatifs numériques (JEN) à grande échelle par les enseignants : le besoin d'un outil d'indexation automatique pour trouver les JEN existants, le manque de schéma de description pour catégoriser ces JEN et les interfaces inadaptées des catalogues en ligne, qui ne facilitent pas la recherche de JEN par les enseignants. C'est ce dernier point qui est traité dans ce chapitre. Comme expliqué dans le chapitre 1, les interfaces des catalogues existants sont inadaptées à plusieurs points de vue. Tout d'abord, ils ne proposent pas de critère de recherche sur le caractère éducatif des JEN qui sont pourtant indispensables aux enseignants. De plus, l'utilisation des filtres de recherche n'est ni ergonomique ni intuitive. Pour finir, la représentation des JEN résultant de la recherche ne permet pas aux enseignants de trouver facilement les JEN répondant à leurs besoins. Ainsi donc, nous n'avons pas trouvé d'interface, parmi les catalogues existants, sur lequel s'appuyer pour proposer un catalogue de JEN.

Le problème vient du fait que les catalogues ne sont pas conçus à partir des besoins des enseignants. L'organisation de l'interface doit tenir compte des habitudes et du vocabulaire couramment utilisé par ceux-ci. Pour fournir une interface de catalogue numérique qui facilite la recherche de ressources pertinentes dans une grande base de données, il faut répondre aux questions suivantes :

- Q1. Parmi tous les filtres de recherche disponibles, comment sélectionner les quelques filtres qui seront proposés sur la page d'accueil afin de faciliter des recherches rapides et efficaces ? La totalité des filtres sera toujours accessible dans l'option recherche avancée.
- Q2. Sous quels formats doit-on représenter ses filtres (cases à cocher, liste déroulante, etc.) ?
- Q3. Comment disposer ces filtres sur l'interface ? Il s'agit ici de trouver l'organisation spatiale optimale pour la page d'accueil du catalogue. La disposition de la zone de recherche ainsi que des filtres et leur ordre de placement sont importants pour assurer l'intuitivité du catalogue.
- Q4. Comment les résultats doivent-ils être représentés pour aider les utilisateurs à faire un choix éclairé ?

Pour répondre à ces questions, il faut une méthode de conception d'interface de catalogue numérique qui fasse intervenir les enseignants qui représentent les utilisateurs finaux. Cependant, l'état de l'art du chapitre 2 a montré qu'il n'existe pas de méthode de conception d'interface de catalogue numérique impliquant une forte participation des enseignants pouvant aider les concepteurs de catalogues de JEN à les présenter de façon intuitive.

Dans ce chapitre, nous allons donc proposer une méthode de conception participative d'interface de catalogue numérique, nommé *User-Driven Interface Design* (UDID). La méthode UDID part des propositions des utilisateurs finaux pour proposer une interface de catalogue numérique. Cette méthode n'est pas spécifique aux JEN, car elle peut être appliquée dans la conception de tout type de catalogue numérique. Ainsi, au début de ce chapitre, les composantes de la méthode UDID et ses étapes de fonctionnement seront présentées, puis la méthode UDID sera appliquée dans la conception d'interface de catalogue de JEN à travers des séances de conception.

En réalité, ce chapitre a un double objectif. En plus de guider les concepteurs de catalogues numériques afin de proposer de meilleures interfaces, il servira également à valider auprès des enseignants le schéma de métadonnées *Learning Games Metadata Definition* (LGMD) proposé au chapitre 4. Bien que le schéma LGMD ait été validé au niveau des données fournies par les éditeurs de JEN, il s'agit de savoir si les informations de description proposée sont utiles et suffisantes pour décrire les JEN du point de vue des enseignants qui constituent la cible finale de cette thèse.

5.1 Méthode de conception d'interface de catalogue numérique (UDID)

La méthode de conception centrée-utilisateur UDID (*User-Driven Interface Design*) proposée est inspirée de la méthode *Learning Analytics Dashboard* (LAD) (Ines et al., 2019). La méthode LAD, qui se présente comme une dérivée des méthodes *User-Centered Design* (UCD) (Vredenburg et al., 2002), propose la génération de tableau de bord pour l'analyse des données d'apprentissage à travers plusieurs processus itératifs qui impliquent les participants. Dans la méthode LAD, chaque itération utilise les validations faites par les participants dans les itérations précédentes. La méthode UDID se déroule en plusieurs phases, reprenant les différentes parties de l'interface, lors d'une même séance de conception. Elle nécessite

l'implication de participants volontaires du début à la fin du processus de conception, la mise à leur disposition de matériel et l'enregistrement des séances de conception (Gilliot et al., 2018).

L'objectif, derrière la mobilisation de ces volontaires, est de recueillir leurs idées sur le design possible d'une interface de catalogue (Schnall et al., 2016). Le point innovant de cette méthode est qu'elle mobilise les utilisateurs finaux pour dessiner eux-mêmes la maquette de l'interface et non pour évaluer des maquettes proposées. Il est important de partir de leur expérience afin d'identifier les éléments de l'interface qui leur sont utiles et la façon dont il faut les placer pour faciliter une utilisation fluide et efficace de l'interface. Pour cela, il est important de les observer en pendant la création de la maquette, de créer un cadre d'échange d'idées et de discuter avec eux pour comprendre leur choix. Les participants mobilisés doivent être représentatifs du public visé. Ainsi, ils doivent avoir à leur disposition du matériel représentant les différents éléments que compose l'interface à réaliser. Ce matériel doit être aussi simple à créer, modifier et à déplacer.

5.1.1 Matériel associé à la méthode UDID

Le matériel pour ces séances de conception se compose (Figure 30) :

- **D'une feuille cartonnée blanche au format A3** qui représente une page vide sur un écran d'ordinateur, de smartphone, de tablette, etc. selon le contexte d'utilisation prévue.
- **Des cartes de filtre**, représentant toutes les informations disponibles des produits. Pour chaque filtre, 6 formats sont disponibles, à condition qu'ils soient adaptés au type d'information du filtre : liste déroulante, case à cocher, case à option, boîte de texte, nuage de mots et barre à intervalle uniquement pour des filtres de type numérique (Figure 37). Les cartes filtres doivent contenir les exemples de valeurs possibles.
- **Des post-its vides**, qui servent à représenter les vignettes des produits résultants de la recherche. Les participants vont lister sur ses post-its les informations des champs qu'ils voudront avoir pour la description sommaire des produits, y compris une image.

Le rapport des dimensions de la feuille cartonnée et des cartes doit être choisi pour représenter la taille d'un écran sans avoir à scroller pour voir plus d'information. Les participants utilisent le matériel représenté ci-dessus durant les cinq phases de la méthode UDID (Figure 30).



Figure 30 : Exemple de matériel associé à la méthode UDID

5.1.2 Les phases de la méthode UDID

La méthode de conception UDID se déroule en 5 phases de 10 min chacune à l'exception de la phase 3 qui se déroule en 20 min (Figure 31).

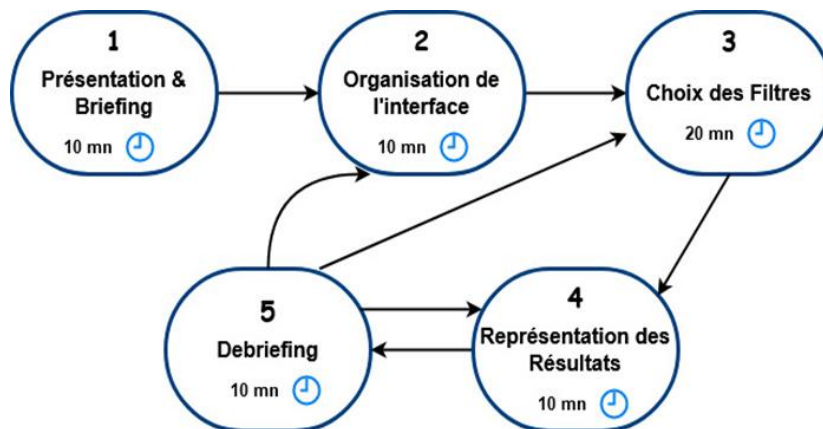


Figure 31: Les cinq phases de la méthode UDID

5.1.2.1 Phase 1 : Présentation et briefing

La première phase de la méthode de conception UDID permet d'introduire l'objectif de la séance et le type de résultats attendus (i.e. une maquette d'interface du catalogue). Elle permet également de présenter et d'expliquer le mode d'utilisation du matériel disponible tout en

insistant sur la possibilité de créer de nouveaux éléments. Il faut aussi indiquer le temps que devra prendre la séance de conception et le temps de chaque phase afin que les participants ne s'attardent pas sur des discussions interminables. Pour une (1) heure de séance de conception, les phases 1 et 2 prennent 10 min chacune, la phase 3 prend 20 min et les phases 4 et 5 prennent chacune 10 min.

5.1.2.2 Phase 2 : Organisation des zones de l'interface

Lors de cette phase, les participants doivent représenter les deux zones majeures de la page sur la maquette : zone de recherche et zone de résultats.

5.1.2.3 Phase 3 : Disposition et choix des filtres de recherche

La phase 3 consiste à placer les filtres de recherche dans la zone de la maquette déterminée précédemment. Afin de faciliter le travail des participants, les filtres doivent être tous visibles sur la table, regroupés par type de filtre et ne doivent pas être ordonnés selon une logique qui pourrait influencer les participants. Les participants doivent choisir un seul format pour chaque filtre qu'il dispose sur la maquette. Cette phase est la plus chronophage, au vu du grand nombre de filtres qu'il peut y avoir.

5.1.2.4 Phase 4 : Représentation des résultats de la recherche

Lors de cette phase, les participants doivent déterminer la façon dont ils aimeraient voir les résultats de la recherche s'afficher sur l'interface. Ils disposent de Post-its à placer dans la zone résultat de la maquette et sur lesquels ils peuvent indiquer les informations qu'ils aimeraient voir (i.e. les informations de description, d'éventuelles images, des liens, etc.).

5.1.2.5 Phase 5 : Débriefing

Un débriefing doit être fait à la fin de l'expérimentation pour recueillir les impressions des participants sur les difficultés rencontrées, les résultats obtenus et leur comparaison avec les objectifs de départ. Lors de cette phase, les participants peuvent revenir sur leurs choix et faire des modifications sur l'interface proposée en fonction de nouvelles idées issues des échanges.

L'animateur de la séance de conception peut intervenir pour favoriser des échanges entre les membres d'une même équipe. Il doit éviter la formation d'un leadership, i.e. éviter qu'un seul

participant fasse tous les choix de la maquette. Il doit également encourager les participants à verbaliser leurs choix pour les comprendre et arriver à un consensus entre les participants. Les séances de conception doivent être enregistrées pour faciliter l'analyse des maquettes conçues par chaque groupe de participants. L'analyse permet de comprendre la dynamique des choix opérés lors des séances, connaître les éléments et les dispositions qui ont fait l'objet de consensus immédiat et ceux sur lesquels les discussions ont pris du temps. Le film des séances informera sur les priorités accordées à chaque élément disposé sur la maquette et les possibles liens établis entre ceux-ci et surtout d'avoir les arguments soutenant l'ajout de nouveaux éléments tels que de nouveaux filtres. En effet, l'analyse des séances de conception à partir des films est utile lors du choix de la disposition, des filtres, etc. pour la maquette finale.

La suite consistera à présenter comment la méthode UDID a été appliquée, à travers plusieurs séances de conception, avec des enseignants, pour concevoir un catalogue de JEN.

5.2 Conception d'interface de catalogue de Jeux éducatifs numérique

La méthode UDID a été testée pour la conception d'interface de catalogue de JEN. Pour cela, plusieurs séances de conception ont été menées en France et en Côte d'Ivoire. Dans le cadre de cette thèse, il semblait pertinent d'impliquer les profils d'enseignants de ces deux pays francophones. En effet, la France est un pays dans lequel les environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH) sont développés, tant dans la recherche que dans la pratique, et pourrait apporter beaucoup à la Côte d'Ivoire qui est encore émergente dans ce domaine.

5.2.1 Profils des participants

L'objectif du catalogue est de permettre aux acteurs du monde éducatif de trouver des JEN adaptés à leur besoin de formation. Ainsi, pour les séances de conception, 17 participants ont volontairement été recrutés, dont 12 enseignants, 3 bibliothécaires et 2 ingénieurs pédagogiques. Les ingénieurs pédagogiques sont des spécialistes des technologies informatiques pour l'éducation. Leur capacité à concevoir et gérer des dispositifs de formation, tant en ligne qu'en présentiel, est un atout dans l'évaluation du design d'une plateforme de ressources pédagogiques. De plus, ils ont un œil avisé quant à la description des besoins des enseignants puisqu'ils sont amenés à animer des formations pour les aider à utiliser des

technologies numériques pour leur cours. Les bibliothécaires qui ont été choisis sont habitués à effectuer des recherches dans des catalogues de ressources pédagogiques classiques, telles que les bibliothèques et les plateformes de ressources pédagogiques en ligne. Celles-ci ont récemment mis en place un catalogue pour leurs bibliothèques de ressources pédagogiques dans le domaine des formations en médecine nommé *Nantilus*²⁵. Malgré le fait que ces participantes ne soient pas représentatives des utilisateurs finaux, le choix de ces profils, habitués à la recherche de ressources pédagogiques en ligne, peut apporter des idées intéressantes. Les enseignants ont été choisis de façon à représenter des domaines variés et tous les niveaux : quatre enseignants dans le préscolaire et le primaire, quatre pour le niveau collège et trois pour le supérieur. Les enseignants choisis n'ont pas l'habitude de rechercher des ressources pédagogiques en ligne. Le Tableau 14 récapitule le nombre de participants par équipe. Chaque équipe a eu à sa disposition le même matériel et a suivi le même protocole expérimental.

Tableau 14: Répartition des participants par équipe de conception

	Équipe 1	Équipe 2	Équipe 3	Equipe 4	Equipe 5
Figure	Figure 32	Figure 33	Figure 34	Figure 35	Figure 36
Date	24/01/2020	31/01/2020	07/02/2020	07/02/2020	07/02/2020
Lieu	Université du Mans	Université de Nantes	CBCG Daloa	CBCG Daloa	CBCG Daloa
Nombre de participants	2	4	3	4	4
Profil des participants	1 enseignante du supérieur 1 ingénieure pédagogique	3 bibliothécaires 1 ingénieure pédagogique	3 enseignants (supérieur)	4 enseignants (collège)	4 enseignants (préscolaire & primaire)

²⁵ Nantilus : <https://nantilus.univ-nantes.fr/vufind/>



Figure 32 : Équipe 1, séances de conception du Mans (France)



Figure 33 : Équipe 2, séances de conception de Nantes (France)



Figure 34 : Équipe 3, séances de conception de Daloa (Côte d'Ivoire)



Figure 35 : Équipe 4, séances de conception de Daloa (Côte d'Ivoire)



Figure 36 : Equipe 5, séances de conception de Daloa (Côte d'Ivoire)

5.2.2 Matériel de l'expérimentation

Pour ces séances de conception, 23 filtres de recherche ont été mis à la disposition des participants. Ces filtres proviennent des 23 champs du schéma de métadonnées LGMD proposé au chapitre 4. Ces filtres pouvaient avoir jusqu'à 6 formats différents en fonction du contenu de ces filtres (Figure 37).

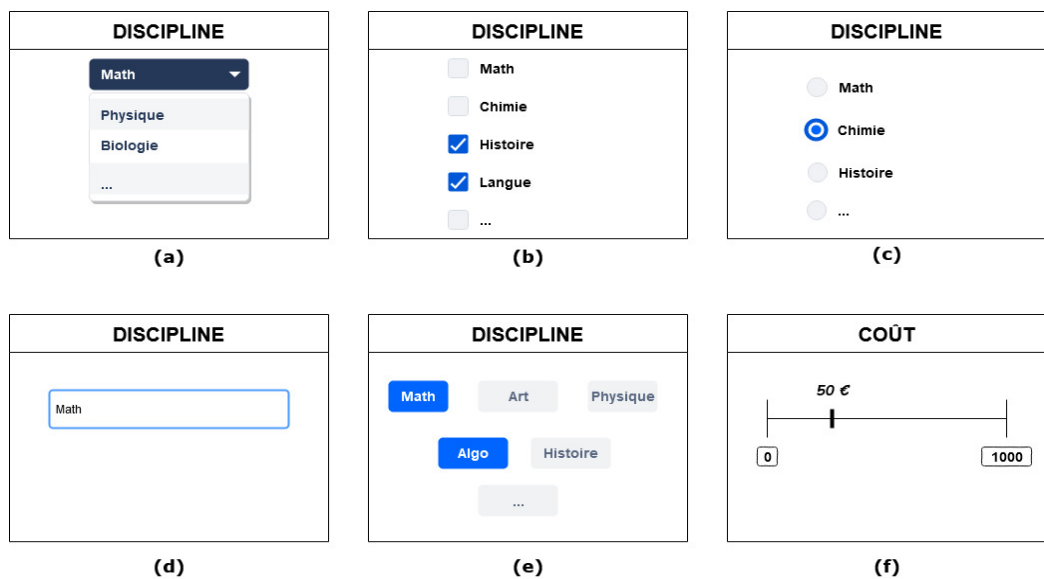


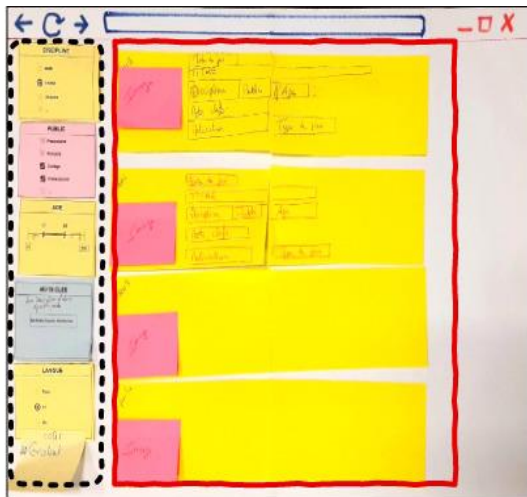
Figure 37 : Les différents formats disponibles pour le filtre Discipline : (a) Liste déroulante, (b) Case à coché, (c) Case à option, (d) Boite de texte, (e) Nuage de mots et (f) Barre à intervalle.

5.2.3 Protocole expérimental

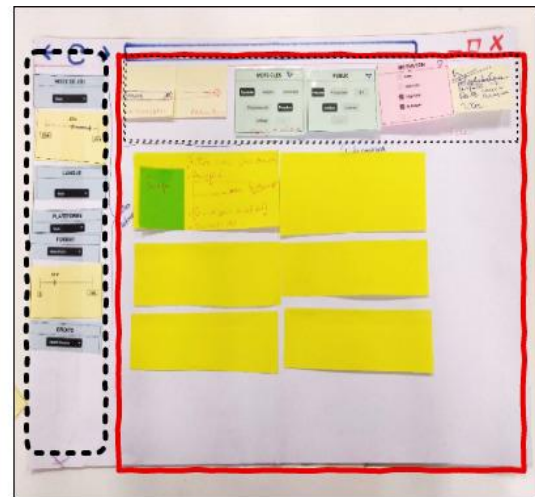
Les séances de conception ont toutes suivi la méthode UDID avec un temps de 1h prévu pour chaque équipe. Cependant, les séances ont pris plus de temps que prévu, allant jusqu'à 2h de travail pour les équipes 4 et 5 par exemple. À la fin de chaque séance, des échanges ont eu lieu pour avoir les impressions des participants sur la séance à laquelle ils avaient pris part, les remarques et les propositions pour l'amélioration de la méthode de conception. Comme indiqué dans la méthode UDID, l'intégralité des sessions a été filmée afin d'analyser chaque étape et les points de tension.

5.2.4 Résultats des séances de conception d'interface

Cette partie est consacrée à l'analyse des maquettes des 5 équipes (Figure 38) conçues lors des séances de conception en fonction des questions de recherche concernant le choix des filtres de recherche (Q1), les formats des filtres (Q2), l'organisation de l'interface (Q3) et la présentation des résultats (Q4).



EQUIPE 1



EQUIPE 2



EQUIPE 3



EQUIPE 4



EQUIPE 5




-  ZONE DE TRI
-  ZONE DE RECHERCHE
-  ZONE DE RESULTAT

Figure 38 : Maquettes des équipes lors des séances de conception

5.2.4.1 Q1. Choix des filtres de recherche

Au niveau des filtres, le choix des équipes est dispersé avec un ensemble de 16 filtres choisis sur les 23 proposés. L'équipe 2 propose de mettre 4 filtres dans une seconde zone de recherche globale dite « zone de tri ». Chaque équipe a choisi en moyenne 6 filtres pour la zone de recherche, le Tableau 15 récapitule les choix de filtre opérés par chaque équipe.

Tableau 15 : Filtres choisis par équipe

Filtres	Équipe 1	Équipe 2	Équipe 3	Équipe 4	Équipe 5	Total
Titre						0
Langue	X	X	X	X	X	5
Description						0
Mots clés	X	X				2
Version						0
Contribution						0
Date		X		X		2
Format		X				1
Taille						0
Localisation						0
Plateforme		X		X	X	3
Public	X	X	X	X	X	5
Tranche d'âge	X			X		2
Discipline	X		X	X	X	4
Activités induites		X			X	2
Validation de connaissances				X		1
Type de jeu				X	X	2
Mode de jeu		X	X			2
Indicateurs de progression			X			1
Coût	X	X				2
Copyright		X				1
Jouabilité			X	X		2
Classification du jeu						0

Pour la maquette finale, seront retenus uniquement les filtres qui ont été majoritairement choisis par les équipes, i.e. tous les filtres choisis par au moins 3 équipes. De ce fait, les filtres *langue*, *discipline*, *public* et *plateforme* (en jaune dans le Tableau 15) sont retenus. Les filtres *mots clés* et *âge* sont ajoutés, car ils sont considérés respectivement comme des sous-critères des filtres *discipline* et *public* par les participants. Idem pour les filtres *mode de jeu* et *coût* demandé par les participants qui pensent qu'ils doivent être présents sur l'interface, mais avec

des options par défaut et la possibilité d'en changer. Le filtre *date* sera placé dans la zone de tri pour donner la possibilité aux enseignants de trier les JEN par année de publication. Enfin, est ajouté le filtre *motivation* qui porte une information essentielle au niveau pédagogique surtout dans l'enseignement primaire et préscolaire comme signifié par l'équipe 5 composée d'enseignant du cycle primaire et préscolaire.

5.2.4.2 Q2. Formats des filtres de recherche

Les équipes devaient sélectionner un seul format par filtre, parmi les 6 formats proposés. Les formats les plus utilisés sont les formats *liste déroulante* et *case à cocher*. Le format *liste déroulante* a été utilisé en priorité pour tous les filtres contenant plus de trois valeurs possibles et nécessitant un seul choix, car celui-ci occupe peu de place sur l'interface. Le format *case à cocher* a été utilisé pour les filtres avec plusieurs choix possibles. Le format *barre à intervalle* est préféré pour les filtres avec des informations numériques tels que l'*âge*, le *coût* et la *date*. Le format *boite de texte* a plutôt été choisi pour des filtres à information libre tels que *connaissances à valider* et *mots clés* (Tableau 16).

Tableau 16 : Nombre de filtres choisi selon les formats par les équipes

Filtres	Modèle					Total	
	Liste déroulante	Cases à cocher	Cases à option	Barre à intervalle	Nuage de mots		Boite de texte
Langue	3		2			5	
Mots clés					1	1	2
Date				2			2
Plateforme	1	2					3
Public		3			1		4
Age				2			2
Discipline	1	1	2				4
Motivation		1			1		2
Mode de jeu	2						2
Coût			1	1			2

La maquette finale reprend les tendances observées ci-dessus. C'est-à-dire que le format *liste déroulante* servira pour les filtres *discipline* et *public*, pour lesquels l'utilisateur doit choisir une valeur parmi une liste. Le format *case à cocher* a été choisi pour le filtre *plateforme*, puisqu'il permet plusieurs choix de valeurs. Le format *barre à intervalle* est utilisé pour le filtre *âge*. Le format *boite de texte* est utilisé pour le filtre *mots clés* puisqu'il permet aux utilisateurs

d'entrer des mots clés selon leurs besoins. Enfin, le filtre contenant deux valeurs possibles, tel que *langue*, *mode de jeu* et *coût* sont disposés dans la zone de tri, au format *case à option*. En effet, ces filtres disposent d'option par défaut.

5.2.4.3 Q3. Organisation de l'interface

Toutes les équipes des séances de conception sont arrivées quasiment aux mêmes résultats concernant l'organisation générale de la page web. Quatre équipes ont placé une zone de recherche à gauche, sur lesquelles elles ont disposé les filtres verticalement et une équipe a placé la zone de recherche tout en haut avec une disposition horizontale des filtres de recherche. L'équipe 2 de l'université de Nantes a aussi ajouté une zone de tri au-dessus de la zone de résultats avec des filtres disposés horizontalement et une barre de recherche globale. Toutes les équipes ont également représenté les résultats de la recherche quasiment de la même façon. Les post-its représentant les JEN ont été disposés en lignes, les uns sous les autres, sauf pour l'équipe 5, qui les a disposés en grille (Figure 38).

Le choix de l'organisation générale de la maquette finale est facilité par la quasi-unanimité chez les équipes. Elle sera donc divisée en deux zones principales : la zone de recherche à gauche et la zone de résultat à droite. En plus, une zone de tri est placée au-dessus de la zone de résultat, conformément à la proposition de l'équipe 2. Les participants de l'équipe 2 ont une grande expérience des technologies informatiques pour l'éducation et ont déjà conçu des plateformes d'accès aux ressources pédagogiques.

5.2.4.4 Q4. Présentation des résultats de la recherche des JEN

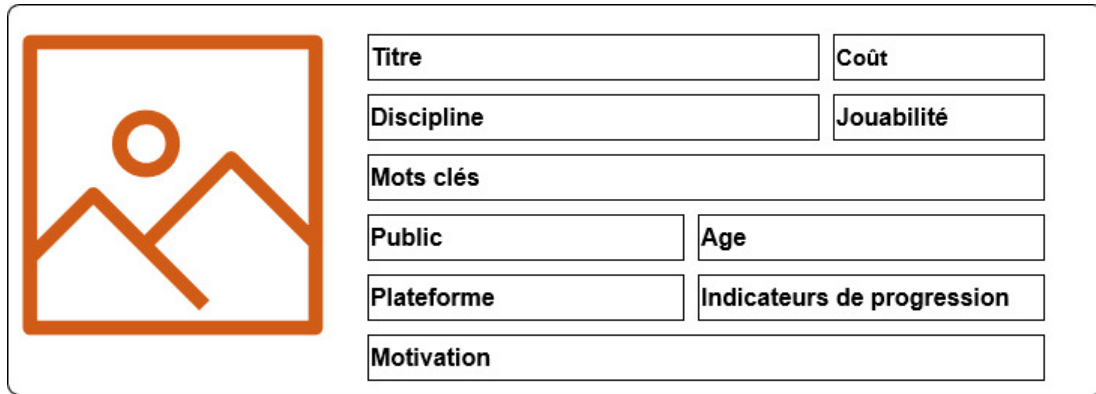
En ce qui concerne la présentation des résultats de la recherche, toutes les équipes ont décidé d'ajouter une image illustrative de chaque JEN, accompagnées de plusieurs champs d'information. Le choix des informations était dispersé, avec 17 champs choisis sur les 23 proposés.

Le *titre* a été choisi par toutes les équipes, tandis que la *jouabilité* et le *coût* l'ont été par 3 équipes (en jaune dans le Tableau 17) tandis que les autres champs ont été choisis par moins de 3 équipes.

Tableau 17 : Les informations choisies pour la description des JEN sur les vignettes

Informations	Équipe 1	Équipe 2	Équipe 3	Équipe 4	Équipe 5	Total
Titre	X	X	X	X	X	5
Langue						0
Description						0
Mots clés	X					1
Version			X	X		2
Contribution			X	X		2
Date						0
Format			X	X		2
Taille			X		X	2
Localisation						0
Plateforme			X			1
Public	X					1
Tranche d'âge	X		X			2
Discipline	X		X			2
Activités induites	X					1
Validation des connaissances		X				1
Type de jeu	X					1
Mode de jeu	X			X		2
Indicateurs de progression					X	1
Coût			X	X	X	3
Copyright						0
Jouabilité		X	X		X	3
Classification du jeu						0

La maquette finale reprend les éléments choisis par plus de la moitié des équipes. C'est-à-dire que les JEN seront représentés sur une vignette avec une image ainsi que les informations sur le *titre*, la jouabilité et le *coût*. En l'absence de consensus sur les autres champs, les champs sélectionnés en tant que filtre de recherche, à savoir *discipline*, *mots clés*, *public*, *âge* et *plateforme* seront ajoutés. Les participants ont demandé à retrouver ces informations pour faire la différence entre les JEN sélectionnés respectant fortement leurs critères de recherche. Enfin, les champs *motivation* et *indicateur de progression*, qui sont dans la catégorie pédagogique du schéma de métadonnées LGMD, sont ajoutés en option. Les champs seront disposés en fonction de l'espace que pourraient occuper les informations qu'ils comportent puisque les participants n'ont pas accordé d'importance à l'ordre d'apparition des informations. Par exemple, les informations pour l'*âge* et le *coût* comportent peu de caractères, donc peuvent être sur la même ligne que d'autres champs (Figure 39).



Titre	Coût
Discipline	Jouabilité
Mots clés	
Public	Age
Plateforme	Indicateurs de progression
Motivation	

Figure 39 : Vignette des JEN de la maquette finale

5.3 Maquette finale de l'interface

La création de la maquette finale n'a pas été évidente, mais l'analyse fine des maquettes conçues par chaque groupe a fait ressortir des consensus à plusieurs niveaux. Les discussions menées durant ces expérimentations ont permis de comprendre les dynamiques derrière les choix des participants, leur priorité pour les filtres de recherche et surtout de voir la distance entre ce que les techniciens proposent habituellement et les attentes réelles des enseignants.

Ainsi donc, dans la maquette finale de l'interface du catalogue de JEN, la page web est divisée en 3 zones, une zone de recherche à gauche, une zone de résultat à droite et une zone de tri au-dessus de la zone de résultat. Dans la zone de recherche, il y a en premier le filtre *discipline* au format *liste déroulante*, suivie de *mots clés* en *boite de texte*, *public* en *liste déroulante*, *âge* en *barre à intervalle* et *plateforme* au format *case à cocher*. La zone de tri aura une barre de recherche en dessous de laquelle seront disposés horizontalement, les filtres *langue*, *mots clés* et *mode de jeu* au format *case à option*, puis des options de tri par *titre* et par *date*. Enfin, dans la zone de résultat, les vignettes seront disposées les uns en dessous des autres. La maquette finale est ainsi représentée dans la Figure 40.

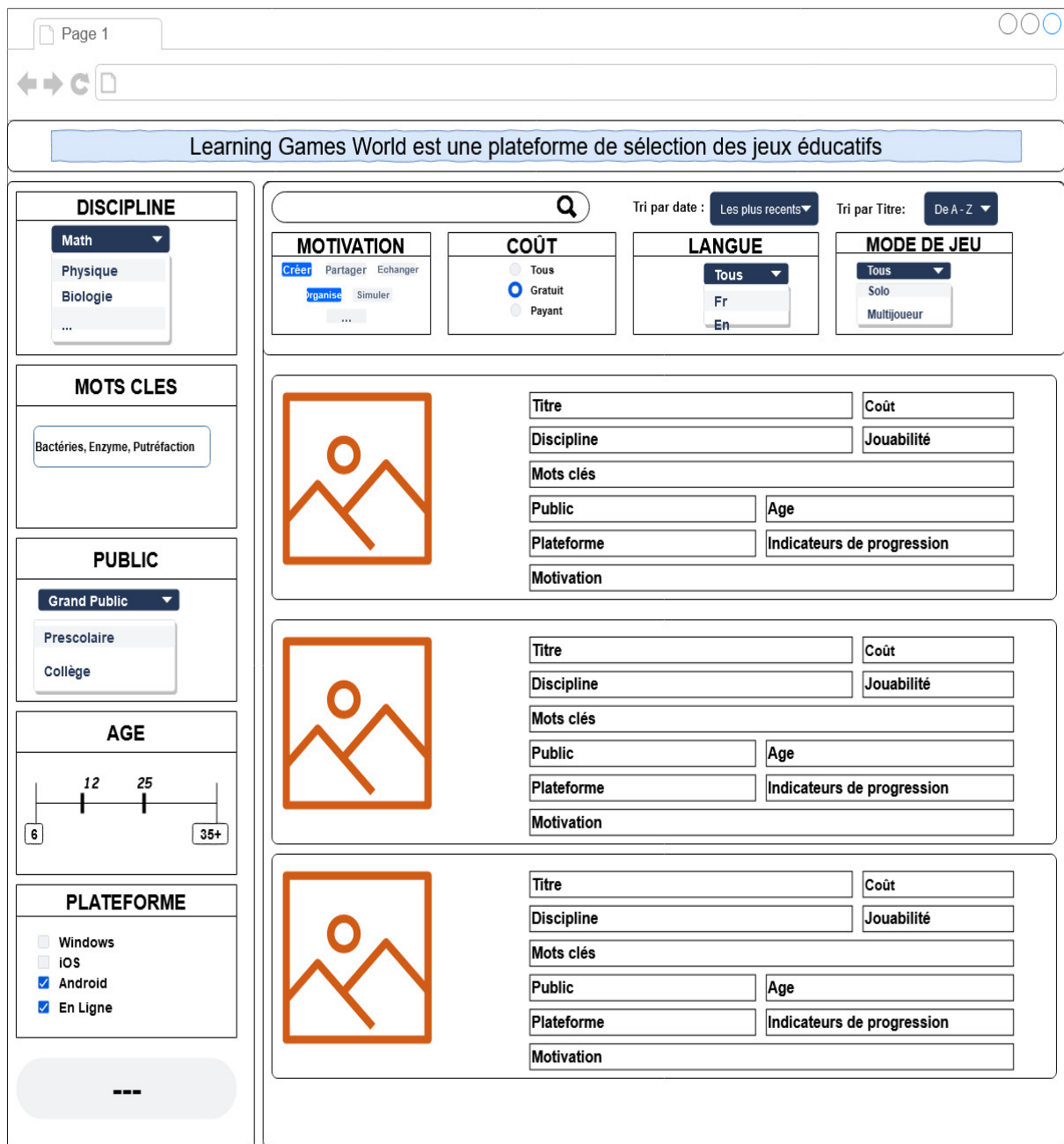


Figure 40 : Maquette finale adoptée après application de la méthode UDID

5.4 Discussion

5.4.1 Discussion sur l'application de la méthode UDID

L'analyse des résultats des séances de conception organisées montre que l'application de la méthode UDID permet d'aboutir à la conception d'interface de catalogue numérique conduite par les utilisateurs finaux. Les différentes phases de la méthode UDID sont faciles à mettre en œuvre. L'importance de la phase 1 a pu être observée dans la mesure où elle a permis de mieux faire comprendre les objectifs des séances et le matériel mis à disposition. Les participants ont

particulièrement apprécié l'utilisation de matériel papier qui les a encouragés à participer aux séances de conception. Spécialement, les enseignants du préscolaire et du primaire étaient favorables pour ce type de matériel avec lequel ils étaient habitués dans leurs classes. Le fait de pouvoir personnaliser et déplacer les cartes semble les aider à exprimer leurs besoins et à organiser l'interface comme ils le souhaitent. L'équipe de bibliothécaires a également exprimé une préférence pour cette approche plutôt que pour la méthode Agile qu'ils ont récemment utilisée pour concevoir leur catalogue de ressources éducatives. L'application de UDID a conduit les participants à concevoir une interface de catalogue numérique qui soit intuitive selon leur contrainte.

Cependant, la méthode UDID montre certaines limites. Premièrement, le temps alloué à la méthode s'est avéré insuffisant. La phase de disposition et de choix des filtres est la plus chronophage. En effet, l'implication des participants était profonde, à tel point qu'ils ne voyaient pas le temps passé lors des échanges. Pourtant, il ne faudrait pas rallonger le temps des séances de conception, qui pourrait entraîner de la fatigue chez les participants dans les phases finales de celle-ci. Il serait aussi intéressant d'accorder plus de temps à la phase de briefing pour plus d'explication sur les filtres en les prenant sur le temps des autres phases. En outre, bien que le consensus fût atteint à chaque fois, le choix des formats des filtres fut source de nombreuses discussions qui n'ont pas dégagé d'unanimité dans les différents groupes. Le fait de proposer chaque filtre de recherche dans tous les formats a multiplié les points de divergence entre les participants d'une même équipe. Une solution à ce problème pourrait être de présélectionner les formats de filtres les plus pertinents en fonction du type d'information représenté.

Pour finir, cette première expérimentation a montré que la composition des équipes est très importante. Pour faciliter l'organisation, les équipes ont été regroupées par profils similaires (bibliothécaires, enseignants du primaire, du supérieur). Bien que cela soit intéressant pour recueillir les besoins de chaque type d'utilisateur, cela a conduit à la conception de maquette assez divergente, ce qui a compliqué la création de la maquette finale. Il est probable que les maquettes auraient été plus similaires si les équipes avaient été composées de profils différents.

Ce fait souligne l'importance de filmer les différentes séances pour comprendre les arguments soutenant les différents choix opérés. L'analyse des échanges entre les participants au travers des films a permis de faire les choix pour la maquette finale. En effet, sans les films des séances de conception, il aurait été difficile de trancher sur les points de divergence dans les maquettes

des équipes. La méthode UDID est de ce fait une bonne base de travail dans la conception d'interface de catalogue numérique qui se distingue par une forte implication des utilisateurs finaux.

5.4.2 Validation du schéma de métadonnées LGMD

En plus de valider l'utilisabilité de la méthode UDID, les séances de conception d'interface menée avec les enseignants ont aussi apporté des éléments de validation pour le schéma de métadonnées LGMD présenté dans le chapitre 4. En effet, les enseignants avaient la possibilité d'ajouter sur des cartes vierges des filtres non présents, mais importants selon eux. Aucun participant n'a ajouté de filtre. De plus, pendant la phase de débriefing, les participants ont encore été invités à prendre quelque temps de réflexion pour voir s'il manquait des filtres qui leur semblaient importants.

À l'analyse des résultats et des films des séances de conception, il est important de remarquer que les participants n'ont ajouté aucune information supplémentaire dans les filtres et ils ont trouvé que les informations proposées étaient suffisantes. De plus, leurs choix de conception abordaient dans le même sens que celles menées lors de l'élaboration du schéma LGMD. En effet, plusieurs champs non fournis par les éditeurs ont été choisis par les participants soit dans les filtres ou dans les informations des vignettes telles que les *champs validation des connaissances, activités induites, format*.

Les séances de conception guidées par la méthode UDID ont permis de montrer que le schéma LGMD proposé au chapitre 4 couvre bien les informations nécessaires à la description des JEN du point de vue des enseignants.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous proposons une méthode de conception d'interface de catalogue numérique basé sur l'implication forte des utilisateurs finaux. Cette méthode a permis de guider les participants dans la conception de maquettes d'interfaces de catalogue de JEN en 1 heure environ, grâce à du matériel spécifique, 5 phases de conception bien définies et des échanges sur les choix opérés.

Les séances de conception ont permis de mettre en pratique la méthode UDID dans différentes situations avec la même aisance. Cela montre que la méthode UDID peut bien être appliquée

indifféremment du public. L'analyse des séances de conception et des interfaces conçues par les participants a bien permis de proposer une maquette finale d'interface de catalogue de JEN. De plus, les séances de conception ont montré que le schéma LGMD était optimal pour la description des JEN puisque les participants ont trouvé que les filtres fournis étaient suffisants et adaptés pour trouver des JEN. Les séances de conception ont permis de valider nos hypothèses **H3.1** et **H3.2**. La méthode UDID permet aux enseignants de concevoir une interface de catalogue ergonomique et intuitive. De plus, ils ont proposé des filtres pertinents pour leur recherche de JEN.

Néanmoins, il faudrait s'assurer que la maquette finale, bien qu'issue des idées des enseignants, leur permet de trouver rapidement des JEN adaptés à leurs besoins. Une autre expérimentation sera alors effectuée après la conception du catalogue pour mesurer l'intuitivité de celui-ci. Il est ainsi prévu de demander à des enseignants de rechercher des JEN avec le catalogue créé et sans le catalogue.

6

Catalogue *Planète des Jeux Educatifs Numériques*

INTRODUCTION.....	117
6.1 CARACTERISTIQUES DU CATALOGUE <i>PLANETE DES JEUX EDUCATIFS NUMERIQUES</i> .	117
6.2 ÉVALUATION DES CATALOGUES	119
6.3 RESULTATS DE L'EVALUATION DU CATALOGUE.....	121
6.4 PERSPECTIVES D'AMELIORATION DU CATALOGUE <i>PLANETE DES JEN</i>	126
CONCLUSION.....	127

Introduction

Ce chapitre présente le catalogue *Planète des Jeux Educatifs Numériques* (JEN) accessible à l'adresse www.jen-planet.ovh que nous avons conçu pour proposer des JEN aux enseignants. Ce catalogue est une réification des trois propositions de cette thèse. En effet, ce catalogue utilise la première contribution, le modèle ADEM, pour constituer la base de données de JEN (O1) qui se met à jour automatiquement. Ensuite, le schéma de métadonnées LGMD est utilisé pour décrire les JEN collectés (O2). Enfin, l'interface du catalogue a été conçue à partir de la maquette finale, issue de la troisième contribution : la méthode UDID (O3).

En plus des validations propres à chaque contribution, ce chapitre décrit l'expérimentation que nous avons menée afin de vérifier que la réification de nos propositions permet d'atteindre l'objectif global de cette thèse, c'est-à-dire de proposer des modèles et des outils informatiques pour aider les enseignants à trouver des JEN existants, adaptés à leurs besoins pédagogiques. *Planète des JEN* a été évalué par rapport à deux autres catalogues : *SeriousGamesClassification* et *MobyGames*.

Le catalogue *SeriousGamesClassification* est issu de travaux de recherche sur la classification des *Serious Games* (Djaouti, 2011). Il propose la plus grande base de données dans le monde francophone avec plus de 3000 *Serious Games* (dont plus de 400 JEN). *MobyGames* est le plus ancien des catalogues de *Serious Games* du monde anglophone. Il répertorie plus de 100 000 jeux (dont 260 JEN) de tous genres, collectés par plus de 100 contributeurs et mis à jour régulièrement.

Pour cette évaluation, six enseignants volontaires ont été sollicités pour utiliser chaque catalogue et répondre à des questionnaires. Avant de discuter les résultats des évaluations, nous présentons, dans la section suivante, les caractéristiques du catalogue *Planète des JEN*.

6.1 Caractéristiques du catalogue Planète des Jeux Educatifs Numériques

Le catalogue *Planète des JEN* contient actuellement 785 JEN collectés avec le modèle ADEM et décrits avec le schéma de métadonnées LGMD. L'interface est issue de la maquette finale proposée dans le chapitre 5 avec quelques réaménagements techniques. Il a été développé avec le langage de programmation *PHP* sur une base de données implémentée en *MySQL*. Ce choix technique peut changer en fonction de l'évolution du catalogue.

6.1.1 Interface principale

L'interface principale reprend les propositions de la maquette finale du chapitre précédent, à savoir une zone de recherche, une zone de tri et une zone de résultat (Figure 41).

La zone de recherche et la zone de tri ne présentent aucun réaménagement. Pour le filtre *tranche d'âge*, de la zone de recherche, nous avons choisi un intervalle de 0 à 45 ans avec une sélection par défaut de la zone allant de 3 à 35 ans. Ce choix, par défaut, permet de couvrir tous les JEN du catalogue. Le filtre *plateforme* comporte une sélection par défaut des valeurs *Windows*, *Android* et *en ligne* puisqu'il s'agit des systèmes les plus utilisés. Pour la zone de résultat, nous avons simplement préféré afficher les informations des JEN les unes en dessous des autres pour des raisons de facilité technique. La zone de recherche contient 5 filtres de recherche dans sa version simple. Il est possible d'accéder à tous les filtres en cliquant sur le bouton plus d'options. Pour revenir à moins de filtre il faut cliquer sur le bouton moins d'options.

La page d'accueil du catalogue présente cinq JEN aléatoires. Le nombre de JEN correspondant à une recherche est affiché au-dessus de la zone de résultat. Pour accéder à la page de description d'un JEN, l'utilisateur peut cliquer, soit sur l'image, soit sur le titre du JEN.

The screenshot shows the main interface of the 'Planète des jeux éducatifs' website. On the left is a yellow sidebar with search filters: 'Discipline' (empty), 'Mots clés' (input field), 'Public cible' (dropdown set to 'Tous'), 'Tranche d'âge' (range 3-35), and 'Plateforme' (checkboxes for Windows, Windows Phone, iOS, Mac, Android, En ligne, Linux). A 'Trouver' button is at the bottom. The main area has a search bar with 'ag', filters for 'Coût', 'Langue', and 'Mode de jeu', and sorting options. Below, it lists 22 results. Three are visible: 'DragonBox' (Math, 2.39€, 5-12 ans), 'Imagano' (Français, Gratuit, 35-60 ans), and 'Paris 3D Sogo' (Histoire, Culture, Gratuit).

Figure 41: Page principale du catalogue Planète des jeux éducatifs numériques

6.1.2 Page de description des JEN

Après avoir cliqué sur le titre ou l'image du JEN, le catalogue ouvre une page de description détaillée du JEN. Celle-ci reprend la vignette de la zone de résultat en ajoutant les informations sur les filtres non renseignés dans la recherche.

L'enseignant qui veut en savoir plus ou tester le JEN dispose d'un lien, en rouge en bas à droite, qui mène vers la page originale où les informations ont été collectées. Ce lien s'ouvre dans un nouvel onglet afin de garder la page ouverte sur le catalogue *Planète des JEN* (Figure 42).

The screenshot shows the 'Planète des jeux éducatifs numériques' website. On the left is a yellow sidebar with filters: Discipline (empty), Mots clés (separated by commas), Public cible (Tous), Tranche d'âge (3-45), and Plateforme (Windows, Windows Phone, iOS, Mac, Android, En ligne, Linux). A 'Trouver' button is at the bottom. The main content area has a search bar and filters for Coût (Tous), Langue (Tous), and Mode de jeu (Tous). A game card for '2x2 (2012)' is displayed, featuring a 2x2 grid puzzle. The game details are: Discipline: Math, Public: Grand public, Age: 8 - 25 ans, Plateforme: Windows, Mac, Linux, Mode de jeu: solo, Type de jeu: Edugame, Gameplay du jeu: puzzle, Mots clés: Multiplication, Minimal, Calcul. A red link '+ Lien vers le jeu' is at the bottom right of the game details.

Figure 42 : Page de description d'un JEN du catalogue Planète des jeux éducatifs numériques

6.2 Évaluation des catalogues

L'évaluation du catalogue *Planète des JEN* est faite en la comparant aux catalogues *SeriousGameClassification* et *MobyGames*, qui les catalogues majeurs identifiés dans la littérature et les plus fournis en JEN (Tableau 18).

Tableau 18 : Catalogues à évaluer

Catalogues	Liens	Nbre de JEN
*Planète des JEN	<i>www.jen-planet.ovh</i>	785
SeriousGameClassification	<i>serious.gameclassification.com/</i>	402
MobyGames	<i>www.mobygames.com/</i>	260

*Catalogue conçu dans le cadre de cette thèse

6.2.1 Profil des participants

Pour l'évaluation des catalogues, nous avons sollicité la participation de 30 enseignants volontaires aux profils divers tant dans le niveau que dans le domaine d'enseignement. Nous avons 9 enseignants du primaire, 13 du secondaire et 8 du supérieur dont 16 enseignants dans le domaine des lettres et 14 en sciences. Aucun enseignant n'a participé aux séances de conception d'interface de catalogue présentée dans le chapitre 5. Ce choix est fait pour s'assurer d'avoir un regard neuf et neutre pour l'évaluation du catalogue.

6.2.2 Protocole d'évaluation

Chaque enseignant a reçu les liens des trois catalogues à évaluer, sans savoir lequel nous avons créé, afin de ne pas influencer leur choix. Nous ne leur demandons pas de comparer les catalogues, cette comparaison sera effectuée par la suite, lors de l'analyse des résultats. Ils n'avaient pas la possibilité de se concerter.

Les enseignants devaient ouvrir le lien de chaque catalogue dans un navigateur de leur choix, et effectuer des recherches de JEN correspondant à leurs besoins pédagogiques. Ils disposaient de 10 minutes maximum pour chaque catalogue (le temps moyen passé par un internaute dans une recherche en ligne²⁶). Pour chaque catalogue, ils devaient ensuite répondre à un questionnaire divisé en trois parties.

La première partie de ce questionnaire concerne **l'utilisabilité** du catalogue, basée sur la méthode *System Usability Scale* (SUS), qui permet de quantifier l'utilisabilité d'un système (Brooke, 2013). Elle comporte 10 questions dont les réponses sont basées sur une échelle de *Likert* à 5 points, de "pas du tout d'accord" à "tout à fait d'accord" (Annexe 4). Elle permet de vérifier si chaque catalogue répond à l'objectif **O3** concernant l'intuitivité et l'ergonomie des interfaces.

La deuxième partie concerne la **pertinence des descriptions des JEN** utilisées, soit dans les filtres de recherche, soit pour la présentation des JEN dans les résultats. Elle comporte 4 questions avec des réponses basées sur une échelle de *Likert* allant également de "pas du tout d'accord" à "tout à fait d'accord" (Annexe 4). Elle permet de savoir si l'objectif **O2** est atteint

²⁶ <https://www.mediapost.com/publications/article/336323/facebook-google-lose-share-of-time-spent-on-site.html>

pour chaque catalogue, c'est-à-dire si les informations de description des JEN permettent aux enseignants de trouver les JEN selon leur besoin.

La troisième partie concerne l'**utilité** des catalogues. Il s'agit de savoir si les enseignants ont trouvé des JEN après avoir cherché dans les catalogues, en moins de 10 minutes. Cette section permet d'identifier le nombre de JEN que les enseignants ont trouvés intéressants et ceux qu'ils souhaiteraient éventuellement tester et utiliser en classe (Annexe 4).

De plus, un entretien téléphonique enregistré a été mené avec chaque enseignant, juste après qu'ils aient envoyé leurs réponses, pour avoir leur retour sur les pistes d'amélioration du catalogue *Planète des JEN*. C'est uniquement à ce moment qu'ils ont su que ce catalogue était celui que nous avons conçu dans le cadre de cette thèse. Les évaluations se sont déroulées du 12 janvier au 22 mai 2021, à distance, i.e. les enseignants ont évalué les catalogues depuis leur domicile ou leur lieu de travail. Ils ont reçu un mail leur expliquant l'objectif et le travail à accomplir, avec les liens des catalogues dans un ordre aléatoire pour chacun. Ce choix est fait pour éviter que l'ordre d'évaluation des catalogues n'ait d'influence sur l'expérimentation. Les résultats des évaluations sont présentés dans la section suivante.

6.3 Résultats de l'évaluation du catalogue

6.3.1 Utilisabilité

Au niveau de l'utilisabilité, la moyenne des scores donne 77 sur 100 pour *Planète des JEN*, 49 sur 100 pour *SeriousGameClassification* et 43 sur 100 pour *MobyGames*. Les scores de *Planète des JEN* sont les plus élevés de tous et *MobyGames* présente généralement les scores les plus bas (Figure 43). En effet, le score minimum chez *Planète des JEN*, 65 sur 100, est supérieur au score maximum chez *MobyGames* : 62 sur 100. Le score maximum de *Planète des JEN* est donné par l'enseignant #1 à savoir 95. *SeriousGameClassification* présente le score minimum le plus bas, avec 7 sur 100, donné par l'enseignant #7, tandis que celui de *MobyGames* est de 17 (Tableau 19).

Tableau 19 : Métrique des Scores de l'utilisabilité

Catalogue	Moyenne (/100)	Minimum (/100)	Maximum (/100)
Planète des JEN	77	65	95
SeriousGameClassification	36	7	75
MobyGames	32	17	62

Il ressort des résultats que le catalogue *Planète des JEN* présente de réels avantages pour la sélection des JEN tant au niveau de l'utilisabilité que des informations de description des JEN. Le niveau des scores obtenus montre que le catalogue conçu à l'aide de la maquette finale, proposée dans le chapitre 5, répond à notre objectif **O3** en étant ergonomique et intuitif pour les enseignants (Figure 43).

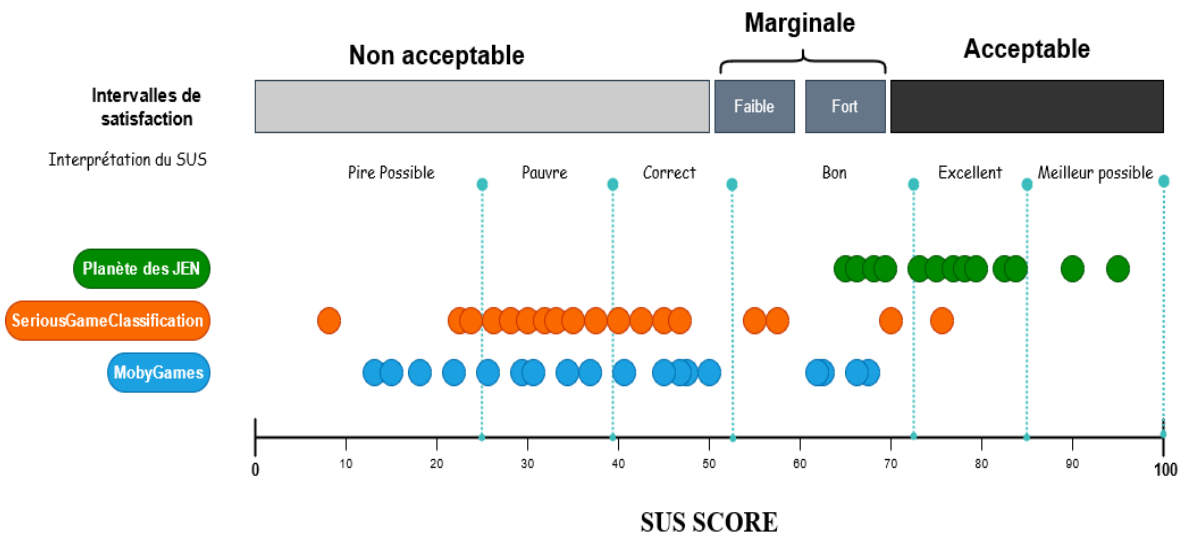


Figure 43 : Répartition des évaluations par catalogue dans la grille des scores SUS avec interprétation (Bangor, 2009)

En effet, tous les scores de *Planète des JEN* vont de *bon* à *meilleur possible* selon l'interprétation SUS (Figure 43). Les participants l'ont d'ailleurs souligné lors du débriefing. Par exemple, l'enseignant #7 dit de *Planète des JEN* : « les filtres sont pertinents, compréhensibles et l'interface est bien organisée. C'est de loin le plus approprié des 3 catalogues pour la recherche de JEN. » L'enseignant #3 dit également « l'interface est bien organisée et la navigation est facile. Les informations sur les JEN sont plus proches de mon domaine que dans les autres catalogues. » Néanmoins, des enseignants ont soulevé des points de blocage. L'enseignante #3 a par exemple trouvé : « le filtre *mots clés* n'est pas assez explicite, je pensais qu'il concernait les objectifs pédagogiques ». D'autres ont réclamé des filtres supplémentaires sur une tranche de date à choisir ou des regroupements par catégorie de discipline par exemple. Même si nous comprenons ces demandes, nous considérons que plus de filtres risquent de surcharger l'interface. De plus, le catalogue permet de faire une recherche avec ses critères dans les options de *recherche avancée*.

6.3.2 Description des JEN

Au niveau de la description des JEN, l'objectif était de savoir si les informations utilisées pour décrire les JEN sont **compréhensibles** et **complètes** pour les enseignants. Le catalogue *Planète des JEN* a obtenu une moyenne de 4.43 sur 5 concernant la compréhension des informations de description fournies. Les catalogues *SeriousGameClassification* et *MobyGames* ont obtenu respectivement une moyenne de 2.15 sur 5 et 1.92 sur 5. À la question de savoir si les informations sont complètes, le catalogue *Planète des JEN* a obtenu une moyenne de 3.66 sur 5, *SeriousGameClassification* a obtenu une moyenne de 2.05 sur 5 et *MobyGames* une moyenne 1.48 sur 5 (Tableau 20). Globalement cela montre que les enseignants ont trouvé les informations fournies par *Planète des JEN* pertinents tout en étant nuancées sur la complétude de celles-ci.

Tableau 20 : Moyenne (sur 5) des scores de la description par catégorie.

Catalogue	Compréhensible (sur 5)	Complétude (sur 5)
Planète des JEN	4.43	3.66
SeriousGameClassification	2.15	2.05
MobyGames	1.92	1.48

Bien que la complétude ait obtenu une moyenne de 3.66 sur 5, son interprétation doit être nuancée. À la question de savoir quelles sont les informations manquantes, les enseignants ont cité des informations sur « les objectifs pédagogiques », « des tranches de date » ou encore « la langue du jeu » bien qu'il soit possible de filtrer par la langue dans la zone de tri. En réalité, il est tout à fait possible d'effectuer une recherche avec ces critères dans les options de recherche avancées. Cependant, elles sont rarement (moins de 4% des JEN du catalogue) fournies par les éditeurs de JEN. De ce fait, l'ajout de ces filtres ne permettrait pas actuellement de trouver plus de JEN. Cette expérimentation vient donc confirmer que le schéma LGMD est optimal pour répondre à notre objectif **O2** concernant la description appropriée des JEN du point de vue des enseignants.

6.3.3 Utilité des Catalogues

L'objectif des questions sur l'utilité du catalogue est de mesurer si les enseignants trouvent des JEN pertinents pour leur cours. Les JEN pertinents sont ceux qu'ils ont estimé vouloir tester. En moins de 10 minutes de recherche, le nombre de JEN trouvé varie entre 1 et 5 pour *Planète*

des JEN, entre 1 et 11 pour *SeriousGameClassification* et entre 2 et 10 pour *MobyGames*. Les enseignants #6 et #23 n'ont trouvé aucun JEN avec *Planète des JEN*, tandis que 20 enseignants avec *SeriousGameClassification* et 17 enseignants avec *MobyGames*. Il faut néanmoins nuancer ces chiffres. La plupart des enseignants qui n'ont rien trouvé avec les deux autres catalogues ne sont pas allés plus loin après les premières difficultés. Par exemple, les institutrices #19, #20, #21 et #22 affirment avoir été rebuter par la langue anglaise du catalogue *Mobygames*, ce qui a sans doute influencé leur recherche. Pour le catalogue *SeriousGameClassification* ce sont les filtres de recherche qui ont posé des problèmes.

Parmi les JEN trouvés, 26 enseignants ont trouvé au moins 1 JEN pertinent pour leurs cours dans *Planète des JEN* contre 9 enseignants pour *SeriousGameClassification* et 7 enseignants pour *MobyGames*. La part de JEN pertinents parmi les JEN trouvés est plus élevée dans *Planète des JEN* avec près de la moitié des JEN trouvés qui sont pertinents. Dans les 2 autres catalogues, plusieurs enseignants ont eu 1 JEN pertinent sur 8 à 10 JEN trouvés. Par exemple, l'enseignant #1 estime vouloir tester 1 jeu sur les 11 trouvés pour *SeriousGameClassification* et l'enseignant #25 ne voulait tester aucun JEN sur les 10 trouvés (Tableau 21).

Tableau 21 : Nombre d'enseignants ayant trouvé des JEN dans chaque catalogue

	Planète des JEN	SeriousGameClassification	MobyGames
Nombre d'enseignants ayant trouvé des JEN	28	20	17
Nombre d'enseignants voulant tester des JEN	26	9	7

Il est important de souligner qu'aucun des enseignants n'était familier avec la notion de JEN. Cela peut expliquer sans doute le nombre de JEN trouvé en 10 minutes par certains. Certains enseignants ne cherchaient pas vraiment de JEN pour leur cours, mais souhaitaient simplement découvrir les différentes applications existantes. L'enseignante #4 par exemple, n'a souhaité tester aucun des JEN trouvés. Il ressort des échanges qu'elle a exploré les catalogues par curiosité plutôt que pour réellement trouver des JEN ; à la question avez-vous trouvé les filtres de *SeriousGameClassification* pratiques ? Elle répond : « non, mais il est plus facile de se balader dans ce catalogue que dans les autres ».

De plus, certains enseignants ont confondu les jeux non éducatifs des JEN. En effet, les enseignants #1, #2 et #5, qui ont dit avoir trouvé environ 10 JEN, ont compté tous les jeux affichés à l'issue de leur recherche, sans s'être assurés qu'il s'agissait bien de JEN.

SeriousGameClassification et *MobyGames* sont des catalogues de *Serious Games*. De ce fait, ils fournissent aussi bien des JEN que des jeux non éducatifs. De plus, ces catalogues contiennent beaucoup de jeux datant des années 90 qui peuvent être obsolètes au vu du matériel informatique actuel, contrairement à *Planète des JEN* qui ne contient que des JEN récents (publiés depuis 2008). La figure 44 représente les statistiques des JEN trouvés pour les 7 premiers participants. Elles sont néanmoins similaires à celles des 23 autres participants disponibles dans l'annexe 6. Ainsi, nous constatons que certains des jeux à tester des catalogues *SeriousGameClassification* et *MobyGames*, cités par les enseignants, sont en réalité des jeux non éducatifs. En revanche, tous les jeux à tester donnés par les enseignants pour *Planète des JEN* sont bien des JEN (Annexe 6). Par exemple, l'enseignant #2 a compté parmi les jeux trouvés *Amerca's Army* qui n'est pourtant pas un JEN (Annexe 5). Il en est de même pour l'enseignant #6 qui dit n'avoir trouvé aucun JEN pour *Planète des JEN* en expliquant ceci : « les jeux de math que je voyais étaient uniquement destinés au primaire. Je n'ai vu aucun jeu de math pour le collège ou le lycée, il n'y avait que des jeux du primaire ». Pourtant les 2 jeux trouvés pour *SeriousGameClassification* ne sont pas non plus des JEN et ne fonctionnent probablement plus : *Des chiffres et des lettres* (1981) et *TuxMathScrabble* (2001).

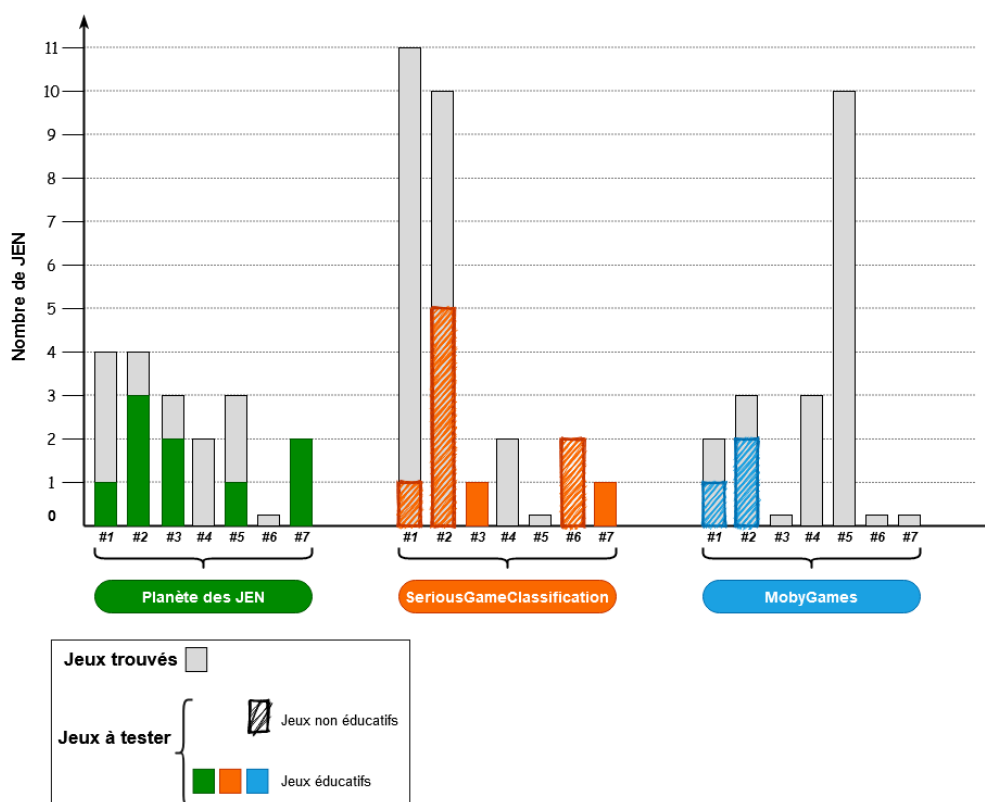


Figure 44 : Nombre de JEN à tester sur ceux trouvés dans chaque catalogue

6.4 Perspectives d'amélioration du catalogue *Planète des JEN*

Les enseignants à l'expérimentation ont soulevé quelques limites du catalogue *Planète des JEN* qui seront prises en compte pour améliorer le catalogue.

Premièrement, des améliorations peuvent être apportées au niveau du filtre *discipline*. Actuellement, les termes sont classés dans un ordre aléatoire, tels qu'ils sont dans la base de données. Ce filtre commence par le terme *Histoire* et fini par *Japonais* avec des termes tels qu'*Art* ou *Anglais* qui se retrouvent au milieu de la liste des 47 termes. Pour améliorer ce point, nous allons ordonner et classer les entrées par domaine d'enseignement (e.g. sciences, langues, art comme illustré dans la Figure 45).

Ensuite, il n'y a aucune indication sur le filtre *mots clés* pour guider les utilisateurs. Nous allons donc ajouter des exemples de mots clés dans le champ filtre pour montrer aux enseignants qu'ils peuvent effectuer des recherches sur les compétences associées à leurs cours. Ces exemples s'effacent quand l'utilisateur saisit un mot dans le champ.

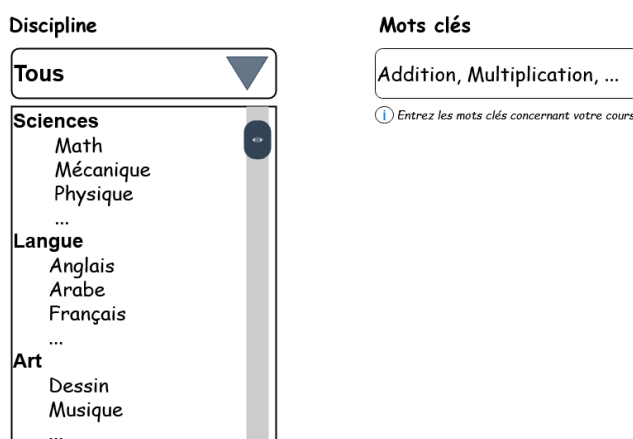


Figure 45 : Améliorations prévues des filtres *Discipline* et *Mots clés*

Au niveau de l'utilité, nous allons ajouter des fonctionnalités qui permettent aux éditeurs de JEN d'ajouter leurs JEN aux catalogues, car il a vocation à être pérenne bien au-delà de cette thèse. Ainsi, nous proposerons trois manières d'ajouter un JEN. Premièrement, si les éditeurs n'ont pas de site web présentant leur JEN, ils pourront remplir un formulaire avec les 23 champs du schéma de métadonnées LGMD avec les informations concernant leur JEN. Deuxièmement, les éditeurs auront la possibilité de fournir le lien de la page web de leur JEN pour que le catalogue récupère automatiquement les informations s'y trouvant pour remplir les champs de métadonnées. L'éditeur pourra ensuite compléter et corriger les champs si besoin.

Enfin, pour des éditeurs disposant de plusieurs JEN, il sera possible d'entrer le lien du site présentant des JEN pour que *planète des JEN* récupère automatique toutes les informations sur les JEN s'y trouvant, y compris les nouveaux. De plus nous envisageons d'ajouter un système de notation et de commentaire pour chaque JEN, de sorte que les expériences des uns servent aux autres. Les JEN seront notés sur 5 représentés par des étoiles comme sur la plupart des comparateurs de vol par exemple. Il y aura également une option pour signaler des problèmes (e.g. disponibilité, incompatibilité, etc.) sur un JEN afin de l'enlever du catalogue après vérification.

Conclusion

Dans cette thèse, nous avons fait trois contributions pour répondre à l'objectif principal qui est d'aider les enseignants à trouver des JEN existants, adaptés à leurs besoins pédagogiques. Ainsi, les contributions ont été réifiées dans le catalogue *Planète des JEN*. Le catalogue a été évalué par 30 enseignants pour vérifier que cette réification permet bien d'atteindre cet objectif, bien que chaque contribution ait déjà été scientifiquement validée en amont.

Ainsi, les bons scores obtenus sur l'utilisabilité de *Planète des JEN* permettent de valider l'objectif **O3** concernant l'ergonomie et l'intuitivité du catalogue. Il est facile d'utilisation par rapport aux catalogues analysés dans cette thèse. Cela est aussi valable en ce qui concerne les informations de descriptions des JEN. Le fait que les enseignants aient les informations fournies compréhensibles et adaptées au monde éducatif permet de valider encore une fois le schéma de métadonnées LGMD utilisé pour atteindre l'objectif **O2**.

Au niveau de l'utilité, le fait que les enseignants aient trouvé environ 3 JEN dans *Planète des JEN*, en moins de 10 minutes, constitue un point très positif. Ceci n'est pas évident pour des personnes qui ne sont pas familières avec les JEN. De plus tous les JEN trouvés sont récents et adaptés à leurs besoins pédagogiques, contrairement aux deux autres catalogues. Cependant, *Planète des JEN* peut être amélioré pour inciter les enseignants à utiliser plus de JEN dans leur cours. Nous proposons donc des solutions pour améliorer l'interface et indexer plus de JEN.

En définitive, *Planète des JEN* est un catalogue pratique qui peut aider les enseignants à trouver des JEN pour leur cours. La prise en compte des points d'améliorations permettra de le rendre encore performant.

Conclusion générale et perspectives

1. Bilan

L'objectif principal de cette thèse était de proposer des modèles et des outils informatiques pour aider les enseignants à trouver des Jeux éducatifs numériques (JEN) existants, pour leur cours.

Afin de garantir l'utilisabilité et l'utilité de nos outils, nos travaux de recherche ont été conduits dans une démarche centrée utilisateur. Dès le début, nous avons mené des entretiens avec des enseignants. Ces entretiens ont révélé que les enseignants utilisaient rarement les JEN pour leurs cours, car ils ne connaissaient tout simplement pas l'existence de ces ressources pédagogiques, qui sont pourtant nombreuses, et qui présentent des atouts pédagogiques indéniables à tous les niveaux d'enseignement. Les JEN semblent particulièrement adaptés pour améliorer la qualité de l'enseignement en Côte d'Ivoire, qui doit composer avec des effectifs d'élèves pléthoriques, des taux d'encadrement insuffisants et de très faibles moyens pour investir dans du matériel pédagogique.

Il a donc fallu apporter des solutions théoriques et pratiques pour faciliter l'accès aux JEN existants. Cette problématique a, en réalité, révélé trois sous-problématiques : le manque d'outils pour procéder à une indexation automatique des centaines de JEN existants, le manque d'une norme adoptée par les éditeurs pour décrire les caractéristiques pédagogiques de leurs JEN et, enfin, le manque d'un modèle d'interface de catalogue intuitif et ergonomique pour que les enseignants puissent trouver des JEN adaptés à leurs besoins facilement.

Nous avons, dans un premier temps, cherché les solutions à ces problèmes dans la littérature. Étant donné que le champ d'étude portant sur les JEN est récent, l'état de l'art a été étendu aux *Serious Games* en général. Les solutions trouvées dans cette littérature étendue ne répondaient pas totalement aux besoins spécifiques des JEN (chapitre 2). Dans cette thèse, nous proposons donc trois contributions, pour répondre aux problèmes identifiés.

La première contribution, décrite dans le chapitre 3, est le **modèle *Automatic Description Extraction Model* (ADEM)**. Cette contribution vise à répondre à l'objectif **O1**, i.e. proposer un moyen pour collecter automatiquement les mots clés décrivant les JEN à partir de leurs pages web. Ainsi, deux hypothèses ont été émises. La première hypothèse **H1.1** supposait qu'il était possible d'identifier automatiquement les zones de texte significatives en parcourant les pages

web des JEN. Le modèle ADEM a bien validé cette hypothèse à travers trois algorithmes qui identifient des blocs de texte significatifs. Pour atteindre cet objectif, ADEM va au-delà des approches de la littérature en intégrant dans ses algorithmes, une heuristique de détection des blocs visuels qui imite le comportement d'un cerveau humain. Enfin, ADEM comporte une phase d'analyse sémantique du texte des blocs significatifs. Cette phase permet d'extraire les mots clés correspondants aux champs de métadonnées pour la description des JEN. Le modèle ADEM a permis de collecter des informations concernant 785 JEN sur des pages web de formats très différents. Les résultats des évaluations menés avec 15 enseignants montrent que le modèle ADEM permet d'extraire des informations pertinentes et précises, tant pour le contenu de description des JEN que pour les mots clés, validant ainsi l'hypothèse **H1.2**. De plus, le modèle ADEM pourrait être utilisé pour indexer automatiquement toutes sortes d'articles à partir de pages web, en ajustant ces paramètres en fonction des objectifs et des mots clés désirés. Le modèle ADEM a fait l'objet d'une publication scientifique (publication N°2 dans la liste ci-dessous).

La deuxième contribution, décrite dans le chapitre 5, est le *Learning Games Metadata Definition (LGMD)*, un schéma de métadonnées optimal et léger pour les JEN. Les schémas de métadonnées existants, basés sur des extensions de LOM (*Learning Object Metadata*), étaient lourds (plus de 60 champs) et inadaptés pour la description des JEN. Les éditeurs de JEN ne les utilisaient donc pas et omettaient donc des informations pourtant cruciales pour les enseignants, concernant le contexte pédagogique dans lequel ses JEN pouvaient être utilisés. Le schéma de métadonnées LGMD ne contient que 23 champs de description, répartis dans six catégories. LGMD est issue d'une analyse critique des extensions du LOM pour identifier les champs les plus importants, aux yeux des enseignants. Ce schéma de métadonnées vise à répondre à l'objectif **O2**. Pour atteindre cet objectif, nous avons notamment posé l'hypothèse **H2.1**, c'est-à-dire qu'il est possible d'alléger et de simplifier les schémas de métadonnées existants, tout en gardant l'expressivité nécessaire pour décrire les JEN. LGMD répond bien à l'objectif, tant du côté des éditeurs de JEN que du côté des enseignants. En effet, malgré le nombre limité de champs, une analyse des informations de 785 JEN, prouve que le schéma LGMD couvre bien toutes les données actuellement fournies par les éditeurs de JEN. De plus, une évaluation du modèle, effectuée par des enseignants, lors de la conception d'interface du catalogue numérique (chapitre 5) montre que le LGMD contient bien toutes les informations pertinentes pour leur recherche de JEN. Un article a été publié sur le schéma de métadonnées LGMD (publication N°3 dans la liste ci-dessous).

Enfin, la troisième contribution, décrite dans le chapitre 6, **est la méthode *User-Driven Interface Design* (UDID)**. Il s'agit d'une méthode qui guide les utilisateurs finaux (*e.g.* les enseignants) dans la conception d'une maquette d'interface de catalogue numérique. L'idée est de répondre à l'objectif **O3**, c'est-à-dire de concevoir un catalogue qui possède une interface intuitive et ergonomique pour les enseignants. Nos hypothèses stipulent qu'une méthode de conception pourrait guider les enseignants dans cette tâche, malgré le fait qu'ils ne soient pas spécialistes d'Interfaces Humain-Machine. Dans notre contexte, il s'agit de présenter les JEN de façon claire et intuitive (**H3.1**) mais également de choisir les quelques filtres de recherche qui seront sur la page d'accueil du catalogue, parmi les 23 filtres disponibles (**H3.2**). Cinq séances de conception d'interface de catalogue de JEN, impliquant 17 enseignants, de divers domaines et niveaux d'enseignement, ont été effectuées. UDID a permis, en un peu plus d'une heure, grâce à du matériel pré-préparé et des étapes bien définies, à faire concevoir une interface de catalogue par des personnes non expérimentées. Les maquettes proposées par les participants montrent que la méthode UDID est une bonne base de travail pour la conception d'interface avec les utilisateurs finaux, validant ainsi les hypothèses H3.1 et H3.2. Au vu de sa généralité, la méthode UDID peut être appliquée pour la conception d'interface de catalogue d'autre domaine. La méthode UDID a fait l'objet d'une publication scientifique (publication N°4 dans la liste ci-dessous).

En plus des validations propres à chaque contribution, nous avons réifié nos trois propositions dans le catalogue *Planète des JEN*. 30 enseignants ont testé le catalogue *Planète des JEN* afin de vérifier si cette réification permet d'atteindre l'objectif principal, c'est-à-dire de les aider à trouver des JEN répondant à leurs besoins pédagogiques. Les scores obtenus lors cette évaluation montre, une fois de plus, que les travaux effectués dans cette thèse répondent à nos objectifs d'indexation (O1), de description des JEN (O2) et d'ergonomie de catalogue (O3). De plus, nous avons un catalogue pratique pour les enseignants qui pourra être amélioré lors de travaux futurs.

Il est important de souligner que nos contributions scientifiques s'inscrivent dans des domaines informatiques différents. En effet, le modèle ADEM s'inscrit dans le champ d'études du **web sémantique**, le schéma LGMD porte sur les **métadonnées** et la méthode UDID de conception d'interface contribue au champ de **L'UX design**. De plus des validations ont toujours été faites par des Hommes avec un total de **62 participants**, dont 57 enseignants pour toutes les expérimentations.

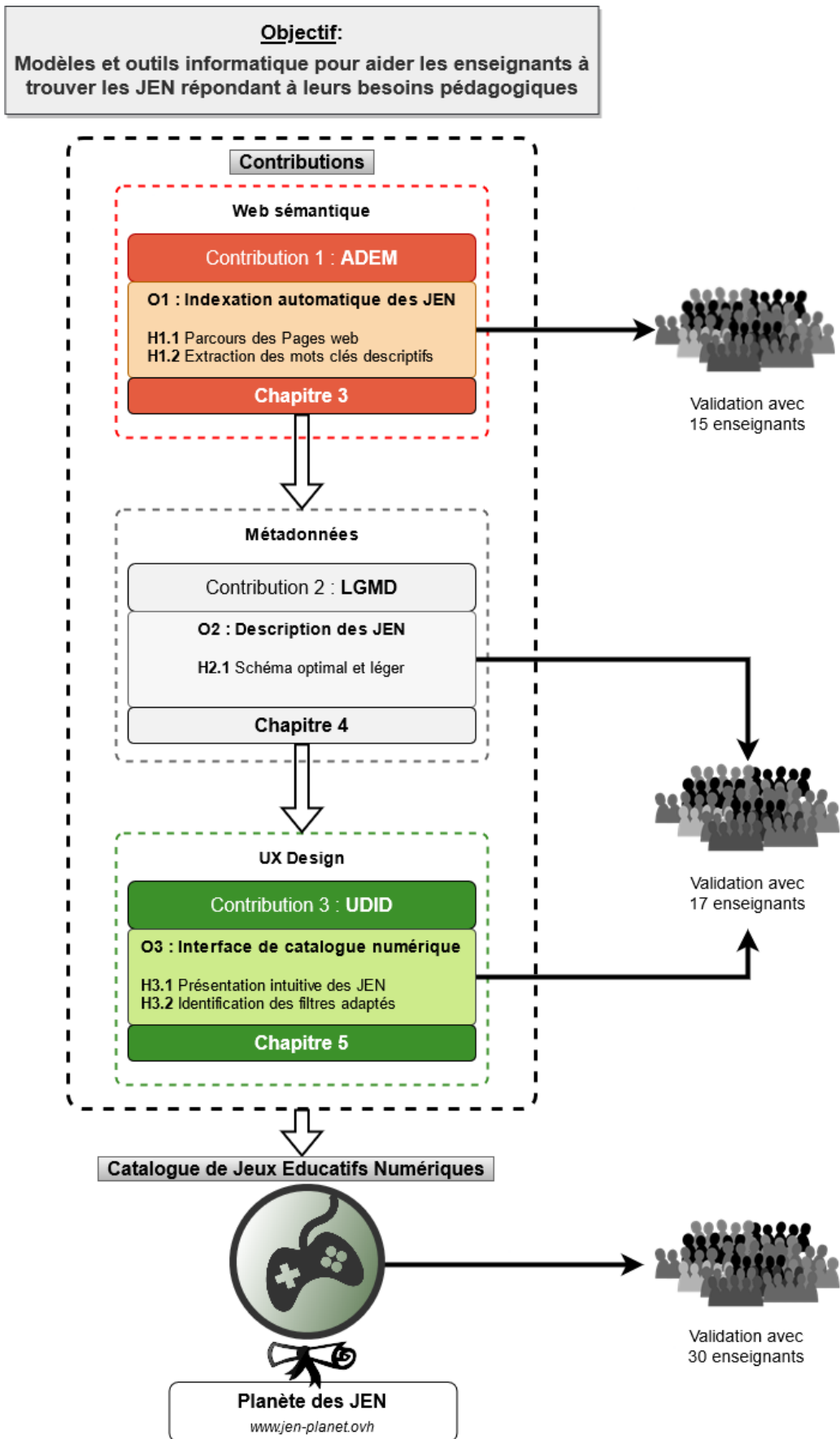


Figure 46: Récapitulatif des contributions de la thèse

2. Perspectives

Les contributions proposées dans cette thèse apportent des solutions pour répondre aux objectifs fixés. Cependant, plusieurs défis restent à relever au niveau de chaque point traité.

2.1 Étendre la recherche d'ADEM sur le Web

Le modèle ADEM a permis de collecter les informations de 785 JEN en parcourant cinq catalogues. Pour en indexer beaucoup plus, ADEM devrait parcourir tout le web automatiquement. Actuellement, ADEM se base sur la liste des JEN disponibles dans les catalogues généralistes ou spécialisés. ADEM part donc du principe que le lien fourni contient les informations sur un JEN. Or, cette situation est totalement différente dans le web global, où les pages traitent de sujets divers.

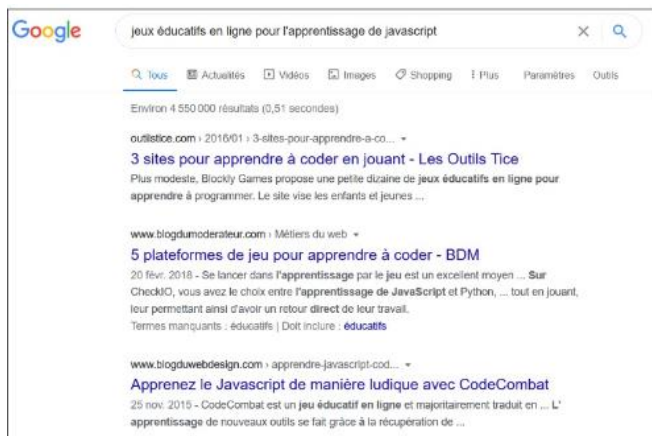
L'idée derrière la classification des pages web est de trouver un modèle qui classe toutes les pages web traitant de JEN soient dans une même catégorie. La classification de pages web, par les techniques d'intelligence artificielle, ou non, vise essentiellement leur contenu. Les modèles de classifications portant sur la structure visent à la détection des pages web de *phishing* destinées à tromper l'internaute (Qi & Davison, 2009) (Panchenko et al., 2016). Il faut des techniques qui arrivent à caractériser les pages web selon leurs applications (Osann Jr, 2015). Ces techniques consistent premièrement à annoter les éléments de la structure d'une page web, puis de comprendre comment ces éléments sont liés pour construire la page web. Ces techniques pourront être complétées des modèles de classification selon l'URL du site web (Laohaprapanon & Sood, 2021; Rajalakshmi & Xavier, 2017) ou selon le poids et la combinaison des balises HTML utilisées dans les pages web (Adeniyi et al., 2016). Une fois que le modèle de classification a regroupé les pages web des JEN dans une catégorie, deux cas de figure se présenteront. Soit cette catégorie ne contient que des pages web de JEN, situation idéale, ou elle contient d'autres types de pages web proches de celles des JEN. Dans le dernier cas, il faudra procéder à une classification du contenu.

Il s'agira de rechercher les termes fréquemment utilisés et leur combinaison sur toutes les pages web à l'aide de modèle d'apprentissage supervisé. Cet apprentissage se fera sur une liste de 1000 pages web de JEN déjà étiquetées. Nous disposons déjà de 785 JEN déjà collectés par ADEM auquel nous pouvons facilement ajouter des JEN publiés avant 2008 qu'ADEM peut trouver automatiquement. Le modèle de classification sera ensuite confronté à des données de

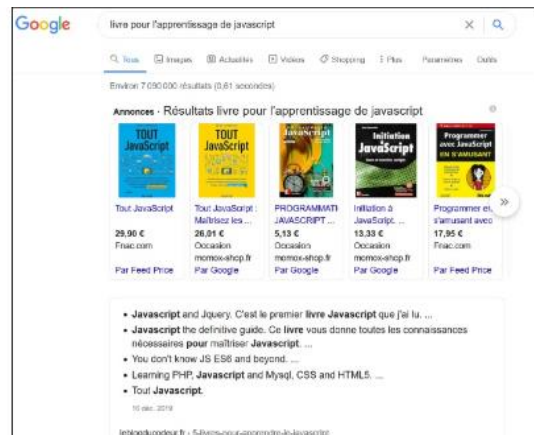
test pour valider sa pertinence. La pertinence du modèle sera alors mesurée à partir d'un calcul de rappel sur les résultats. Lorsque l'efficacité de la nouvelle version aura été validée, les catalogues pourront l'utiliser pour développer des moteurs de recherche de JEN capable d'en indexer beaucoup plus.

2.2 Utilisation de microformats pour la description des JEN

Une autre piste pour faciliter la recherche de JEN et de proposer un microformat que les éditeurs de JEN peuvent utiliser directement dans leur page web. C'est une méthode déjà utilisée avec succès pour les livres par exemple. En effet, une recherche de JEN pour l'apprentissage du *JavaScript* dans les moteurs de recherche, tel que *Google* ou *Bing*, donne principalement comme résultats, des blogs ou des vidéos traitant des informations sur les *Serious Games* et non pas directement des JEN à utiliser (Figure 47-a). En revanche, une même recherche de livre sur l'apprentissage du *JavaScript*, donne directement des livres pour apprendre à coder en *JavaScript* avant tout autre type d'information générale (Figure 47-b). La pertinence des résultats dans ce cas est due au fait que les catalogues de livres en ligne tels que *Fnac* ou *Amazon* suivent les recommandations en matière de description des articles et de référencement des pages web. Ils utilisent entre autres des attributs de microformats pour la description de leur produit.



a) Recherche de jeux éducatifs sur Google



b) Recherche de livre sur Google

Figure 47 : Comparaison des recherches sur les jeux éducatifs (à gauche) et sur les livres (à droite) sur Google.

Les microformats²⁷ sont des dispositifs sémantiques HTML visant à mettre en valeur les termes d'un domaine donné dans le contenu d'une page web. Ils permettent d'ajouter directement au

²⁷ http://microformats.org/wiki/Main_Page

code de la page web des informations précises sur le type de sujet traité et ses propriétés. Par exemple les catalogues numériques tels que *Amazon* décrivent leurs produits dans un microformat dédié aux produits en ligne. Les moteurs de recherche, sans avoir à analyser le contenu, peuvent connaître l'objet de la page et les métadonnées à extraire. Ainsi, il existe des microformats pour de nombreux domaines tels que la médecine, la géolocalisation, etc. (Bizer et al., 2013; Meusel et al., 2014). Le microformat basé sur le LGMD sera constitué d'entête informant que la page web traite de JEN, puis d'un titre qui sera le titre du JEN concerné. Enfin, chaque champ du schéma LGMD sera une balise du microformat. Ce microformat permettrait aux éditeurs de JEN de mieux référencer leur JEN, puisque c'est que recherchent les moteurs de recherche en premier sur une page web. Pour aider les éditeurs de JEN, il leur sera proposé une application pour remplir les métadonnées. Ce plug-in sera constitué de plusieurs cases à remplir basées sur les champs du schéma LGMD avec des suggestions automatiques pour certains champs. Ensuite, les éditeurs auront une option pour générer des sections des pages web constituées des champs du microformat avec les valeurs renseignées, qu'ils pourront intégrer directement dans le code de leur page web.

2.3. Inciter les éditeurs à remplir les métadonnées

Pour inciter les éditeurs à remplir les champs de métadonnées pour la description de leur JEN, il serait possible de proposer dans un cadre applicatif, un système de gamification avec plusieurs éléments de récompense. Premièrement, il y aura une barre de progression qui évoluera au fur et à mesure que l'éditeur remplira les champs de métadonnées. Ensuite, il y aura les autres types de ressorts ludiques pour chaque catégorie complétée, e.g. le badge *Master of pedagogical world* pour la complétion des champs de la catégorie pédagogique du LGMD. Ils auront donc 6 badges après avoir rempli les 23 champs du schéma LGMD.

Enfin, ils recevront des points chaque fois que les termes de recherche d'un utilisateur du catalogue *Planète des JEN* correspondront à une valeur des champs de métadonnées de leur JEN. L'effet waouh de l'application de ces ressorts permettra au début d'augmenter la part de JEN décrits avec le schéma de métadonnées LGMD. Ensuite, il va falloir étudier le profil des éditeurs pour identifier des communautés possibles qui pourront être des relais de l'avantage à l'utilisation du LGMD dans la description des JEN.

2.4. Concevoir un modèle d'extraction de métadonnées générique

Pour prévoir une évolution du web vers de nouvelles structures de balisage, il serait intéressant de rendre le modèle ADEM générique à tous les schémas de balisage. Actuellement, le modèle ADEM est développé sur la base du HTML. Pour évoluer vers une généricité, le modèle peut commencer par une étape de reconnaissance du schéma de structuration du contenu web. Cette reconnaissance peut se faire en recherchant des structures sémantiques répétitives différentes du texte de description (Anikin & Sychev, 2020; Pandarge & Chakkarwar, 2017) en appliquant des techniques de l'intelligence artificielle dans la classification de contenu textuel (Brunet et al., 2021; Sag, 2019).

Listes des publications

Cette thèse fut une aventure riche en travaux et en contact. Ainsi, elle a fait l'objet de quatre (4) publications scientifiques :

- Morie M.W., Goore B.T. (2019). "**Adaptability of Learning Games Based on Learner Profiles in the Context of Autonomous Training**". In: Mendy G., Ouya S., Dioum I., Thiaré O. (eds) e-Infrastructure and e-Services for Developing Countries. AFRICOMM 2018. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, vol 275. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16042-5_25
- Morie M.W., Marfisi-Schottman I., Goore B.T. (2020). "**Information extraction model to improve learning game metadata indexing**". *Ingénierie des Systèmes d'Information*, Vol. 25, No. 1, pp. 11-19. <https://doi.org/10.18280/isi.250102>
- Morie M.W., Marfisi-Schottman I., Goore B.T. (2020). "**LGMD: Optimal Lightweight Metadata Model for Indexing Learning Games**". In: Hamlich M., Bellatreche L., Mondal A., Ordonez C. (eds) Smart Applications and Data Analysis. SADASC 2020. *Communications in Computer and Information Science*, vol 1207. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-45183-7_1
- Morie M.W., Marfisi-Schottman I., Goore B.T. (2020) "**User-Centred Design Method for Digital Catalogue Interfaces.**" In: Marfisi-Schottman I., Bellotti F., Hamon L., Klemke R. (eds) Games and Learning Alliance. GALA 2020. *Lecture Notes in Computer Science*, vol 12517. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-63464-3_4

Nous avons également présenté nos résultats dans 3 conférences scientifiques internationales et 1 colloque :

- **AFRICOMM 2018** - 10th EAI International Conference on e-Infrastructure and e-Services for Developing Countries, Novembre 29-30, 2018, Dakar, Sénégal.
- **Gis2IF** - Colloque journée jeunes chercheurs, 22 novembre 2019, Campus Condorcet, Paris, France.
- **SADASC 2020** : Smart Applications and Data Analysis for Smart Cyber-Physical Systems, 25-27 Juin, 2020, Marrakech, Maroc.

- **GaLA 2020** : Games and Learning Alliance conference, 9-10 décembre 2020, Laval, France

Pour finir nous avons effectué 3 séjours de recherche scientifique et d'échange en dehors de la Côte d'Ivoire :

- **24 septembre - 24 novembre 2018**, Obafemi Awolowo University (OAU), Ile-Ife, Nigeria : Programme d'échange de la Banque Africaine de Développement (BAD) dans le cadre de *African Center of Excellence (ACE) in Information and Computer Technologies (ICT)*
- **1er octobre 2019 - 31 janvier 2020**, Laboratoire Informatique de l'Université du Mans (LIUM), Le Mans, France. 1^{er} séjour : Bourse du Service de Coopération et d'Action Culturelle (SCAC) du gouvernement français.
- **1er octobre 2020 - 31 janvier 2021**, Laboratoire Informatique de l'Université du Mans (LIUM), Le Mans, France. 2^d séjour : Bourse du Service de Coopération et d'Action Culturelle (SCAC) du gouvernement français.

Bibliographie

Aberkane, I. (2005). Détournement du jeu vidéo à des fins pédagogiques: L'affect, l'acquisition de règle et la compréhension d'un système de règle. CIEAEM 57, Italy.

Abt, C. C. (1970). *Serious Games*. Viking.

Abu-Naser, S., Atallah, R., & Hamo, S. (2015). Building an Ontology in Educational Domain Case Study for the University of Palestine. *International Journal of Research in Engineering and Science*, 3, 15–21.

Adeniyi, D. A., Wei, Z., & Yongquan, Y. (2016). Automated web usage data mining and recommendation system using K-Nearest Neighbor (KNN) classification method. *Applied Computing and Informatics*, 12(1), 90–108.

Alvarez, J. (2007). *Du jeu vidéo au serious game* [PhD Thesis]. Université Toulouse.

Ameen, A., Khan, K., & Rani, B. (2012). Creation of Ontology in Education Domain. 237–238. <https://doi.org/10.1109/T4E.2012.50>

Anikin, A., & Sychev, O. (2020). Ontology-Based Modelling for Learning on Bloom's Taxonomy Comprehension Level. In A. V. Samsonovich (Ed.), *Biologically Inspired Cognitive Architectures 2019* (pp. 22–27). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-25719-4_4

Aouadi, N., Pernelle, P., Marty, J.-C., & Carron, T. (2015). A model driven architecture MDA approach to facilitate the serious game integration in an e-learning environment. *European Conference on Games Based Learning*, 15.

Bachy, S., Lebrun, M., & Smidts, D. (2010). Un modèle-outil pour fonder l'évaluation en pédagogie active: Impact d'une formation sur le développement professionnel des enseignants. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, 26(26–1). <http://journals.openedition.org/ripes/307>

Bangor, A. (2009). Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. 4(3), 10.

Barab, S., Thomas, M., Dodge, T., Carteaux, R., & Tuzun, H. (2005). Making learning fun: Quest Atlantis, a game without guns. *Educational Technology Research and Development*, 53(1), 86–107. <https://doi.org/10.1007/BF02504859>

Barker, P. (2005). What is IEEE learning object metadata/IMS learning resource metadata. CETIS Standards Briefing Series, JISC (Joint Information Systems Committee of the Universities' Funding Councils).

Bayon, N. (2000). Stratégies de collecte et d'indexation de pages Web par les moteurs de recherche: Conséquences sur le comportement des utilisateurs. 37.

Beauvisage, T., & Assadi, H. (2002). Les annuaires du web. *Rezeaux*, no 116(6), 141–170.

- Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The Semantic Web. *Scientific American*, 284(5), 34–43.
- Bharti, S. K., & Babu, K. S. (2017). Automatic Keyword Extraction for Text Summarization: A Survey. *ArXiv:1704.03242 [Cs]*. <http://arxiv.org/abs/1704.03242>
- Bizer, C., Eckert, K., Meusel, R., Mühleisen, H., Schuhmacher, M., & Völker, J. (2013). Deployment of rdfa, microdata, and microformats on the web—a quantitative analysis. *International Semantic Web Conference*, 17–32.
- Bogost, I. (2012, March 15). A Portrait of the Artist as a Game Studio—Ian Bogost—Technology—The Atlantic. *The Atlantic*. <http://www.theatlantic.com/technology/archive/2012/03/a-portrait-of-the-artist-as-a-game-studio/254494/>
- Bogui, J.-J. (2017). Analyse de la dynamique intergénérationnelle dans la perception des technologies numériques et leur intégration dans la pédagogie universitaire à l'Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Canadian Journal of Communication*, 42(2), Article 2. <https://doi.org/10.22230/cjc.2017v42n2a3128>
- Bollini, K., Glad, N., Hinsinger, T., Méliá, G., & Moreno, A. (2013). Rapport de projet. 43.
- Boucher, A. (2016). *Ergonomie web: Pour des sites web efficaces*. Eyrolles.
- Bourda, Y., Gauthier, G., Gomez de Regil, R.-M., & Catteau, O. (2010). Métadonnées pour ressources d'apprentissage (MLR) -Nouvelle norme ISO de description de ressources pédagogiques. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 17.
- Brooke, J. (2013). SUS: À retrospective. *Journal of Usability Studies*, 8, 29–40.
- Brougère, G. (2005). *Jouer/apprendre*. Economica.
- Brougère, G. (2012). Le jeu peut-il être sérieux? Revisiter Jouer/Apprendre en temps de serious game. *Australian Journal of French Studies*, 49(2), 117–129.
- Brunet, É., Lebart, L., & Vanni, L. (2021). Littérature et intelligence artificielle (Issue 15, p. 73). Honoré Champion. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03240145>
- Bushman, B. J., & Cantor, J. (2003). Media ratings for violence and sex: Implications for policymakers and parents. *American Psychologist*, 58(2), 130–141. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.58.2.130>
- Cai, D., Yu, S., Wen, J.-R., & Ma, W.-Y. (2003). Extracting Content Structure for Web Pages Based on Visual Representation. *Web Technologies and Applications*, 406–417. https://doi.org/10.1007/3-540-36901-5_42
- Cardinaels, K., Meire, M., & Duval, E. (2005). Automating Metadata Generation: The Simple Indexing Interface. *Proceedings of the 14th International Conference on World Wide Web*, 548–556. <https://doi.org/10.1145/1060745.1060825>

- Chakrabarti, S., Dom, B., Raghavan, P., Rajagopalan, S., Gibson, D., & Kleinberg, J. (1998). Automatic resource compilation by analyzing hyperlink structure and associated text. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30(1), 65–74. [https://doi.org/10.1016/S0169-7552\(98\)00087-7](https://doi.org/10.1016/S0169-7552(98)00087-7)
- Chen, Y. (2018). Document stratégique de présentation de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire (UVCI) [Technical Report]. Agence Universitaire de la Francophonie. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02461904>
- Chisholm, L., & Leyendecker, R. (2008). Curriculum reform in post-1990s sub-Saharan Africa. *International Journal of Educational Development*, 28(2), 195–205. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2007.04.003>
- Cohen, W. W., Ravikumar, P., & Fienberg, S. E. (2003). A Comparison of String Distance Metrics for Name-Matching Tasks. *IIWeb*, 2003, 73–78.
- Crescenzi, V., Mecca, G., & Merialdo, P. (2001). Roadrunner: Towards automatic data extraction from large web sites. *VLDB*, 1, 109–118.
- Cuq, J.-P. (2003). *Dictionnaire de didactique du français*. Paris: CLE International, 214–216.
- Currier, S. (2008). Metadata for Learning Resources: An Update on Standards Activity for 2008. *Ariadne*, 55. <http://www.ariadne.ac.uk/issue/55/currier/>
- De Ketele, J. M. (2000). En guise de synthèse: Convergences autour des compétences. *Quel Avenir Pour Les Compétences*, 187–191.
- De Troyer, O. M. F., & Leune, C. J. (1998). WSDM: A user centered design method for Web sites. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30(1–7), 85–94. [https://doi.org/10.1016/S0169-7552\(98\)00042-7](https://doi.org/10.1016/S0169-7552(98)00042-7)
- Dean, M., Connolly, D., Harmelen, F. van, Hendler, J., Horrocks, I., McGuinness, D. L., Patel-Schneider, P. F., & Stein, L. A. (2002). *Web Ontology Language (OWL) Reference Version 1.0, Draft 12*.
- 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, D. (2016). *Serious Games pour l'éducation: Utiliser, créer, faire créer ? Tréma*, 44, 51–64. <https://doi.org/10.4000/trema.3386>
- Djaouti, D., Alvarez, J., & Jessel, J.-P. (2011). Classifying Serious Games: The G/P/S model. *Handbook of Research on Improving Learning and Motivation through Educational Games: Multidisciplinary Approaches*. <https://doi.org/10.4018/978-1-60960-495-0.ch006>
- Dos Santos, F. A., & Souto, V. T. (2019). Graphic design and user-centred design: Designing learning tools for primary school. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(5), 999–1009.
- Dumouchel, G., & Karsenti, T. (2017). *Mon ami Google: Une étude des pratiques des futurs enseignants du Québec en recherche d'information*. *Canadian Journal of Learning and*

Technology / La Revue Canadienne de l'apprentissage et de La Technologie, 43(2).
<https://www.learntechlib.org/p/182149/>

Dunn, R., Griggs, S. A., Olson, J., Beasley, M., & Gorman, B. S. (1995). A Meta-Analytic Validation of the Dunn and Dunn Model of Learning-Style Preferences. *The Journal of Educational Research*, 88(6), 353–362. <https://doi.org/10.1080/00220671.1995.9941181>

Durkheim, É. (1922). *Éducation et sociologie*.

El Hachani, M. (1997). *L'indexation automatique*. DEA Sciences de l'informatique et Communication.

Elborji, Y., & Khaldi, M. (2014). An IEEE LOM Application Profile to Describe Serious Games «SG-LOM». *International Journal of Computer Applications*, 86(13), 1–8. <https://doi.org/10.5120/15042-3404>

Faessel, N. (2011). *Indexation et interrogation de pages web décomposées en blocs visuels* [These de doctorat, Aix-Marseille 3]. <https://www.theses.fr/2011AIX30014>

Faraday, P. (2001). Attending to web pages. *CHI'01 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 159–160.

Felder, R. M., & Silverman, L. K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, 78(7), 674–681.

Fernandes, D., de Moura, E. S., Ribeiro-Neto, B., da Silva, A. S., & Gonçalves, M. A. (2007). Computing block importance for searching on web sites. *Proceedings of the Sixteenth ACM Conference on Conference on Information and Knowledge Management*, 165–174.

Ferrara, E., De Meo, P., Fiumara, G., & Baumgartner, R. (2014). Web data extraction, applications and techniques: A survey. *Knowledge-Based Systems*, 70, 301–323. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2014.07.007>

Fleiss, J. L., Levin, B., & Paik, M. C. (2013). *Statistical methods for rates and proportions*. John Wiley & Sons.

Frain, B. (2015). *Responsive web design with HTML5 and CSS3*. Packt Publishing Ltd.

Freire, M., & Fernández-Manjón, B. (2016). Metadata for Serious Games in Learning Object Repositories. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje*, 11(2), 95–100. <https://doi.org/10.1109/RITA.2016.2554019>

Gilliot, J.-M., Iksal, S., Medou, D. M., & Dabbebi, I. (2018). Participatory Design of Learning Analytics Dashboards. *IHM'18: 30e Conférence Francophone Sur l'Interaction Homme-Machine*, 119–127. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01897914>

Goin Bi, Z. T., & Koutou, N. C. (2019). De la privatisation à la marchandisation de l'éducation en Côte d'Ivoire. *Revue internationale d'éducation de Sèvres*, 82, 85–92. <https://doi.org/10.4000/ries.9180>

- Habgood, M. P. J., & Ainsworth, S. E. (2011). Motivating Children to Learn Effectively: Exploring the Value of Intrinsic Integration in Educational Games. *Journal of the Learning Sciences*, 20(2), 169–206. <https://doi.org/10.1080/10508406.2010.508029>
- Hendrix, M., Protopsaltis, A., de Freitas, S., Arnab, S., Petridis, P., & Rolland, C. (2012). Defining a Metadata Schema for Serious Games as Learning Objects. 6.
- Hickson, I., Nevile, C. M., & Brickley, D. (2018). HTML Microdata W3C Working Draft 26 April 2018 [Draft]. W3C. <https://www.w3.org/TR/2018/WD-microdata-20180426/>
- Holo, A. K., Mian, B. S. A., & Coulibaly, Y. N. (2019). L'encadrement des étudiants dans le dispositif formations ouvertes et à distance de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 0(0), Article 0. <https://doi.org/10.26220/une.3101>
- Hoy, M. B. (2011). HTML5: A New Standard for the Web. *Medical Reference Services Quarterly*, 30(1), 50–55. <https://doi.org/10.1080/02763869.2011.540212>
- Huizinga, J., & Seresia, C. (1952). *Homo ludens, essai sur la fonction sociale du jeu*.
- Ifrah, L. (2010). Histoire des moteurs de recherche. *Que sais-je?*, 3881, 26–38.
- Ines, D., Jean-Marie, G., & Sebastien, I. (2019). User Centered Approach for Learning Analytics Dashboard Generation. *Proceedings of the 11th International Conference on Computer Supported Education*, 260–267. <https://doi.org/10.5220/0007693102600267>
- Ivanc, D., Vasiu, R., & Onita, M. (2012). Usability Evaluation of a LMS Mobile Web Interface. In T. Skersys, R. Butleris, & R. Butkiene (Eds.), *Information and Software Technologies* (pp. 348–361). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33308-8_29
- Kafai, Y. B., & Burke, Q. (2015). Constructionist Gaming: Understanding the Benefits of Making Games for Learning. *Educational Psychologist*, 50(4), 313–334. <https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1124022>
- Karoui, A., Marfisi-Schottman, I., & George, S. (2020). JEM Inventor: A mobile learning game authoring tool based on a nested design approach. *Interactive Learning Environments*, 0(0), 1–28. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1753214>
- Kaur, S., & Gupta, S. (2018). Prediction Of Design Aspects Of Web Page By Html Parser. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, 5(2), 143–158.
- Keith, J. (2010). *HTML5 for web designers. A Book Apart*.
- Kelly, G., & McCabe, H. (2007). Citygen: An interactive system for procedural city generation. *Fifth International Conference on Game Design and Technology*, 8–16.
- Khalili, N., Sheridan, K., Williams, A., Clark, K., & Stegman, M. (2011). Students designing video games about immunology: Insights for science learning. *Computers in the Schools*, 28(3), 228–240.

Khenissi, M. A., Essalmi, F., Jemni, M., Kinshuk, Graf, S., & Chen, N.-S. (2016). Relationship between learning styles and genres of games. *Computers & Education*, 101, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.05.005>

Kirriemuir, J., & McFarlane, A. (2004). Literature review in games and learning.

Kiryakov, A., Popov, B., Terziev, I., Manov, D., & Ognyanoff, D. (2004). Semantic annotation, indexing, and retrieval. *Journal of Web Semantics*, 2(1), 49–79. <https://doi.org/10.1016/j.websem.2004.07.005>

Konzack, L. (2012). Pan European Game Information (PEGI) system. *Encyclopedia of Video Games: The Culture, Technology, and Art of Gaming*, 2, 474–476.

Kurniawan, S., & Zaphiris, P. (2005). Research-derived web design guidelines for older people. *Proceedings of the 7th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, 129–135. <https://doi.org/10.1145/1090785.1090810>

Laohaprapanon, S., & Sood, G. (2021). Domain Knowledge: Predicting the Kind of Content Hosted by a Domain. In Á. Herrero, C. Cambra, D. Urda, J. Sedano, H. Quintián, & E. Corchado (Eds.), *13th International Conference on Computational Intelligence in Security for Information Systems (CISIS 2020)* (pp. 152–162). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57805-3_15

Le, D., Thoma, G. R., & Zou, J. (2006). Combining DOM tree and geometric layout analysis for online medical journal article segmentation. *Proceedings of the 6th ACM/IEEE-CS Joint Conference on Digital Libraries (JCDL'06)*, 119–128.

Liu, Y., Wang, Q., Wang, Q., Liu, Y., & Wei, L. (2006). An adaptive scoring method for block importance learning. *2006 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI 2006 Main Conference Proceedings)(WI'06)*, 761–764.

Lorenzo, A. R., & Lorenzo, B. U. (2013). Learning Styles of Teacher Education Students: Basis in Improving the Teaching - Learning Process. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 103, 595–605. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.377>

Lui, M., Lau, J. H., & Baldwin, T. (2014). Automatic Detection and Language Identification of Multilingual Documents. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, 2, 27–40. https://doi.org/10.1162/tacl_a_00163

Lytvyn, V., Vysotska, V., Chyrun, L., Smolarz, A., & Naum, O. (2017). Intelligent system structure for Web resources processing and analysis. *Computational linguistics and intelligent systems (COLINS 2017)*. <http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/39459>

Mager, R. F. (1962). *Preparing instructional objectives*.

Maleki, N. G., & Ramsin, R. (2018). Agile Web Development Methodologies: A Survey and Evaluation. In R. Lee (Ed.), *Software Engineering Research, Management and Applications* (pp. 1–25). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61388-8_1

Manning, J. (2004). *The emblem*. Reaktion Books.

- Mao, J.-Y., Vredenburg, K., Smith, P. W., & Carey, T. (2005). The state of user-centered design practice. *Communications of the ACM*, 48(3), 105–109. <https://doi.org/10.1145/1047671.1047677>
- Marfisi-Schottman, I. (2012). *Méthodologie, modèles et outils pour la conception de Learning Games* [PhD Thesis]. Lyon, INSA.
- Marfisi-Schottman, I., George, S., & Tarpin-Bernard, F. (2011). Un profil d'application de LOM pour les Serious Games. *Environnements Informatiques Pour l'Apprentissage Humain, Conférence EIAH'2011*, 81–94. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00605776>
- Martinovic, D., Burgess, G. H., Pomerleau, C. M., & Marin, C. (2016). Computer games that exercise cognitive skills: What makes them engaging for children? *Computers in Human Behavior*, 60, 451–462. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.02.063>
- Massart, D. (2009). Towards a Pan-European Learning Resource Exchange Infrastructure. In Y. A. Feldman, D. Kraft, & T. Kuflik (Eds.), *Next Generation Information Technologies and Systems* (pp. 121–132). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-04941-5_14
- McClelland, M. (2003). Metadata standards for educational resources. *Computer*, 36(11), 107–109. <https://doi.org/10.1109/MC.2003.1244540>
- Meusel, R., Petrovski, P., & Bizer, C. (2014). The WebDataCommons Microdata, RDFa and Microformat Dataset Series. In P. Mika, T. Tudorache, A. Bernstein, C. Welty, C. Knoblock, D. Vrandečić, P. Groth, N. Noy, K. Janowicz, & C. Goble (Eds.), *The Semantic Web – ISWC 2014* (pp. 277–292). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-11964-9_18
- Meziane, O. A. A. (2014). De la notion de compétence GERFLINT. 11.
- Michael Zyda. (2005). From Visual Simulation to Virtual Reality to Games. *Computer*, 38(9), 25–32. <https://doi.org/10.1109/MC.2005.297>
- Michel, H., Kreziak, D., & Héraud, J.-M. (2009). Évaluation de la performance des Serious Games pour l'apprentissage: Analyse du transfert de comportement des élèves virtuels de Vacheland. *Systèmes d'information & management*, 14(4), 71–86. <https://doi.org/10.3917/sim.094.0071>
- Mildner, P. (2016). Design of serious games. In *Serious games* (pp. 57–82). Springer.
- Morie, M. W., & Goore, B. T. (2019). Adaptability of Learning Games Based on Learner Profiles in the Context of Autonomous Training. In G. Mendy, S. Ouya, I. Dioum, & O. Thiaré (Eds.), *E-Infrastructure and e-Services for Developing Countries* (pp. 284–293). Springer International Publishing.
- Najjar, J., Ternier, S., & Duval, E. (2003). The actual use of metadata in ARIADNE: An empirical analysis. *Proceedings of the 3rd Annual ARIADNE Conference*, 1–6.
- Nathenson, I. S. (1998). Internet infoglut and invisible ink: Spamdexing search engines with meta tags. *Harv. JL & Tech.*, 12, 43.

- Neven, F., & Duval, E. (2002). Reusable Learning Objects: A Survey of LOM-based Repositories. *Proceedings of the Tenth ACM International Conference on Multimedia*, 291–294. <https://doi.org/10.1145/641007.641067>
- Nieborg, D. (2004). *America's Army: More than a game*.
- Ochoa, X., Klerkx, J., Vandeputte, B., & Duval, E. (2011). On the Use of Learning Object Metadata: The GLOBE Experience. In C. D. Kloos, D. Gillet, R. M. Crespo García, F. Wild, & M. Wolpers (Eds.), *Towards Ubiquitous Learning* (pp. 271–284). Springer Berlin Heidelberg.
- Osann Jr, R. (2015). Automatic webpage characterization and search results annotation. Google Patents.
- Ouattara-Goïta, K. I., N'Dédé, B. F., & Aya, A. (2009). *La Formation Par Compétences dans l'enseignement primaire en Côte d'Ivoire: Réalités et défis*.
- Palavitsinis, N., Manouselis, N., & Sanchez-Alonso, S. (2014). Metadata quality in learning object repositories: A case study. *The Electronic Library*, 32(1), 62–82. <https://doi.org/10.1108/EL-12-2011-0175>
- Palé, É. B. (2018). Évaluation de l'implantation de l'approche par compétences dans la formation professionnelle en Afrique sub-saharienne: Cas de la Côte d'Ivoire. <https://corpus.ulaval.ca/jspui/handle/20.500.11794/30429>
- Panchenko, A., Lanze, F., Zinnen, A., Henze, M., Pennekamp, J., Wehrle, K., & Engel, T. (2016). Website Fingerprinting at Internet Scale. *Proceedings 2016 Network and Distributed System Security Symposium*. Network and Distributed System Security Symposium, San Diego, CA. <https://doi.org/10.14722/ndss.2016.23477>
- Pandarge, S. S., & Chakkarwar, V. A. (2017). Automatic web information extraction and alignment using CTVS technique. *2017 International Conference of Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, 2, 94–99. <https://doi.org/10.1109/ICECA.2017.8212771>
- Patel, D., & Thakkar, D. A. (2015). A Survey of Unsupervised Techniques for Web Data Extraction. *International Journal Of Computer Science*, 6(2), 1–3.
- Pernin, J.-P. (2004). LOM, SCORM et IMS-Learning Design: Ressources, activités et scénarios. *Actes Du Colloque «L'indexation Des Ressources Pédagogiques Numériques»*, Lyon, 16.
- Porter, M. F. (1980). An algorithm for suffix stripping. *Program*, 14(3), 130–137.
- Prensky, M. (2003). Digital Game-based Learning. *Comput. Entertain.*, 1(1), 21–21. <https://doi.org/10.1145/950566.950596>
- Prié, Y., & Garlatti, S. (2004). Méta-données et annotations dans le Web sémantique. *Revue I3 Information-Interaction-Intelligence*, 4, 45–68.
- Prime-Claverie, C., Beigbeder, M., & Lafouge, T. (2002). Clusterisation du Web en vue d'extraction de corpus homogènes.

- Qi, X., & Davison, B. D. (2009). Web page classification: Features and algorithms. *ACM Computing Surveys*, 41(2), 12:1-12:31. <https://doi.org/10.1145/1459352.1459357>
- Rajabi, E., Sicilia, M.-A., & Sanchez-Alonso, S. (2015). Interlinking educational resources to Web of Data through IEEE LOM. *Computer Science and Information Systems*, 12(1), 233–255. <https://doi.org/10.2298/CSIS140330088R>
- Rajalakshmi, R., & Xavier, S. (2017). Experimental Study Of Feature Weighting Techniques For URL Based Webpage Classification. *Procedia Computer Science*, 115, 218–225. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.09.128>
- Ratan, R., & Ritterfeld, U. (2009). Classifying serious games. *Serious Games: Mechanisms and Effects*, 10–24.
- Rego, P., Moreira, P. M., & Reis, L. P. (2010). Serious games for rehabilitation: A survey and a classification towards a taxonomy. *5th Iberian Conference on Information Systems and Technologies*, 1–6.
- Roldán, J. C., Jiménez, P., & Corchuelo, R. (2017). Extracting web information using representation patterns. 1–5. <https://doi.org/10.1145/3132465.3133840>
- Sag, M. (2019). The New Legal Landscape for Text Mining and Machine Learning. *Journal of the Copyright Society of the USA*, 66, 291.
- Sanchez, E., Ney, M., & Labat, J.-M. (2011). Jeux sérieux et pédagogie universitaire: De la conception à l'évaluation des apprentissages. *Revue Internationale Des Technologies En Pédagogie Universitaire/International Journal of Technologies in Higher Education*, 8(1–2), 48–57.
- Saracevic, T., Kantor, P., Chamis, A. Y., & Trivison, D. (1988). A study of information seeking and retrieving. I. Background and methodology. *Journal of the American Society for Information Science*, 39(3), 161–176.
- Savoy, J. (2005). Indexation manuelle et automatique: Une évaluation comparative basée sur un corpus en langue française. *Actes de la 2ème Conférence en Recherche d'Information et Applications CORIA'05*, 9–23.
- Sawyer, B., & Rejeski, D. (2002). Serious games: Improving public policy through game-based learning and simulation.
- Scallon, G. (2004). L'évaluation des apprentissages dans une approche par compétences. De Boeck Université Brussels.
- Schnall, R., Rojas, M., Bakken, S., Brown, W., Carballo-Dieguez, A., Carry, M., Gelaude, D., Mosley, J. P., & Travers, J. (2016). A user-centered model for designing consumer mobile health (mHealth) applications (apps). *Journal of Biomedical Informatics*, 60, 243–251. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2016.02.002>
- Silva da Silva, T., Martin, A., Maurer, F., & Silveira, M. (2011). User-Centered Design and Agile Methods: A Systematic Review. *2011 AGILE Conference*, 77–86. <https://doi.org/10.1109/AGILE.2011.24>

- Simon, K., & Lausen, G. (2005). ViPER: Augmenting automatic information extraction with visual perceptions. *Proceedings of the 14th ACM International Conference on Information and Knowledge Management*, 381–388. <https://doi.org/10.1145/1099554.1099672>
- Sleiman, H. A., & Corchuelo, R. (2014). Trinity: On Using Trinary Trees for Unsupervised Web Data Extraction. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 26(6), 1544–1556. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2013.161>
- Soflano, M., Connolly, T. M., & Hailey, T. (2015). An application of adaptive games-based learning based on learning style to teach SQL. *Computers & Education*, 86, 192–211. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.03.015>
- Sommer, C. de L.-. (2019). *Le serio ludere humaniste comme ressort de l'unité et de la puissance discursives d'un grand décor.pdf*. Thèse. https://www.academia.edu/38475963/Le_serio_ludere_humaniste_comme_ressort_de_lunit%C3%A9_et_de_la_puissance_discursives_dun_grand_d%C3%A9cor.pdf
- Song, R., Liu, H., Wen, J.-R., & Ma, W.-Y. (2004). Learning block importance models for web pages. *Proceedings of the 13th International Conference on World Wide Web*, 203–211.
- Song, Y. (2014). “Bring Your Own Device (BYOD)” for seamless science inquiry in a primary school. *Computers & Education*, 74, 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.01.005>
- Susi, T., Johannesson, M., & Backlund, P. (2007). *Serious Games: An Overview*. Institutionen för kommunikation och information. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:his:diva-1279>
- Sutcliffe, A. (2002). Assessing the reliability of heuristic evaluation for Web site attractiveness and usability. *Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 1838–1847. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2002.994098>
- Ternier, S., Massart, D., Campi, A., Guinea, S., Ceri, S., & Duval, E. (2008). Interoperability for searching learning object repositories: The prolearn query language. *D-Lib Magazine*, 14(1). <https://lirias.kuleuven.be/1652696>
- Torrecilla-Salinas, C. J., Sedeño, J., Escalona, M. J., & Mejías, M. (2015). Estimating, planning and managing Agile Web development projects under a value-based perspective. *Information and Software Technology*, 61, 124–144. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.01.006>
- Toungara, J. M. (1990). The Apotheosis of Côte d'Ivoire's Nana Houphouët-Boigny. *The Journal of Modern African Studies*, 28(1), 23–54. <https://doi.org/10.1017/S0022278X00054215>
- Truica, C.-O., Velcin, J., & Boicea, A. (2015). Automatic Language Identification for Romance Languages Using Stop Words and Diacritics. 2015 17th International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing (SYNASC), 243–246. <https://doi.org/10.1109/SYNASC.2015.45>
- Turk, D., France, R., & Rumpe, B. (2014). Limitations of Agile Software Processes. *ArXiv:1409.6600 [Cs]*. <http://arxiv.org/abs/1409.6600>
- Tyler, R. W. (1949). *Basic principles of curriculum and instruction*. University of Chicago press.

UNESCO. IIEP Pôle de Dakar, Fonds des Nations Unies pour l'enfance, & Côte d'Ivoire. Government. (2016). Rapport d'état du système éducatif national de la Côte d'Ivoire: Pour une politique éducative plus inclusive et plus efficace; 2016. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247040>

Van Eck, R. (2006). Digital game-based learning: It's not just the digital natives who are restless. *EDUCAUSE Review*, 41(2), 16.

Vredenburg, K., Mao, J.-Y., Smith, P. W., & Carey, T. (2002). A survey of user-centered design practice. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 471–478. <https://doi.org/10.1145/503376.503460>

Winkler, W. E. (2006). Overview of record linkage and current research directions. Bureau of the Census.

Wirth, C., & Fürnkranz, J. (2015). On Learning From Game Annotations. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 7(3), 304–316. <https://doi.org/10.1109/TCIAIG.2014.2332442>

Zheng, C., He, G., & Peng, Z. (2015). A Study of Web Information Extraction Technology Based on Beautiful Soup. *Journal of Computers*, 10(6), 381–387. <https://doi.org/10.17706/jcp.10.6.381-387>

Annexes

Annexe I : Enquête sur l'utilisation des ressources pédagogiques

1. Dans vos formations, avez-vous la liberté de choix des ressources pédagogiques ?
2. Quels sont les types de ressource que vous sélectionnez en générale ?
3. Quels sont les critères pris en charge dans le choix de vos ressources pédagogiques ?
4. Prenez-vous et compte les profils des étudiants dans le choix de vos contenus pédagogiques ? comment ?
5. Comment évaluez-vous les ressources choisies à la fin de vos formations ?
6. Connaissez-vous les jeux éducatifs ?
7. Avez-vous déjà utilisé des JEN dans vos cours ?
8. Si non pourquoi ? (Pour ceux connaissant déjà les JEN)
9. Si vous avez la possibilité d'utiliser les jeux dans vos formations, selon votre expérience, quel genre de jeux choisirez-vous ? (Action, mission, puzzle, réflexion...)
10. À quel niveau de la formation utiliseriez-vous les jeux éducatifs ?

Hébergement des entretiens :

<https://soundcloud.com/user-71670493/sets/entretien-avec-les-enseignants>

Annexe II : Balises HTML par catégorie

I. Balise d'organisation de la page (*pre_blk*)

Balise	Description
<header>	En-tête
<nav>	Liens principaux de navigation
<footer>	Pied de page
<section>	Section de page
<article>	Article (contenu autonome)
<aside>	Informations complémentaires

II. Balise de formulaire (*form_blk*)

Balises	Description
<form>	Représente un formulaire.
<input>	Champ de données pour modifier les données.
<label>	Légende des éléments de formulaire
<textarea>	Champ de texte long.
<select>	Liste d'options.
<option>	Options (choix) d'une liste <select>.
<optgroup>	Groupe d'options groupées sous un label commun.
<button>	Bouton pour déclencher des actions.
<fieldset>	Zone de formulaire.
<legend>	Légende pour un élément <fieldset>.
<datalist>	Ensemble d'éléments option pour d'autres contrôles.
<progress>	Progression d'une tâche.
<output>	Résultat d'une action de l'utilisateur.
<meter>	Mesure scalaire dans une plage connue.

III. Balise des médias (*media_blk*)

Balises	Description
	Image et son contenu alternatif.
<picture>	Conteneur d'image provenant de plusieurs sources.
<source>	Source d'un media (images, audio ou video).
<audio>	Fichier audio dans une page.
<video>	Fichier vidéo dans une page.
<track>	Piste texte pour un média de type audio ou vidéo.
<iframe>	Intégrer une page HTML dans la page courante.
<object>	Ressource externe.
<param>	Paramètres qui dans un élément <object>.
<embed>	Intégration d'une application externe.
<map>	Carte-image.
<area>	Zone correspondante sur une carte-image.
<svg>	Intégrer de code SVG à l'intérieur d'un document.
<math>	Élément racine de mathml.

Annexe III : Dictionnaire du champ *public cible*

Français	Anglais
<i>Préscolaire, primaire, collège, lycée, maternelle, jardin, enfants, adulte, licence, master, doctorat, senior, junior, CP, CE, CM, 6è-Tle, professionnel, étudiant, académique, université, grande école, {1-3} cycle, jeune, adolescent.</i>	<i>Preschool nursery school, elementary primary, middle lower school, high school, junior school, secondary school, grammar school, kindergarten, children, adult, bachelor's degree, master's degree, post graduate, undergraduate, MBA, Ph D degree, doctor's degree, senior, junior, {first-twelfth} grade, professional, student, academic, university, high school, {1-3} cycle, youth, teenager, 3rd person.</i>

Annexe IV : Questionnaire d'évaluation des catalogues

I- Utilisabilité – Modèle *System Usability Scale (SUS)* (O3)

	Pas du tout d'accord 1	2	3	4	Tout à fait d'accord 5
1- Je pense que je vais fréquemment utiliser ce catalogue					
2- Je pense que ce catalogue est inutilement complexe					
3- Je pense que ce catalogue est facile à utiliser					
4- Je pense que j'aurai besoin de l'aide d'un technicien pour utiliser ce catalogue					
5- Je pense que ce catalogue est bien organisé					
6- Je pense qu'il y a trop d'incohérence dans ce catalogue					
7- Je pense que tous les enseignants pourront apprendre rapidement à se servir de ce catalogue					
8- l'utilisation de ce catalogue nécessite trop d'efforts intellectuels					
9- J'étais à l'aise en utilisant ce catalogue					
10- J'ai besoin d'une formation avant de maîtriser ce catalogue					

II- Description des JEN (O2)

	Pas du tout d'accord 1	2	3	4	Tout à fait d'accord 5
1- Je comprends facilement ce que signifie chaque filtre de recherche de ce catalogue					
2- Je retrouve tous les critères dont j'ai besoin pour effectuer une recherche sur ce catalogue					
3- Les informations des JEN, affichés dans la zone de résultats, me permettent d'identifier facilement les JEN répondant à ma recherche					
4- Il manque encore des informations sur les JEN affichés pour me permettre de faire un choix					

III- Utilité du catalogue

	Texte libre
En 10 minutes max, combien de JEN avez-vous trouvés intéressants (lecture complète des informations) ?	
Quels sont les JEN que vous aimeriez tester avant d'éventuellement les utiliser pour vos cours ?	

Annexe V : Réponses aux questions ouvertes

1. Quels sont les JEN que vous aimeriez tester avant d'éventuellement les utiliser pour vos cours ?

	Planète-JEN	Seriousgameclassification	Mobygames
#1	Subnet Game	Salvum	Amidar
#2	Math Snacks Ratio Rumble, DragonBox: Big Numbers, Math Snacks Pearl Diver	America's Army, Etre Marin: Vedette Ennemie, Boarders Ahoy! 2010, Viscera Cleanup Detail, enfants-soldats	ASM (Aktueller Software Markt), ACE (Advanced Computer Entertainment)
#3	Reconnaitre les déterminants, 2x2, au pays des poyoo	Reconnaitre les déterminants	
#4			
#5	Wordreference		
#6		Des chiffres et des lettres, TuxMath Scrable	
#7	Do I have a right?, Arguments War	Supreme Decision	

1. Commentaire générale sur les catalogues

	Planète-JEN	Seriousgameclassification	Mobygames
#1	Quelques filtres supplémentaires peuvent-être rajouter tel que la décennie dans laquelle est paru ce jeu	Certains jeux ne sont pas bien expliqués	Les informations sur les jeux pas exhaustives
#2			
#3	Bien organisé et facile à se retrouver. En revanche les mots clés peuvent être améliorés	On ne peut pas chercher par matière, il faut cliquer sur les jeux avant de savoir de quoi ils parlent	Catalogue difficile à comprendre, pas de filtre et d'informations adaptés sur les jeux.
#4	Intéressant mais ne guide pas	Je me retrouve facilement avec les informations affichées	Pas facile la recherche de jeux
#5			
#6	Les résultats de recherche sans grand correspondance avec les critères.	Pas de possibilité de choisir le type de jeu en mode recherche par critère	Je ne trouve pas les jeux éducatifs liés à l'apprentissage des mathématiques dans les catalogues
#7	Facile à utiliser, filtres pertinents. Cohérence du volet déroulant "Discipline" à améliorer. Ex : ordre alphabétique / impossible de faire apparaitre toute la liste quand une discipline est déjà rentrée / des jeux anglais ne sont pas visibles dans la discipline "anglais" mais le sont dans "langue"	Catalogue qui semble réservé à des spécialistes plutôt qu'au grand public. Difficile d'y naviguer. Terminologie peu éclairante (gameplay / marché / jouet vidéo) / filtres peu adaptés à mes besoins	Il faut probablement du temps et de l'habitude pour maîtriser le fonctionnement de ce catalogue

Annexe VI : Evaluation des catalogues de JEN

1. Profil des enseignants ayant évalué les catalogues

Enseignant	Niveau	Domaine
#1	Supérieur	Informatique
#2	Secondaire	Informatique
#3	Primaire	Lettres
#4	Supérieur	Informatique
#5	Secondaire	Anglais
#6	Secondaire	Math
#7	Supérieur	Anglais
#8	Secondaire	Français
#9	Secondaire	Physique
#10	Primaire	Lettres
#11	Primaire	Lettres
#12	Secondaire	Physique
#13	Supérieur	Informatique
#14	Secondaire	Anglais
#15	Supérieur	Math
#16	Primaire	Lettres
#17	Supérieur	Math
#18	Supérieur	Informatique
#19	Primaire	Lettres
#20	Primaire	Lettres
#21	Primaire	Lettres
#22	Primaire	Lettres
#23	Secondaire	Histoire & Géographie
#24	Secondaire	Anglais
#25	Secondaire	Math
#26	Supérieur	Informatique
#27	Secondaire	Math
#28	Secondaire	Anglais
#29	Primaire	Lettres
#30	Secondaire	Physique

2. Nombre de JEN trouvés par les enseignants dans les catalogues

Enseignant	Planète des JEN		SeriousGameClassification		MobyGames	
	Trouvés	À tester	Trouvés	À tester	Trouvés	À tester
#1	4	1	11	1	2	1
#2	4	3	10	5	3	3
#3	3	3	1	1	0	0
#4	2	0	2	0	3	0
#5	3	1	0	0	10	0
#6	0	0	2	2	0	0

#7	2	2	1	1	0	0
#8	5	3	6	0	2	0
#9	2	2	0	0	5	0
#10	1	1	8	0	0	0
#11	3	3	0	0	7	0
#12	4	3	1	0	0	0
#13	3	3	2	1	1	0
#14	2	2	0	0	5	4
#15	3	3	3	1	0	0
#16	4	3	0	0	2	0
#17	4	2	1	0	0	0
#18	4	3	2	0	1	0
#19	2	1	0	0	0	0
#20	3	2	5	0	3	0
#21	5	4	3	0	0	0
#22	1	0	1	0	0	0
#23	0	0	2	0	0	0
#24	3	3	2	0	1	0
#25	4	2	0	0	10	4
#26	2	2	1	1	0	0
#27	3	2	0	0	5	2
#28	4	2	0	0	3	1
#29	3	2	0	0	2	1
#30	4	3	8	3	0	0