



HAL
open science

Vers un Cadre de Recommandation des Jeux Sérieux fondée sur l'Évaluation et guidée par la Situation d'Apprentissage

Afef Ghannem

► **To cite this version:**

Afef Ghannem. Vers un Cadre de Recommandation des Jeux Sérieux fondée sur l'Évaluation et guidée par la Situation d'Apprentissage. Informatique [cs]. ENSI - Ecole Nationale des sciences de l'informatique, 2021. Français. NNT : . tel-04050899

HAL Id: tel-04050899

<https://theses.hal.science/tel-04050899>

Submitted on 29 Mar 2023

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.

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
UNIVERSITÉ DE LA MANOUBA
ÉCOLE NATIONALE DES SCIENCES DE L'INFORMATIQUE



THÈSE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de

DOCTEUR EN INFORMATIQUE

**Vers un Cadre de Recommandation des Jeux Sérieux fondée
sur l'Évaluation et guidée par la Situation d'Apprentissage**

par
Afef GHANNEM

Réalisée au sein de



RIADI

Soutenue le 22 Juin 2021 devant le JURY

Pr. Narjes BELLAMINE SAOUD	ENSI	Présidente
Pr. Said ASSAR	Institut Mines- Télécom BS, Evry	Rapporteur
Pr. Sonia AYACHI GHANNOUCHI	ISG Sousse	Rapporteuse
Pr. Naoufel KRAIEM	ISI Tunis	Examinateur
Pr. Henda BEN GHEZALA	ENSI	Directrice
Dr. Raoudha KHCHERIF	ENSI	Encadrante

Année Universitaire 2018-2019

**Vers un Cadre de Recommandation des
Jeux Sérieux fondée sur l'Évaluation
et guidée par la Situation d'Apprentissage**

RÉSUMÉ

L'utilisation des jeux sérieux dans l'apprentissage représente une modalité des pédagogies actives et innovantes. De fait, repérer les jeux efficaces pour une situation d'apprentissage bien déterminée, s'avère une tâche complexe. Dans ce contexte, cette thèse a pour objectif de guider le choix des enseignants/formateurs à trouver les jeux les plus adéquats par rapport à leurs objectifs pédagogiques. Nos recherches s'articulent autour de trois axes : la modélisation des critères de choix, l'extraction des connaissances relatives aux jeux sérieux et de leur recommandation. Une ontologie dédiée à la représentation des connaissances qui sont capables de caractériser un jeu sérieux pour l'apprentissage, a été proposée. Par ailleurs, nous avons élaboré un système d'extraction des connaissances pour l'évaluation de l'adéquation des jeux sérieux. Enfin, nous avons proposé une recommandation des jeux sérieux en vue d'aider les enseignants/formateurs dans leurs choix des jeux d'apprentissage. L'évaluation des différentes solutions proposées, vise à explorer le potentiel du cadre d'évaluation et de recommandation des jeux sérieux en vue d'apprécier son efficacité et par conséquent l'améliorer.

Mots clés : Jeux Sérieux, Apprentissage, Évaluation, Extraction de connaissances, Objectifs d'apprentissage, Ontologie, Recommandation, Besoins pédagogiques.

ABSTRACT

The use of serious games in learning represents modality of active and innovative pedagogies. As a result, identifying effective games in given learning situation is a complex task. In this context, the aim of this thesis is to guide the choice of teachers/trainers to find the most suitable games in relation to their educational objectives. Our research focuses on three main areas: the modelling of selection criteria, the extraction of knowledge about serious games and their recommendation. An ontology dedicated to the representation of knowledge that are able to characterize serious game for learning, was proposed. In addition, we have developed a knowledge extraction system for assessing the suitability of serious games. Finally, we proposed a serious games recommendation to help teachers/trainers in their choices of learning games. The evaluation of the various proposed solutions aims to explore the potential of the evaluation and recommendation framework for serious games in order to assess its effectiveness and consequently improve it.

Keywords: Serious Games, Learning, Evaluation, Knowledge Extraction, Learning Objectives, Ontology, Recommendation, Pedagogical Needs.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je voudrais remercier Dieu le tout-puissant de m'avoir donné patience et force pour mener à bien cette thèse. Ensuite, je voudrais remercier ma directrice de thèse Pr. Henda Ben Ghezala et mon encadrante Dr. Raoudha Khchérif pour avoir guidé mon travail et m'avoir aidé tout au long de ces années. Je leur suis reconnaissante de leurs suggestions et leurs encouragements.

Deuxièmement, je voudrais remercier les membres du comité de révision Pr. Saïd Assar et Pr. Sonia Ayachi Ghannouchi pour avoir révisé la thèse et proposer des suggestions pour l'améliorer. Je remercie également les membres du comité d'examen principalement Pr. Narjes Bellamine et Pr. Naoufel Kraïem d'avoir accepté d'examiner le travail et de présider le jury.

Troisièmement, je tiens à remercier mes chères amies Inès et Améni pour leurs soutiens tout proches ou à distance, ponctuellement ou en continu et leurs encouragements infinis. Également, je remercie la magnifique Dr. Olfa Chourabi pour ses encouragements et ses conseils. Je remercie toute personne qui m'a soutenue, encouragée ou participé de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

Enfin, je tiens également à remercier ma très chère et merveilleuse mère, mon très cher père qui n'a jamais quitté mon esprit, mes sœurs et frères, ma belle-sœur et mon beau-frère qui ont été d'excellents soutiens tout au long de mon parcours et à qui cette thèse est dédiée.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	3
ABSTRACT.....	4
TABLE DES ILLUSTRATIONS	iv
LISTE DES TABLEAUX	v
Chapitre 1	7
INTRODUCTION.....	7
1. Objectif et question de recherche	9
2. Cadre méthodologique	11
3. Composition du manuscrit.....	13
Chapitre 2	16
REVUE DE LA LITTÉATURE	16
I. LES JEUX SÉRIEUX	17
1. Concepts de base	17
2. Dimensions du jeu sérieux	18
2.1 Dimension ludique	19
2.2 Dimension sérieuse/pédagogique	20
3. Jeux sérieux et apprentissage	20
II. LES APPROCHES DE CLASSIFICATION ET D'ÉVALUATION DE SGs.....	22
1. Approches de classification de SGs.....	22
1.1 Classification entre principes de jeu et activité pédagogique (M. Prensky, 2001) [51]	22
1.2 Modèle G/P/S (Djaouti et Alvarez, 2007) [52].....	23
1.3 Méthode de classification basée sur le secteur d'activité (B. Sawyer et Smith, 2008) [28]...	24
1.4 Méthode de classification selon l'apport pédagogique (M. Pivec et M. Moretti, 2008) [53]...	24
1.5 Système de classification des SGs (R. Ratan et U. Ritterfeld, 2009) [54]	25
2. Approches d'évaluation des jeux	25
2.1 Grille à quatre dimensions (S. De Freitas et M. Oliver, 2006) [57].....	26
2.2 Méthode basée sur l'évaluation de l'interface (Pinelle et al, 2008) [18]	27
2.3 Méthode basée sur l'évaluation de la conception (Liu et al, 2009) [59].....	28
2.4 Méthode basée sur l'évaluation du Gameplay (Nacke et al, 2010) [16].....	28
2.5 Evaluation à base de la présence sociale (Di Loreto et Gouaich, 2010) [17].....	29
2.6 Evaluation basée sur la mesure des connaissances (Thomas et al, 2011) [60]	29
2.7 Méthode basée sur l'évaluation du contenu (Mitgutsch et Alvarado, 2012) [21].....	30
2.8 Grille CASGG (Boughzala, 2014) [61]	30

III.	FORMALISATION DES SGs	31
1.	GCM : Ontologie du contenu du jeu [66].....	32
2.	IDEAS-Pro:Ontologie de jeux sérieux [68]	34
3.	Méta-modèle de jeux sérieux [63]	34
4.	Ludo: Ontologie pour la création de SGs [69].....	35
IV.	SYNTHÈSE ET POSITIONNEMENT.....	36
V.	CONCLUSION.....	43
	Chapitre 3.....	45
	CARACTÉRISATION DES JEUX SÉRIEUX POUR L'APPRENTISSAGE	45
1.	Motivations et rappel du problème	46
2.	Méthodologie et processus de modélisation de l'évaluation des SGs	48
3.	Pratiques de modélisation de la caractérisation des SGs.....	52
3.1	Une démarche inductive via un brainstorming	53
3.2	Métriques d'apprentissage dans les jeux sérieux	54
3.3	Théorie de modélisation de l'apprentissage	56
4.	Modèle ontologique pour implémenter le framework d'évaluation de SGs.....	57
5.	Conclusion.....	60
	Chapitre 4.....	62
	PROPOSITION D'UNE MÉTHODOLOGIE POUR L'ÉVALUATION ET LA RECOMMANDATION DES SGS.....	62
1.	Motivations et Objectifs	63
2.	Modélisation des connaissances du domaine.....	63
2.1	L'ontologie de domaine	63
2.2	Validation de l'ontologie des SGs.....	66
2.3	La construction du corpus.....	67
3.	Le processus d'extraction des connaissances.....	68
3.1	Extraction automatique des connaissances du domaine.....	70
3.1.1.	Extraction d'entités nommées (EN).....	70
3.2	Agrégation sémantique des connaissances	80
3.2.1	Extraction de l'engagement du jeu.....	81
3.2.2	Extraction de l'utilisabilité du jeu	82
3.2.3	Extraction de la jouabilité du jeu.....	82
3.2.4	Extraction de l'efficacité du jeu	83
3.2.5	Extraction du taux d'erreurs	83
4.	Recommandation des SGs	85
5.	Conclusion.....	86
	Chapitre 5.....	88
	EXPÉRIMENTATIONS ET RÉSUTATS	88
1.	Description de l'expérimentation	88
1.1	Protocole d'évaluation	89
1.2	Contexte de l'expérimentation	91

Table des Matières

2. Résultats et analyses	93
3. Bilan de l'expérimentation	96
4. Conclusion.....	97
Chapitre 6.....	99
CONCLUSION ET PERSPECTIVES FUTURES.....	99
Annexe A	104
La plateforme GATE	104
(General Architecture for Text Engineering).....	104
Annexe B	109
<i>Extrait du Gazetteer</i> pour la détection des objectifs de type « Affective » et « Psychomotor ».....	109
Annexe C	110
BIBLIOGRAPHIE	112

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1: <i>Le modèle G/P/S</i>	23
Figure 2: <i>Cadre d'évaluation des jeux éducatifs (De Freitas & Oliver, 2006)</i>	27
Figure 3: <i>Grille d'évaluation CASGG</i>	31
Figure 4: <i>L'ontologie de contenu de SG</i>	33
Figure 5: <i>Méta-modèle de SGs</i>	34
Figure 6: <i>Ontologie Ludo</i>	35
Figure 7: <i>Processus d'évaluation de SGs</i>	49
Figure 8: <i>Processus métier du cadre d'évaluation</i>	51
Figure 9: <i>Extrait du modèle conceptuel de l'ontologie de domaine proposée</i>	59
Figure 10: <i>Extrait de l'Ontologie du domaine</i>	64
Figure 11: <i>Inférence des règles SWRL</i>	66
Figure 12: <i>Requête Gain</i>	67
Figure 13: <i>Corpus de SGs</i>	68
Figure 14: <i>Extrait du gazetteer cognitive.lst</i>	72
Figure 15: <i>Lemmes verbaux et nominaux</i>	72
Figure 16: <i>Règle d'extraction des objectifs d'apprentissage</i>	73
Figure 17: <i>Repérage des objectifs d'apprentissage</i>	74
Figure 18: <i>Instanciation automatique de l'ontologie de domaine</i>	74
Figure 19: <i>Annotation des objectifs</i>	75
Figure 20: <i>Annotation du résultat d'apprentissage</i>	76
Figure 21: <i>Extrait des lemmes relatifs aux genres et types de SGs</i>	76
Figure 22 : <i>Annotation du genre du jeu</i>	77
Figure 23: <i>Annotation du niveau de difficultés du SG</i>	78
Figure 24: <i>Lemmes pour le niveau de difficulté</i>	78
Figure 25: <i>Repérage du domaine du SG</i>	79
Figure 26: <i>Modèle conceptuel d'erreurs</i>	84
Figure 27: <i>Protocole d'évaluation</i>	90
Figure 28: <i>Interface utilisateur</i>	92
Figure 29: <i>Ontologie des besoins utilisateur</i>	93
Figure 30: <i>Extrait de l'ED Gate Embedded</i>	105
Figure 31: <i>Chaine d'extraction d'information Gate</i>	106
Figure 32: <i>Exemple de règle d'extraction exprimée avec JAPE</i>	108

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-- <i>Comparaison des méthodologies de classification et d'évaluation de SGs existantes</i>	38
Tableau 2-- <i>Critères déterminants de l'apprentissage dans les SGs</i>	40
Tableau 3-- <i>Caractérisation des jeux sérieux</i>	54
Tableau 4-- <i>Caractérisation de la situation d'apprentissage</i>	91
Tableau 5-- <i>Calcul automatique des performances</i>	94
Tableau 6-- <i>Calcul manuel des performances</i>	96

*“La recherche est de voir ce que tout le monde a vu, et de penser à ce que personne d'autre
n'a pensé.”*

*Albert Szent-Gyorgyi¹
(1893-1986)*

¹ Hungarian, 1937 Nobel Prize for Medicine.

Chapitre 1

INTRODUCTION

L'apprentissage est une activité humaine très complexe [1], qui a été étudiée et modélisée par plusieurs théories et approches pédagogiques, à savoir le behaviorisme, le cognitivisme, le constructivisme, etc. Certes, les efforts et les recherches relatives à l'amélioration des modalités d'apprentissage ne cessent d'évoluer pour passer par les méthodes traditionnelles et magistrales aux méthodes actives d'enseignement. En effet, les apprenants actuels présentent un manque d'intérêt et une faible attention pour les aspects théoriques. Ainsi, cette amélioration est devenue une nécessité ou un atout important pour les Instructionals/Designers qui souhaitent tirer profit de l'utilisation de nouvelles technologies d'enseignement et d'apprentissage.

En tenant compte du fait que la nouvelle génération des apprenants est friande de technologie, la digitalisation du processus d'enseignement apparaît indispensable. Elle se manifeste par l'intégration de nouvelles méthodes et techniques d'apprentissage qui agissent sur le développement des environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH). Par le fait que, garder la motivation et favoriser l'engagement des apprenants est devenu un défi important à relever par les acteurs de la formation et de l'enseignement, un intérêt croissant pour l'utilisation des jeux dans l'éducation est démontré par un nombre croissant de rapports et de revues systématiques [2] [3] [4] [5] [6].

Durant la dernière décennie, de nombreuses recherches se sont intéressées à faire intégrer les jeux sérieux (SGs) dans les dispositifs d'enseignement. Cette nouvelle tendance, consiste à exploiter les SGs dans plusieurs disciplines d'enseignement tels que l'apprentissage des langues, la santé et les apprentissages approfondis. En outre, de grandes entreprises ont adopté les SGs dans la formation de leurs employés tels que l'Oréal, Toyota, Renault, Michelin, etc². Effectivement, l'utilisation des SGs a connu un intérêt croissant et s'est beaucoup développée pour devenir un moyen viable de l'éducation et de la formation en

²<https://www.dynamique-mag.com/article/grandes-entreprises-adopte-serious-games.4778>

général. Chin et ses collègues [7], Gros et al [8] affirment la pertinence et l'efficacité de l'intégration du jeu comme un outil d'apprentissage dans l'éducation.

Le concept SG englobe « tous les jeux vidéo qui ont pour objectif de transmettre des contenus, de faire découvrir ou apprendre quelque chose » [9]. Ces jeux qui incorporent la pédagogie sous forme de différents types de connaissances, contiennent des phases ludiques et des moments d'apprentissage. Dans ce nouveau cadre d'enseignement, le SG assure des avantages concrets tels que l'autonomisation, l'apprentissage au rythme de l'apprenant, le renforcement de la motivation et de l'estime de soi grâce aux aspects ludiques. De plus, il confère à l'utilisateur une compétence, une connaissance ou une attitude pouvant être appliquée dans le monde réel et permet d'amener l'apprenant à apprendre différemment [10], et devenir le futur de l'éducation [11, 12]. En outre, les SGs apportent de nouvelles opportunités et alternatives d'apprentissage et d'enseignement respectivement pour l'apprenant et l'enseignant. Ces atouts ont été à l'origine d'une meilleure exploitation des SGs dans le milieu éducatif dont leur potentiel a envahi le monde de l'éducation, de la formation et spécifiquement de l'apprentissage humain.

Toutefois, cette satisfaction nous ramène à évaluer la facilité d'utilisation et d'accès aux SGs selon plusieurs critères. Pouvoir mesurer l'efficacité et l'efficacé de ces jeux afin de les intégrer aisément dans le processus d'apprentissage. En effet, l'usage des SGs dans les dispositifs d'apprentissage nécessite un cadre théorique et pratique pour évaluer leur adéquation. Du reste, un jeu efficace doit renforcer le lien et l'équilibre entre le scénario pédagogique et le scénario ludique. Néanmoins, il reste encore non évaluable et non caractérisable de manière adéquate aux enseignants/formateurs.

Certes, il existe des recherches qui ont tenté d'identifier les problèmes liés à la sélection, au développement et à l'évaluation des SGs utilisés à des fins éducatives. Mais, l'utilisation des jeux dans l'éducation est encore limitée [13] et la manière dont ce paradigme doit être mis en œuvre pour créer une expérience d'apprentissage efficace n'est pas encore claire [11].

Le besoin des acteurs de la formation à un cadre et à un outil qui leur permet de bien caractériser et analyser les SGs pour savoir où et quand les utiliser dans leurs dispositifs d'enseignement est très indigent. En effet, de nombreuses organisations, y compris les écoles et les universités, qui envisagent l'adoption de l'apprentissage basé sur les jeux numériques ne savent pas par où commencer. La diversité et la profondeur de l'expérience du jeu rendent difficile le choix d'une stratégie et d'une approche » [14].

En réfléchissant à cette promesse, nous avons constaté que les perspectives et la qualité pédagogiques qui soutiennent l'utilisation des jeux n'ont pas été mises en évidence par la littérature. Nous avons également noté un manque de standardisation à la fois dans la définition des objectifs d'apprentissage et dans la classification des méthodes liées au jeu. Ainsi, l'enseignement avec les SGs pose encore des problématiques pédagogiques non encore résolues. Relativement à ce cadre, nous pensons que la plus importante des problématiques consiste à évaluer et à caractériser les SGs par rapport aux besoins de l'enseignant/formateur. Par ailleurs, pour s'approcher au plus des besoins des enseignants, le jeu doit être analysé selon les objectifs du cours et doit offrir les informations nécessaires pour pouvoir l'adopter et l'utiliser. Les enseignants doivent posséder des critères utiles pour la caractérisation des SGs.

1. Objectif et question de recherche

Notre thèse est inscrite dans ce domaine de recherche. La vocation principale consiste à proposer une méthodologie de recommandation permettant de faciliter l'évaluation de SGs dans un contexte éducatif. En d'autres termes, c'est de proposer une assistance aux enseignants/formateurs qui veulent adopter les SGs comme un outil d'apprentissage. En un premier temps, nous avons étudié les formes de caractérisation et d'analyse de SGs de point de vue Instructional/Designer. Par la suite, nous avons proposé un framework qui permet de réaliser cette analyse. L'activité d'évaluation se base sur la génération d'un alignement automatique conformément à un modèle ontologique. En effet, l'alignement des ontologies consiste à trouver des correspondances et des relations entre leurs entités (concepts, propriétés ou instances).

Dans la littérature, il existe des travaux qui tentent d'offrir ce cadre pour l'évaluation et l'analyse des jeux d'apprentissage. Plusieurs équipes de recherche se sont lancés dans cet aspect d'études. Il a touché plusieurs sous-aspects tels que l'évaluation de la composante conception, la présence sociale, le gameplay et l'interface du SG [15] [16][17][18]. D'autres ont évalué l'apprenant/joueur [19][20] et ont suivi ses actions au cours du jeu et par conséquent évaluer le degré d'assimilation des connaissances fournies par le jeu. Pourtant, ces travaux sont dédiés le plus aux concepteurs de jeux et s'appliquent au cours du processus de conception et de développement des jeux. Les travaux de [21], ont proposé une évaluation du contenu du jeu à travers un questionnaire qui offre un potentiel pour un discours critique sur

les forces et les faiblesses d'un SG. Les chercheurs ont évalué les SGs en utilisant dans la plupart des travaux des approches quantitatives (QCM).

Cependant, très peu de ces recherches ont tenté d'évaluer le contenu et les objectifs pédagogiques du SG par rapport aux objectifs pédagogiques du processus d'enseignement. En effet, aucun de ces recherches n'a donné une réponse satisfaisante qui tient compte de cet aspect d'évaluation. Véritablement, la recherche via ces critères dans le processus d'évaluation permet d'apporter des réponses concrètes et précises aux Instructionals /Designers, qui souhaitent intégrer les jeux dans leurs classes.

Pour atteindre notre objectif de recherche, nous devons répondre à la question suivante :

Comment choisir un SG et l'adopter en tant qu'outil et/ou un service d'apprentissage dans le processus d'enseignement ?

Cette question de recherche soulève quatre sous questions :

1. Comment peut-on caractériser un jeu sérieux ? Quels sont les critères à considérer pour pouvoir analyser et évaluer un SG, afin qu'il améliore la performance de l'apprentissage ? Comment les définir ?
2. Pourquoi a-t-on besoin d'un cadre d'évaluation des jeux sérieux pour les enseignants/formateurs ? Y a-t-il une adéquation entre les objectifs pédagogiques du jeu sérieux et les objectifs pédagogiques du cours ?
3. Comment peut-on définir et modéliser ce cadre d'évaluation et de recommandation des jeux sérieux ?
4. Comment pourrions-nous guider le choix de SGs par les enseignants/formateurs ?

A travers cette recherche, nous tentons de répondre à une lacune de recherche et à un besoin pédagogique réel. En effet, nous essayons de combler ce besoin en facilitant l'intégration des SGs en tant qu'outil pédagogique dans les processus d'apprentissage tout en fournissant un cadre complet. Par conséquent, pour combler ce déficit de recherche, nous allons :

- Identifier les critères saillants qui caractérisent un SG dans l'apprentissage, qui n'ont pas été soulignés et étudiés en profondeur.
- Modéliser ces critères pour pouvoir obtenir des modèles de recherche génériques et complets permettant de faciliter l'analyse, l'évaluation et la recommandation de SGs dans les milieux éducatifs.

Les objectifs pour répondre aux besoins des enseignants/formateurs, dont l'un de leurs arguments fréquemment avancés est la difficulté de trouver des jeux adaptés à leurs programmes éducatifs et ayant fait l'objet d'une validation scientifique, sont les suivants :

- Guider le choix des enseignants/formateurs dans l'utilisation de SGs en tenant compte de leurs besoins pédagogiques et ce par le biais des critères identifiés ci-dessus.
- Découvrir le cadre d'évaluation et d'aide aux choix de SGs dans les processus d'apprentissage.

2. Cadre méthodologique

Partant d'une littérature riche en théories pédagogiques et de modélisation des unités et des activités d'apprentissage, dans cette étude nous avons utilisé diverses afin de dégager un modèle commun relatif aux SGs qui désignent eux même des outils d'apprentissage. La taxonomie de Bloom [86] était pertinente pour collecter et fixer un ensemble de critères jugés judicieux dans la caractérisation de SGs et par conséquent dans leur évaluation. Ainsi, nous avons combiné l'utilisation des standards d'apprentissage et des technologies du web sémantique qui s'explique par le fait que ces derniers aident à la description, à la conception et au développement des ressources d'apprentissage en milieu éducatif. Les standards d'apprentissage permettent de se référer à un niveau de performance global et standard, qui permet d'interpréter les aptitudes de base comme le niveau moyen de performance réellement atteint par les apprenants. Ils assurent une meilleure interopérabilité et une réutilisation des ressources d'apprentissage. Effectivement, nous avons exploité des ontologies en vue d'annoter le contenu des SGs. Les ontologies sont considérées comme une infrastructure idéale et des modèles de représentation des connaissances pour garantir une compréhension commune d'un domaine particulier. Elles fournissent les outils spécifiques pour organiser et fournir une description des contenus hétérogènes.

La méthodologie de cette thèse a consisté à l'élaboration d'un cadre qui vise à apporter une méthode pour répondre à la fois au besoin métier et à la lacune de recherche mentionnés plus haut. Pour le faire, nous avons mis en place une approche de développement par l'utilisateur final. Cette dernière, nous a permis d'identifier les éléments de contenu du jeu en se basant sur les critères susmentionnés dans la section précédente. Il s'agit de proposer un corpus de jeux indexé à base d'une ontologie de SGs, que nous avons développée. Un corpus de jeux est un ensemble de documents et de textes qui sont collectés comme base d'étude dans notre contexte, en vue de réaliser une analyse et une évaluation du contenu du jeu.

Ce corpus est muni d'un système qui permet de capitaliser et de partager la description formelle des jeux. Ce système permet également d'assister l'enseignant dans la recherche d'un jeu qui sera conforme à ses objectifs pédagogiques et ce à travers :

- (1) La caractérisation automatique du jeu à partir des informations stockées dans le corpus qui serviront en tant que descripteurs de connaissances. Ces descripteurs pourraient aider l'enseignant à déterminer le jeu le plus adéquat à ses besoins.
- (2) La proposition d'un outil de recherche puissant et performant de point de vue précision des besoins. En effet, l'enseignant/formateur peut choisir en fonction de ses besoins éducatifs, le jeu qui sera offert à ses étudiants. L'efficacité et la pertinence de ces pratiques dépendent de la façon dont le jeu est introduit et mis en œuvre dans la classe, et surtout le choix des jeux proposés. Évidemment, il est important d'informer pour sélectionner des jeux qui répondent aux objectifs éducatifs dans la situation d'apprentissage qui a été conçue et organisée.
- (3) Et un système d'évaluation et de recommandation des SGs, qui permet de guider le choix des enseignants/formateurs en leur recommandant un jeu par rapport à un autre. De plus, la recommandation d'un jeu précise son degré d'adéquation par rapport à l'objectif pédagogique d'apprentissage.

De point de vue enseignant/formateur, ce système souligne l'utilité de connaître :

- Pour quel « profil » d'apprenants un tel jeu est-il pertinent ?
- Quel est l'objectif pédagogique du jeu ?
- Quelles sont les limites de ce jeu ?

En outre, l'enseignant/formateur est le plus important et est l'utilisateur final de ce système. Grâce à ce dernier, l'enseignant peut avoir des scores pour différencier entre les jeux et pouvoir prendre une décision claire sur l'opportunité d'adopter un tel jeu dans son processus d'enseignement.

Finalement, ce cadre souligne deux types de contributions attendues de cette recherche :

- Une contribution théorique en fournissant des modèles de recherche permettant la caractérisation des SGs de point de vue besoins pédagogiques.
- Une contribution pratique en fournissant un outil de recommandation d'un jeu sérieux dans un contexte d'apprentissage bien précis.

3. Composition du manuscrit

Après avoir présenté le contexte et défini les questions de recherche dans l'introduction générale, ce manuscrit de thèse est organisé en six chapitres.

Le **chapitre 2** présente une synthèse de *l'état de l'art* sur l'avancement des travaux des domaines associés à ce travail de thèse. Il est axé autour de trois parties : la partie 1 « Les jeux sérieux », est consacrée à présenter les jeux sérieux et leurs contextes d'usage. De même, définir leurs différentes dimensions ainsi que la relation de corrélation entre les jeux et l'apprentissage. La partie 2 « Les approches de classification et d'évaluation des SGs », expose les solutions existantes pour l'évaluation des SGs dans un contexte d'apprentissage. Une étude comparative entre ces dernières a été menée. La caractérisation de SGs a été de même étudiée afin de dégager les critères clés dans l'évaluation de SGs dans l'apprentissage et l'enseignement. La partie 3 « Descriptions formelles de SGs », a étudié les différentes approches de formalisation de SGs dans la littérature.

Le **chapitre 3** « *Caractérisation de SGs pour l'apprentissage* », a pour but de décrire et de détailler la méthodologie de modélisation proposée pour implémenter la sémantique du framework. Cette implémentation se base sur le développement d'une ontologie de SGs.

Dans le **chapitre 4** « *Proposition d'une méthodologie pour l'évaluation et la recommandation des SGs* », décrit la refonte du framework et présente son prototype. Cette description se base sur l'utilisation du traitement automatique du langage naturel (NLP) et l'extraction automatique des connaissances.

De plus, un modèle d'extraction des connaissances pour l'évaluation est fondé sur des règles d'annotation des ressources (SGs).

Pour valider nos travaux, le **chapitre 5** « *Expérimentations et validation* » est présenté. Nous décrivons les scénarios de déroulement des expérimentations ainsi qu'une analyse des résultats obtenus.

En conclusion, nous présentons une synthèse de nos contributions ainsi que les perspectives tracées pour la continuité de ce travail de recherche dans le **chapitre 6**.

*“Il n’est pas de bonne pédagogie qui ne commence
par éveiller le désir d’apprendre.”
François de Closets*

Chapitre 2

REVUE DE LA LITTÉATURE

Les technologies récentes offrent de nouvelles possibilités d'utilisation des jeux pour améliorer l'apprentissage et la participation des apprenants. Les jeux offrent des moyens d'explorer la situation problématique et permettent aux apprenants de confronter un problème captivant. En effet, les essais et les erreurs dans les jeux permettent de développer des compétences professionnelles et d'optimiser un travail d'équipe.

Ce chapitre fait l'objet d'une étude de la littérature qui s'intéresse par l'analyse et l'évaluation de l'aspect pédagogique des jeux sérieux. Les SGs se manifestent comme une méthode puissante d'éducation et d'apprentissage. Effectivement, le mécanisme d'évaluation des SGs par les enseignants eux même, connaisseurs et non connaisseurs de l'informatique leur permet de savoir choisir un jeu et décider de son intégration dans leurs dispositifs d'apprentissage. Ainsi, l'évaluation des SGs est toujours réalisée dans un but précis qui dépend du domaine applicatif. Il est donc important de préciser dans notre contexte de travail le rôle donné à l'évaluation, son importance ainsi que ses différents acteurs.

I. LES JEUX SÉRIEUX

“Joue et tu deviendras sérieux.”
Aristote

L'apparition des jeux est fortement couplée avec l'apparition de l'Homme. Les jeux représentent une valeur ajoutée marquée dans le développement des enfants sur le plan affectif, cognitif, physique ou langagier. Ils offrent à l'enfant des compétences qui lui permettent d'explorer de nouveaux environnements et de vivre de nouvelles expériences réelles. Ceci aide l'enfant à penser de façon créative et à renforcer ses connaissances à travers les erreurs commises.

Aujourd'hui et depuis longtemps, ils se sont utilisés vaguement à des fins sérieuses telles que l'apprentissage. Ils se sont positionnés comme un support idéal pour permettre l'acquisition des compétences difficiles à acquérir à travers les méthodes traditionnelles d'apprentissage en général et d'enseignement en particulier.

Dans cette section, nous définissons les jeux sérieux, tout en expliquant leurs concepts de base et en précisant leurs dimensions ainsi que leur relation de corrélation avec l'apprentissage.

1. Concepts de base

Le terme « jeu sérieux » a été évoqué pour la première fois en 1970 par Clark Abt dans son livre *Serious Games* [22]. Dans cet ouvrage, le terme jeu sérieux est utilisé pour des jeux de cartes ou de plateaux conçus dans un but éducatif. Michael et Chen [23], définissent les SGs comme étant³ des jeux d'éducation. Formellement, un jeu sérieux est défini en tant qu'une « application informatique, dont l'intention initiale est de combiner de manière cohérente et simultanée, les aspects sérieux comme l'enseignement, l'apprentissage, la communication ou l'information à partir de ressorts ludiques issus du jeu vidéo » [24].

De surcroît, les SGs peuvent être définis comme des jeux vidéo [25, 26, 27, 28] avec des objectifs sérieux [29], conçus pour des formations et des fins éducatives [26, 27] afin qu'ils fournissent des médias interactifs engageants pour soutenir l'apprentissage dans son sens large [29].

³ « Un jeu dans lequel l'éducation (sous ses diverses formes) est l'objectif principal, plutôt que le divertissement ».

De son côté, Mickael Zyda [30] caractérise le SG comme⁴ un exercice intellectuel lancé sur un ordinateur. Son utilisation peut servir plusieurs domaines tels que la formation, l'éducation, la santé, la sécurité civile et comme une stratégie de communication dans des milieux institutionnels ou privés.

La vocation d'un jeu sérieux est donc de rendre attrayante la dimension sérieuse par une forme, une interaction, des règles et éventuellement des objectifs ludiques [31]. L'objectif principal est d'exploiter l'aspect ludique des jeux vidéo pour faciliter les concepts d'apprentissage sérieux qui sont traditionnellement enseignés par des méthodes d'enseignement ou de formation classiques. En effet, ils font la promotion et l'ouverture de nouveaux horizons pour l'apprentissage actif et interactif qui se définit par le « learning by doing ». Compte tenu de la variété des définitions issues de la littérature, nous pouvons déduire que les jeux sérieux sont des jeux dont l'apprentissage est leur premier but et dont le plaisir est le moyen.

2. Dimensions du jeu sérieux

Le mot jeu sérieux est composé de deux dimensions : « jeu » et « sérieux ». Dans la littérature, plusieurs divisions ont été élaborées pour caractériser un SG. Composants, niveaux, architecture, facettes ; sont tous des termes qui reflètent le même sens. Ils sont utilisés afin de désigner et de regrouper les différents niveaux qui composent un SG.

Dans un contexte éducatif, les auteurs ont détaillé l'ensemble des composantes du SG en vue de maximiser l'apprentissage. Selon [32], il faut équilibrer motivation et apprentissage lors de la conception d'un SG. Contrairement aux pédagogues et les experts du domaine qui s'attachent à l'apprentissage, les concepteurs de jeux et les experts du jeu vidéo s'intéressent à la motivation. Selon Hélène Michel [33], un SG porte plusieurs dimensions : (1) Une liée directement aux apprentissages et qui s'intéresse à la satisfaction de l'apprenant, la capacité d'apprentissage induite et la capacité à influencer les actes (passage du savoir au comportement). (2) La deuxième est liée à la structure commanditaire du jeu : notamment le résultat de l'usage du SG et sa comparaison avec l'utilisation d'autres dispositifs de formations.

⁴ « Un défi intellectuel lancé sur un ordinateur selon des règles spécifiques ».

Une autre approche, intimement liée à l'acte de jeu est abordée par Sanchez, Ney et Labat [34]. Ces derniers assurent un équilibre nécessaire entre le réalisme du jeu, sa pertinence du point de vue réponse aux objectifs d'apprentissage à atteindre et sa cohérence dans le sens de son déroulement. En effet, les auteurs soulignent que si un déséquilibre se crée entre ces trois points, un biais dans les apprentissages sera risqué. Ceci, peut entraîner un usage limité du jeu.

Dans la suite de ce manuscrit, nous allons utiliser le terme dimension pour définir les différentes couches du jeu sérieux.

2.1 Dimension ludique

Dans un jeu, le gameplay est l'une des principales caractéristiques d'un jeu réussi [35]. Il désigne toutes les activités et les stratégies employées par les concepteurs de jeux pour définir les interactions avec le modèle formel [32] afin d'obtenir et de garder l'engagement et la motivation du joueur durant tout le jeu. Il est représenté par :

- Les règles du jeu : ce sont des informations qui aident les joueurs à comprendre les règles de base et les conditions d'utilisation du jeu [36] [32] tels que les étapes du jeu, les défis auxquels les joueurs sont confrontés et les stratégies qu'ils peuvent utiliser pour gagner [37].
- Le feedback (retour d'information) : généré par le jeu suite aux actions du joueur pour lui permettre l'amélioration de ses performances. Ces retours sont très importants dans les SGs, parce qu'ils indiquent au joueur s'il a réussi ou non et en conséquence aide au développement de la compétence par l'expérience.
- Le score et le gain du jeu : les joueurs ont besoin d'être valorisés par le jeu pour maintenir leur motivation et leur engagement [36].
- L'interface doit être simple et bien définie, pour pouvoir suggérer ou guider les actions du joueur. Elle permet de maintenir une interaction fluide entre le joueur et le jeu [37].
- Les graphismes, les effets visuels, la musique appropriée et les effets sonores [36], permettent de procurer le plaisir à l'apprenant joueur [32].
- La scénarisation est fondamentale et consiste à immerger l'apprenant/joueur dans un univers virtuel en lui faisant endosser le rôle d'un personnage et s'approprier du jeu [36]. En effet, l'aspect ludique du jeu doit être gardé pour pouvoir maintenir l'intérêt et l'attitude positive du joueur [35] et être capable d'atteindre les objectifs du jeu.

2.2 Dimension sérieuse/pédagogique

Les SGs représentent un mode d'apprentissage innovant. Ils s'inspirent des principes des pédagogies actives pour dynamiser l'apprenant. Il devient l'acteur central de son propre apprentissage, ce qui favorise la mémorisation via les mécanismes d'essais et d'erreurs, de perte et de gain offerts par le jeu. En plus, l'apprentissage offert par le jeu permet d'inciter les apprenants/joueurs à prendre l'initiative, prendre des décisions et à résoudre des problèmes.

Certes, selon [31] un SG doit impérativement disposer d'un scénario pédagogique. En effet, la dimension pédagogique du SG s'occupe de l'intégration des compétences dans la mécanique du jeu afin d'assurer l'assimilation correcte des contenus pédagogiques. Ceci, transforme l'apprentissage de savoir en savoir-être et savoir-faire [38], ce qui donne une nouvelle mesure d'intelligence.

3. Jeux sérieux et apprentissage

« L'apprentissage consiste à transformer l'information en connaissances, via des ressources (matérielles et humaines). Il s'agit d'un processus actif et constructif à travers duquel l'apprenant manipule des ressources cognitives de façon à créer de nouvelles connaissances en extrayant l'information de l'environnement et en l'intégrant dans sa structure informationnelle présente en mémoire » [39]. A titre d'exemple, Ben Sawyer et Peter Smith [28], prédisent que l'application des SGs en entreprise peut aider à résoudre plusieurs problèmes auxquels la plupart des méthodes d'apprentissage traditionnelles sont confrontées. De sa part, [40] met en évidence la valeur ajoutée de l'utilisation des SGs pour les demandeurs d'emploi et leur insertion socioprofessionnelle grâce à une recherche active. Cela confirme les analyses de Martin et L'huilier [41], qui soulignent que l'individu peut ajuster son comportement professionnel et utiliser facilement ses acquis grâce au jeu sérieux.

D'autres recherches sur les SGs ont également été menées. Les jeux peuvent soutenir le développement de différentes compétences telles que la pensée stratégique, la communication, la collaboration, la prise de décisions en groupe et les compétences en négociation [42]. Évidemment, ils peuvent inclure le joueur dans une situation réelle dans laquelle se produit une certaine interactivité lui permettant de vivre une expérience remplie d'informations instructives.

En combinant jeu et apprentissage, les SGs représentent une nouvelle zone d'intérêt dans le domaine de l'éducation. Ils sont des jeux axés principalement sur l'éducation plutôt que le divertissement [43]. Certes, ils gagnent de plus en plus d'intérêt comme un outil pédagogique en capitalisant leur attraction. Le progrès des TICs a conduit à la mise en œuvre d'environnements et de simulations virtuelles réalistes, où les joueurs peuvent vivre des aventures enrichissantes selon différents paradigmes pédagogiques [44]. Ainsi, selon Rooney [45] l'un des défis des SGs est de trouver la bonne synergie entre la pédagogie et l'engagement de l'apprenant. En effet, les contraintes liées à l'apprentissage (acquisition de compétences, entraînement, évaluation) et les caractéristiques du jeu (action, émotion, engagement, attractivité) doivent être bien dosées et mélangées pour stimuler l'envie d'apprendre et d'inciter les élèves à travailler [46].

Effectivement et pour prouver l'utilité de l'utilisation des SGs, les chercheurs doivent démontrer que les caractéristiques spécifiques des jeux permettent d'améliorer l'apprentissage chez les joueurs et ils sont destinés à servir à des fins utiles. Par conséquent, en tenant compte des préférences d'apprentissage d'une génération avertie en technologie, enseigner avec les SGs devient un défi. Les enseignants/formateurs doivent savoir les intégrer dans leurs processus d'enseignement, en vue d'améliorer les résultats d'apprentissage [48] et accroître la motivation, l'engagement et la satisfaction des apprenants.

Au cours des dernières années, il y a eu un nombre croissant de publications liées à l'utilisation de SGs et l'étude de l'impact de leur efficacité éducative. On cite par exemple, le travail de [49] qui souligne l'impact positif de l'utilisation des SGs dans le processus d'enseignement du génie logiciel. Il précise que le gain était tridimensionnel : (1) Du point de vue apprenants : ils ont gagné dans l'acquisition des connaissances, l'augmentation de l'engagement et de la motivation, la bonne compréhension envers les concepts et les pratiques de génie logiciel. (2) Du point de vue des formateurs : le processus d'enseignement a été transformé en un processus actif et pratique et ce en abordant des scénarios réels dans la classe. (3) Du point de vue des chercheurs : prouver l'efficacité pédagogique avec l'utilisation des SGs. En plus, [50] a déclaré que l'utilisation des jeux de simulation favorise de nombreux avantages cognitifs chez les apprenants, tels que l'interaction, la motivation, l'auto-efficacité, l'auto-surveillance, la résolution de problèmes et la pensée critique.

II. LES APPROCHES DE CLASSIFICATION ET D'ÉVALUATION DE SGs

L'intégration des jeux sérieux dans le processus d'apprentissage nécessite une typologie. De telles classifications permettent de mieux comprendre cet objet pédagogique en se focalisant sur ses caractéristiques intrinsèques et extrinsèques. En effet, l'adoption d'une approche d'apprentissage basée sur les jeux ouvre d'autres champs de réflexion qui portent notamment sur : la caractérisation de SGs, leurs processus d'évaluation (méthodologies, outils, etc.), les formes d'assistance à proposer aux utilisateurs, etc.

Pour forcer une vision limitée de la nature des SGs, des définitions spécifiques à un domaine sont utilisées [28]. Ainsi, il faut mentionner que les recherches et les propositions dans l'onglet de la caractérisation et l'analyse des jeux d'apprentissage sont encore dans leurs débuts et pas assez matures.

Dans la présente section, chronologiquement, nous présentons une étude bibliographique des différentes approches et outils de classification et d'évaluation des jeux sérieux. Nous mettons l'accent sur les différentes tentatives de leur caractérisation.

1. Approches de classification de SGs

Plusieurs efforts ont été réalisés pour proposer des solutions permettant la classification de SGs. Ces dernières classent les jeux en fonction de leurs dimensions : « jeu » et « sérieux ». Dans cette section, nous allons explorer les différentes solutions existantes.

1.1 *Classification entre principes de jeu et activité pédagogique (M. Prensky, 2001) [51]*

Cette taxonomie s'est basée sur une classification hybride entre les jeux vidéo et les activités pédagogiques. Elle est apparue avant que les jeux sérieux deviennent d'actualité.

Elle cherche comment rapprocher les spécificités des jeux vidéo et celles de l'apprentissage. Cette méthodologie préconise deux parties :

- (1) La première partie de la classification se focalise sur les spécificités des jeux vidéo à savoir leur genre (jeux d'action, jeux d'aventure, jeux de combat, jeux de réflexion, jeux de rôle, de simulation et jeux de stratégie) et sur leur gameplay.

(2) La deuxième partie de la classification s'est organisée en fonction des types d'apprentissage potentiels que les jeux vidéo peuvent apporter aux joueurs. A savoir : l'entraînement et les réactions, l'apprentissage par l'action, par l'échec, par les objectifs, par les tâches, l'apprentissage guidé, le constructiviste, l'accélééré, l'entraînement à une tâche spécifique. En plus, Marc Prensky avoue que par exemple un jeu de rôle est utile pour apprendre aux joueurs à faire des choix après avoir analysé une quantité importante d'informations.

Hormis, cette classification ne prend pas en compte les besoins pédagogiques visés par l'enseignant susceptibles d'utiliser un jeu vidéo, telles que les connaissances et les compétences.

1.2 Modèle G/P/S (Djaouti et Alvarez, 2007) [52]

G/P/S (Gameplay/Purpose/Scope) est un système qui fournit une classification mécanique du jeu. Le modèle (voir figure 1) relie trois aspects à savoir : (1) le gameplay qui informe sur la structure utilisée et sur les règles du jeu et leur associer une brique de jeu nommée d'après les verbes. À savoir, ces verbes (2) représentent les objectifs pratiques prévus par le concepteur du SG et qui permettent de classer les jeux par catégorie et par message diffusé. (3) la portée qui suggère l'utilisation réelle du SG tels que le genre du marché, le public cible, etc.

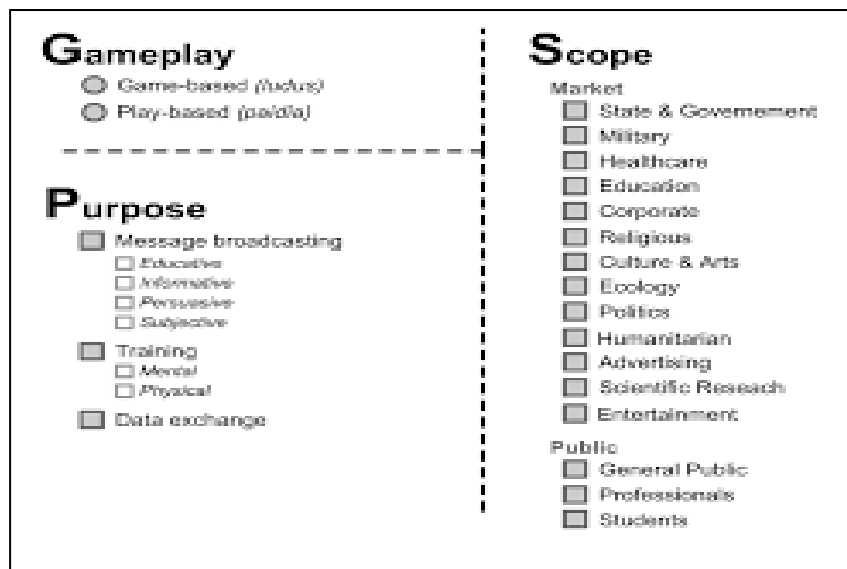


Figure 1: Le modèle G/P/S

Avec ces trois aspects, la proposition d'Alvarez et Djaouti met en évidence les caractéristiques ludiques d'un jeu sérieux en tant que jeu vidéo à la base. En effet, leur système n'est pas concentré sur l'éducation. Par conséquent, il ne fournit pas une analyse détaillée des compétences cognitives prises en charge par les SGs [52].

1.3 Méthode de classification basée sur le secteur d'activité (B. Sawyer et Smith, 2008) [28]

Cette méthode définit une taxonomie pour servir comme point de départ pour la classification des jeux sérieux. Cette taxonomie a été utilisée comme référence. Elle s'intéresse à tous les types de SGs, en se fondant sur leurs publics cibles. Elle propose une matrice à deux critères principaux : le premier critère concerne une classification basée sur le marché c'est-à-dire le domaine d'application comme la défense, la santé, le marketing et la communication, l'éducation, les entreprises et l'industrie. Ainsi que le deuxième se base sur la finalité du jeu fixée initialement par son concepteur à savoir les jeux pour la santé, les advergames⁵, les jeux pour l'éducation, les jeux pour la science et la recherche et les jeux pour le travail.

Cette taxonomie projette une vision claire et pertinente de l'état du marché des SGs. Mais, elle ne permet pas de caractériser un SG selon ses propres caractéristiques et ne fournit aucune aide aux enseignants pour en créer un contexte éducatif d'utilisation.

1.4 Méthode de classification selon l'apport pédagogique (M. Pivec et M. Moretti, 2008) [53]

Une classification de jeux vidéo selon leur utilisation pédagogique a été proposée. En partant d'un contexte didactique, la volonté de M. Pivec et M. Moretti était de préparer un cadre pédagogique qui répond aux attentes des enseignants. Ainsi, cette approche construit la classification autour de six objectifs principaux dont: (1) la mémoire/répétition/maintien; (2) la diffusion/précision/compétences sensori-motrices; (3) l'application de concepts/règles tels que l'utilisation des informations, des méthodes et des théories dans de nouvelles situations; (4) la prise de décision/stratégie et la résolution de problèmes; (5) les interactions sociales/valeurs/cultures et (6) la capacité d'apprentissage/auto-évaluation/gain d'autonomie.

⁵ Un advergame est un jeu vidéo publicitaire, ayant pour but de promouvoir une marque ou un produit à travers sa diffusion et son utilisation.

Chaque objectif est accompagné d'une liste de caractéristiques requises pour qu'il soit validé et corresponde au jeu vidéo choisi ou à son contexte d'utilisation.

Par conséquent, cette classification est convenable à l'évaluation et à la caractérisation du SG et non pas à guider son intégration dans les processus d'apprentissage. Concernant le contexte d'utilisation des jeux, l'approche pédagogique n'est pas assez radicale et elle est peu précise.

1.5 Système de classification des SGs (R. Ratan et U. Ritterfeld, 2009) [54]

Cet outil s'est manifesté par la proposition d'un système de classification de SGs. Pour se faire, les chercheurs ont d'abord collecté un ensemble de SGs pour former une base de données. La description des SGs a été collectée à partir de deux sites web dédiés à la classification de jeux numériques. Le site web officiel ESRB (www.esrb.org), qui fournit un classement et une classification de n'importe quel type de jeu numérique y compris les jeux éducatifs. Et, un autre site web dédié entièrement aux jeux à objectif de divertissement appelé « The social impact games web » (www.sodalimpactgames.com).

Ce système de classification se base sur une liste extensive de 612 SGs et ludo-éducatifs catégorisés sous quatre dimensions à travers le type de contenu de jeux. En effet, un modèle de sondage en ligne sur les jeux et une base de données collaborative qui a été remplie par les développeurs de jeux. Cette enquête à questions ouvertes et à choix multiples comprend : (1) le contenu narratif et sérieux, (2) les méthodes éducatives et de divertissement, (3) l'objectif général du jeu et (4) le public cible de chaque jeu.

2. Approches d'évaluation des jeux

L'évaluation est l'une des plus importantes parties dans les SGs. Il est nécessaire de découvrir une méthode efficace d'évaluation afin de renforcer le lien entre le scénario pédagogique et le scénario ludique. Évidemment, une application efficace de SGs pour l'éducation et la formation nécessite en particulier des mesures, des analyses, des techniques et des outils appropriés pour l'évaluation des utilisateurs dans le jeu [45], [55], [56]. L'évaluation des SGs dépend de la finalité de son utilisation. Leurs évaluations dans l'apprentissage doivent expertiser le contexte, les capacités, le comportement des apprenants/joueurs et le score qui est un élément fondamental pour le joueur.

Dans ce contexte, l'évaluation de l'apprentissage dans les SGs peut être définie comme le processus de communication des résultats sur l'efficacité de l'activité éducative fournie par le jeu, tout en exploitant les informations provenant de l'interaction entre le joueur et le jeu. Les données collectées pendant le jeu, comme l'analyse du jeu qui rassemble les événements du jeu, les actions du joueur, améliorent le processus d'évaluation et favorisent l'adoption des SGs par ses parties prenantes en prouvant l'impact du SG sur l'apprentissage.

En littérature, il y a eu des tentatives d'analyse et d'évaluation de SGs. De point de vue pédagogique, nous exposons les méthodes existantes :

2.1 Grille à quatre dimensions (S. De Freitas et M. Oliver, 2006) [57]

Ils ont mis au point un modèle d'évaluation de jeux éducatifs et de simulateurs. C'est une approche qui vise à aider les concepteurs de jeux à évaluer le potentiel de l'apprentissage dans la phase de conception. En effet, leur proposition s'attache le plus au mode de représentation des jeux ce qui n'est pas étroitement lié au contenu et l'apport pédagogique du jeu, qui fait notre objectif à réaliser dans le cadre de nos travaux de recherche.

La figure 2 montre une classification évaluative à quatre dimensions : (1) La première dimension s'intéresse au contexte d'apprentissage et le niveau éducatif (lycée, université, ...) où le jeu peut être utilisé. (2) La deuxième dimension présente les caractéristiques de l'apprenant/joueur tels que l'âge, le niveau d'études ainsi que des informations liées à son style d'apprentissage et à ses préférences. Ce sont des caractéristiques qui influencent la sélection de jeux utilisés. (3) La troisième phase est relative aux caractéristiques spécifiques du jeu en tant que jeu d'apprentissage et les caractéristiques liées aux objectifs éducatifs visés par le jeu [58]. (4) La dernière phase définit les caractéristiques spécifiques des jeux en tant que jeu vidéo, à savoir le niveau d'immersion du jeu vis-à-vis des apprenants et leur familiarisation avec l'interface ce qui influence un apprentissage efficace.

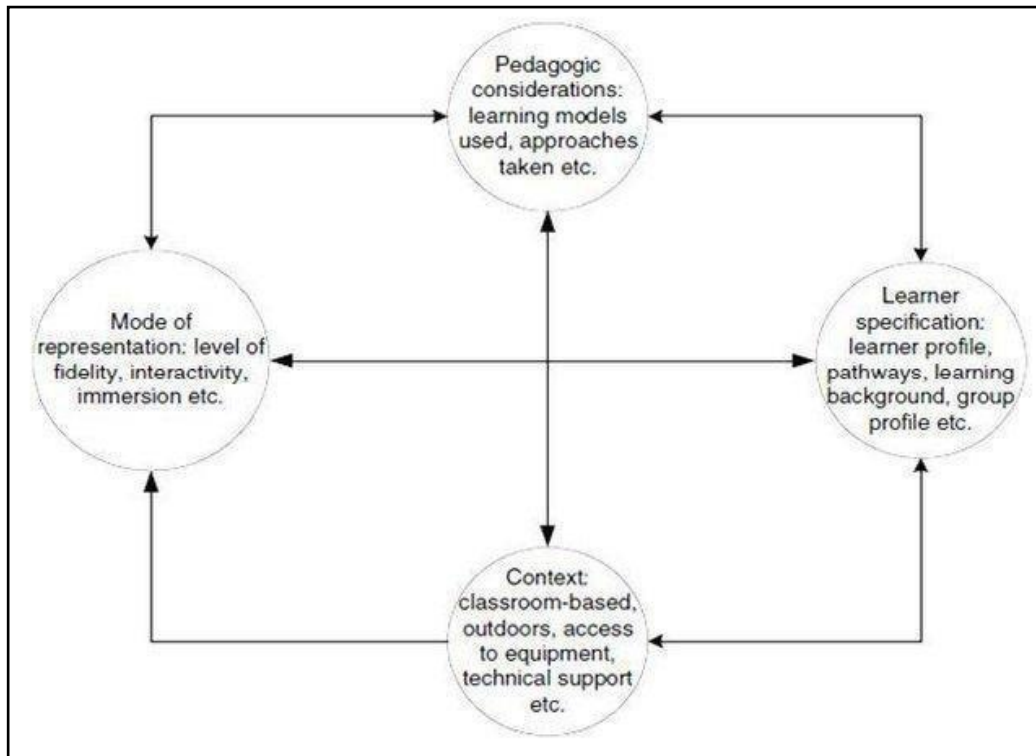


Figure 2: Cadre d'évaluation des jeux éducatifs (De Freitas & Oliver, 2006)

Cette grille présente néanmoins des limites dans le cadre des objectifs que nous visons. Elle se focalise essentiellement sur le processus de conception du jeu et n'y fait pas réellement référence pour l'évaluation du croisement entre le dispositif du jeu et le dispositif d'enseignement.

2.2 Méthode basée sur l'évaluation de l'interface (Pinelle et al, 2008) [18]

C'est une méthode qui consiste à évaluer la convivialité de l'interface du jeu par les joueurs. Pour ce faire, des heuristiques ont été créés pour être facilement mises en œuvre par les concepteurs de jeux vidéo afin d'éviter les problèmes d'utilisabilité.

Le principe d'évaluation repose sur les points suivants: (1) répondre de façon cohérente aux actions de l'utilisateur (2) fournir à chaque joueur une gamme de réglages à personnaliser tels que le son, la difficulté et la vitesse de jeu afin de tenir compte de ses besoins individuels (3) fournir un comportement prévisible et raisonnable pour les unités contrôlées par ordinateur (4) autoriser les utilisateurs à sauter les contenus non jouables et souvent répétées (5) fournir aux utilisateurs des paramètres de reconfiguration tels que les dispositifs d'entrée

standard (par exemple : souris, clavier, manette de jeu) et fournir des raccourcis pour les joueurs experts (6) fournir des contrôles qui sont faciles à gérer, et qui ont un niveau approprié de réactivité (7) fournir aux utilisateurs des informations sur l'état de jeu (8) fournir des instructions de formation et d'aide.

Ce travail met l'accent sur une méthode d'évaluation orientée utilisateur au cours du processus de développement du jeu. Il mesure son ergonomie vis-à-vis de l'utilisateur.

2.3 Méthode basée sur l'évaluation de la conception (Liu et al, 2009) [59]

Dans ce travail, une approche de conception d'un système d'évaluation des jeux sérieux a été proposée. Les auteurs soutiennent qu'un SG a besoin d'un système d'évaluation approprié parce que l'essence d'un SG est considérée comme une forme d'apprentissage et que l'un des plus importants aspects dans l'apprentissage est l'évaluation.

L'objectif était d'évaluer l'intégration de la pédagogie dans la partie logicielle du SG. La composante évaluation a été définie par cinq parties à savoir : (1) Enregistrement et lecture des actions et du comportement des joueurs (2) Traitement de données en les explorant par les méthodes de fouille de données (3) Rétroaction et feedback (4) Interface de base de données pour l'analyse des apprenants/joueurs et (5) Support de langage Script. Ce système d'évaluation a été conçu et implémenté sous forme d'un composant pour un moteur de jeu 3D.

2.4 Méthode basée sur l'évaluation du Gameplay (Nacke et al, 2010) [16]

Le Gameplay est défini par le type de jeu, les règles du jeu, la matrice des gains, les stratégies du jeu ainsi que la manière d'expérimentation de ces différentes dimensions par le joueur. Le gameplay est un facteur important pour la réussite ou l'échec d'un jeu. De ce fait, les auteurs ont proposé un cadre d'évaluation de la jouabilité des jeux numériques en se basant sur des heuristiques de conception.

Dans le but de maximiser l'utilisabilité des jeux numériques, cette méthode assume que le processus d'évaluation doit manipuler : (1) La qualité du produit (expérience du système de jeu), (2) La qualité de l'interaction Homme-Produit (l'expérience des joueurs individuels), (3) Et la qualité de cette interaction dans un contexte social, temporel, spatial ou autres.

Toutes ces qualités permettent de déterminer les différentes couches du gameplay qui peuvent être évaluées au cours du processus de développement du jeu.

2.5 Evaluation à base de la présence sociale (Di Loreto et Gouaich, 2010) [17]

Ce travail s'est intéressé à présenter un cadre de conception et d'évaluation des systèmes sociaux interactifs tels que les SGs et de présenter l'interaction entre les éléments qui le composent. C'est un cadre d'évaluation des aspects sociaux qui se base sur 4 éléments : (1) L'identité du joueur : en interagissant avec des mouvements stratégiques existants dans le jeu, le joueur prouve son identité individuelle et sociale. (2) L'espace : pour la conception d'un SG social, il est essentiel de créer des places publiques et des places privées. (3) La persistance : afin de créer une identité sociale dans un environnement en ligne, il est nécessaire d'évaluer la persistance de l'identité personnelle dans le système. (4) L'action : cet élément doit être comme un pilier dans la conception de SGs de société.

Cette théorie décrit comment la pensée et l'action sont profondément intégrées et comment ils coproduisent l'apprentissage et le raisonnement. Elle transmet la cognition par une action dans des environnements physiques ou virtuels (par exemple : le jeu Tetris). C'est au stade de la conception que ces fonctions seront intégrées et évaluées.

2.6 Evaluation basée sur la mesure des connaissances (Thomas et al, 2011) [60]

Une méthode pour suivre la progression de l'apprenant/joueur et par conséquent l'évaluation des apprentissages. Elle définit une architecture du joueur qui repose sur le couplage de deux modélisations : (1) La modélisation des actions du jeu par les réseaux de Petri indiquant si les actions du joueur sont correctes ou non (2) Une ontologie du domaine couplée avec une ontologie des actions du jeu qui permet de caractériser des actions réalisées par le joueur et non présentes dans le réseau de Petri.

L'objectif de cette approche était de représenter via l'ontologie (1) les concepts du domaine et leurs équivalences en matière des actions de jeu et (2) les variables et les paramètres influant sur l'état courant du jeu et leurs liens avec les actions du jeu. C'est par la poursuite des actions de l'apprenant/joueur au cours du jeu, qu'ils évaluent le degré d'assimilation des connaissances fournies par le jeu.

2.7 Méthode basée sur l'évaluation du contenu (Mitgutsch et Alvarado, 2012) [21]

Ce travail définit une méthode d'évaluation qui offre un potentiel pour un discours critique sur les forces et les faiblesses d'un SG. Ils ont proposé une approche fondée sur le but qui reflète la cohésion et la cohérence de la conception des jeux.

L'évaluation s'est caractérisée par le cadre SGDA (Serious Game Design Assessment Framework) qui examine la façon dont les éléments de conception d'un SG se rapportent globalement par rapport à l'objectif pour garantir la cohérence et la cohésion du système du jeu. Entre autres, un questionnaire qui décompose les six éléments de conception a été développé. Les éléments de conception qui ont été analysés sont : (1) l'élément contenu qui se réfère à l'information, les faits et les données offerts et utilisés dans le jeu (2) l'objectif du jeu et son impact sur les joueurs (3) le graphique (4) la fiction et la narration (5) la mécanique (6) et le cadre du jeu c'est-à-dire le sujet, le public cible, etc.

Cette théorie évalue les problèmes de conception au cours du processus de développement des SGs.

2.8 Grille CASGG (Boughzala, 2014) [61]

Cette grille (Characterizing and Assessing Serious Games Grid) suppose une évaluation qualitative des SGs pour la détection des leurs caractéristiques internes et évaluer leur impact et leur niveau d'interaction avec les utilisateurs. Elle prend en charge d'un côté la caractérisation et la classification du SG et d'un autre coté le développement des recommandations sous forme d'un plan d'actions afin d'optimiser et de rationaliser son utilisation pour un objectif d'apprentissage spécifique. Elle se compose de trois sections présentées par la figure 3 : (1) La carte d'identité du SG, (2) La fiche descriptive du jeu et (3) La carte d'évaluation du jeu à travers un ensemble de critères qualitatifs.

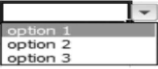
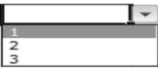
Identity card (entered by the user)	Example
Name: Owner: Web link: Cost: Editor: Edition date: ...	StarBank the Game BNP Paribas http://starbankthegame.bnpparibas.com NA KTM Advance 2009
Descriptive card (chosen by the user among multi valuated lists: option 1...option N, N=5 or 6)	
Languages: Age: Expertise Field: Pedagogical purpose: Pedagogical model: Requested level of expertise: Game mode: Personalization: Number of simultaneous players: Number of scenarios: Accessories: Device: Assessment mode: Graphical display: ...	French and English 17-25 / 25-35 / 35-60 Banking Learning Strategy builder None Individual None One - Many (online) More than 5 None PC/Mac/Tablet Scoring calculation during the game execution 2D and 3D ...
Assessment card (chosen by the user among 4-level scale)	<i>According to the perception of one user for example</i> 
Easiness of set up and configuration: Interface ergonomics: Graphics richness: Complexity: Animation: Cognitive load: Appropriateness with the learning goal: Experience richness: Usage satisfaction: ...	4-Very easy 3-User-friendly 3-Good 2-Simple 2-Basic 2-Average 4-Very good 3-Rich 3-Satisfied ...
Overall rating: (from 10 to 1)	7

Figure 3: Grille d'évaluation CASGG

Pourtant, cette grille nécessite des experts dans le domaine du SG pour pouvoir la remplir après avoir testé manuellement les jeux qui doivent être proposés aux étudiants.

III. FORMALISATION DES SGs

L'état de l'art effectué ci-dessus sur les approches et les méthodologies visant la classification et l'évaluation de SGs en général et à des fins d'apprentissage en particulier, a montré la non existence d'un formalisme commun et partagé entre les acteurs de SGs.

Des propositions selon le besoin ont été élaborées. De plus, l'absence d'une modélisation formelle des connaissances du SG qui à leur tour servent à une classification et une évaluation formelles, constitue le problème auquel ils sont confrontés les enseignants/formateurs. Celle-ci sera nécessaire et très utile pour le partage, la réutilisation et surtout la référence dans un contexte éducatif. Cette modélisation formelle prend la forme d'une ontologie ou d'un méta-modèle.

- Selon Gruber [62], une ontologie est définie comme étant la « spécification formelle et explicite d'une conceptualisation partagée », ce que signifie la présentation de connaissances sous une forme partagée et structurée facilitant la communication et l'analyse de concepts.
- Un méta-modèle est une construction sémantique qui définit de manière rigoureuse un ensemble de blocs élémentaires de construction et les règles qui lient leurs interactions [63].

Le manque de modèles formels pour décrire précisément le besoin des enseignants/formateurs à des informations sur le jeu, a été pendant longtemps un problème d'évaluation qui dissuade son usage dans un processus d'apprentissage. Effectivement, dans la littérature, il existe des tentatives de modélisation des informations du jeu selon le besoin de son acteur mais qui ne sont pas spécifiques aux SGs et éducatifs. Par exemple, les auteurs de [64] présentent un cadre ontologique pour la description de différentes informations et captures liés aux jeux vidéo tels que les sessions, les règles du jeu et les éléments conceptuels du jeu.

De plus, l'ontologie [65] qui définit les concepts et les propriétés qui décrivent les personnages des jeux vidéo collectées à partir du web.

Certes, ces informations sont d'ordre technique et qui sont dédiées aux concepteurs et développeurs de jeux. Ainsi, il n'y a que très peu de tentatives pour conceptualiser le contenu du SG selon les besoins de l'enseignant/formateur.

1. GCM : Ontologie du contenu du jeu [66]

Cette ontologie (GCM) est représentée par un modèle de contenu interactif. Elle documente les spécifications de conception d'un jeu numérique (structure du jeu, programmation). Elle définit les aspects et les concepts techniques clés, utiles dans la conception et le développement des jeux d'apprentissage. Ces concepts clés sont liés les uns aux autres et à trente et une classes détaillées par l'utilisation d'une relation de composition [67]. En général, cette ontologie (voir figure 4) se concentre davantage sur les concepts de jeu que sur les concepts pédagogiques.

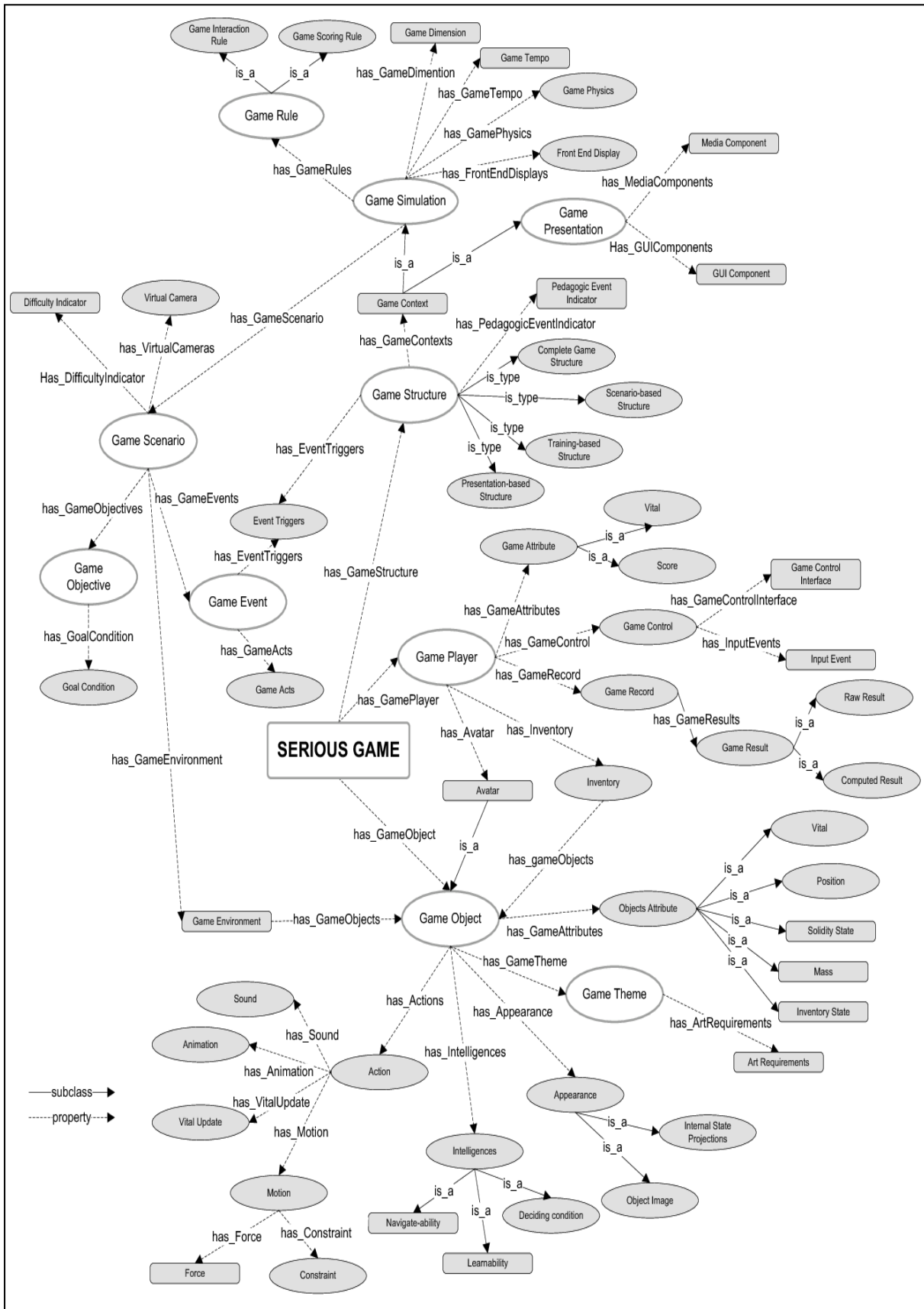


Figure 4: L'ontologie de contenu de SG

2. IDEAS-Pro:Ontologie de jeux sérieux [68]

Dédiée aux concepteurs et développeurs de SGs, cette ontologie capture toutes les spécificités du processus de conception. Prayaga et Rasmussen [68], ont défini les éléments essentiels du jeu en général, les éléments essentiels de l'environnement d'apprentissage et les éléments essentiels de SGs. L'alignement de tous ces éléments a permis la construction d'une solution pragmatique. En revanche, cette ontologie sert de guide pour les concepteurs de jeux dans un contexte éducatif.

3. Méta-modèle de jeux sérieux [63]

C'est un méta-modèle orienté domaine pour le développement de jeux éducatifs dans l'enseignement du génie-logiciel. Il comprend trois parties fondamentales, à savoir : (1) Les entités externes telles que l'engagement sous forme de retours sur les capacités du jeu et des retours concernant le progrès et les habiletés des joueurs. (2) Les éléments de jeux éducatifs tels que l'identification des compétences d'apprentissage suivant la taxonomie de Bloom. Et (3) les composants de jeux traditionnels réutilisables tels que le personnage, le contexte et la mécanique du jeu.

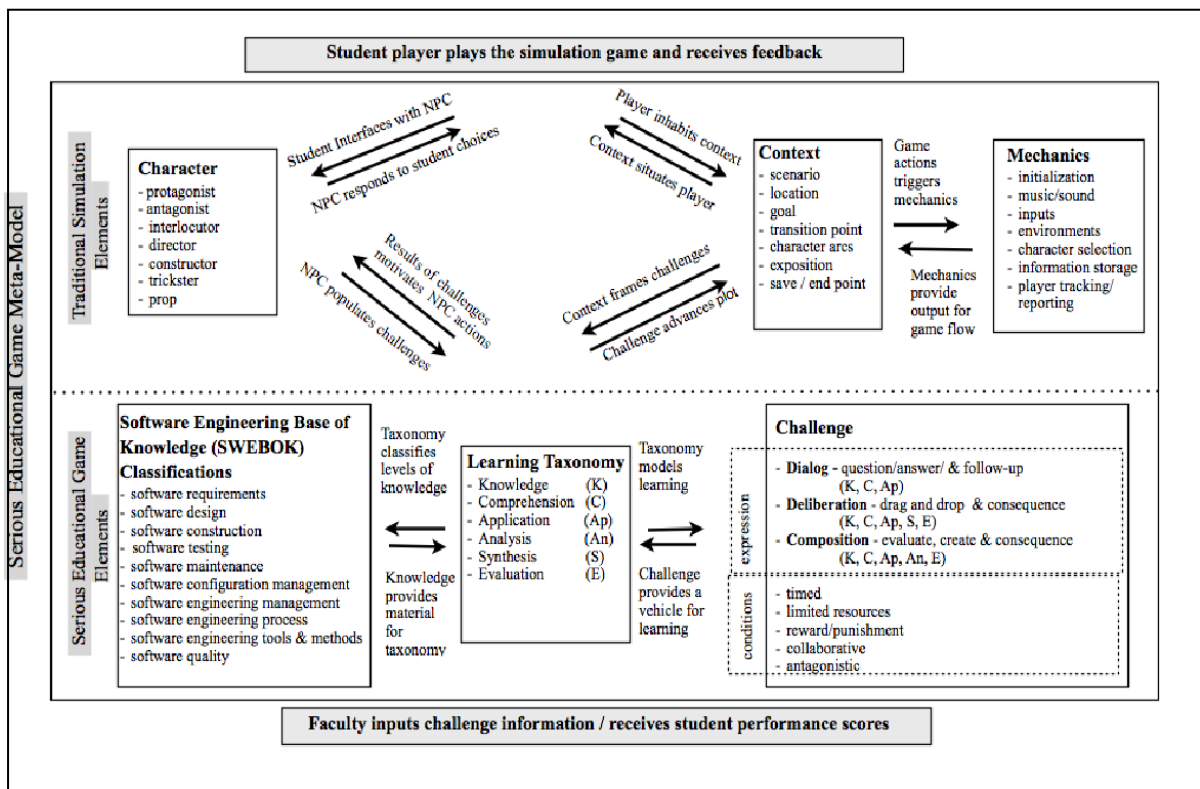


Figure 5: Méta-modèle de SGs

Ce modèle (voir figure 5) présente principalement les éléments éducatifs du jeu et les connaissances spécifiques du domaine qui servira comme référence aux enseignants. Toutefois, ces éléments ont été définis de manière ambiguë et imprécise.

4. Ludo : Ontologie pour la création de SGs [69]

Une nouvelle ontologie est apparue dans les travaux de Rocha et Faron-Zucker [69]. Son objectif est de permettre la modélisation et la création de SGs en utilisant des ensembles de données liées comme base de connaissances. Ceci, pour représenter les ressources dans le jeu et tenir compte du contexte et du profil du joueur comme les niveaux et les actions du jeu.

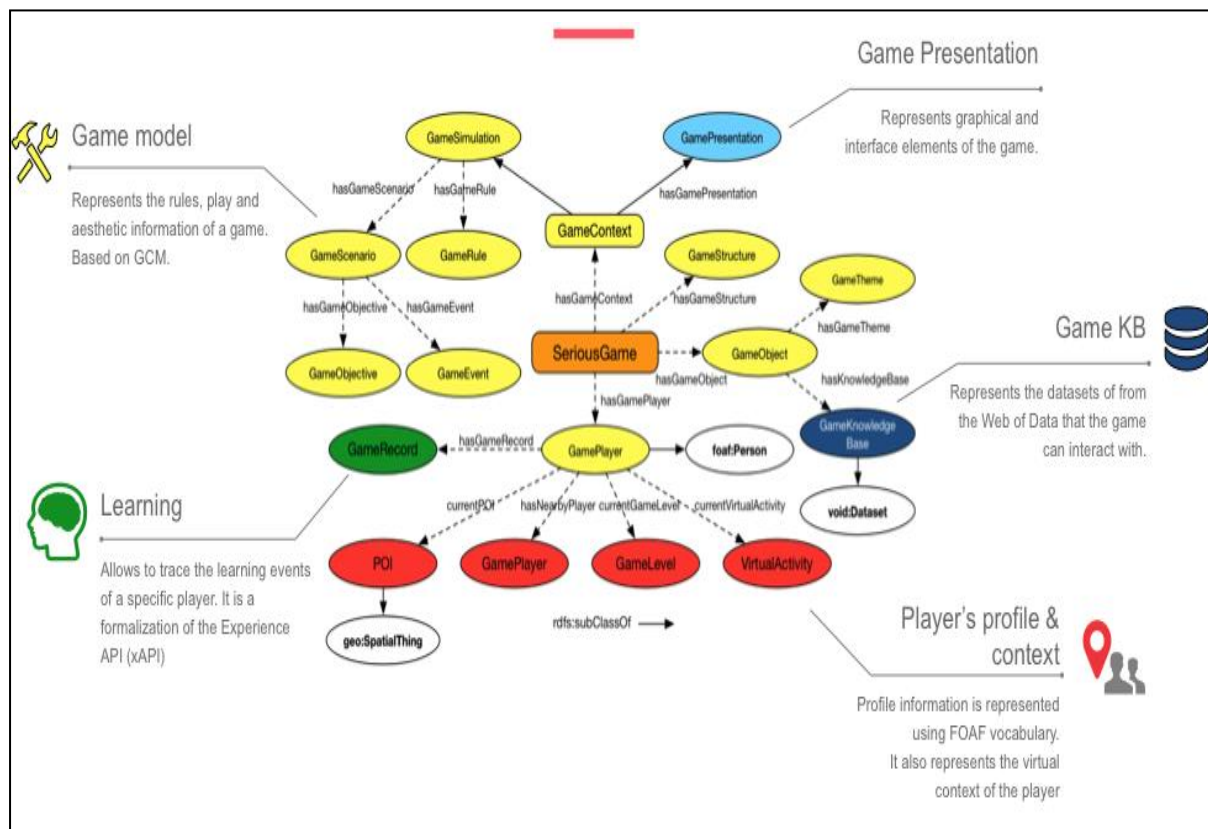


Figure 6: Ontologie Ludo

Pour collecter les informations à modéliser, les auteurs se sont référés au web. Ces informations concernent les objets virtuels des jeux, les paramètres de configuration et les profils joueurs présentés par la figure 6.

IV. SYNTHÈSE ET POSITIONNEMENT

On ne peut pas nier que l'usage des SGs pour la formation et l'éducation est une notion qui gagne de jour à l'autre du terrain. Cependant, il y a eu peu d'études qui ont cherché à déterminer l'efficacité de l'utilisation de SGs relativement à une situation d'apprentissage bien déterminée.

Comme nous l'avons évoqué dans les sections précédentes, il existe une diversité de méthodologies de classification et d'évaluation de jeux vidéo en général et de SGs en particulier.

Ces travaux partagent l'objectif de vouloir répondre aux critères d'utilisabilité et d'optimiser l'apprentissage qui est la caractéristique intrinsèque des SGs. Afin de répondre à ces critères, différentes méthodes ont été proposées.

Depuis la dernière décennie, plusieurs méthodes et outils ont été introduits pour la classification de SGs en vue de faciliter leur indexation. Elles éprouvent l'intérêt d'une classification basée sur deux critères essentiels, à savoir : le marché qui utilise le jeu et le genre du jeu [30]. Ces deux critères sont considérés comme l'axe central de la classification de SGs dans une finalité éducative. Encore, le marché et le genre du jeu ne constituent que de simples informations superficielles par rapport à ce qu'un enseignant/formateur a besoin de savoir au moment de l'utilisation d'un SG tel que le contenu du jeu. En outre, bien que le système de classification de SGs proposé par R. Ratan et U. Ritterfeld et la méthode de M. Pivec et M. Moretti, ont tenté de rapprocher une classification de jeux en fonction du type et de l'objectif d'apprentissage apporté par le jeu, qui nous semble contributive dans le volet de l'usage de SGs dans l'apprentissage, ces méthodes ne peuvent pas fournir un aperçu global du jeu. En effet, outre que l'évaluation des aspects de représentation (interface, gameplay, présence sociale, de la conception) de jeux mis en présence dans la littérature comme celle proposée par de Freitas et Oliver, ces représentations ne sont pas suffisantes. Il convient également d'identifier les habilités que le jeu implique chez l'utilisateur.

Nous pouvons signaler également que les différentes évaluations proposées ne proposent aucune fonctionnalité dédiée à l'évaluation postérieure du contenu du jeu relativement aux besoins d'apprentissage, elles sont désignées pour la phase de développement de jeux. De surcroît, elles ne préconisent pas le guidage et l'accompagnement des utilisateurs mis à part la grille CASGG qui fournit une recommandation.

Néanmoins, cette dernière nécessite un brainstorming entre experts de domaine pour pouvoir évaluer le jeu et juger son utilité par rapport à un objectif d'apprentissage bien défini.

Toutefois, l'utilisation de SGs dans l'enseignement reste limitée, cause trouver un SG adapté à une situation d'apprentissage spécifique reste un défi qui dissuade les enseignants/formateurs d'adopter ce concept dans leurs classes. Il s'agit des modèles qui ne font pas référence à des normes et des standards de l'éducation. De plus, au niveau de l'assistance des enseignants/formateurs, aucune de ces méthodes n'a fourni des directives directes et méthodiques. Par conséquent, les modèles proposés dans la littérature pour la classification des jeux ne font pas réellement référence comme l'admit Djaouti et al [52] et que ces méthodes n'ont pas encore atteint un niveau d'acceptation générale.

Face à ce constat, notre objectif de la thèse est d'élaborer un référentiel d'évaluation et de recommandation de SGs selon de nouvelles métriques. L'évaluation touchant profondément le contenu pédagogique du jeu reste à construire. Cette métrique d'évaluation doit offrir à tout Instructional designer (concepteur de cours/ tuteur), la sûreté d'avoir des informations sur l'objectif, le public cible, le gain pédagogique, etc. Ceci est en vue de favoriser et de maximiser l'utilisabilité des SGs dans tous les domaines notamment le domaine de l'apprentissage et/ou de l'enseignement.

La satiété et l'intensité de SGs aujourd'hui, nous implique dans une évaluation postérieure d'un jeu existant et voir les possibilités de son adoption face aux exigences des concepteurs du cours. Ainsi, ce que l'on cherche à rajouter comme dimension évaluative c'est l'aptitude d'un enseignant/formateur à détourner un jeu existant à des fins utilitaires pour l'inclure dans son scénario pédagogique. Pour ce faire, l'enseignant doit être capable d'identifier les connaissances autour du jeu qui pourront servir au mieux ses besoins.

Afin de mettre en valeur les similarités et les différences entre les méthodologies proposées pour l'analyse et l'évaluation des SGs, nous avons défini quatre critères de comparaison que nous illustrons dans le tableau 1.

Critère 1 : Contexte d'évaluation : évaluation pour l'apprentissage ou non (évaluation mécanique) ?

Critère 2 : Utilisateurs cibles : dans la phase du post-développement du jeu ou non (phase de conception du jeu) ?

Critère 3 : Format d'évaluation : Automatique ou non (Manuelle : QCM, enquête, sondage, etc) ?

Critère 4 : Fournit une recommandation selon le contenu du jeu ou non ?

Tableau 1-- Comparaison des méthodologies de classification et d'évaluation de SGs existantes

Méthodologies de classification et d'évaluation de SGs	Critère1	Critère2	Critère3	Critère4
Classification entre principes du jeu et activité pédagogique (M. Prensky, 2001)	Oui	Non	Non	Non
Modèle G/P/S (Djaouti et Alvarez, 2007)	Non	Non	Non	Non
Classification basée sur le secteur d'activité (B. Sawyer et Smith, 2008)	Non	Non	Non	Non
Classification selon l'apport pédagogique (M. Pivec et M. Moretti, 2008)	Oui	Oui	Non	Non
Système de classification des SGs (R. Ratan et U. Ritterfeld, 2009)	Oui	Oui	Non	Oui
Grille à quatre dimensions (S. De Freitas et M. Oliver, 2006)	Oui	Oui	Non	Non
Evaluation de l'interface (Pinelle et al, 2008)	Non	Non	Non	Non
Evaluation de la conception (Liu et al, 2009)	Oui	Non	Oui	Non
Evaluation du gameplay (Nacke et al, 2010)	Non	Non	Non	Non
Evaluation de la présence sociale (Di Loreto et Gouaich, 2010)	Non	Non	Non	Non
Evaluation basée sur la mesure de connaissances (Thomas et al, 2011)	Oui	Oui	Oui	Non
Evaluation du contenu (Mitgutsh et Alvarado, 2012)	Non	Non	Non	Non
Grille CASGG (Boughzala, 2014)	Oui	Oui	Non	Oui

L'étude comparative menée sur les approches et systèmes d'évaluation de SGs selon les critères déjà établis (Tableau 1), nous a permis d'identifier des caractéristiques spécifiques et de poser une problématique scientifique pour l'évaluation des SGs. Certes, on peut déduire que :

- La plupart des outils d'évaluation de SGs ne sont pas dédiés à l'apprentissage et ne s'intéressent pas à évaluer la conformité pédagogique associée au domaine en question.
- La plupart des évaluations sont destinées au moment de développement de SGs et non pas à l'évaluation d'un jeu existant.
- La plupart des outils exploitent des évaluations manuelles et ne sont pas génériques pour couvrir toutes les formes d'évaluation.
- La plupart des outils d'évaluation ne fournissent pas une aide et une recommandation aux enseignants/formateurs.

Ainsi, nous essayons de tirer profit et de s'inspirer de ces outils afin de pouvoir développer un système d'évaluation tout en respectant les critères suivants :

- Conforme aux besoins pédagogiques de l'enseignant/formateur,
- Exploite les technologies du Web sémantique pour l'extraction du contenu du SG,
- Présente des recommandations aux utilisateurs.

Par ailleurs, l'évaluation des SGs au profit de l'apprentissage est un processus qui assure l'évolution des tâches pédagogiques. Cette évaluation doit tenir compte de toutes les caractéristiques d'une situation d'apprentissage classique se produisant dans un dispositif d'apprentissage ordinaire, tout en cherchant les différents aspects d'efficacité tels que la motivation et l'engagement des apprenants. C'est une pratique utile pour les enseignants/formateurs qui se prêtent à utiliser le SG dans leurs processus d'apprentissage. Certes, cette intégration des SGs dans l'enseignement, suivant une situation d'apprentissage bien déterminée ne peut être réalisée qu'en faisant recours aux paradigmes de modélisation sémantique de connaissances. Ces paradigmes permettent la représentation du domaine par un modèle fermé permettant ainsi de cerner ses connaissances et ses règles. Dans ce contexte, et dans le but de pallier aux limites des modélisations existantes qui sont dans la plupart des cas très techniques et/ou théoriques comme celle de IDEAS-Pro, qui réellement sont des directives de conception ou bien ambiguës et générales comme le méta-modèle sus-étudié, nous allons présenter notre solution plus tard.

Certainement, des recherches pertinentes et des revues systématiques ont fut l'objet de recenser ces critères qui à leurs tours peuvent assurer l'efficacité des mécanismes d'apprentissage [70] [71]. Par exemple, Oulhaci et al [20] ont mesuré la quantité d'information acquise par l'apprenant/joueur via le suivi de ses actions pendant le jeu. Ils ont donc évalué le degré d'assimilation des connaissances fournies par le jeu. De son côté, [72] suggère une mesure du gain offert par un jeu sérieux. Dans le même cadre, les résultats d'apprentissage constituent à leur tour un critère très sélectif du SG [73].

Ainsi, comme a été mentionné ci-haut, l'objectif de l'évaluation des SGs diffère d'un travail à l'autre et d'un besoin à l'autre. Cette différence oriente l'évaluation et par conséquent les critères choisis pour cette fin eux-mêmes diffèrent. Dans le but d'avoir une idée complète sur les différents critères d'évaluation adoptés dans les travaux connexes, nous en avons exploré la littérature. Le tableau 2, fournit une liste de tous les critères qui déterminent et affectent l'apprentissage dans les SGs tirés de la littérature.

Tableau 2-- Critères déterminants de l'apprentissage dans les SGs

<i>Critère</i>	<i>Définition</i>	<i>Référence</i>
<i>Design du jeu (Game Design)</i>	Mesure le design et l'esthétique du jeu de point de vue l'attrait visuel.	(Abdellatif, A. J et al, 2018) [74], (Calderon et al, 2015) [71].
<i>Satisfaction de l'utilisateur (User's Satisfaction)</i>	Mesure l'attitude du joueur envers le jeu.	(Abdellatif, A. J et al, 2018), (Calderon et al, 2015)
<i>Jouabilité (Playability)</i>	'Un divertissement sans crainte de conséquences présentes ou futures, c'est amusant' (Resnick et al, 1994). Mesure le plaisir qu'offre le jeu au joueur.	(Bachvarova et al, 2012) [75], (Olsen et al, 2011), [76], (Calderon et al, 2015), (Abdellatif, A. J et al, 2018).
<i>Utilisabilité (Usability)</i>	Mesure la convivialité de l'interface et l'apprentissage du jeu par les joueurs.	(Olsen et al, 2011), (Calderon et al, 2015), (Abdellatif, A. J et al, 2018).
<i>Utilité (Usefulness)</i>	Mesure l'intérêt du SG par rapport à un domaine.	(Calderon et al, 2015), (Abdellatif, A. J et al, 2018).

<i>Compréhensibilité (Understandability)</i>	Mesure la capacité du jeu sérieux à être compris.	(Abdellatif, A. J et al, 2018), (Calderon et al, 2015).
<i>Motivation</i>	Mesure le degré d'influence du jeu sur la motivation du joueur.	(Abdellatif, A. J et al, 2018), (Calderon et al, 2015).
<i>Performance</i>	Mesure la performance du SG qui peut être décrite à travers son fonctionnement.	(Abdellatif, A. J et al, 2018), (Calderon et al, 2015).
<i>Engagement</i>	Mesure le niveau d'engagement et l'implication psychologique dans le jeu.	(Bachvarova et al, 2012), (Calderon et al, 2015), (Abdellatif, A. J et al, 2018).
<i>Immersion</i>	Mesure la perception et l'interaction avec un flot continu de stimuli de l'environnement.	(Bachvarova et al, 2012).
<i>Présence</i>	Mesure l'expérience subjective d'être dans un lieu ou un environnement, même quand on est physiquement situé dans un autre.	(Bachvarova et al, 2012).
<i>Retour d'information (Feedback)</i>	Mesure la position actuelle d'un apprenant dans une activité plus vaste liée au temps (Gaved et al, 2013) [77].	(Lameras et al, 2016) [58].
<i>Résultats d'apprentissage (Learning Outcomes)</i>	Mesure ce que l'apprenant/joueur devra avoir acquis à la fin du jeu: compétences et attitudes.	(Calderon et al, 2015), (Lameras et al, 2016), (Abdellatif, A. J et al, 2018).
<i>Expérience de l'utilisateur (User's Experience)</i>	Mesure "Les perceptions et les réponses d'une personne résultant de l'utilisation réelle ou anticipée d'un produit, système ou service" (ISO 9241-210, 2010).	(Calderon et al, 2015), (Abdellatif, A. J et al, 2018).
<i>Efficacy (Efficacité)</i>	Mesure la capacité du SG à produire le résultat attendu en termes de connaissances.	(Calderon et al, 2015), (Abdellatif, A. J et al, 2018).
<i>Impact Social (Social)</i>	Mesure l'impact ou l'influence que crée le	(Calderon et al, 2015),

<i>Impact</i>)	SG chez les utilisateurs.	(Abdellatif, A. J et al, 2018).
<i>Comportement cognitif (Cognitive Behavior)</i>	Mesure la capacité SG à produire des effets sur le comportement cognitif de l'apprenant/joueur.	(Calderon et al, 2015), (Abdellatif, A. J et al, 2018).
<i>Plaisir (Enjoyment)</i>	Mesure la joie et le plaisir chez l'apprenant/joueur.	(Calderon et al, 2015), (Abdellatif, A. J et al, 2018).
<i>Acceptation (Acceptance)</i>	Mesure comment l'apprenant/joueur reçoit le jeu.	(Calderon et al, 2015), (Abdellatif, A. J et al, 2018).
<i>Interface (User Interface)</i>	Mesure l'interaction qui se produit entre l'apprenant/joueur et le jeu en termes de facilité d'utilisation.	(Calderon et al, 2015), (Abdellatif, A. J et al, 2018).

Au fur et à mesure que les modes d'apprentissage évoluent et se basent plus largement sur les nouvelles technologies, de plus en plus l'utilisation des jeux dans l'enseignement et la formation augmente et la motivation des apprenants s'améliore. Des SGs existent principalement pour le profit et au service de l'apprentissage. Ils offrent une interactivité potentielle qui pourrait remplacer ou compléter les formes traditionnelles de l'enseignement. Ce potentiel pourrait favoriser un apprentissage plus attrayant grâce aux capacités immersives des SGs, qui ne sont pas explorées et évaluées en profondeur. En fait, les SGs dans l'enseignement mêlent efficacité et engagement qui s'efforcent à motiver intrinsèquement les apprenants.

Dans le but d'apporter une analyse et une évaluation approfondies des SGs dans l'apprentissage, nous l'avons caractérisé par un ensemble de critères pertinents. Les critères peuvent être liés aux jeux tels que la jouabilité ou l'utilisabilité, ou à l'aspect pédagogique comme les résultats d'apprentissage attendus de cette utilisation ou liés au profil utilisateur. Cette analyse mettra en évidence les critères utiles pour créer un nouveau cadre d'évaluation de SGs.

V. CONCLUSION

La revue de la littérature montre l'impact de l'utilisation des SGs dans l'apprentissage et cherche les déterminants de leur évaluation en vue d'inciter les enseignants/formateurs à les adopter et par conséquent améliorer les performances des apprenants. Après avoir présenté les concepts de base d'un SG et défini ses dimensions et bien expliqué la relation entre le rôle du jeu dans l'apprentissage. Dans ce chapitre, nous avons fait le point sur trois axes relatifs à l'évaluation des SGs. Le premier et le deuxième s'adressent aux travaux visant la classification et l'évaluation de SGs, le troisième axe s'articule autour des travaux de modélisation des SGs.

De prime abord, nous nous sommes intéressés aux différentes approches de l'évaluation des jeux sérieux qui constituera le point de départ dans la recommandation des SGs. Nous nous sommes concentrés à étudier leur contexte d'évaluation, leur utilisateurs cibles tel que les concepteurs de SGs, leurs formats existants tels que les questionnaires, les interviews et les grilles d'évaluation et leurs capacités à offrir une assistance méthodologique aux enseignants/formateurs. Cette étude montre que les travaux ont bien progressé dans ce domaine avec une multitude de fonctionnalités. Cependant, plusieurs aspects ne sont pas encore considérés à savoir la proposition d'une assistance méthodologique aux enseignants/formateurs, permettant de proposer une aide automatique en adéquation avec la situation d'apprentissage. En outre, l'évaluation des SGs via les outils et les approches existantes n'est pas efficace ; les acteurs chargés de cette tâche analysent manuellement le SG à adopter, ils manquent encore d'outils et de cadres permettant l'extraction automatique du contenu du SG. Ensuite, nous avons mis l'accent sur les différentes approches de modélisation du SG. Nous avons remarqué l'absence de modèles et/ou de descriptions formelles dédiées à la représentation du SG pour l'enseignement. Enfin, nous avons présenté les travaux qui ont essayé de dégager les critères d'évaluation des jeux sérieux. Plusieurs critères essentiels à l'évaluation dans un contexte d'apprentissage ne sont pas étudiés. Cette étude nous a aidés à filtrer ces déterminants.

La littérature montre le manque d'outils et de cadres de recommandation pour les enseignants/formateurs qui souhaitent utiliser les SGs dans leurs dispositifs d'enseignement. Un jeu sérieux présentant des objectifs en adéquation avec les objectifs d'apprentissage sera utile pour répondre à ce besoin. Dans le chapitre suivant, nous proposerons un cadre méthodologique pour combler le déficit de recherche et répondre à nos besoins opérationnels.

*“On peut en savoir plus sur quelqu’un en une heure de jeu
qu’en une année de conversation.”*

Platon

Chapitre 3

CARACTÉRISATION DES JEUX SÉRIEUX POUR L'APPRENTISSAGE

L'évaluation des SGs polarise aujourd'hui les attentions et les attentes des utilisations académiques. Ces utilisations font naître l'utilité de définir et d'analyser les besoins d'apprentissage ainsi que la nécessité d'intégrer cette pratique dans la caractérisation systématique des systèmes d'enseignement et plus particulièrement des situations d'apprentissage. Parce que, l'usage des SGs dans un contexte éducatif nécessite des métriques qui facilitent leur exploitation, leur caractérisation s'impose.

Comme tout processus d'enseignement, enseigner avec des SGs requiert la définition des critères déterminants des besoins pédagogiques tels que la complexité de la tâche d'apprentissage, le profil de l'apprenant et de l'objectif visé par l'enseignant/formateur. Certes, la mise en place d'une telle solution nécessite une modélisation de ces critères afin de faciliter la caractérisation des SGs. Les technologies et les théories de modélisation des objectifs pédagogiques et celles de la situation d'apprentissage en général ont été présentées dans la littérature afin de fournir des standards vis-à-vis du besoin. En revanche, la revue de la littérature a montré que certains verrous liés principalement à l'absence de la caractérisation formelle des SGs, influencent l'évaluation pertinente où les aspects ludiques et pédagogiques sont considérés.

Il est donc nécessaire de développer un modèle de caractérisation des SGs et délimiter les critères en se basant essentiellement sur les besoins de la situation d'apprentissage à l'instar de celles existantes. Une telle modélisation fournit une spécification précise des éléments qui caractérisent le SG et met en relief l'intégration des deux dimensions ludique et pédagogique.

Dans le présent chapitre, nous présentons des solutions pour une modélisation bien définie favorisant une évaluation méthodologique et un accompagnement des enseignants/formateurs dans la réalisation de leurs besoins pédagogiques.

L'objectif de cette contribution consiste à la proposition d'une caractérisation formelle des SGs. Les principes et les théories de modélisation de ce système sont décrits dans les sections suivantes.

1. Motivations et rappel du problème

Développer différemment un cadre d'évaluation des SGs, qui considère les éléments de la situation d'apprentissage active est devenu un objectif crucial. En effet, les acteurs intervenants dans la définition des modalités (grilles, questionnaires, etc) d'évaluation des SGs, se trouvent souvent dépourvus de tout suivi méthodologique. Ainsi, il est nécessaire de se référer aux besoins réels des enseignants/formateurs. En se basant sur des définitions ludiques (jeu) et pédagogiques (cours) qui intègrent à la fois des notions de sciences de l'éducation (gestion de l'apprenant, gestion des contenus pédagogiques) et des notions de forme (design graphique).

L'évaluation est une pratique utile pour les enseignants/formateurs. Elle permet de leur accompagner dans leur enseignement. Ainsi, De Ketele [78] définit l'apprentissage en tant qu'un processus dédié à l'acquisition de savoirs tels que le savoir-faire, le savoir-être et le savoir-devenir. De leur part, Pernin et Lejeune [79], approuvent qu'une situation d'apprentissage nécessite pour son déroulement, un ensemble précis de connaissances, de rôles et d'outils pour la mise en œuvre d'activités.

De cette manière, le domaine des EIAH (Environnements Informatiques d'Apprentissage Humain) définit une situation d'apprentissage en tant qu'une situation pédagogique conçue pour accompagner l'apprenant à construire des connaissances cibles. Par analogie, le système d'évaluation des SGs à mettre en place, a pour objectif primordial de favoriser la construction des connaissances cibles des apprenants/joueurs. D'après [80] et [81], pour être efficace, une situation d'apprentissage doit avoir tous les éléments essentiels pour promouvoir l'apprentissage, à savoir :

- 1) Le besoin d'apprentissage est déclenché à partir d'un **besoin** concret de la vie. Il est déclenché, soit par l'enseignant qui doit avoir des **objectifs d'enseignement** précis, soit par l'**apprenant** qui occupe la position centrale de la situation d'apprentissage ;
- 2) Le contenu d'apprentissage, doit être pertinent par rapport aux besoins de l'apprenant et compatible avec les objectifs d'enseignement déjà fixés par l'enseignant. Également, ce contenu doit développer les **compétences** de l'apprenant ;
- 3) L'ensemble de tâches de la situation d'apprentissage doit être **compatible avec l'objectif et facilement accessible**. La réalisation de ces tâches doit amener les apprenants à **s'impliquer**, à **interagir** et à **jouer** un rôle actif.

Une telle définition permet de susciter l'intérêt des apprenants, ce qui contribue à augmenter leur motivation à apprendre et permet de valider les apprentissages réalisés. Ainsi, nous considérons que tous les éléments mentionnés [82] interviennent dans une situation d'apprentissage tels que l'objectif d'apprentissage, le profil apprenant, les pré-requis sont nécessaires dans la conception et le développement de notre cadre d'évaluation des SGs. Évaluer également le jeu en intégrant l'aspect pédagogique et en identifiant les critères des différents aspects mécaniques du jeu telle que l'utilisabilité, constitue alors la base de cette méthodologie. De plus, la variété des solutions adoptées pour traiter la question de la caractérisation et par conséquent l'évaluation et la recommandation des SGs a influencé la proposition d'une modélisation formelle.

Les motivations de créer un formalisme uniforme, sémantique et réutilisable trouvent leurs origines dans un ensemble de constats concernant les difficultés rencontrées par les intervenants (Enseignants/Formateurs) intéressés par l'utilisation des SGs. Effectivement, l'absence d'une modélisation complète et précise, est due au manque de l'identification des différents éléments d'une situation d'apprentissage et de la capture des différents besoins pédagogiques. Disposer, donc d'un moyen d'une analyse complète permet la génération d'un modèle précis, ce qui permet d'analyser et d'évaluer le SG avant même son utilisation réelle. Certes, la caractérisation formelle du SG permet de :

- ✓ Résoudre le problème de la variété des critères utilisés par la rigueur du formalisme, de l'abstraction, de la syntaxe et de la sémantique. Aider à identifier les éléments composants d'une situation d'apprentissage. Ceci peut aider réellement l'enseignant/formateur dans son choix.
- ✓ Fournir des moyens efficaces et formels utilisables par machine, ce qui facilite la quantification des critères du jeu.
- ✓ Garantir une meilleure réutilisabilité dans d'autres contextes d'apprentissage.

Finalement, signalons que, jusqu'à présent, l'évaluation des SGs dans les processus d'apprentissage sont manuelles. Certes, au cours du chapitre précédent, nous avons remarqué que la plupart des formats utilisés dans l'évaluation sont semi-formels et subjectifs tels que les questionnaires, les grilles d'évaluation et parfois des brainstormings post-jeu réalisés par des professionnels et des experts du domaine. Généralement, cette évaluation se déroule durant la phase de conception et de développement des jeux.

2. Méthodologie et processus de modélisation de l'évaluation des SGs

Ce moyen d'évaluation doit répondre à un certain nombre de caractéristiques. Notre réponse consiste à spécifier des ontologies pour la description et la formalisation de la connaissance du jeu et des besoins des enseignants/formateurs. L'objectif est d'automatiser l'organisation des concepts prédéfinis et des connaissances extraites. Ainsi, les ontologies peuvent être traitées par des moteurs d'inférences qui permettent de déduire de nouvelles connaissances et de valider la cohérence des concepts du modèle. Les ontologies sont au cœur des technologies sémantiques, nécessaires à la gestion des connaissances d'un domaine.

Les approches de modélisation orientées ontologies sont caractérisées par une possibilité d'extension et de partage de données et de connaissances entre plusieurs systèmes. Elles sont ouvertes et extensibles, ce qui permet leur enrichissement et leur exploitation. Assurément, Gruber [62] définit ainsi l'ontologie comme « une spécification de la conceptualisation d'un domaine de connaissances donné ». Une ontologie informatique vise donc la représentation conceptualisée des connaissances d'un domaine. En premier, il s'agit de choisir une manière de description de ce domaine ainsi que le second consiste à choisir un langage formel pour procéder à cette description.

C'est une caractérisation ensembliste des entités de ce domaine et de leurs relations, dans un langage de description approprié. Avec cette approche, il s'agit de caractériser le SG et les besoins en termes de concepts, de sous-concepts, de relations ou propriétés et de faits. La mise en place d'une telle méthodologie d'évaluation participative, permet aux utilisateurs et aux bénéficiaires de cette évaluation d'exprimer leurs besoins afin qu'ils soient des parties prenantes dans la recommandation des SGs.

Pour concevoir notre solution, nous avons mis en œuvre une approche systématique [83]. La mise en place de cette approche nécessite une extraction des connaissances relatives aux critères susmentionnés.

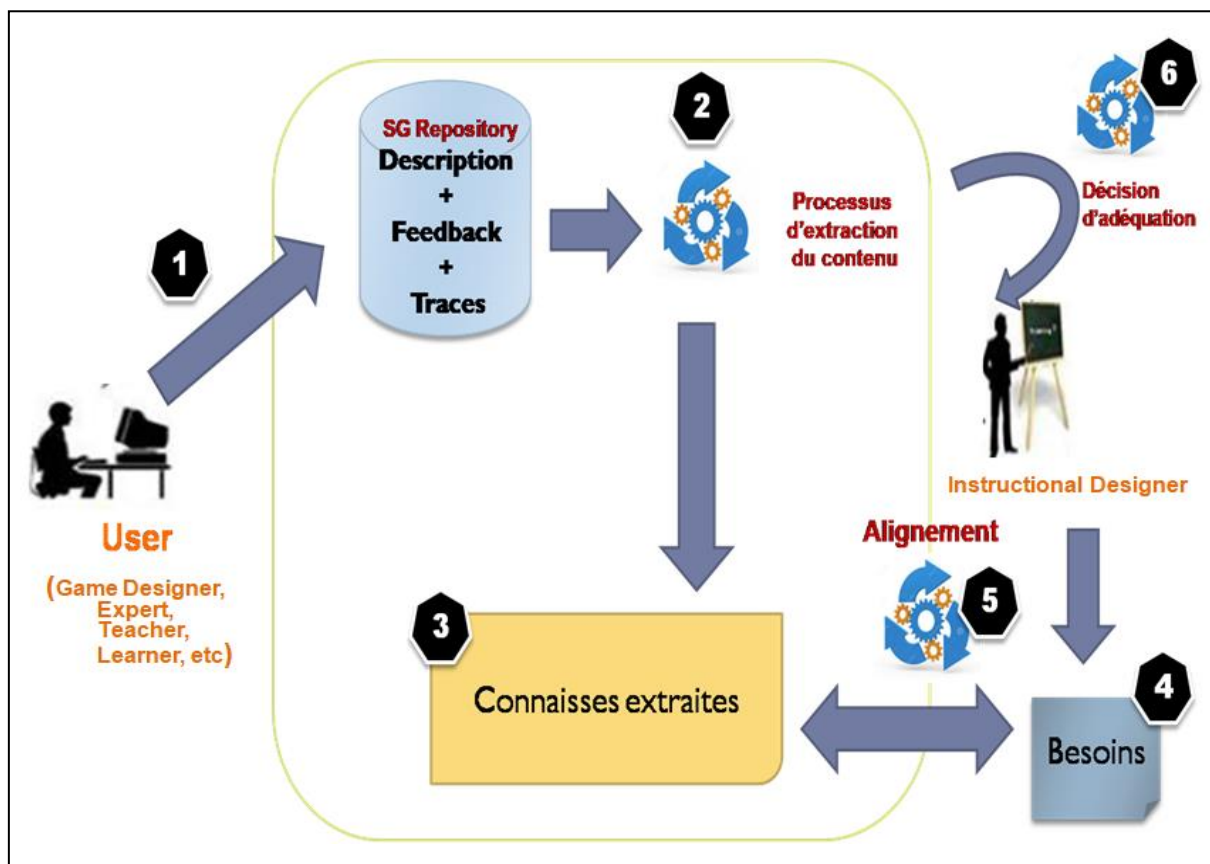


Figure 7: Processus d'évaluation de SGs

Le processus d'évaluation consiste à extraire le contenu du jeu en se basant sur sa description, les retours d'expériences des joueurs et leurs traces d'interactions. Ceci, met en œuvre les technologies du Web sémantique et de la recherche d'information.

Il s'inscrit dans le domaine du traitement du langage naturel (NLP) et plus particulièrement dans celui de l'extraction des connaissances. L'extraction de l'information est une technologie qui vise à répondre aux besoins d'un utilisateur où elle cherche à acquérir des connaissances à partir du texte. Découvrir les informations d'intérêt qui se représentent par les critères déjà mentionnés à la fin du chapitre précédent ; nous aide à prendre la décision d'adopter ou non un tel SG dans un processus d'apprentissage et suivant une situation d'apprentissage bien déterminée. La figure 7 détaille les différentes composantes de notre système d'évaluation des SGs:

➤ **Indexation du contenu des SGs** : Au début, nous avons construit un corpus de SGs sur lequel, nous allons exécuter le processus d'évaluation et d'analyse des jeux.

L'input (les entrées) de cette phase est sous forme d'un texte brut (description, feedback et/ou trace) avec une ontologie de domaine. L'ontologie de domaine est celle des critères des SGs sélectionnés et prédéfinis. Le processus d'extraction utilisé pour identifier les entités (critères), vise à extraire et à annoter chaque entité textuelle.

L'output est une instance de caractérisation du SG.

➤ **Description des besoins utilisateur** : D'autre part, le processus d'évaluation des SGs se base relativement sur la description et l'analyse des besoins utilisateur. Les besoins d'un enseignant/formateur qui recherche un jeu en correspondance avec ses besoins éducatifs. Cette étape a pour objectif de décrire, spécifier et, éventuellement, modéliser les besoins des utilisateurs ciblés par l'évaluation vis-à-vis du jeu, les objectifs pédagogiques et le domaine ou la discipline auquel le SG est destiné, ainsi que les connaissances nécessaires sur les apprenants.

Cette phase permet également de bien définir et cerner les concepts clés à choisir ou à rechercher. L'enseignant/formateur exprime ses besoins en remplissant les champs d'une interface faisant le lien entre l'utilisateur et notre système d'évaluation. Ensuite, les besoins utilisateur seront exportés sous forme d'ontologie qui fera l'objet de l'alignement avec l'ontologie de SGs durant la phase suivante.

➤ **La caractérisation du SG et l'alignement des connaissances** : Partant des grandes lignes déjà spécifiées dans les étapes précédentes indiquant l'objectif général du SG, ses caractéristiques, les spécificités du domaine d'application et le dispositif qui va l'utiliser. Les éléments composants de ce dispositif sont alors définis.

Cette phase nécessite à l'interrogation du corpus des SGs via la définition de différentes règles permettant l'exploration des connaissances. Ces connaissances se représentent par les critères déjà définis lors des phases précédentes. Le processus d'extraction suit les étapes suivantes :

- (1) La première concerne la définition et la construction de l'ontologie.
- (2) La seconde concerne l'identification des concepts et des relations dans l'ontologie, en localisant les termes et les synonymes correspondants dans le corpus.
- (3) La troisième concerne l'exportation du résultat obtenu au format RDF. En effet, ces critères seront exportés sous forme d'instances d'ontologies prêtes à être alignées avec les besoins utilisateur.

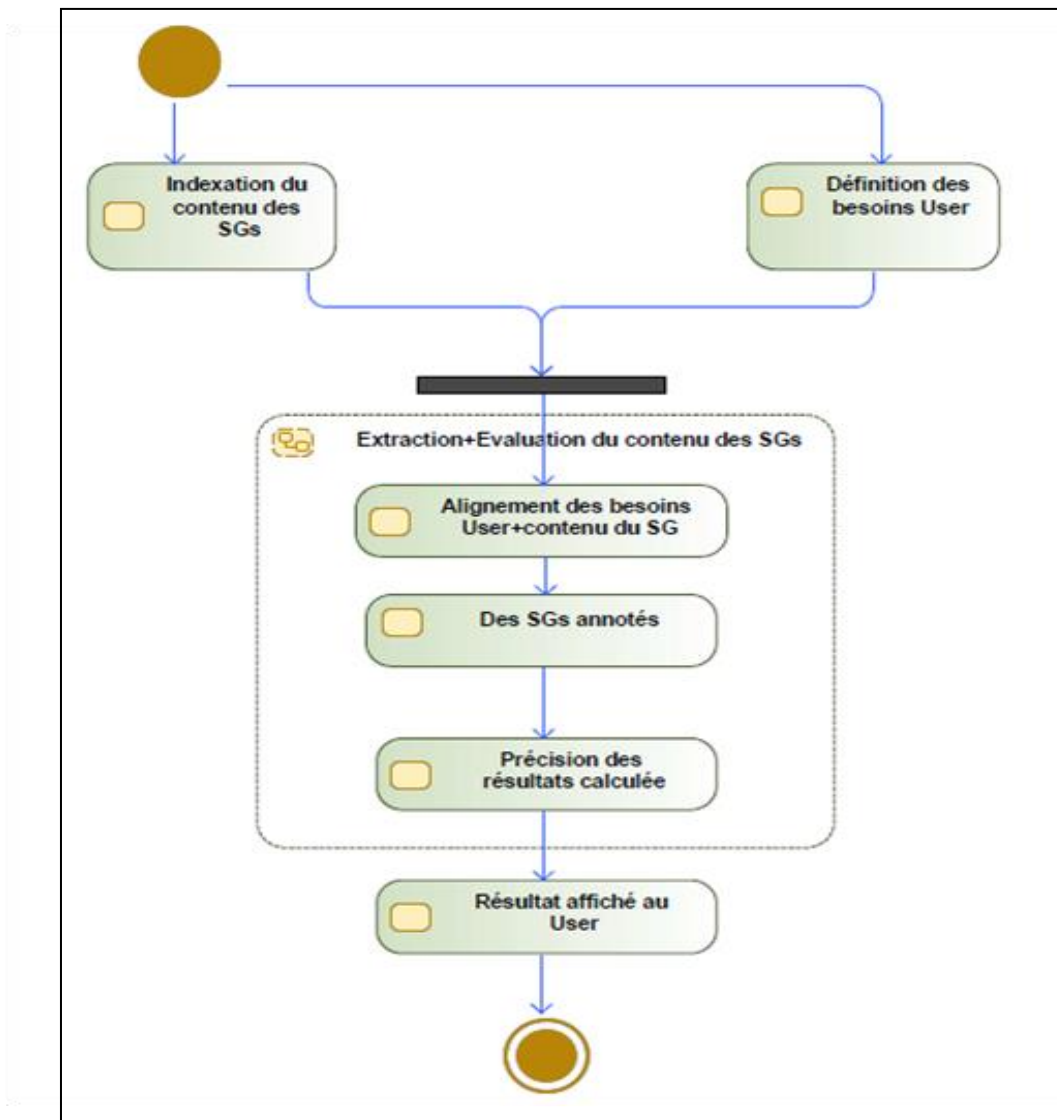


Figure 8: Processus métier du cadre d'évaluation

(4) Dans la quatrième étape, nous alignons les ontologies obtenues par l'exploration du corpus de SGs précédemment stocké avec celle des besoins des utilisateurs et calculer la performance.

Pour commencer, nous définissons un ensemble de critères que nous considérons être susceptibles d'annoncer des informations utiles à partir du texte. Ces annonceurs sont divisés en différentes listes, chacune associée à une classe spécifique. Par exemple, un type d'objectif peut être cognitif, affectif ou psychomoteur. En d'autres termes, identifier les différents types d'objectifs définis dans notre ontologie de domaine. Ensuite, le concept correspondant est spécifié dans l'ontologie tout en associant les correspondances entre l'annonceur présent dans le texte à analyser et le critère défini par l'enseignant.

Grâce à l'annotation sémantique, nous fournissons aux utilisateurs les connaissances utiles pour caractériser le SG. Notre méthode d'identification automatique des objectifs et des critères est basée sur les entrées de notre système déjà citées, à savoir les descriptifs, les retours et les traces d'interaction des joueurs.

➤ **La recommandation du jeu adéquat** : En fonction du résultat obtenu dans l'étape précédente, un calcul de la précision et du rappel des propositions obtenues par notre système est effectué. Le résultat prend la forme de pourcentages d'adéquation par rapport à l'objectif recherché.

La formulation des différentes phases relatives à la conception du cadre d'évaluation (voir figure 8), a suivi plusieurs formes de modélisations graphiques qui sont proposées dans la littérature et qui offrent une représentation simplifiée du métier.

3. Pratiques de modélisation de la caractérisation des SGs

Nous présentons dans cette section les méthodes et les techniques adoptées pour la modélisation d'une situation d'apprentissage qui vise l'utilisation d'un jeu sérieux. Nous tentons de proposer un cadre d'évaluation pédagogique. La pédagogie est une science qui développe et traite les techniques de l'enseignement et de l'apprentissage. D'où, il existe 4 dimensions d'apprentissage à savoir : la dimension cognitive, affective, métacognitive et sociale [84]. Ainsi, nous nous sommes basées sur les recommandations des professionnels. Les techniques utilisées sont considérées comme indispensables et réussies. Parmi ces techniques, nous avons opté pour :

3.1 Une démarche inductive via un brainstorming

Dans le but d'appuyer notre proposition sur les idées des autres et en formuler de nouvelles, nous avons réalisé un brainstorming avec des enseignants/formateurs. C'est une technique utilisée lors de l'analyse des besoins. Elle permet de collecter un maximum d'idées, de suggestions, de propositions de solutions, sur un thème donné. En plus, elle permet à l'acteur principal impliqué dans le processus d'évaluation des SGs, d'exprimer librement ses idées et ses visions. En s'inspirant de la technique Delphi⁶, nous avons conduit une session de brainstorming pas à pas jusqu'à l'arrivée à dégager un consensus entre les enseignants impliqués. Premièrement, nous avons leur proposé un jeu sérieux appelé INNOV8⁷ et nous avons leur demandé de jouer le jeu et ce dans le but de: (1) découvrir l'environnement du jeu et l'apprentissage proposé, après (2), d'exprimer ce que leurs intéressent de savoir sur le jeu, afin de l'adopter dans leurs dispositifs d'apprentissage.

Deuxièmement, dans le but de converger sur des idées similaires ; nous avons leur demandé de s'exprimer librement à propos du jeu et de répondre aux questions suivantes :

Q1 : Connaissez-vous les SGs ?

Q2 : Avez-vous les utiliser ? Dans quel contexte ?

Q3 : Selon vous, quels sont les apports des SGs dans l'enseignement ?

Q4 : Si vous décidez d'enseigner avec les jeux sérieux, comment vous en choisissez un? Comment le caractériser ? Quels sont les critères de base pour en décider de son adoption ou non dans votre processus d'enseignement ?

Leurs réflexions et propositions, nous ont permis de fixer les critères qui nous semblent essentiels et pertinents dans la caractérisation des SGs. De plus, en s'inspirant des critères collectés de la littérature (chapitre précédent), nous avons observé qu'il existe de différentes nominations et définitions pour les mêmes critères. En effet, jusqu'à présent, il n'existe pas une terminologie exacte pour la description des caractéristiques des SGs.

Troisièmement, dans le but de fixer une terminologie qui décrit et regroupe les critères suivant notre propre besoin et notre contexte de travail. Nous avons leur proposé les critères et nous avons leur demander de répondre à un questionnaire. L'évaluation des différents critères suggérés aux enseignants/formateurs avec une note de 1 à 7 (avec : 1= parfaitement inutile ; 2= très inutile ; 3= inutile ; 4= neutre ; 5= utile ; 6= très utile ; 7= extrêmement utile).

⁶ Linstone H.A., Turoff M. (Eds.), The Delphi Method, Techniques and Applications. Reading, MA: Addison-Wesley; 1975.

⁷<https://cityone.soft112.com/>

Autrement dit, la validation de ces critères auprès des enseignants/formateurs “utilisateurs” de SGs semble une étape très primordiale dans l’accomplissement de notre recherche. OÙ, nous cherchons une meilleure utilisation de SGs en adéquation avec les objectifs du cours et un consensus sur les critères adoptés.

Le résultat final de ce brainstorming nous a permis de dégager les critères utiles dans la caractérisation des SGs et qui sont au nombre de 16 critères que nous détaillerons dans la section suivante.

3.2 Métriques d'apprentissage dans les jeux sérieux

Comme nous l’avons indiqué plus haut, qu’il existe une forte relation de corrélation entre les SGs et l’apprentissage. La mesure de l’augmentation de la connaissance qui est le but principal des SGs revient à mesurer l’efficacité de l’apprentissage dans un jeu et celui-ci nécessite des métriques.

Néanmoins, malgré les investigations faites autour de la caractérisation de SGs, la plupart des critères sont orientés au processus de leur conception et de développement. Ils n’ont pas été utilisés pour une mesure postérieure de l’efficacité du jeu. En s’inspirant de la revue de littérature réalisée tout au long du chapitre précédent, nous avons dégagé l’importance des critères suivant trois catégories différentes : Paramètres du jeu, Profil apprenant et les critères pédagogiques. En fait, nous visons à avoir une vue complète sur les catégories pouvant influencer et quantifier l’apprentissage par les SGs. Ainsi, le tableau 3 présente les critères dégagés et adoptés dans la caractérisation de SGs.

Tableau 3—Caractérisation des jeux sérieux

Catégorie	Critères	Aperçu
Pédagogie	Objectif d'apprentissage	Objectif pédagogique du jeu: la compétence à acquérir via le jeu.
	Résultats d'apprentissage	Décrire les apprentissages souhaités que les élèves doivent avoir acquis à la fin d'un jeu: compétences et attitudes.

Profil_Apprenant	Âge	La tranche d'âge des joueurs dont le jeu est dédiée.
	Prérequis	Déterminer les niveaux de connaissances de base.
	Engagement	Un indicateur générique d'implication du joueur dans le jeu.
Paramètres du jeu	Utilisabilité (Usability)	Évaluer la convivialité de l'interface et de l'apprentissage.
	Jouabilité (Playability)	Évaluer le gameplay et le plaisir qu'il procure au joueur.
	Compréhensibilité (Understandability)	La capacité du SG à être compris.
	Efficacité (Effectiveness)	Mesurer l'efficacité et l'intérêt du SG par rapport au domaine.
	Motivation	Mesure le degré d'influence du jeu sur la motivation du joueur.
	Retour d'information	Matériel conditionnellement présenté à l'apprenant tout en se basant sur le résultat de sa réponse. Mesure l'interaction qui se produit entre le jeu et le joueur ainsi que sa position actuelle dans le jeu.
	Niveau de difficulté	Le niveau de difficulté du contenu du jeu.
	Genre du jeu	Genre du jeu Un jeu de rôle, stratégique, d'action, de simulation, etc.
	Type du jeu	Un jeu compétitif ou coopératif.
	Domaine d'expertise du jeu	La discipline académique du jeu (Exple: enseigner les mathématiques, la programmation, destiné au domaine professionnel, etc).
	Durée du jeu	Le temps nécessaire pour finir le jeu.

3.3 Théorie de modélisation de l'apprentissage

Pour concevoir les critères pédagogiques pour l'évaluation, nos efforts se sont basés sur les théories de modélisation de l'apprentissage. En effet, l'apprentissage par le jeu permet d'appréhender de nouvelles compétences. Ce « learning by doing » est considéré comme un apprentissage expérientiel où les idées se forment par l'expérience [85]. Ce type d'apprentissage combine l'expérience, la perception, la cognition et le comportement. Ceci, permet de favoriser l'acquisition cognitive par les apprenants. Dans cette recherche, nous avons mobilisé les théories et les taxonomies pédagogiques les plus enracinées dans la conception et l'évaluation cognitives. L'une de ces exigences est la conformité aux standards. Les standards permettent de catégoriser, de décrire et d'exploiter de manière judicieuse les objets d'apprentissage.

Nous avons opté le choix pour la *taxonomie de Bloom* [86]. C'est une taxonomie qui a une forte orientation cognitive et elle est utile dans la conceptualisation des cours et des compétences pédagogiques. La taxonomie de Bloom, classe ces dernières par ordre hiérarchique allant du simple au complexe. Nous pouvons l'appliquer aux SGs, où les développeurs des jeux organisent l'information en termes de niveaux ou de séquences. Certes, son utilisation découle de la nécessité commune de fournir aux éducateurs un cadre théorique commun pour évaluer les résultats des apprenants. Ceci, leur aide également à mettre en place des outils d'évaluation et un langage commun permettant de comparer efficacement les résultats des évaluations.

Bloom classe les objectifs d'apprentissage en trois domaines : cognitif, affectif et psychomoteur. Il a défini le « domaine cognitif » comme un niveau intellectuel d'un apprenant qui se manifeste par ses connaissances et ses capacités intellectuelles.

L'apprenant est toujours l'axe principal de l'élaboration des objectifs éducatifs. Le « domaine affectif » prend en compte les sentiments, la motivation et les attitudes de l'apprenant et leur impact sur l'apprentissage. Tandis que le « domaine psychomoteur » se concentre sur les compétences manuelles et physiques. La taxonomie de Bloom a été utilisée par des générations de praticiens pédagogiques (concepteurs et enseignants) et est devenue la norme pour l'élaboration des cadres d'apprentissage, d'enseignement et d'évaluation.

Conséquemment, la définition d'un référentiel d'évaluation qui desserve toute situation d'apprentissage basée sur les SGs est indispensable. Le choix d'un SG doit en effet répondre, de la manière la plus pertinente possible à l'intention pédagogique visée.

4. Modèle ontologique pour implémenter le framework d'évaluation de SGs

Dans notre contexte, les ontologies permettent de modéliser une connaissance de manière formelle. Cela signifie la présentation des connaissances sous une forme partagée et structurée afin de faciliter la communication et l'analyse de concepts. De surcroît, elles permettent d'assurer l'interopérabilité, le partage et la réutilisation des connaissances. A cet égard, l'utilisation des ontologies comme modèle sémantique sert à construire un réseau de connaissances structurées décrivant les critères d'un SG, capables de décrire les informations relatives à une situation d'apprentissage.

Notre ontologie a été créée de façon pragmatique et dérivée des besoins réels de l'acteur principal de notre système qui est l'enseignant/formateur. Celle-ci a pour but de représenter les concepts de base nécessaires à l'application du domaine. L'aspect pragmatique constitue le point important qui nous a permis de mettre en exergue les besoins des enseignants/formateurs et les cerner. Notre objectif étant de développer une ontologie générique pour les SGs de point de vue utilité pédagogique. Notre ontologie a été élaborée suite à une recherche approfondie dans la littérature du domaine, des ontologies existantes à l'heure actuelle (présentées dans le chapitre 2) et en se basant sur le travail de [87]. Suite à ces recherches, nous avons observé qu'aucune des ontologies trouvées ne correspond parfaitement au modèle de connaissances voulu et qu'il n'était pas adéquat de reprendre une de ces modélisations en l'état. La modélisation de notre ontologie de domaine a été guidée par les méthodologies présentées dans la littérature [88]. Celles-ci nous ont permis d'organiser notre travail selon les étapes suivantes :

- La conceptualisation : consiste à former un modèle conceptuel tel qu'un diagramme de classes à partir de différentes sources de données telles que des corpus, des textes, des interviews d'experts, etc.
- L'ontologisation : consiste à transformer le modèle conceptuel en une ontologie conceptuelle en utilisant un environnement de conception permettant de mettre en œuvre les concepts, les relations, les règles et les cardinalités.
- L'opérationnalisation : sert à implanter dans un langage formel les structures issues de la conceptualisation. Ce langage doit réduire l'ambiguïté du langage naturel et rendre l'ontologie interprétable par les machines.

Pour la modélisation de l'ontologie, nous avons eu recours à Protégé⁸. Il s'agit d'un éditeur d'ontologies distribué en open source par l'université Stanford. Ainsi, l'ontologie de domaine comporte :

- 1) Une catégorie « **Game_Settings** », précisant les caractéristiques du jeu. Elle représente les connaissances nécessaires et utiles dans notre contexte. Par exemple, on peut mesurer l'engagement et la motivation des joueurs grâce à leurs perceptions et leurs attitudes vis-à-vis du jeu, comme l'admet [89]. Également, cette composante permet d'explicitier ce qu'on doit savoir sur le jeu tels que le domaine d'expertise du jeu, son genre, son type, son timing, etc.
- 2) Une catégorie « **Pedagogy** », qui réunit les critères qui précisent le contenu d'apprentissage à acquérir. En effet, maîtriser la pédagogie est une qualité qui constitue du jour à l'autre le souci de tout enseignant. De point de vue objectif de recherche, cette composante constitue le cœur de notre travail. Elle représente l'une des premières questions qui nous viennent à l'esprit lors de la définition de notre cadre d'évaluation. Elle permet d'explicitier ce que doit être enseigné à l'apprenant et quels seront les résultats d'apprentissage tirés à la fin du jeu. Grâce à la classification des objectifs pédagogiques, nous admettons qu'un enseignant/formateur a besoin de savoir le type de la matière offerte par le jeu en termes d'habiletés et de compétences cognitives ou autres. Chaque objectif renferme un ensemble de concepts clés sur lesquels porte un type d'apprentissage.
- 3) Une catégorie « **Learner_Profile** », qui englobe la description des informations utiles pour la recherche et l'évaluation d'un SG. Cette dimension qui fait partie de la composante sérieuse du SG, permet de caractériser l'apprenant/joueur tout en spécifiant : son âge ainsi que ses pré-requis qui sont des concepts clés spécifiant les acquis nécessaires à avoir, afin que le système fournisse à l'enseignant/formateur un jeu adapté à l'apprenant et à la situation d'apprentissage en général. Chaque pré-requis est caractérisé par un niveau de compétences.

L'évaluation des SGs dans un environnement d'apprentissage doit être faite en se basant sur la collecte d'un ensemble de concepts provenant des différents sous-modèles sus-définis. Ces concepts doivent être commandés et recherchés pour offrir le jeu le plus approprié.

⁸<https://protege.stanford.edu/>

La figure 9 présente le modèle conceptuel de l'ontologie de domaine proposée.

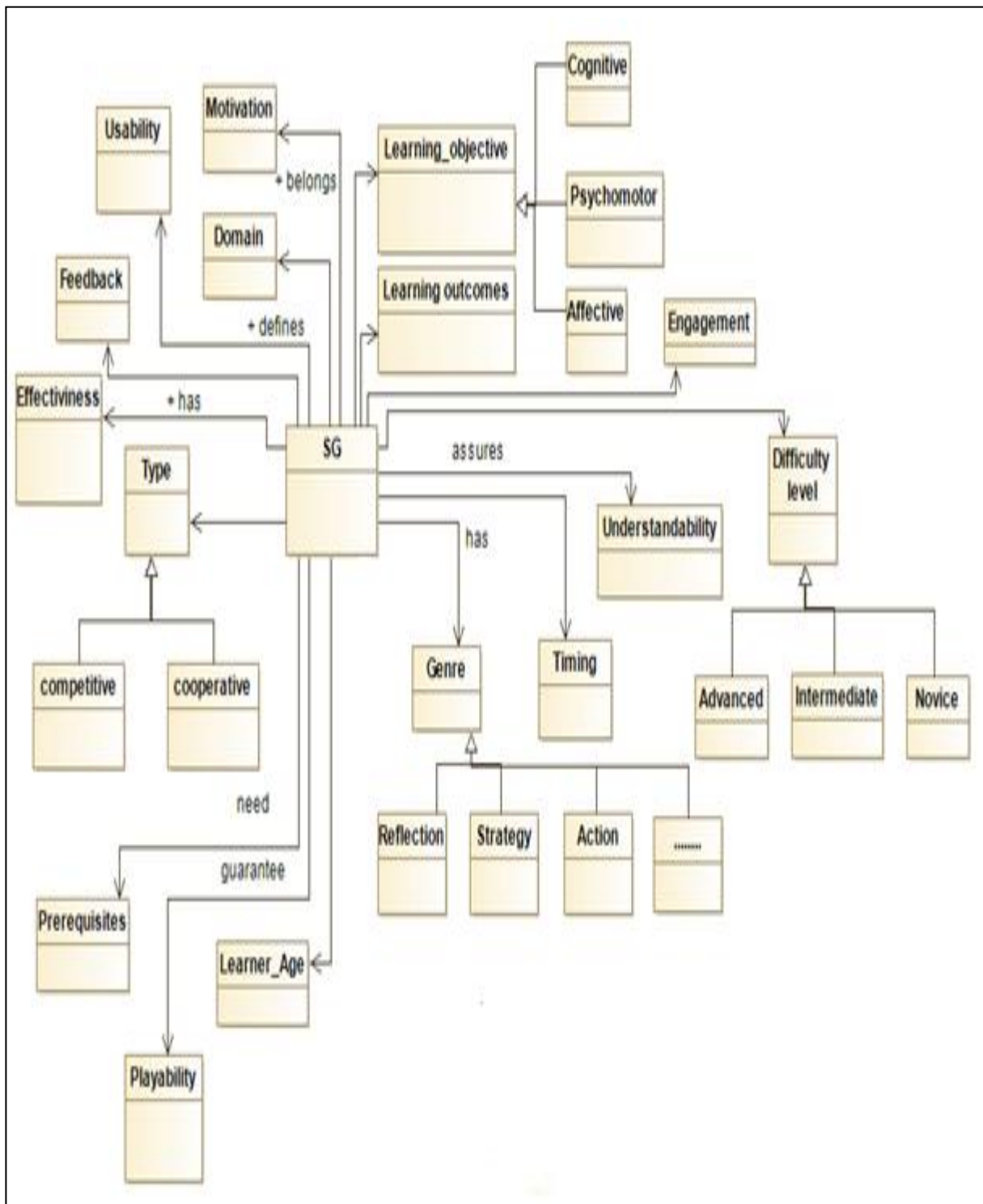


Figure 9: Extrait du modèle conceptuel de l'ontologie de domaine proposée

5. Conclusion

Durant ce chapitre, nous avons décrit les différentes phases du système d'évaluation et de recommandation des SGs. Nous mettons ainsi le point sur l'exploitation des technologies du web sémantique via les ontologies pour concevoir et implémenter la sémantique du cadre proposé. Pour ce faire, il nécessitait une modélisation formelle pour pouvoir réaliser ce processus. L'ontologie de SGs, définit les terminologies et les concepts du domaine d'apprentissage. En effet, nous avons identifié les différents besoins, les entrées et les sorties de tout le processus d'évaluation.

Le chapitre suivant, fera l'objet de la description de notre deuxième contribution qui s'intéresse à la définition du processus d'extraction des connaissances. La phase d'extraction et de génération des connaissances, représente le cœur de notre cadre d'évaluation et de recommandation de SGs.

‘Les rudiments de la connaissance sont assimilés au fil des jeux.’
Mahatma Gand

Chapitre 4

PROPOSITION D'UNE MÉTHODOLOGIE POUR L'ÉVALUATION ET LA RECOMMANDATION DES SGs

Actuellement, l'utilisation des techniques du web sémantique pour la conception et le développement des systèmes d'apprentissage et d'enseignement est en pleine expansion. En effet, employer ces technologies pour générer, organiser et évaluer le contenu d'apprentissage est de plus en plus essentiel. De même, la description sémantique des contenus d'apprentissage peut être utilisée pour générer de nouvelles connaissances via un processus de correspondance sémantique. Certes, dans le cadre de ce travail de recherche, la conception du cadre d'évaluation et de recommandation de SGs est une tâche complexe, pluridisciplinaire et pluri-technologique. Son utilité est déduite d'une croissance perpétuelle, que témoignent les efforts continus d'amélioration des méthodes d'apprentissage. Le processus d'évaluation de SGs acquiert de véritables compétences et connaissances des deux domaines en question à savoir, le jeu et le sérieux. Ce processus permet de présenter un résultat correct à la requête utilisateur, d'une manière méthodologique, sémantique et adaptée.

Ce chapitre exprime tout d'abord nos motivations et nos objectifs principaux de l'élaboration d'un tel système d'évaluation et de recommandation de SGs. Nous consacrons la deuxième section à détailler l'ontologie de domaine. La troisième section, est relative à la définition du processus d'extraction des connaissances à partir du corpus de jeux. Dans la dernière section, nous présentons la boîte à outils que nous allons utiliser pour la recommandation d'un SG.

1. Motivations et Objectifs

A la lumière des exigences de l'apprentissage actif, aujourd'hui, l'évaluation et la recommandation de SGs répondent à un besoin métier. Dans ce cadre, nous pensons qu'offrir un tel outil aux enseignants/formateurs leur permettra de pratiquer efficacement l'enseignement et la formation via les jeux sérieux. Mené d'un système d'extraction automatique d'informations, notre cadre d'évaluation permet d'aligner le contenu des jeux avec les besoins utilisateur tout en permettant la recherche de l'adéquation entre eux et ce en vue de rapprocher les résultats recherchés.

Dans la vague de l'utilisation de SGs, l'objectif d'appliquer une solution basée sur l'extraction des connaissances dans l'apprentissage ; est que nous rêvons d'un système automatique capable de repérer et d'extraire de façon 'efficace' les informations que tout concepteur pédagogique en a besoin. Conscients d'être trop ambitieux au regard des possibilités technologiques, nous soutenons que la mise en place d'une assistance méthodologique, sémantique est primordiale. Cela contribue en conséquence à l'avancement et à la progression du domaine de l'apprentissage actif en général.

Malheureusement, l'étude bibliographique menée sur les méthodes et les outils d'évaluation de SGs a montré que la majorité des solutions sont dédiées aux phases de conception et de développement des jeux. Ces solutions ne sont ni automatiques, ni objectives. Les jeux nécessitent d'être joués à l'avance pour juger leurs utilités, suite à des questionnaires ou des interviews. Par ailleurs, l'utilisation d'un système d'évaluation et de recommandation automatique de SGs peut réduire et faciliter le processus fastidieux de recherche des jeux surtout pour les enseignants non-experts. Cela, leur permet d'envisager un enseignement engageant et motivant, ce qui permettra l'amélioration de la volonté d'apprendre.

2. Modélisation des connaissances du domaine

2.1 *L'ontologie de domaine*

Le principe repose sur la représentation sémantique des objets et des services d'apprentissage par le biais des ontologies. Cette représentation favorise l'échange, la valorisation et l'indexation des connaissances au niveau sémantique.

Afin de définir et d'identifier précisément les informations d'intérêt, l'ontologie de domaine (figure 10) constitue la base de connaissances du système d'évaluation. Elle servira de guide à notre approche d'extraction et d'acquisition des connaissances. Ce sont les connaissances relatives à l'expertise du domaine de la caractérisation et l'évaluation des SGs. Ces descriptions seront ensuite exploitées pour l'annotation sémantique des jeux en vue de faciliter l'extraction et l'élicitation des connaissances sous forme de nouvelles instances, concepts, relations et règles.

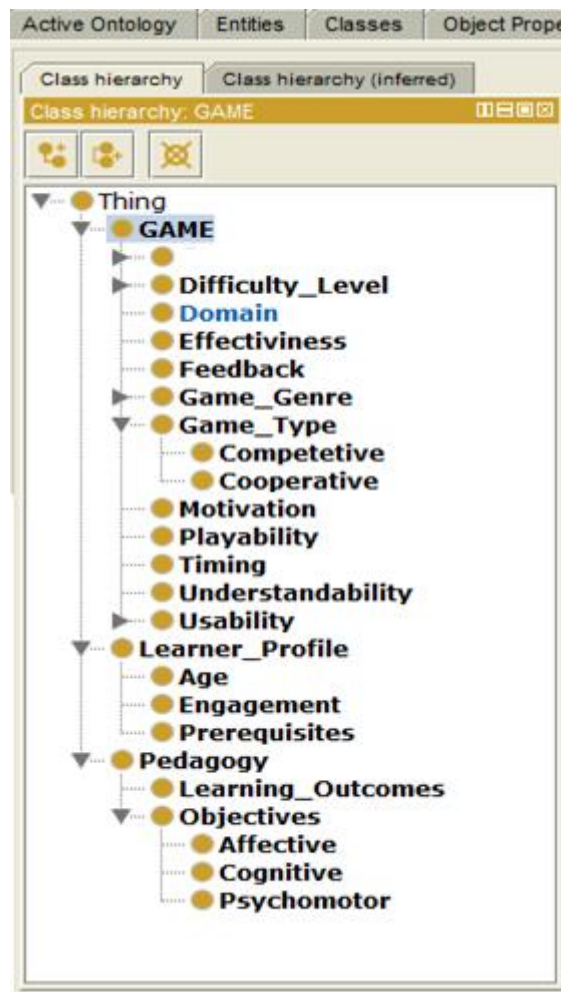


Figure 10: Extrait de l'Ontologie du domaine

Nous optons pour l'annotation sémantique, en vue d'extraire automatiquement les connaissances et pouvoir les insérer ensuite dans l'ontologie de SGs. En d'autres termes, représenter les informations à extraire sous forme d'ontologie, est justifié par un raisonnement au niveau sémantique ce qui permet de :

(1) représenter les déterminants de l'apprentissage dans une forme interprétable par machine, (2) faciliter l'interprétation des besoins de l'utilisateur de manière cohérente et les mapper avec les connaissances extraites, (3) apporter un niveau de flexibilité et d'extensibilité au modèle: les propriétés des ontologies permettent d'ajouter plus facilement des concepts ou des relations pour prendre en compte de nouvelles connaissances en assurant une cohérence sémantique avec les concepts déjà présents.

Ainsi, toutes les informations saisies par l'enseignant/formateur doivent être prises en considération lors de l'évaluation et la recherche dans le corpus des jeux. C'est pourquoi, un système d'évaluation des SGs destiné à l'apprentissage se base pour sa description sur l'utilisation d'un ensemble de critères regroupés en trois catégories, comme nous l'avons annoncé à la fin du chapitre précédent. Catégoriser les critères qui caractérisent l'apprentissage avec les SGs, permet de décrire le SG comme une combinaison de facteurs. En effet, nous soutenons que ces critères sont considérés comme des attributs clés pour pouvoir mesurer l'apprentissage et pouvoir répondre à la question centrale de cette recherche : Est-ce que l'adoption d'un tel SG répondra aux besoins d'apprentissage ? Les résultats démontreraient si ces critères seront un bon prédicteur pour l'adoption et l'utilisation des SGs dans un processus d'apprentissage bien défini ?

D'ailleurs, nous considérons qu'un système d'évaluation de SGs est un système ouvert qui a besoin de coordonner différentes connaissances à partir de différentes ressources : générer et délivrer une analyse générique et adaptée au contexte d'apprentissage. Atteindre cette fin, nous a poussés à tenir compte des deux dimensions fondamentales du SG à savoir la dimension pédagogique et la dimension ludique. Ainsi, la description formelle des différents concepts de l'ontologie de domaine est comme suit :

Serious_Game = {Game_settings| Learner_Profile| Pedagogy}

Game_settings= {Motivation, Feedback, Type, Genre, Timing, Domain, Difficulty_Level, Usability, Playability, understandability, Effectiveness}

Game_Type = {Competitive| Cooperative}

Game_Genre= {Reflection| Strategy| Simulation| Action|...}

Difficulty_Level= {Novice| Intermediate| Advanced}

Learner_Profile= {Learner_Age, Prerequisites, Engagement}

Prerequisites = {Beginner| Intermediate| Advanced}

Pedagogy = {Learning_Objectives, Learning-Outcomes}

Learning_Objectives = {Cognitive| Affective| Psychomotor}

2.2 Validation de l'ontologie des SGs

Nous avons étudié plusieurs façons pour traiter les requêtes et les actions d'inférence sur l'ontologie de SGs. Via des règles d'inférences, nous pouvons déduire de nouvelles connaissances ou informations à partir des ontologies. L'inférence peut se faire sous forme de démonstrations automatiques en utilisant un langage logique. L'ontologie de SGs, a été formalisée avec OWL (Web Ontology Language) et Protégé.

Dans ce travail, les requêtes ont été directement implémentées avec SQWRL (Semantic Web Enhanced Query Language), langage utilisé pour les requêtes sémantiques associées à SWRL (Sementic Web Rule Language). En utilisant le moteur d'inférence Jess, tous les axiomes et les règles définis dans notre ontologie à l'aide de SWRL ont été exécutés et validés.

Soit la requête Q1, qui interroge l'ontologie sur les différents jeux dédiés pour les débutants. Le résultat de Q1 est le suivant (figure 11).

Name	Expression
Rule-1	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \wedge \text{Actions}(\text{?a}) \wedge \text{Sequential}(\text{?s}) \wedge \text{Parts}(\text{?p}) \wedge \text{has5}(\text{?p}, \text{?s}) \rightarrow \text{Static}(\text{?g})$
gain	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \wedge \text{Gain}(\text{?x}) \wedge \text{has}(\text{?g}, \text{?x}) \rightarrow \text{sqwrl:select}(\text{?g}, \text{?x})$
Rule-2	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \wedge \text{Roles}(\text{?r}) \wedge \text{Choices}(\text{?c}) \wedge \text{Simultaneous}(\text{?s}) \wedge \text{Actions}(\text{?a}) \wedge \text{Rules}(\text{?R}) \wedge \text{specifies}(\text{?R}, \text{?a}) \rightarrow \text{Dynam...$
Rule-3	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \wedge \text{coalitions}(\text{?c}) \rightarrow \text{cooperative}(\text{?g})$
Rule-4	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \wedge \text{Difficulty_level}(\text{?d}) \wedge \text{has2}(\text{?g}, \text{?d}) \rightarrow \text{Novice}(\text{?d})$
Rule-5	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \wedge \text{Sequential}(\text{?s}) \rightarrow \text{competetive}(\text{?g})$
Rule-6	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \wedge \text{Simultaneous}(\text{?s}) \wedge \text{coalitions}(\text{?c}) \wedge \text{Actions}(\text{?a}) \rightarrow \text{cooperative}(\text{?g})$
Rule-7	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \rightarrow \text{sqwrl:select}(\text{?g})$
Rule-8	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \wedge \text{is_intended_to}(\text{?g}, \text{?a}) \wedge \text{swrlb:equal}(\text{?learner_age}, \text{quinze_ans}) \rightarrow \text{sqwrl:select}(\text{?g}, \text{?a})$
Rule-9	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \wedge \text{Rules}(\text{?R}) \rightarrow \text{sqwrl:selectDistinct}(\text{?g}, \text{?R})$

Below the table, there are tabs for 'Imported Axioms' and 'Classes'. The 'Imported Axioms' section contains the following text:

```

Il, apprendre_les_règles_de_conjugaison)
ell, débutant)
_to(Freecell, quinze_ans)
_to(Freecell, placer_les_cartes_dans_la_cellule)
_to(Colobot, algorithme)
:, programmer)
Il, points)

```

Figure 11: Inférence des règles SWRL

De même, nous pouvons définir une requête qui interroge l'ontologie sur les gains offerts par les différents jeux. La requête Q2 est illustrée dans la figure 12 :

Enabled	Name	Expression
<input type="checkbox"/>	Rule-1	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \wedge \text{Actions}(\text{?a}) \wedge \text{Sequential}(\text{?s}) \wedge \text{Parts}(\text{?p}) \wedge \text{has5}(\text{?p}, \text{?s}) \rightarrow \text{Static}(\text{?g})$
<input checked="" type="checkbox"/>	gain	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \wedge \text{Gain}(\text{?x}) \wedge \text{has}(\text{?g}, \text{?x}) \rightarrow \text{sqwrl:select}(\text{?g}, \text{?x})$
<input type="checkbox"/>	Rule-2	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \wedge \text{Roles}(\text{?r}) \wedge \text{Choices}(\text{?c}) \wedge \text{Simultaneous}(\text{?s}) \wedge \text{Actions}(\text{?a}) \wedge \text{Rules}(\text{?R}) \wedge \text{specifies}(\text{?R}, \text{?a})$
<input type="checkbox"/>	Rule-3	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \wedge \text{coalitions}(\text{?c}) \rightarrow \text{cooperative}(\text{?g})$
<input type="checkbox"/>	Rule-4	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \wedge \text{Difficulty_level}(\text{?d}) \wedge \text{has2}(\text{?g}, \text{?d}) \rightarrow \text{Novice}(\text{?d})$
<input type="checkbox"/>	Rule-5	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \wedge \text{Sequential}(\text{?s}) \rightarrow \text{competetive}(\text{?g})$
<input type="checkbox"/>	Rule-6	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \wedge \text{Simultaneous}(\text{?s}) \wedge \text{coalitions}(\text{?c}) \wedge \text{Actions}(\text{?a}) \rightarrow \text{cooperative}(\text{?g})$
<input type="checkbox"/>	Rule-7	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \rightarrow \text{sqwrl:select}(\text{?g})$
<input type="checkbox"/>	Rule-8	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \wedge \text{is_intended_to}(\text{?g}, \text{?a}) \wedge \text{swrlb:equal}(\text{?learner_age}, \text{quinze_ans}) \rightarrow \text{sqwrl:select}(\text{?g}, \text{?a})$
<input type="checkbox"/>	Rule-9	$\rightarrow \text{Game}(\text{?g}) \wedge \text{Rules}(\text{?R}) \rightarrow \text{sqwrl:selectDistinct}(\text{?g}, \text{?R})$

SQWRLQueryTab		→ gain
?g		?x
Freecell		points
Colobot		programmer

Figure 12: Requête Gain

2.3 La construction du corpus

Le corpus est composé essentiellement de documents texte, contenant des descriptifs de SGs, des retours d'expériences des utilisateurs de jeux et des traces d'interaction des joueurs. Dans le but de construire une base générique, nous avons choisi des jeux de différents genres, de domaines diversifiés, pour différentes tranches d'âge et développés par différents concepteurs et développeurs de SGs. Nous avons choisi des jeux avec des interfaces graphiques.

La figure 13, présente un extrait du corpus des jeux choisis.

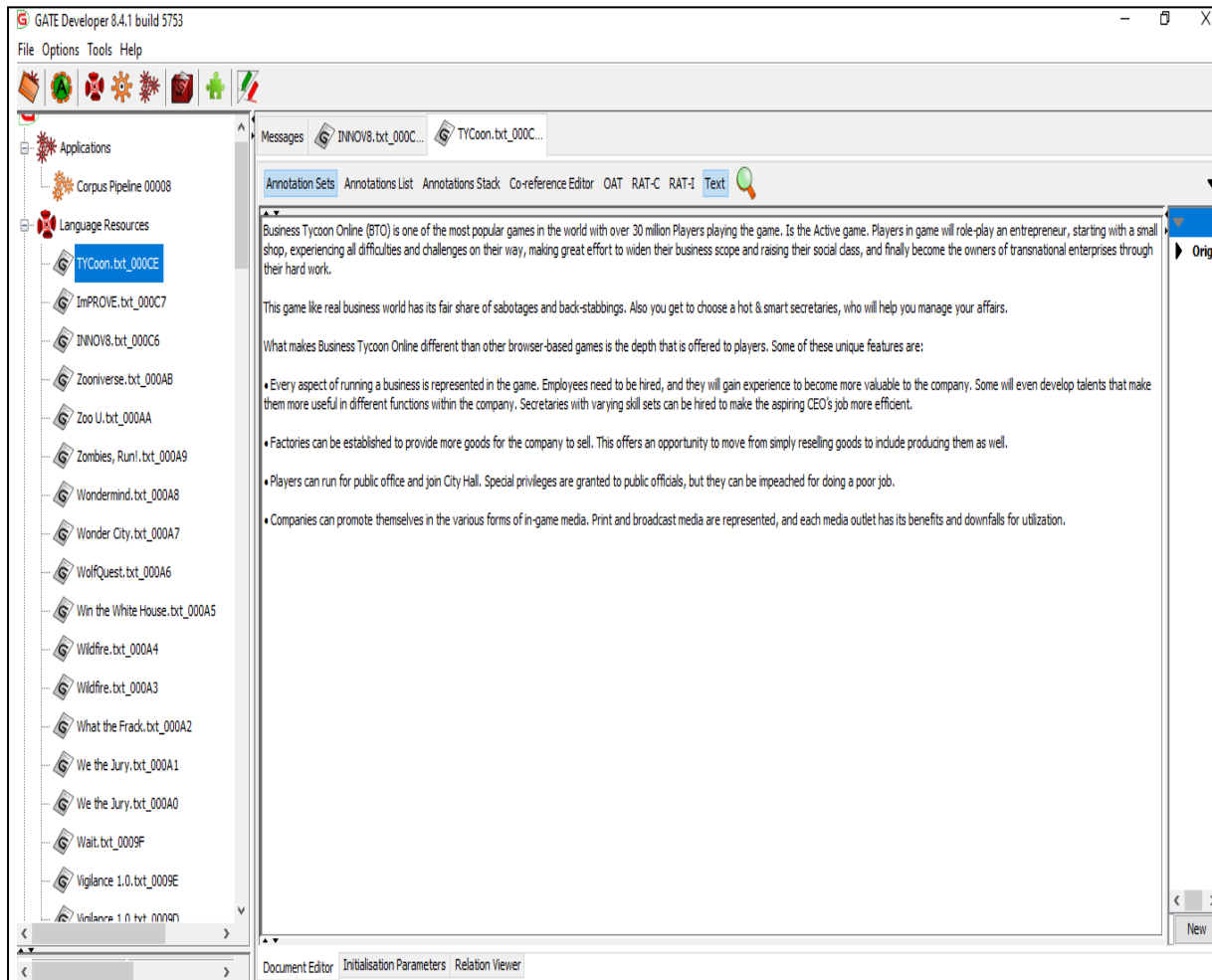


Figure 13: Corpus de SGs

3. Le processus d'extraction des connaissances

Pour une exploration détaillée et une analyse efficace, il faut personnaliser les analyses en fonction des critères du jeu et des exigences de son évaluation. Contrairement à l'étude menée sur les approches d'évaluation existantes, extraire le contenu du jeu et l'évaluer avec les paradigmes classiques (questionnaires, interviews, grilles) ne semble pas pratique. Afin de promouvoir l'apprentissage actif et la métacognition, les jeux doivent être évalués en se basant sur des théories d'apprentissage constructivistes⁹. Dans ce travail, nous adoptons l'annotation sémantique pour extraire automatiquement les connaissances.

⁹ En matière de pédagogie, le constructivisme désigne que la connaissance est un processus mental qui se développe suivant l'interaction avec l'entourage. La théorie constructiviste met en avant le fait que les activités et les capacités cognitives inhérentes à chaque sujet lui permettant de comprendre et d'appréhender les réalités qui l'entourent.

Le processus d'extraction des connaissances et leurs annotations sémantiques contient quatre étapes : (1) La construction du corpus de SGs. (2) La construction de l'ontologie du domaine représentant les concepts, les relations et les axiomes. (3) La réalisation de l'annotation sémantique est effectuée en localisant les critères, les termes et les synonymes correspondants dans le corpus. Cette étape est réalisée d'une manière automatique, dont le résultat est un corpus annoté et une ontologie instanciée. (4) La dernière étape est relative au calcul et à l'évaluation des résultats obtenus. En effet, nous avons établi un modèle de connaissances qui permet de reconnaître automatiquement dans un ensemble de textes, les différentes informations d'intérêt et ensuite peupler la base de connaissances (créer des instances des différentes classes de l'ontologie et les liens existants entre ces instances). Cette partie présente notre seconde contribution : un système d'extraction automatique de connaissances pour les enseignants/formateurs. Celui-ci a été élaboré grâce à la boîte à outils de la plateforme GATE¹⁰ (voir annexe).

Dans notre contexte et le problème qu'on souhaite traiter, nous avons utilisé GATE (General Architecture for Text Engineering) Embedded qui est une librairie permettant d'utiliser les modules de Gate dans une application à part. Bien que l'apprentissage et la maîtrise d'un tel système est difficile, notre besoin d'extraction de connaissances sur les jeux, nous a permis de découvrir une partie de fonctionnalités de GATE, que nous jugeons puissantes et complètes.

Par ailleurs, la plateforme Gate propose un formalisme d'expression de grammaires contextuelles nommé JAPE (Java Annotation Patterns Engine). Nous avons employé ce formalisme pour la définition des règles en vue d'extraire les connaissances du corpus et en fournir une réponse à la requête de l'enseignant/formateur. Ces règles sont définies au sein des modules de Gate que nous avons opérationnalisés pour notre besoin spécifique. Également, ces règles nous tolèrent dans la modélisation et la définition des informations à extraire. En effet, elles nous permettent de définir les contextes d'apparition des éléments à extraire pour qu'ensuite, le système les repère et les annote dans l'ensemble du corpus de SGs. Cette étape s'avère très utile pour la réalisation de l'extraction de connaissances.

Le principe général de l'extraction et en conséquence de l'annotation, combine les différentes annotations fournies par les dictionnaires déjà prédéfinis. Ceci est utile pour en créer de nouvelles plus complexes telles que les entités nommées, les relations entre ces entités et le plus important l'inférence de nouvelles connaissances.

¹⁰<https://gate.ac.uk/download/>

Ces dernières représentent des informations utiles et des concepts fixes dans notre ontologie de SGs et dans la recherche des enseignants/formateurs. L'inférence dans notre cas est définie comme le fait de déduire de nouvelles connaissances par une analyse de l'existant. Il s'agit concrètement de découvrir de nouveaux triplets à partir des triplets connus, en exploitant la structure de l'ontologie et les contraintes logiques spécifiées.

3.1 Extraction automatique des connaissances du domaine

Cette section détaille la deuxième contribution proposée : un système d'extraction de connaissances. Nous détaillons ainsi, l'extraction des informations associées aux besoins de la situation d'apprentissage. Pour ce faire, cela nécessite la définition des extracteurs. Ces extracteurs sont sous forme de règles qui fixent le mode et la manière d'extraction des connaissances recherchées.

La définition des règles utiles sera détaillée dans les sous-sections suivantes.

3.1.1. Extraction d'entités nommées (EN)

Cette phase consiste à mettre en place la syntaxe de détection et d'annotation des entités d'intérêt. En effet, pour reconnaître les concepts préalablement définis dans l'ontologie, notre premier objectif est de repérer ces entités. Nous avons opté pour le choix d'une approche à base de règles, pour laquelle la littérature a montré une plus grande précision et qui s'avère également plus facilement adaptable à un domaine d'application donné [90].

Dans le contexte applicatif de nos travaux, nous visons l'extraction d'informations peu erronées et précises. Pour développer les règles relatives au module d'extraction qui constitue le moteur de notre système, les règles développées sont à la fois linguistiques et contextuelles. Elles sont élaborées suivant le formalisme JAPE (voir annexe) et partageant la forme suivante:

Règle : contexte → action

D'abord, nous avons commencé par la construction des gazetteers (dictionnaires) qui contiennent des informations d'ordre générique. Ensuite, nous avons procédé à l'écriture des règles qui permettent de repérer ces entités dans les textes composant le corpus. Nous présentons, quelques exemples de règles et de gazetteers pour chaque type d'extraction.

3.1.1.1. **Extraction des objectifs d'apprentissage**

Explorer l'objectif d'apprentissage des jeux, est pour nous, une tâche d'une importance primordiale. Ceci servira à préciser le contenu, la nature de l'apprentissage et l'orientation pédagogique du jeu. En fait, comme nous l'avons mentionné dans le chapitre précédent, que Bloom, considère l'objectif comme un identificateur de connaissances, d'habiletés et de compétences que les apprenants devront développer en termes d'apprentissage. Ainsi, nous avons construit des gazetteers de verbes qui classifient les objectifs pour les associer aux mots contenus dans les textes. De cette façon et selon le verbe utilisé, on peut déterminer la complexité de l'apprentissage.

Face à la variété sémantique des verbes utilisés dans le texte, des ambiguïtés peuvent se produire. Véritablement, on ne peut pas reconnaître si c'est un verbe qui déclenche la description d'un objectif d'apprentissage. Nous avons alors pensé à exploiter d'autres indices contextuels. Ces indices permettent de repérer les déclencheurs d'objectifs en repérant les termes qui réfèrent aux objectifs d'apprentissage ciblés. Ces déclencheurs sont réellement des éléments porteurs de sens, comme les verbes et les noms. Également, nous avons construits des gazetteers (voir exemple dans la figure 14) contenant des lemmes verbaux et nominaux, afin d'être repérés et annotés dans les textes du corpus. En effet, on définit un « lemme » en tant qu'une opération qui consiste à regrouper les formes occurrentes d'un texte ou d'une liste sous des adresses lexicales. Ceci facilite le repérage des critères du jeu en question et minimise l'ambiguïté.

La figure 14, concerne une règle qui utilise un de ces gazetteers afin de reconnaître les objectifs du jeu et leur catégorie précédés ou suivis d'un lemme. En effet, pour éviter l'ambiguïté, nous avons développé des heuristiques à savoir :

- Le verbe doit être à l'infinitif,
- Le verbe doit être un verbe d'action appartenant aux gazetteers,
- Le verbe doit être suivi ou précédé d'un objet (complément).

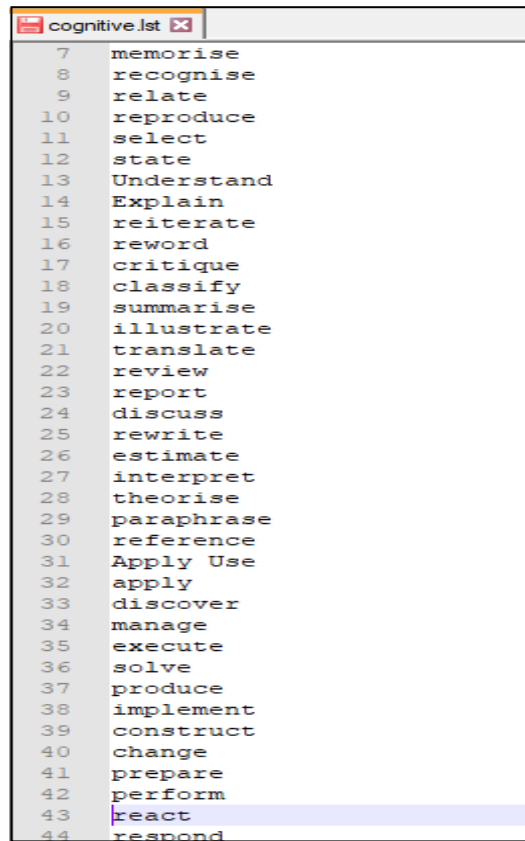


Figure 14: Extrait du gazetteer *cognitive.lst*

Ces trois heuristiques sont traduites en règles pour filtrer les résultats.

La figure 15, présente quelques exemples des lemmes verbaux et nominaux appartenant au domaine « programmation », utilisés comme déclencheurs des objectifs.

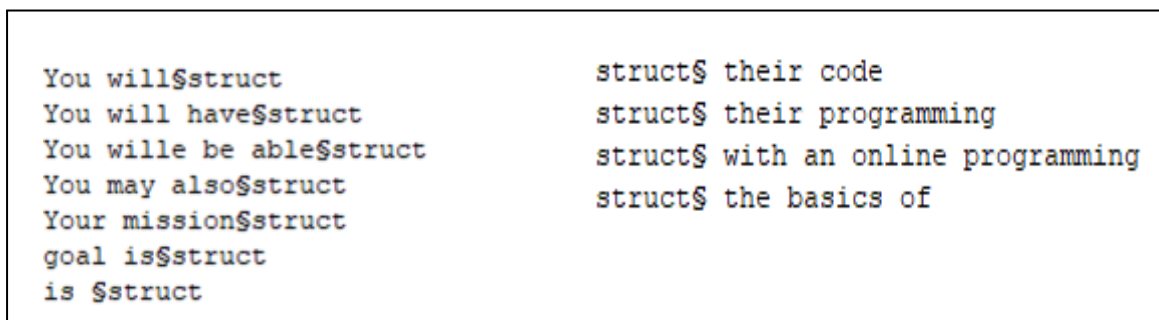


Figure 15: Lemmes verbaux et nominaux

De plus, ces déclencheurs vont être utilisés de manière directe dans l'extraction par le biais des règles. Ces règles nous permettent de s'informer également du genre du jeu, le type du jeu, l'objectif d'apprentissage, et le niveau de difficultés.

La figure 16 est une règle qui permet de définir l'annotation des « Objectives », en utilisant l'ontologie comme base de connaissances pour la création des instances.

```

Phase: Exercise
Input:Pedagogical_Obj
Options: control = all
Template: Game = "http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#n"
// Population de l'ontologie
1: Rule: OBJMention
2: ({Pedagogical_Obj.class == [Game n="Objectives"]});OBJ
3: -->
4: :OBJ {
5:AnnotationPropertyrdfsLabel = ontology.getAnnotationProperty (
6:ontology.createOURI (OConstants.RDFS.LABEL));
7:Literaltext = new Literal(stringFor (doc, OBJAnnots));
8: for (Annotation m: OBJAnnots) {
    // Déterminer la classe correcte
9: OURI classUri = ontology.createOURI (
10: (String)m.getFeatures().get("class"));
11:OClassclazz = ontology.getOClass (classUri);
12: Set<OInstance> instances = ontology.getOInstances (clazz, OConstants.DIRECT_CLOSURE);
13:OInstanceinst = null;
14: for (OInstance candidate : instances) {
15:   if (candidate.getAnnotationPropertyValues (
16: rdfsLabel.contains(text)) {
17:inst = candidate;
18:   break;
19:   }
20: }
21: if (inst == null) {
    // Pas d'instance existante trouvé, créez-en une avec un nom généré
22: String instName = Outils.toResourceName (text.getValue());
23: OURI instURI = ontology.generateOURI (instName + "_");
24:inst = ontology.addOInstance(instURI, clazz);
    // and label itwith the coveredtext
25:inst.addAnnotationPropertyValue (rdfsLabel, text);
26: }
    // Enfin, stockez l'URI de l'instance (nouvelle ou existante) sur l'annotation
27:m.getFeatures().put ("inst", inst.getONodeID().toString());
28: }
29: }

```

Figure 16: Règle d'extraction des objectifs d'apprentissage

Ainsi que la règle décrite dans la figure 17, permet de repérer le critère recherché dans le texte et l'ajouter comme une nouvelle instance dans l'ontologie.

Phase: AddClass

Input: Lookup

Options: control = all

1: Rule: OBJ

2: ({Lookup}): OBJ

3: -->

4: :OBJ {

5: for (Annotation l : OBJAnnots) {

6: String OBJType = (String)l.getFeatures().get("OBJType");

7: if (OBJType == null) OBJType = "Objectives";

8: l.getFeatures().put("class", ontology.getDefaultNamespace() +

9: OBJType.substring(0, 1).toUpperCase() + OBJType.substring(1));

10: }

11: },

12: OBJ.Mention = {class = :OBJ.Lookup.class, language = :OBJ.Lookup.language, majorType = :OBJ.Lookup.majorType, minorType = :OBJ.Lookup.minorType }

Figure 17: Repérage des objectifs d'apprentissage

La figure 18, montre ce résultat.

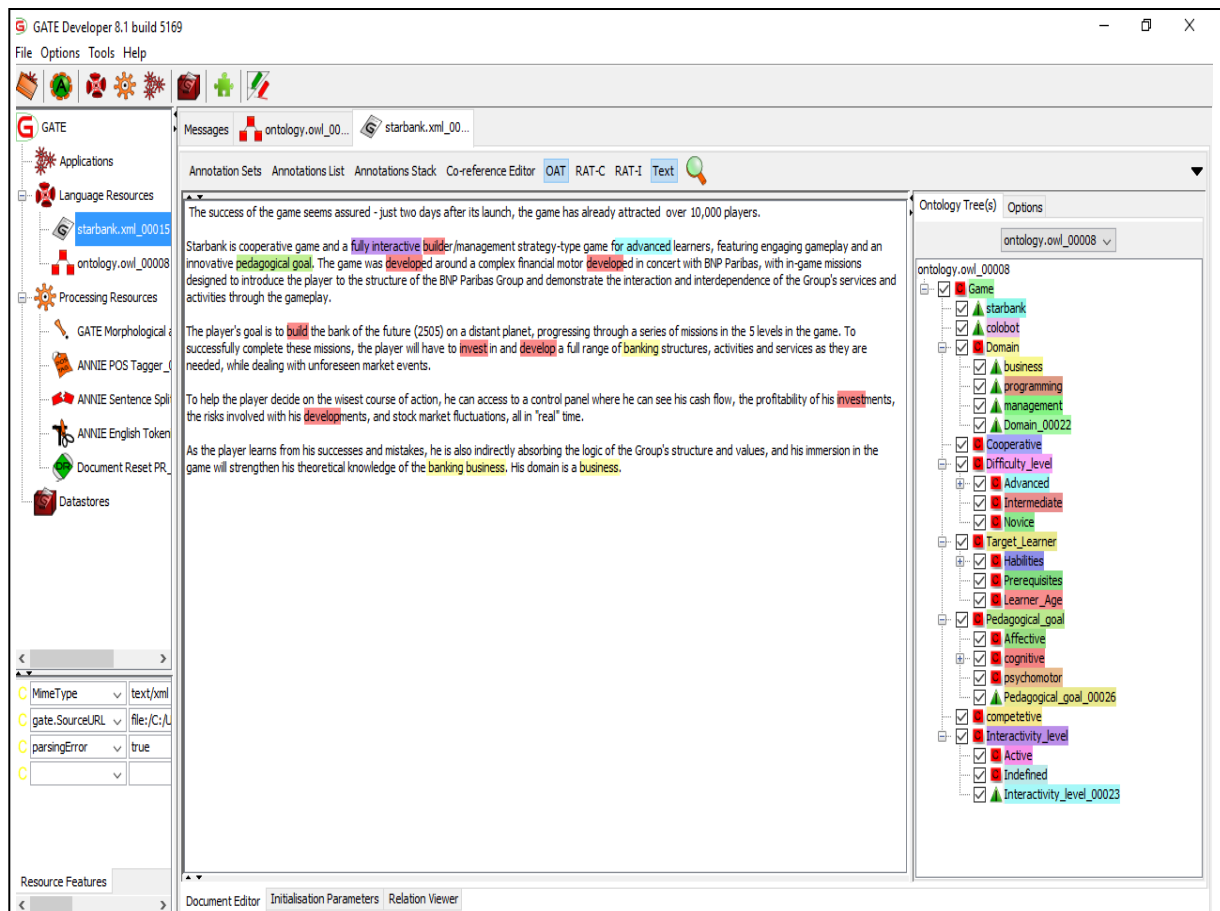


Figure 18: Instanciation automatique de l'ontologie de domaine

La règle OBJ permet d'annoter un objectif d'apprentissage, en ajoutant une fonction de classe dans l'ontologie et en créant une annotation de type « Lookup ». Le résultat de la recherche des objectifs pédagogiques est montré par la figure 19.

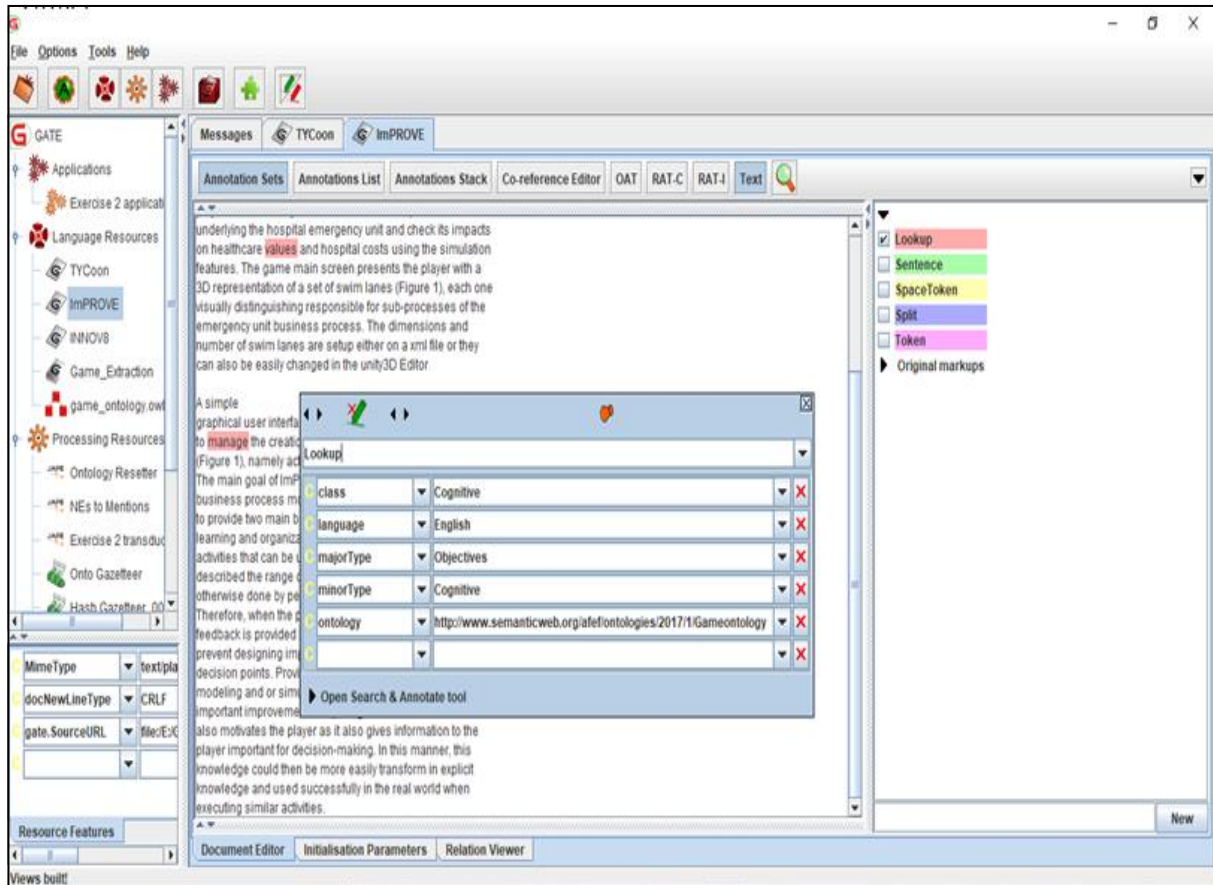


Figure 19: Annotation des objectifs

3.1.1.2. Extraction du résultat d'apprentissage

De la même manière que pour l'annotation des objectifs pédagogiques, nous avons construit une chaîne permettant l'extraction sémantique des résultats d'apprentissage : « Learning_Outcomes ». La figure 20, montre un exemple.

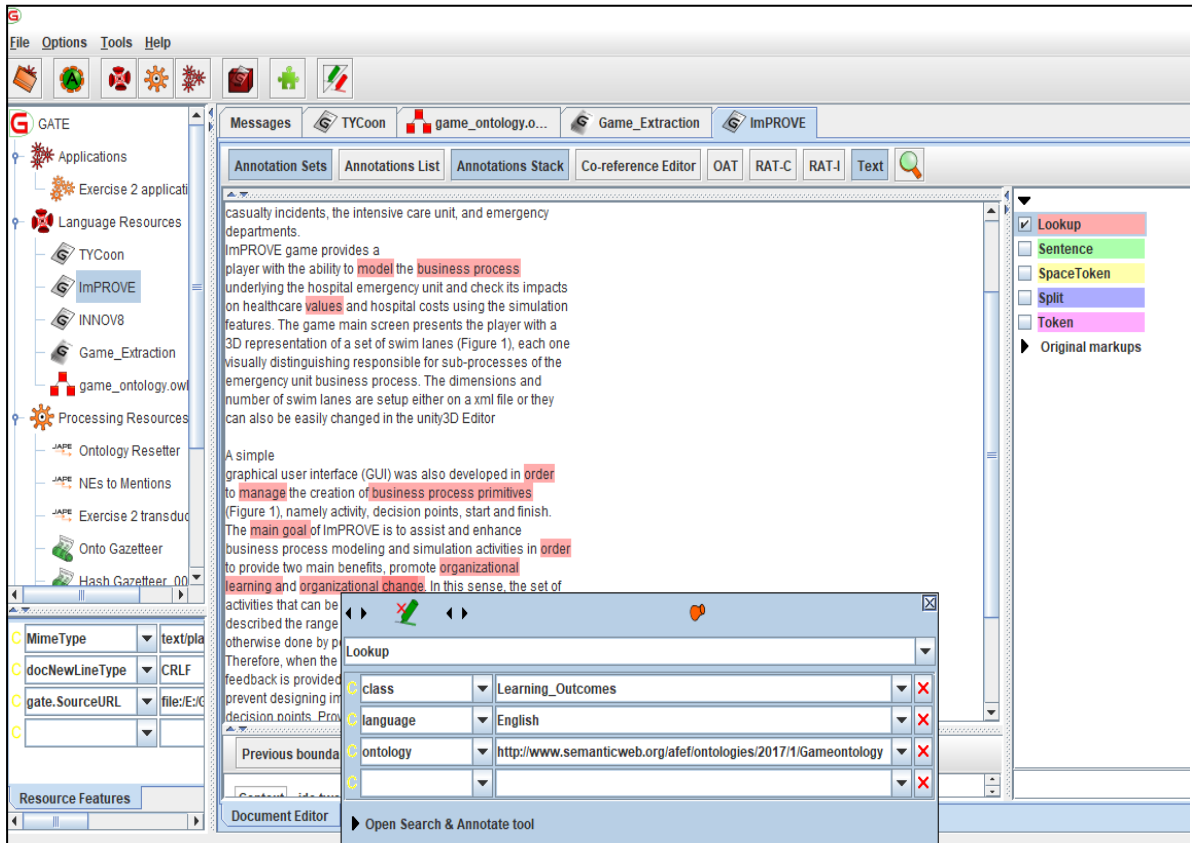


Figure 20: Annotation du résultat d'apprentissage

3.1.1.3. Extraction du genre et du type de jeu

L'extraction automatique des genres et les types de jeux est parfois complexe à détecter et à mettre en œuvre par manque d'informations ou de descriptions explicites contenant dans les textes du corpus. Ainsi, nous avons pu constituer quelques indices de base (figure 21) pour la détection des genres et types.

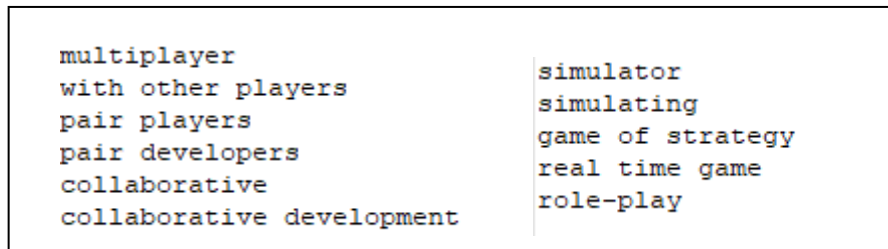


Figure 21: Extrait des lemmes relatifs aux genres et types de SGs

La figure 22, montre respectivement, les genres et les types des jeux.

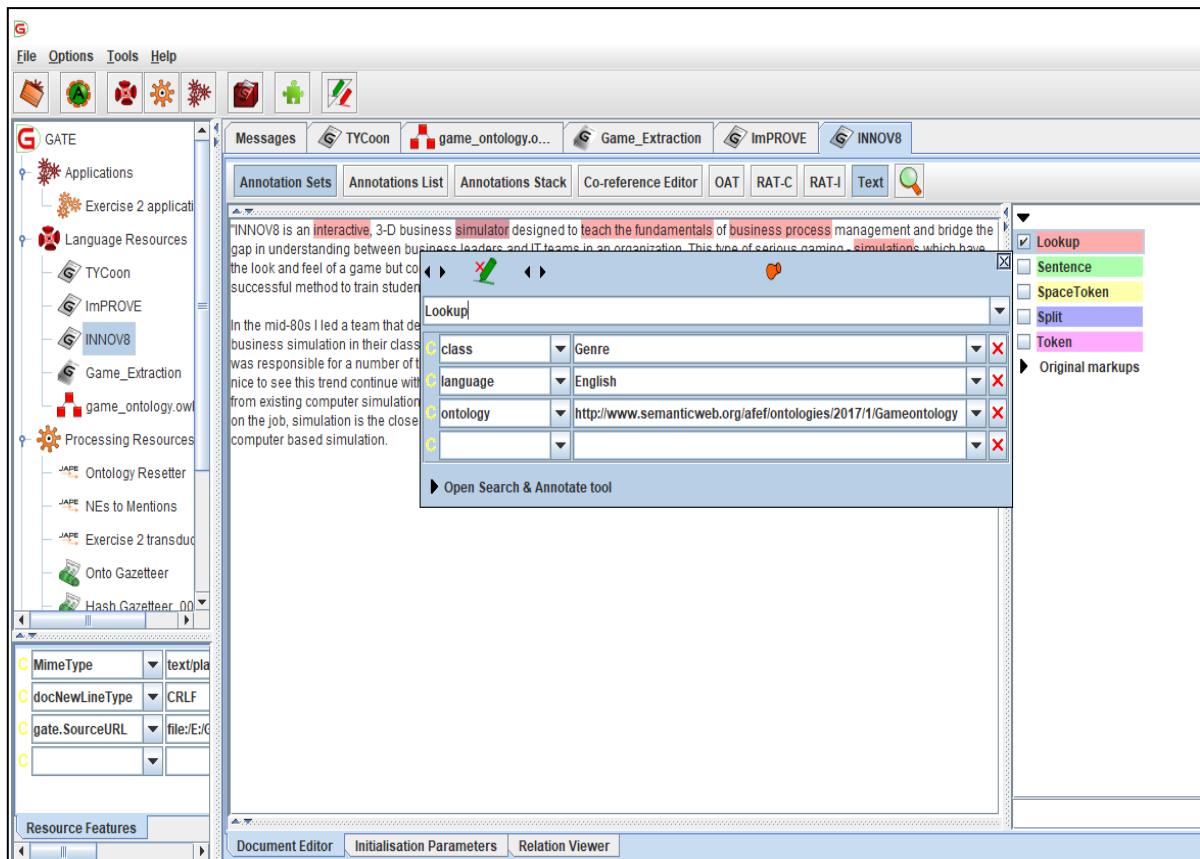


Figure 22 : Annotation du genre du jeu

3.1.1.4. Extraction du niveau de difficulté et des Pré-requis du jeu

S’informer sur le niveau de difficulté du jeu à utiliser, est une information clé pour les enseignants/formateurs. C’est une information qui leur permet de définir quand et où utiliser ce jeu par rapport au programme du cours (introduction du cours, exercice de synthèse, ...).

Toutefois, d’après ce qu’on a remarqué, cette information est presque absente dans les descriptifs des jeux ou dans la plupart des cas, elle est implicite. Ceci, nous incite à rechercher et à définir de nouveaux lemmes en se basant sur des indices contextuels et sur le lien relationnel qui existe entre les concepts. En effet, via la classification des objectifs pédagogiques par niveau (Taxonomie de Bloom), nous pouvons déduire le niveau de difficulté du jeu. Prenons en exemple, les phrases suivantes :

P1: [Cyber-dojo is a place where programmers meets] **to practice** [their programming]!
Struct§ *[verbe]* *[complément]*

[Cyber-dojo is a place where programmers meets] **to practice** [their programming]!
eniveau 3]
e catégorie 1

En utilisant les objectifs prédéfinis et les lemmes fixés plus haut, nous pouvons déduire qu'à partir du verbe « to practice », nous pouvons identifier que ce jeu est destiné aux apprenants ayant déjà un pré-requis en la matière, « Medium ».

P2: COLOBOT combines both a real time game of strategy and an **initiation to** programming.

La figure 23, montre que l'annonceur « initiation to », précise le niveau de difficulté du jeu en question.

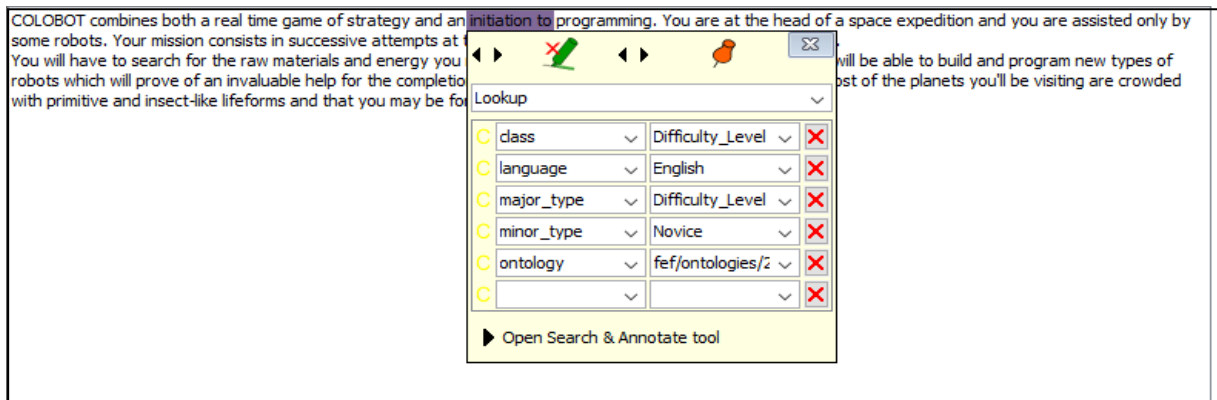


Figure 23: Annotation du niveau de difficultés du SG

P3: We target people who already **know a bit of** programming.

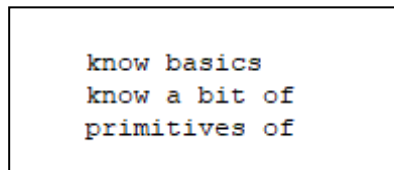


Figure 24: Lemmes pour le niveau de difficulté

La figure 24, montre quelques annonceurs du niveau de difficulté de type « Novice ».

De même, on peut manquer l'information sur les *pré-requis* nécessaires pour pouvoir présenter un jeu aux apprenants. Or, dans le cadre d'un apprentissage spécifique, il semble primordial de prendre connaissance des qualifications requises pour pouvoir jouer le jeu et par conséquent acquérir une nouvelle valeur ajoutée.

En effet, pour pouvoir extraire cette information implicite à partir des textes du corpus, nous allons procéder à relativiser le *niveau de difficultés* comme référant. En d'autres termes, si par exemple le « Difficulty_Level » est de valeur « Novice », signifie relativement que le critère ou le concept « Pre-requisites » prendra la valeur « No » pour dire que les pré-requis ne s'imposent pas et ainsi de suite. **Ps** : Nous avons opté à classer proportionnellement les niveaux de difficultés selon les 6 niveaux de la taxonomie de Bloom. C'est à dire que les niveaux 1 et 2 dans la taxonomie de Bloom signifient un niveau « Novice ». Les niveaux 3 et 4, signifient une difficulté de niveau « Medium ». Ainsi qu'une difficulté de niveau « Advanced », appartient aux niveaux 5 et 6 de la taxonomie des verbes.

3.1.1.5. Extraction du domaine du jeu

Pareillement pour la détection du domaine du jeu en question, nous avons préparé un gazetteer contenant tous les mots clés possibles en tant que disciplines à enseigner. La règle montrée par la figure 25, permet de détecter le concept « Domain » à partir du corpus.

Rule: DomainClass

```

{
  class= [Game n="Domain"]
  class.Domain= "POO"
}
: Dom
-->
:Dom {
  // Déterminer la bonne classe
  OURI classUri = ontology.createOURI(
    (String)m.getFeatures().get("class"));
  OClassclazz = ontology.getOClass(classUri);
  // Obtenir toutes les instances existantes de cette classe
  Set<OInstance> instances = ontology.getOInstances(clazz, OConstants.DIRECT_CLOSURE);
  // Voir si l'un d'entre eux a la bonne étiquette - si oui, nous supposons qu'ils sont les mêmes
  OInstanceinst = null;
  for(OInstance candidate : instances) {
    if(candidate.getAnnotationPropertyValues(
      rdfsLabel).contains(Domain)) {
      // found it!
      inst = candidate;
      break;
    }
  }
  // Enfin, stockez l'URI de l'instance (nouvelle ou existante) sur l'annotation
  m.getFeatures().put("inst", inst.getONodeID().toString());
}

```

Figure 25: Repérage du domaine du SG

3.2 Agrégation sémantique des connaissances

Lors de la première partie du processus d'extraction, nous avons commencé par le repérage des critères qui sont possibles à partir des textes. Les SGs offrent une palette potentielle d'interaction avec les utilisateurs qui pourra servir de nouvelles métriques d'évaluation. En effet, les traces d'interactions des apprenants/joueurs fournissent des informations importantes qui peuvent être utilisées pour évaluer les SGs et par conséquent, identifier leurs forces et leurs faiblesses de point de vue utilité pédagogique. Le suivi du parcours des utilisateurs est un élément important dans l'évaluation de SGs et qui permet également de comparer entre différents jeux.

Il est à noter que pour être fiable et précis, nous avons procédé à inférer de nouvelles connaissances à partir des connaissances disponibles, comme nous l'avons évoqué dans les sections précédentes. C'est à dire, autre que les informations annotées et stockées dans les dictionnaires de notre système au préalable, de nouvelles connaissances sont déduites. L'objectif, était d'améliorer les connaissances générées à l'utilisateur.

Cette étape du processus d'extraction exige la construction d'un réseau sémantique en effectuant le lien entre les différents critères et par conséquent entre les différentes informations déjà acquises. Ces nouvelles connaissances représentent le résultat de la combinaison et de la définition des règles tout en mixant les trois inputs (descriptifs, feedbacks et les interactions des joueurs) du système. Par exemple, nous pouvons s'informer sur la jouabilité, la convivialité et la compréhensibilité du jeu. Ces informations représentent des connaissances importantes pour l'enseignant/formateur et elles ne sont pas extractibles directement ni dans notre contexte d'utilisation du jeu, ni dans une phase post-commercialisation du SG.

Nos réflexions se sont orientées vers l'agrégation des connaissances extraites ainsi que l'agrégation des entrées (inputs) du système. Certes, en définissant des règles d'extraction sémantique, notre système propose une assistance pédagogique adéquate, en se basant sur des informations réelles et pragmatiques. Pour ce faire, il faut déterminer quelques métriques nécessaires, qui sont en effet quantifiables à partir des journaux de traces des apprenants/joueurs. Ces interactions désignent tous les événements d'intérêt déclenchés par l'utilisateur lors de son interaction avec le jeu. En collaboration avec le projet¹¹, nous avons pu octroyer les métriques suivantes:

¹¹<http://www.usability.ws/app/>

- **Cursor Distance (CD)** : la distance du curseur permet de mesurer les efforts déployés par le joueur, reflétés par l'utilisation de la main pour déplacer le curseur sur l'écran. En pratique, les distances les plus longues du curseur de la souris sont une indication claire de la médiocrité et du niveau de satisfaction inférieur [91].
- **Mouse clicks (MC)** : le nombre des clics effectués par l'apprenant/joueur. Il est mesuré via les actions des mouvements de la souris de l'utilisateur. Tout comme l'indicateur de distance, un nombre de clics élevé renseigne sur une mauvaise manipulation du jeu et par conséquent pouvoir déterminer la compréhensibilité du jeu.
- **Completion Rate (CR)** : les niveaux du jeu atteints par l'apprenant/joueur ou le taux d'achèvement du jeu, est mesuré via une recherche séquentielle de la condition de réussite déjà prédéfinie via un modèle de tâches expert.
On repère ainsi, la réussite du jeu et de son efficacité où un CR bas signifie un jeu non compréhensible et que l'objectif d'apprentissage n'est pas atteint par le joueur.
- **Task Duration (TD)** : le temps nécessaire pour achever le jeu en totalité, aussi mesuré en se basant sur le modèle de tâches expert. En effet, via cet indicateur on peut juger la jouabilité et l'utilisabilité du jeu.

Nous expliquons dans ce qui suit les relations sémantiques qui existent entre les connaissances ainsi que leur modélisation.

3.2.1 Extraction de l'engagement du jeu

Le critère « *Engagement* », mesure le niveau d'engagement [91] et d'implication psychologique du joueur dans le jeu. Il est défini comme le degré d'attention, de curiosité, d'intérêt, d'optimisme et de passion que les élèves manifestent lorsqu'ils apprennent [92]. Réellement, l'engagement est mesuré par le suivi de la réalisation de certains objectifs ou des tâches fournies par un système interactif ainsi que le niveau de satisfaction de l'utilisateur. Cependant, l'évaluation automatique de l'engagement de l'apprenant et de son envie à achever un jeu, s'avère une tâche difficile et complexe en particulier dans notre contexte d'utilisation et d'évaluation des SGs.

Dans ce travail, la formalisation et la mesure du degré de l'engagement des joueurs sera basée sur les métriques tirées des traces d'interaction des joueurs. Autrement dit, pour en formaliser et extraire cette information, on doit se référer à la mesure comportementale du joueur. En effet, le concept « Engagement » est recommandé à être sélectionné si et seulement

si tous ses composants (qui sont déclenchés par l'apprenant) sont conformes aux interactions déclenchées par l'expert (référence).

$$\text{Engagement} = \{ \text{Completion_Rate (CR)}, \text{Mouse_Clicks (MC)}, \text{Task_Duration (TD)}, \\ \text{Cursor_Distance (CD)} \}$$

Cette déclaration est illustrée par la règle suivante :

$$\text{Eng} = (CR_{app} > CR_{ref}/2) \text{ ET } (MC_{app} \in [1..MC_{ref}]) \text{ ET } (TD_{app} < 2 \cdot TD_{ref}) \text{ ET } (CD_{app} = CD_{ref})$$

En conséquence, cela peut refléter un meilleur engagement de l'apprenant/joueur.

3.2.2 Extraction de l'utilisabilité du jeu

Le critère « *Usability* », permet de mesurer la convivialité de l'interface et de l'apprentissage offert par le jeu. Ainsi que le critère « *Understandability* », mesure la capacité du SG à être compris. En d'autres termes, ce critère renseigne sur le *niveau de difficultés* du jeu. Ces deux critères, on peut les quantifier à partir du « nombre d'erreurs commises » et les « niveaux du jeu atteints » par les joueurs. En effet, plus que le nombre d'erreurs est minimal et que le jeu est achevé par les joueurs, on peut déduire que le jeu est proportionnellement facile à jouer et compréhensible.

$$\text{Understandability/Usability} = \{ \text{completion_rate (CR)}, \text{error_rate (ER)} \}$$

$$\text{Use} = (CR_{app} = CR_{ref}) \text{ OU } (ER_{Hand}) \\ = (CR_{app} = CR_{ref}) \text{ OU } Eng$$

$$\text{Understand} = (CR_{app} = CR_{ref}) \text{ ET } (ER_{Learn}) \\ = (CR_{app} = CR_{ref}) \text{ ET } (TD_{app} = TD_{ref})$$

3.2.3 Extraction de la jouabilité du jeu

Le critère **Playability**, permet de mesurer la jouabilité du jeu. Il quantifie le plaisir du joueur. Quantifiable à partir des « niveaux du jeu atteints » et le « temps requis » pour que le joueur achève le jeu. De plus, pour savoir si un jeu est jouable ou non, on peut se référer au degré d'« Engagement » de l'apprenant/joueur vis-à-vis du jeu.

$$Playability = \{completion_rate (CR), task_duration (TD), Engagement\}$$

$$Play = \left((CR_{app} > CR_{ref}/2) \text{ ET } (TD_{app} < 2 \cdot TD_{ref}) \right) \text{ OU Eng}$$

3.2.4 Extraction de l'efficacité du jeu

Le critère « **Effectiveness** », permet de mesurer le taux de l'efficacité du jeu par rapport à un objectif d'apprentissage donné. Cette efficacité, désigne la capacité du SG à produire le résultat attendu en termes de connaissances. Nous pouvons la déduire à partir de l'association des critères utilisabilité, compréhensibilité et jouabilité du jeu.

$$Effectiveness = \{Usability, Playability, Understandability\}$$

$$Effectiveness = Use \text{ ET } Play \text{ Et } Understand$$

3.2.5 Extraction du taux d'erreurs

L'interaction et l'association de ces caractères doit déterminer si l'objectif d'apprentissage via un jeu donné dans une situation d'apprentissage donnée est atteint. Précisément, lors de la définition des connaissances ci-dessus, il est clair que le nombre d'erreurs est un indicateur qui se répète dans la définition de la plupart des critères. En effet, il faut préciser qu'est-ce qu'une erreur ? En ce qui suit, nous définissons un modèle des erreurs qui caractérise une erreur et qui sera utilisé lors de toute référence à l'indicateur 'erreur'.

Le modèle des erreurs (figure 26), offre alors une caractérisation générique des erreurs qui peuvent être commises par les apprenants/joueurs, permettant de les détecter et les classer. La détection d'une erreur dans notre contexte, revient donc à déterminer si : (i) le niveau d'apprentissage prévu est atteint ou non, (ii) les joueurs ont bien joué le jeu. Deux types

d'erreurs peuvent être commises en ce sens (1) une erreur de manipulation, et (2) une erreur d'apprentissage. Nous définissons alors :

- **Erreur de manipulation** : en tant que la mauvaise manipulation du jeu. Elle permet d'identifier le comportement du joueur vis-à-vis du jeu et par conséquent du degré de son engagement. Une erreur de manipulation est un ensemble d'indicateurs à savoir :

$$\text{Handling Error} = \{CD, MC, TD\}$$

- **Erreur d'apprentissage** : la vocation clé d'un SG est l'apprentissage. L'enseignant/formateur et le SG partagent le message et la tâche de l'apprentissage. De ce fait, une erreur d'apprentissage signifie un objectif d'apprentissage non ou mal atteint et affecte par conséquence la compréhensibilité du jeu. Une erreur d'apprentissage est définie par :

$$\text{Learning Error} = \{CR, TD\}$$

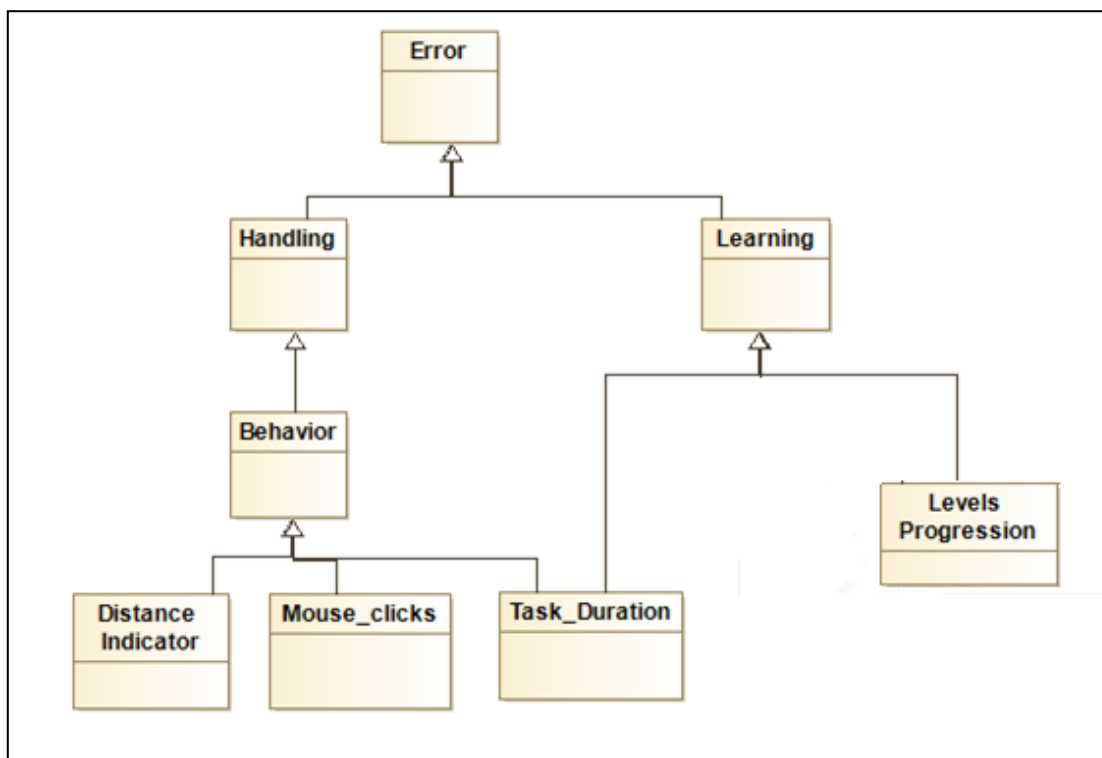


Figure 26: Modèle conceptuel d'erreurs

4. Recommandation des SGs

Cette phase consiste à procéder dans la recommandation des SGs aux enseignants/formateurs, en se basant sur leurs besoins pédagogiques. Après avoir extrait les connaissances nécessaires à partir du corpus de SGs annotés, notre système se chargera de la proposition d'un ou plusieurs jeux qui correspondent à la recherche de l'enseignant.

En effet, la recommandation de SGs se fait à la base du degré d'adéquation des connaissances extraites par rapport aux besoins exprimés. Ce degré d'adéquation précise et calcule les performances du système.

Généralement, le protocole de calcul des performances des outils et des modèles se fait en fournissant deux corpus, dont l'un sera pour l'entraînement et l'autre pour le test ; où les éléments à extraire sont pré-annotés avec plusieurs scripts d'évaluation. De ce fait, dans le cadre de notre recherche, le corpus des SGs prend le rôle du corpus d'entraînement qui permet de préparer l'outil à la tâche d'extraction, ensuite l'évaluer en se basant sur le corpus de test qui se manifeste par les besoins pédagogiques des enseignants/formateurs. Par la suite, estimer un score grâce aux scripts d'évaluations fournis.

En se référant à la littérature, nous avons pris conscience que les mesures d'évaluation et de calcul des performances des modèles, les plus utilisées dans le domaine de l'extraction d'informations se font à la base des métriques de classification bien définies à savoir : la précision, le rappel et la F1-mesure. On les définit ainsi :

- **Précision** : mesure le nombre de concepts correctement identifiés en pourcentage du nombre de concepts identifiés. Plus la précision est élevée, plus le système d'extraction est meilleur. La précision est une métrique d'évaluation, utilisée lorsque nous voulons être très sûrs de la prédiction d'un outil ou d'un modèle donné.

$$\text{Précision} = \frac{\text{nombredeconceptscorrectementidentifiés}}{\text{nombredeconceptsidentifiés}}$$

- **Rappel** : mesure le nombre de concepts correctement identifiés en pourcentage du nombre total de concepts correctement identifiés plus le nombre de concepts erronés. En d'autres termes, il mesure le nombre de concepts qui auraient dû être identifiés, quel que soit le nombre de concepts erronés. Le rappel peut être considéré comme la

capacité d'un modèle à trouver tous les cas pertinents dans un ensemble de données. Plus le taux de rappel est élevé, plus le système est meilleur.

$$\text{Rappel} = \frac{\text{nombre de concepts correctement identifiés}}{\text{nombre de concepts}}$$

- **F1-mesure** : utilisée conjointement avec la précision et le rappel, comme moyenne harmonique des deux. Elle mesure le nombre relatif d'entités de chaque type à trouver dans un ensemble de données. Elle est utilisée lorsque nous voulons avoir à la fois un modèle précis et rappelant. En effet, le score F1 maintient un équilibre entre la précision et le rappel.

$$\text{F1-mesure} = 2 * \frac{\text{précision} * \text{rappel}}{\text{précision} + \text{rappel}}$$

Ainsi, le résultat de chaque métrique est un nombre réel compris entre 0 et 1, où plus ce score tend vers le 1, plus les deux concepts alignés sont proches. En effet, l'évaluation du système d'extraction d'informations est basée sur l'ontologie. L'output sera un fichier texte contenant les scores.

5. Conclusion

Durant ce chapitre, nous avons présenté et expliqué notre deuxième contribution de la thèse. En effet, nous avons détaillé le processus d'extraction des connaissances à partir du corpus des SGs et la validation de ses règles. En conclusion, nous n'avons trouvé aucun travail de recherche permettant d'extraire automatiquement des connaissances sur les SGs et de les caractériser à travers un modèle concret et sémantique. De plus, à notre connaissance, il n'existe pas d'œuvres basées sur le web sémantique.

Le chapitre suivant, fera l'objet de l'expérimentation des différentes contributions, ainsi que la validation de l'approche proposée dans le cadre de cette thèse.

*“L’important de la pédagogie n’est pas d’apporter des révélations,
mais de la mettre sur la voie.”*
Pierre Dehay

Chapitre 5

EXPÉRIMENTATIONS ET RÉSULTATS

Cette recherche tente de répondre à une lacune de recherche et à un besoin pédagogique. En effet, nous essayons de combler le vide de caractérisation, d'évaluation et de recommandation des SGs dans un contexte d'apprentissage. De plus, nous essayons de répondre à un besoin métier des enseignants/formateurs concernant la recherche et le choix des SGs en adéquation avec leurs besoins pédagogiques.

Ce chapitre, s'intéresse à la mise en épreuve des contributions scientifiques et techniques proposées par cette thèse. Nous présentons les résultats d'évaluations obtenus au fur et à mesure du déroulement de la recherche. D'abord, nous commençons par une expérimentation du système d'extraction du contenu des SGs proposé tel que décrit dans le chapitre 3. Ensuite, nous appliquons une évaluation des expérimentations obtenues, suivant un scénario de l'utilisation des SGs dans une situation d'apprentissage réelle. Pour chacune des expérimentations, nous décrivons, les différents SGs et les paramètres utilisés ainsi que leurs scénarios d'utilisation. Puis, nous présentons une analyse et une validation des résultats obtenus. Enfin, nous exposons les limites et les perspectives de ces mises en œuvre.

1. Description de l'expérimentation

La validation des contributions apportées par ce travail de recherche, concerne un domaine d'apprentissage bien déterminé. La mise en épreuve nécessite des connaissances du domaine : (1) les ressources en jeux, (2) les connaissances à extraire et (3) un expert. De la sorte de tester et d'évaluer la faisabilité ainsi que la fiabilité du système d'évaluation et de recommandation des SGs pour l'apprentissage, nous visons :

- 1) Explorer le potentiel des technologies du web sémantique et de l'extraction de connaissances pour améliorer le processus d'évaluation.
- 2) Trouver les résultats qui affirment que notre approche permet la recherche et l'évaluation de SGs pour l'apprentissage. Par conséquent, aider et accompagner les enseignants/formateurs à adopter les SGs dans leurs dispositifs d'apprentissage.
- 3) Tester les deux principales fonctionnalités du système : l'alignement des besoins de l'utilisateur avec le contenu indexé des jeux et leur recommandation.
- 4) Estimer de façon quantitative les performances du système d'extraction conçu et implémenté.

1.1 Protocole d'évaluation

Nous avons envisagé deux scénarios mettant en évidence les caractéristiques du système pour la génération des tests d'évaluation et de recommandation de SGs. Le protocole d'évaluation est basé sur une méthode comparative des deux scénarios qui se déroulent ainsi :

- *Scénario 1 (S1)* : Consiste à la recherche d'un SG pour une situation d'apprentissage bien définie. Nous utilisons pour cela, notre cadre d'évaluation de SGs développé y compris les différentes étapes du processus partant de l'expression des besoins utilisateur, jusqu'à l'extraction des connaissances, leurs alignements et finalement la recommandation obtenue.
- *Scénario 2 (S2)* : Consiste à l'évaluation manuelle des SGs par un expert. Cette évaluation a été menée par un enseignant en informatique. L'expert impliqué, considère la même situation d'apprentissage ainsi que les mêmes SGs proposés durant le scénario 1.

La figure 27 montre les différentes étapes de notre protocole d'évaluation. Dans un premier temps, l'expert définit ses besoins pédagogiques via l'interface du système (figure 28). Ensuite, l'expert joue manuellement l'ensemble des jeux choisis. Ces derniers seront à la fin comparés avec les résultats générés par le système. Durant cette étape de comparaison (2), l'expert est interviewé et est invité à verbaliser ses pensées autour des jeux. À l'issue de cette interview, nous estimons quantitativement les résultats générés par l'expert et ainsi nous jugeons leur similarité ou leur non similarité par rapport aux résultats obtenus par le système.

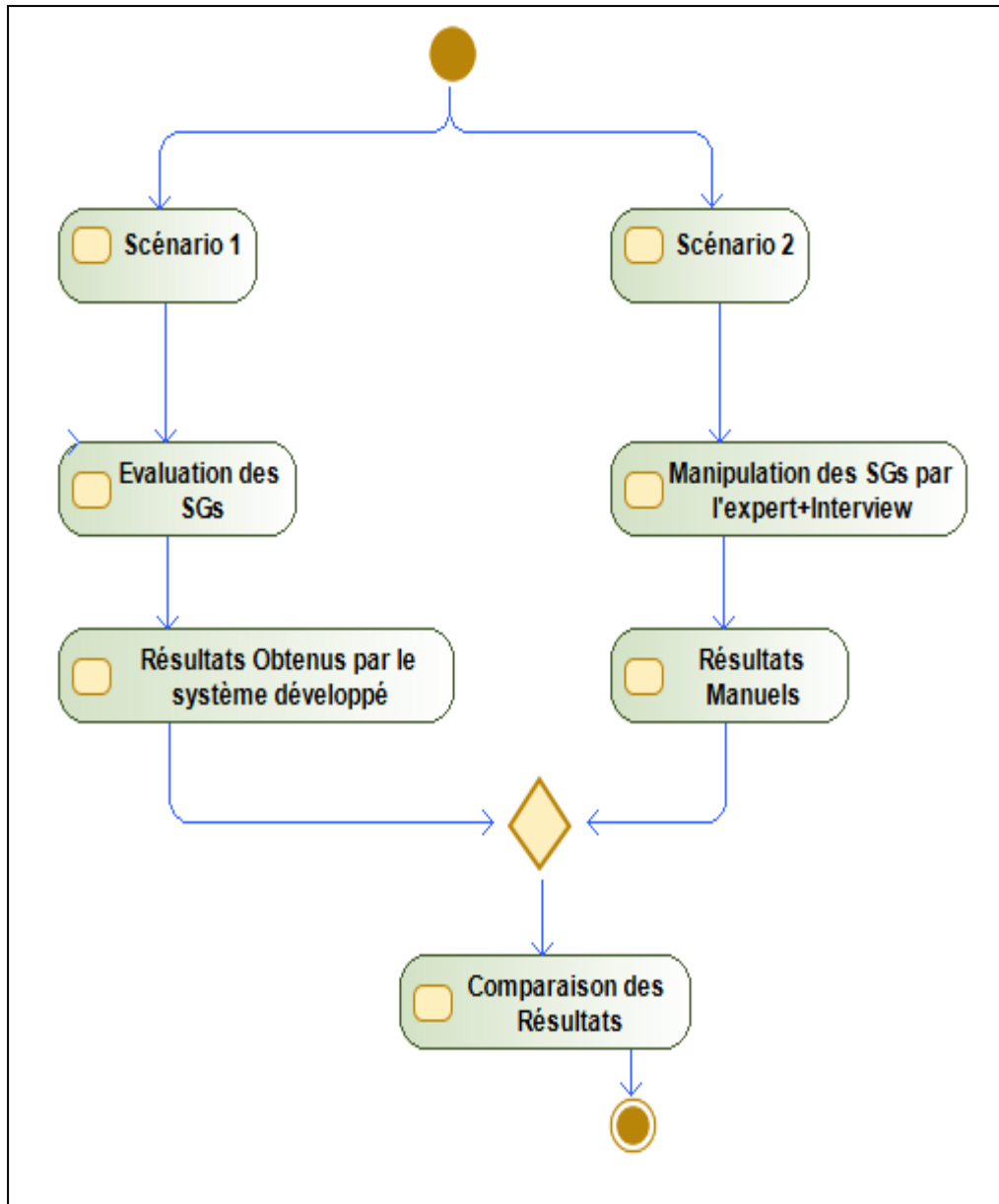


Figure 27: *Protocole d'évaluation*

Les mesures d'analyse et de performance utilisées pour la comparaison sont la précision, le rappel et la F1-mesure définis dans le chapitre précédent.

1.2 Contexte de l'expérimentation

L'expérimentation a été réalisée dans un contexte de formation initiale et elle nécessite un ensemble de données. Le premier ensemble de données (*D 1*) nécessaire est une situation d'apprentissage réelle dont ses paramètres sont saisis via une interface utilisateur (figure 28). Ainsi, pour la découverte des besoins pédagogiques, nous proposons le scénario suivant : étant donné, un enseignant en informatique qui souhaite trouver un SG pour l'utiliser dans l'apprentissage de la programmation. Au début, il ne s'intéresse pas au langage de programmation mais plutôt à introduire les concepts de base. Le tableau 4, définit les paramètres de la situation d'apprentissage.

Tableau 4--Caractérisation de la situation d'apprentissage

Critère	Valeur
Domaine d'expertise (Domain)	Déterminer la discipline à enseigner (Programmation).
Objectifs (Learning Objectives)	Mémoriser les concepts de base de la programmation; programmer; Coder.
Résultats d'apprentissage (Learning Outcomes)	Approfondir les connaissances des apprenants/joueurs en programmation.
Âge	L'âge de l'apprenant/joueur, qu'il soit entre 18-25.
Prérequis des apprenants (Prerequisites)	Débutant
Degré de difficulté (Difficulty_level)	Préciser le niveau de difficulté du jeu recherché: « Easy » ; « Initiation »
Durée du jeu (Timing)	Entre 30mn et 1h
Type du jeu (Game type)	--
Genre du jeu (Game genre)	--

Pour trouver un SG qui répond aux objectifs de cette situation d'apprentissage, nous proposons d'extraire l'ensemble des connaissances d'intérêt via la plateforme d'évaluation et de recommandation des SGs.

Nous nous focalisons sur le corpus de données collectées et sur ses différentes dimensions : Descriptif de SGs, les retours d'expériences des utilisateurs et les traces des apprenants/joueurs. En effet, la découverte des critères pertinents pour notre tâche de caractérisation et d'évaluation de SGs commence par évaluer les besoins pédagogiques de l'enseignant, en les comparant avec les connaissances stockées et indexées dans le corpus de SGs. Il annote ensuite les contenus des SGs déjà stockés avec les critères (concepts) recherchés par cet enseignant tout en utilisant les modules d'annotation que nous avons déjà définis. À cet effet, nous proposons un deuxième ensemble de données représenté par un ensemble de SGs choisis aléatoirement.

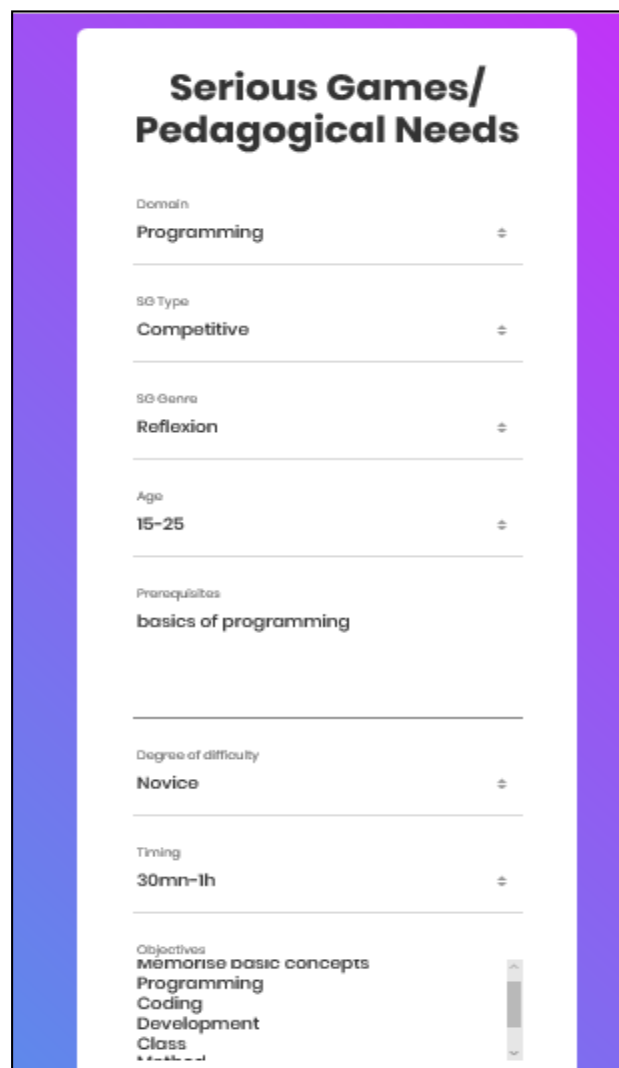


Figure 28: Interface utilisateur

Nous proposons ainsi (D 2) :

- ✓ Le jeu Ceebot¹²
- ✓ Le jeu Codingame¹³
- ✓ Le jeu Codewars¹⁴
- ✓ Le jeu Cyber-dojo¹⁵
- ✓ Le jeu Elevator Saga¹⁶

2. Résultats et analyses

Dans cette section, nous donnons un résultat de l'adéquation des cinq jeux choisis. C'est une expérimentation qui vise à évaluer l'approche d'extraction des connaissances sur le jeu, de point de vue des deux dimensions ludique et pédagogique, qui a été élaborée et détaillée en section 3 du chapitre précédent. L'objectif est d'estimer de façon quantitative et qualitative les performances de la méthodologie d'extraction conçue.

Pour réaliser cet objectif, nous proposons de :

- 1) Extraire automatiquement l'ensemble de critères ou de concepts relatifs à la situation d'apprentissage en question. Nous nous focalisons donc sur l'ensemble de concepts qui caractérisent un jeu sérieux, définis en section 2.1 du chapitre 2.

```

//////////////////////////////////////
// Individuals
//
//////////////////////////////////////
-->
<!-- http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#Programming -->
<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#Programming">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#Domain"/>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#15-25 -->
<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#15-25">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#Age"/>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#class;_object -->
<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#class;_object">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#Objectives"/>
  <owl:sameAs rdf:resource="http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#memorise_basic_concepts"/>
  <owl:sameAs rdf:resource="http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#programming"/>
  <owl:sameAs rdf:resource="http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#coding"/>
  <owl:sameAs rdf:resource="http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#class"/>
  <owl:sameAs rdf:resource="http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#development"/>
  <owl:sameAs rdf:resource="http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#method"/>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#Novice -->
<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#Novice">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#Difficulty_Level"/>
</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.semanticweb.org/afef/ontologies/2017/1/Gameontology#competetive -->

```

Figure 29: Ontologie des besoins utilisateur

¹²<http://www.ceeboot.com/colobot/load-e.php>

¹³<https://www.codingame.com/home>

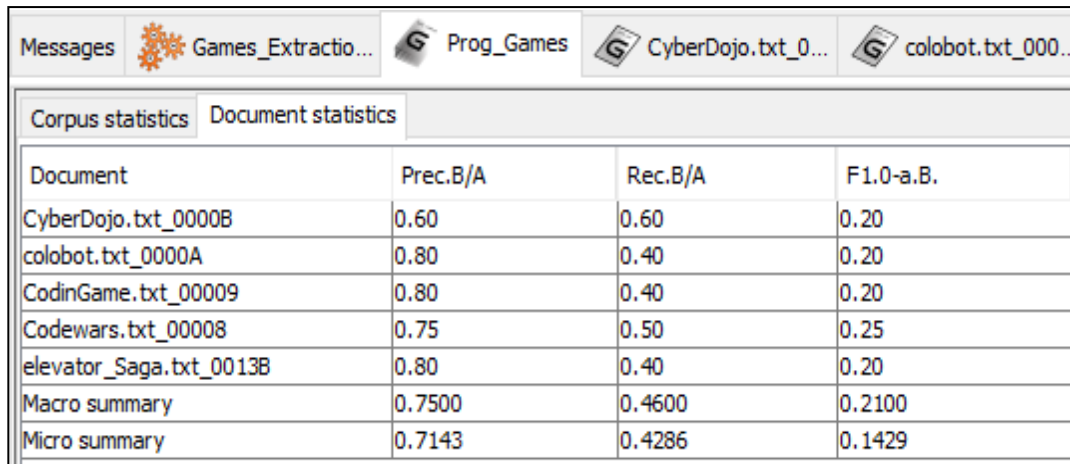
¹⁴<https://www.codewars.com/dashboard>

¹⁵<https://cyber-dojo.org/>

¹⁶<https://play.elevatorsaga.com/>

La figure 29, montre les besoins de l'enseignant saisis via l'interface utilisateur et convertis sous forme d'une ontologie de format RDF/XML, en vue d'assurer l'alignement avec le corpus de SGs. Ainsi, le tableau 5, présente les scores de précision, de rappel et de la F1-mesure obtenus. Ces résultats représentent des métriques calculées par le biais de l'annotation du système.

Tableau 5-- Calcul automatique des performances



Document	Prec.B/A	Rec.B/A	F1.0-a.B.
CyberDojo.txt_0000B	0.60	0.60	0.20
colobot.txt_0000A	0.80	0.40	0.20
CodinGame.txt_00009	0.80	0.40	0.20
Codewars.txt_00008	0.75	0.50	0.25
elevator_Saga.txt_0013B	0.80	0.40	0.20
Macro summary	0.7500	0.4600	0.2100
Micro summary	0.7143	0.4286	0.1429

Nous constatons tout d'abord que l'approche utilisée pour l'extraction des connaissances (à base de règles et d'apprentissage de motifs) obtient une très bonne précision (colonne 1 du tableau) globale et un bon rappel (colonne 2). La troisième colonne, donne le résultat de la moyenne harmonique pondérée du rappel et de la précision appelée la F1-mesure. Elle permet de donner toutes les solutions pertinentes produites par le système. En effet, la F1-mesure permet de sanctionner toutes les entités fausses en appliquant une fonction de perte plus élevée ce qui explique son résultat bas dans notre cas. Malgré cette influence négative sur le résultat global, les scores obtenus par notre approche restent à la hauteur de l'état de l'art. Ainsi, nous privilégions avoir un système donnant des résultats fiables ce qui est prouvé par la bonne précision et le bon rappel obtenus.

Par ailleurs, à travers ces résultats nous essayons de classer les jeux en fonction des informations fournies. Via ce classement, nous voudrions les recommander à l'utilisateur final. Autrement dit, nous allons procéder à la recommandation des jeux aux utilisateurs en se basant sur le résultat de la précision. En effet, notre système classe les jeux « elevatorSaga », « CodinGame » et le jeu « Colobot » en première position. Le jeu « Codewars » en deuxième position et le le jeu « CyberDojo » en dernière position.

2) Dans un deuxième scénario, nous avons recours à l'enseignant, dont ses besoins pédagogiques ont fut l'objet du cadre de cette expérimentation pour une évaluation manuelle des jeux susmentionnés.

Pour ce faire, nous avons lui proposé de jouer les jeux (D2). Puis, les évaluer via les mêmes métriques d'évaluation adoptées et le même contexte d'usage que l'évaluation automatique. Pour faciliter l'évaluation quantitative des critères tels que les critères « Usability », « Playability », « Engagement », « Understandability » et « Efficience », qui à la base sont quantifiables à partir des traces utilisateurs, nous avons proposé une échelle de notation (échelle de Likert) allant de 1 à 7. Ce scénario d'expérimentation donne à l'enseignant la possibilité d'explorer l'environnement de SGs, d'observer, de choisir et de prendre des décisions afin d'atteindre ses objectifs pédagogiques qui, pour lui, se dérouleront en situation réelle et magistrale. Également, cela permet à l'enseignant d'évaluer les connaissances et/ou le savoir-faire proposés intrinsèquement par les jeux et qui devront être acquis par les apprenants dans ce domaine.

En outre, cette expérimentation nous a permis de faire les premiers tests sur l'efficacité des SGs et l'acceptabilité de l'approche.

Le tableau 6, décrit les résultats obtenus lors d'une séance de débriefing avec l'enseignant directement à la fin de l'expérience.

En résumé, six questions centrales ont été posées :

- Pensez-vous avoir appris grâce au jeu ?
- Est-ce que le jeu est en rapport avec l'objectif d'apprentissage déclaré ?
- Est-ce que le jeu vous engage ? Vous motive pour le finir ?
- Pensez-vous que le jeu est compréhensible pour les apprenants ?
- Trouvez-vous l'envie de jouer un tel jeu ? Est ce qu'il est facile à manipuler ?
- Comment percevez-vous un tel type d'enseignement ?

Le test donne au total un score sur 35. Un critère non supporté, est attribué si le score obtenu est inférieur à 4 points. Ainsi, on observe que l'extraction manuelle produit des résultats rapprochés. En effet, après avoir évalué chaque critère par sa validation ou non validation, les recommandations de l'enseignant se sont basées essentiellement sur les critères clés et déterminants dans l'adoption d'un SG dans un processus d'apprentissage.

Tableau 6-- Calcul manuel des performances

Liste des jeux	Précision	Rappel	F1-mesure
Elevator Saga	0.89	0.82	0.85
Codewars	0.7	0.57	0.62
Codingame	0.85	0.57	0.68
Cyberdojo	0.3	0.37	0.33
Colobot	0.57	0.4	0.47

En fonction des résultats obtenus et des questions posées, nous avons obtenu les résultats susmentionnés dans le tableau 6 après analyse : l'enseignant a apprécié ce type d'alternative de formation. Où, on trouve qu'il apprécie trois jeux d'un ensemble de cinq (60%). De plus, d'un point de vue apprentissage, l'enseignant apprécie en première position, le jeu « Elevator Saga », en deuxième position le jeu « Codingame » et en troisième position, le jeu « Codewars ». Quant aux jeux : « Cyberdojo » et « Colobot », l'enseignant les exclut à cause de leurs non adéquation avec l'objectif d'apprentissage. Plus précisément, d'après l'enseignant, le jeu colobot justifie les critères de jouabilité et d'engagement des joueurs, mais, ne répond pas à la dimension pédagogique du jeu. C'est-à-dire que le jeu colobot ne permet pas de produire le résultat d'apprentissage attendu. Ainsi que le jeu cyberdojo, est difficile à jouer et non compréhensible, ce qui va ralentir le déroulement du processus d'apprentissage.

3. Bilan de l'expérimentation

Sur un point de vue purement pragmatique, notre méthodologie a donné satisfaction puisque les scores obtenus donnent un aperçu correct du contenu des jeux. Ainsi, nous dressons un bilan positif de cette première évaluation. Notre approche d'extraction et d'évaluation de SGs a montré des résultats prometteurs qui se rapprochent à une évaluation humaine des jeux et qu'elle peut être mise en œuvre sur des données réelles. En effet, ses performances globales présentent la force de l'union des ressources pour l'extraction automatique.

Toutefois, celle-ci présente des limites qui donnent lieu à plusieurs perspectives d'amélioration dans l'avenir. D'abord, nous constatons que l'approche à base de règles et d'agrégation des ressources obtient une très bonne précision pour chaque document. Par ailleurs, on remarque que le rappel est globalement bon. Néanmoins, la F1-mesure pourra être meilleure que celle obtenue, si nous avons pu collecter plus de retours d'expériences issus de vrais utilisateurs de ces SGs. En effet, ceci est dû à un manque d'informations collectées de point de vue traces des utilisateurs et de point de vue textes qui sont inégalement disponibles selon la langue (nous avons opté pour l'anglais). Ceci, nous empêche, à l'heure actuelle, d'obtenir des résultats quantitatifs sur un plus grand ensemble de données. De plus, améliorer le service de recommandation de notre système et le baser sur de nouvelles métriques, constitue notre plus proche perspective future. Cette recommandation devra principalement répondre aux deux questions suivantes :

- Est-ce que les jeux extraits correspondent parfaitement aux besoins recherchés (le cas du jeu Colobot) ?
- Est-ce que les jeux exclus (ayant une précision basse) de la recommandation ne correspondent pas vraiment aux besoins des utilisateurs ?

Enfin, nous pouvons déduire de cette expérimentation qu'une meilleure précision dénote d'une meilleure qualité de la méthode d'extraction pour tous les critères. Ainsi que, les résultats préliminaires obtenus sont satisfaisants. Même s'il convient de réfléchir à une amélioration et à une forme qui nous permettra de former un corpus des retours et traces des utilisateurs, s'impose comme une perspective intéressante.

4. Conclusion

Ce dernier chapitre a été consacré à la présentation des expérimentations et des résultats d'évaluation des différentes solutions proposées. L'expérimentation a été abordée sur un ensemble de jeux sérieux choisis arbitrairement de deux manières : automatique et manuelle. Pour ce faire, deux scénarios ont été expérimentés permettant d'identifier l'efficacité de la méthodologie proposée ainsi que l'efficacité des résultats obtenus via cette dernière.

Les résultats préliminaires de nos premiers tests sont satisfaisants et encourageants. Notamment, ils affirment que lors de l'extraction des connaissances, on respecte les deux aspects clés de SGs : pédagogique et ludique.

“Le jeu est la forme la plus élevée de la recherche.”

Albert Einstein

Chapitre 6

CONCLUSION ET PERSPECTIVES FUTURES

Les dernières années ont connu des évolutions continues dans les pratiques éducatives et d'apprentissage. A l'ère du numérique, les jeux sérieux (SGs) s'imposent de plus en plus comme étant des outils qui prennent en charge la tâche de l'apprentissage. Ainsi, leur potentiel de mise en pratique du paradigme constructiviste dans l'apprentissage, leur a octroyé une croissance rapide [93].

De plus, les SGs semblent faire l'objet d'un consensus de leur performance dans les milieux éducatifs. Par conséquent, l'adoption de SGs dans ces milieux devrait augmenter. Cependant, cette adoption est encore limitée et difficile pour les enseignants/formateurs. L'objectif principal de nos travaux était de faciliter la mise en pratique de l'utilisation de SGs dans les classes d'enseignement et de formation. Plus précisément, il s'agit de développer un cadre d'évaluation et de recommandation de SGs adéquats à une situation d'apprentissage bien définie. En effet, comme nous l'avons présenté en introduction, l'évaluation dans un contexte d'apprentissage doit répondre à des critères spécifiques.

L'état de l'art, montre que les méthodes et les modèles existants ne répondent pas entièrement à ces critères ou ils l'abordent sous un angle différent et qui n'exploitent pas forcément l'existant. Certes, nous avons pu constater que les objectifs d'évaluation sont principalement orientés vers des usages orientés conception et/ou développement de SGs. Il nous a semblé donc plus pertinent de caractériser et par conséquent évaluer le SG pour un usage post-développement. Cette idée clef constitue le fil conducteur des travaux qui ont été réalisés. De ce fait, pour pouvoir choisir un SG adéquatement, l'évaluation au profit de l'apprentissage doit s'appuyer sur deux socles : une modélisation sémantique et une méthodologie générique, accessible aux enseignants/formateurs non experts des jeux.

Le chapitre 3, présente notre principale contribution de modélisation et de caractérisation de SGs. Pour cela, nous avons proposé de constituer, en appui à l'évaluation, des ressources diversifiées. Ces ressources permettent de disposer et d'extraire des connaissances utiles et de les mettre en œuvre dans un contexte de recommandation de SGs. Ce choix résulte d'une analyse et des résultats des investigations réalisées auprès des enseignants. Effectivement, la plupart des enseignants/formateurs souhaitant utiliser le SG dans leurs classes et recherchent une approche pragmatique leur permettant de trouver le jeu le plus conforme à leurs objectifs pédagogiques. L'idée directrice du chapitre 4, a donc été de partir d'un corpus de SGs, de faire annoter les connaissances extraites des différentes ressources, puis de les aligner avec le scénario pédagogique de l'enseignant/formateur. Face à des approches qui sont essentiellement centrées sur une évaluation post-utilisation de SGs et qui nécessitent des experts du domaine pour en accomplir la tâche, nous avons donc fait le choix de proposer une approche sémantique d'évaluation pré-utilisation de SGs. Ceci nous a amené à construire un cadre de recommandation de SGs. Toutefois, les tests que nous avons menés au niveau du chapitre 5, notamment avec le corpus construit, donnent de réelles perspectives sur la formalisation d'un cadre méthodologique à grande échelle.

Cette approche a montré son intérêt lors des premiers tests. Nous avons appliqué cette démarche pour comparer l'adéquation avec un ensemble de SGs, dans un contexte d'apprentissage réel. Ce constat montre que la construction d'un tel cadre a pu aider et guider le choix des enseignants/formateurs. Finalement, nous soutenons que notre proposition a permis de soutenir un apprentissage ludique et divertissant dans un contexte purement pédagogique.

Pour revenir sur les problématiques identifiées en début de ce document, nous pouvons préciser que les lacunes de recherche ont été prises en compte : contexte et format d'évaluation, utilisateurs cibles et besoin pédagogique. Même si, pour le dernier aspect, nous n'avons pas pu tester une certaine profondeur dans les recommandations perçues. Ceci reste intéressant en termes de perspectives.

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

- La première concerne l'hypothèse d'une approche méthodologique de caractérisation et d'évaluation de SGs.
- La seconde évoque la possibilité d'agrégation entre les ressources pour répondre aux besoins de manière la plus pertinente possible.
- La dernière question consiste à mesurer le résultat fourni par le cadre proposé dans une situation d'apprentissage réelle et des évaluations post expérimentation sont été faites.

Les conditions d'expérimentation ne nous ont pas permis d'expérimenter un grand échantillon de SGs. Ceci, ne nous a pas permis de multiplier les expérimentations identiques et de les comparer.

Effectivement, différentes perspectives ont été ouvertes grâce à ce travail.

Ces perspectives sont relatives à chaque axe de recherche : du point de vue de la formalisation méthodologique, du point de vue du modèle et du point de vue environnement de travail.

- Tout d'abord, nous pouvons agrandir le corpus de SGs, notamment de proposer une méthodologie de rafraîchissement automatique. La notion de rafraîchissement, concerne essentiellement les retours d'expériences des enseignants/formateurs qui ont déjà utilisé les SGs dans leurs classes. L'avantage, est de pouvoir posséder et proposer un corpus mis à jour et connecté aux nouveautés et aux réalités pratiques de SGs.
- Toujours dans le même esprit mais en se focalisant sur le modèle cette fois-ci, le contexte de rafraîchissement du corpus, permettra dans un premier temps, d'étendre et d'enrichir la caractérisation de SGs via un méta-modèle des informations collectées (nouveaux critères). Dans un second temps, utiliser le méta-modèle parviendra éventuellement à mieux guider l'enseignant/formateur sur le plan sémantique. Cela impliquera de définir des descripteurs sémantiques suffisamment riches.
- De point de vue méthodologie d'extraction sémantique et recommandation de SGs : nous pouvons ainsi développer la sémantique des extracteurs, pour une meilleure recommandation. En effet, la précision des recommandations résulte d'une étude multi-sémantique de la situation. Par exemple, nous pouvons déduire le type du jeu à recommander à partir de l'objectif et le résultat d'apprentissage visé.

- En ce qui concerne l'environnement d'extraction de connaissances, développé à la base de l'environnement Gate, il existe de nombreuses pistes. L'une des plus prometteuses, concerne la création des algorithmes d'apprentissage en profondeur « deep learning ». Couplés avec la sémantique, ces algorithmes permettront de créer et de générer des informations cognitives pertinentes. Et par conséquent, nous aurons une recommandation plus signifiante par rapport à une situation d'apprentissage spécifique.

Finalement, nous signalons que la question de recherche posée à travers ce travail s'agit d'un projet pluridisciplinaire, qui nécessite la participation de toutes ses parties prenantes. Cette thèse a été réalisée dans un contexte de besoin métier, éducatif et instructif. Son évolution constitue un profit et un apport pour et dans les modalités d'apprentissage actives. C'est la majeure perspective de ce travail.

Annexe A

La plateforme GATE¹⁷

(General Architecture for Text Engineering)

C'est une plateforme open-source implémentée en Java et composée d'un ensemble d'outils dédiés à l'ingénierie textuelle au sens large. Créée par les chercheurs de l'université de Sheffield en Grande-Bretagne. GATE est largement utilisée par les experts en Traitement du Langage Naturel (NLP : Natural Language Processing) et est utilisée par une grande communauté de scientifiques en vue de développer de nouveaux algorithmes, un serveur d'indexation et de récupération d'annotations, une bibliothèque Java, etc. GATE offre également une variété d'outils permettant de traiter les problèmes linguistiques, en allant de la simple annotation de texte à une autre plus complexe comme l'utilisation des *ontologies*. Parmi la palette des outils offerts par Gate, on cite les plus utilisés :

- GATE Developer : un environnement de développement intégré (IDE) pour les composants de traitement du langage. Il est fourni avec un système d'extraction d'informations et un ensemble plugins ;
- GATE Cloud : utilisé pour le traitement de texte hébergé à grande échelle ;
- GATE Teamware : un environnement collaboratif pour les projets d'annotation sémantique manuelle à grande échelle. Il est construit autour d'un moteur de workflow et d'une infrastructure de services back-end fortement optimisée ;
- GATE Mimir : un serveur d'index multi-paradigmes. Il est utilisé pour indexer et rechercher sur du texte, des annotations, des schémas sémantiques (ontologies) et des méta-données sémantiques (instances), permettant des requêtes qui mélangent arbitrairement du texte intégral, les contraintes structurelles, linguistiques et sémantiques et qui peuvent évoluer en téra-octets de textes ;
- **GATE Embedded** : un framework et une bibliothèque d'objets optimisée permettant l'inclusion dans diverses applications donnant accès à tous les services utilisés par GATE Developer et autres ;

¹⁷ <https://gate.ac.uk/>

Comme il a été mentionné plus haut dans le chapitre 4, que dans le cadre de cette thèse, nous avons privilégié l'utilisation du framework Gate Embedded (figure 30). Le processus de travail consiste à développer et à tester à l'aide de l'interface Gate Developer, puis à l'intégrer dans l'environnement cible à l'aide de la bibliothèque Java. L'ensemble des plugins intégrés à GATE s'appelle CREOLE (Collection of REusable Objects for Language Engineering), qui est une collection d'objets réutilisables pour l'ingénierie du langage.

```

eclipse-workspace - GATE3/src/Main.java - Eclipse IDE
File Edit Source Refactor Navigate Search Project Run Window Help
Package Explorer
src
  (default package)
    Main.java
  Referenced Libraries
  ff
  final
  gate3
  gazetter
  json
  bin
  src
  file.json
  query
  query.txt
  ressources
    Game_Genre.jape
    game_ontology.owl
    Genre.jape
    ImPROVE.txt
    INNOV8.txt
    Interact.jape
    Interactivity_Level.jape
    Interactivity.jape
    Interactivity1.jape
    Mention.jape
    new 1.jape
    new 1.txt
    new 11.jape
  <
  >

80  FILE docFile2 = new File( "./ressources/TYCOON.txt" );
81  Document doc2 = gate.Factory.newDocument( docFile2.toURL(), "UTF-8" );
82  doc2.setName( "TYCOON" );
83
84  corpus.setName( "Game_Extraction" );
85  corpus.add( doc );
86  corpus.add( doc1 );
87  corpus.add( doc2 );
88
89
90  ProcessingResource aEngDReset = (ProcessingResource) Factory.createResource( "gate.creole.annotdelete.AnnotationDeletePl
91  aEngDReset.setName( "Document Reset PR" );
92  ProcessingResource aEngTokeniser = (ProcessingResource) Factory.createResource( "gate.creole.tokeniser.DefaultTokeniser
93  aEngTokeniser.setName( "ANNIE English Tokeniser" );
94
95  ProcessingResource aEngSplitter = (ProcessingResource) Factory.createResource( "gate.creole.splitter.SentenceSplitter" );
96  aEngSplitter.setName( "ANNIE Sentence Splitter" );
97  ProcessingResource aEngPOSTagger = (ProcessingResource) Factory.createResource( "gate.creole.POSTagger" );
98  aEngPOSTagger.setName( "ANNIE POS Tagger" );
99
100 FeatureMap pr6 = Factory.newFeatureMap();
101 pr6.put( "listsURL", new File( "./gazetter/list.def" ).toURI().toURL() );
102 pr6.put( "mappingURL", new File( "./gazetter/mapping.def" ).toURI().toURL() );
103
104 ProcessingResource OntoGazetteer = (ProcessingResource) Factory.createResource( "gate.creole.gazetteer.OntoGazetteerImp
105 OntoGazetteer.setName( "Onto Gazetteer" );
106
107 SerialAnalyserController sac = (SerialAnalyserController) Factory.createResource( "gate.creole.SerialAnalyserController"
108 sac.setName( "Exercise 2 application" );
109
110 FeatureMap pr1 = Factory.newFeatureMap();
111 pr1.put( "ontology", ontology );
112 pr1.put( "rootFinderApplication", sac );
113
114
  
```

Figure 30: Extrait de l'ED Gate Embedded

GATE Embedded encapsule un certain nombre d'API modulaires pour le traitement de texte, qui permettent la persistance, la visualisation et l'édition. Il utilise un langage de transduction à états finis appelé JAPE. Il utilise également certains modules offerts par CREOLE, une application d'extraction d'information qui analyse les textes et ne présente que les informations spécifiques qui intéressent l'utilisateur.

Parmi ces modules, nous avons mis en œuvre notre solution d'extraction d'information relative aux SGs via des modules (voir figure 31) utiles.

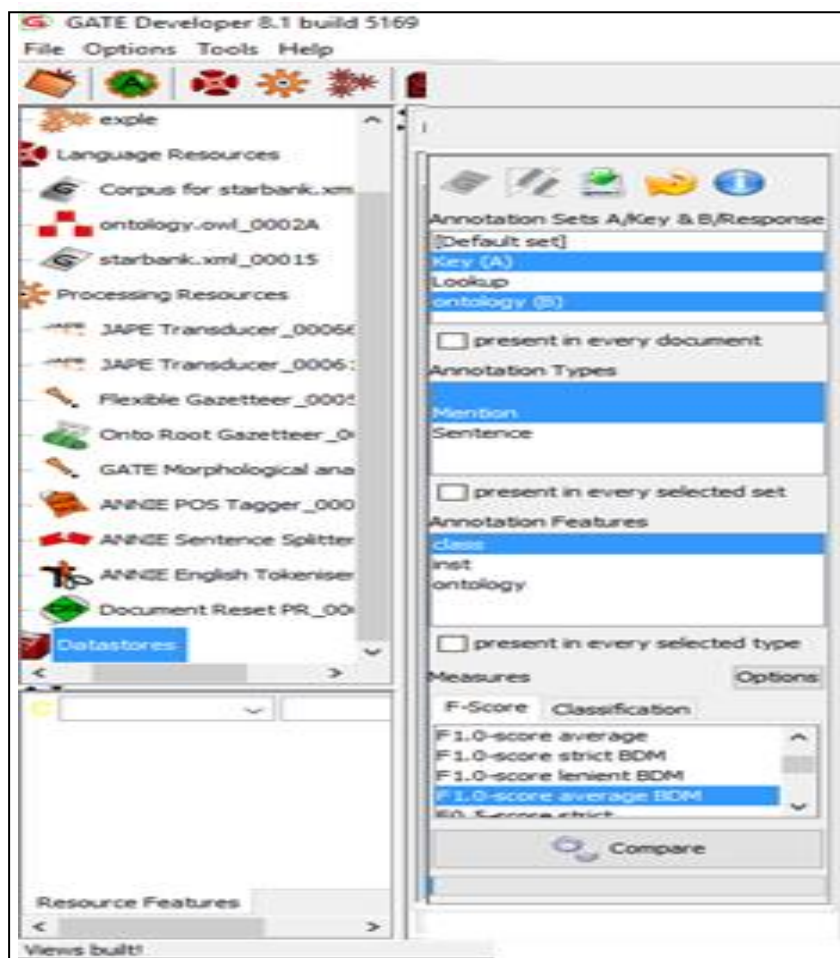


Figure 31: *Chaine d'extraction d'information Gate*

Ces modules sont contenus dans une chaîne complète dédiée à la reconnaissance d'entités nommées appelée ANNIE (A Nearly-New Information Extraction system). Intégrée à la plateforme Gate, cette chaîne comprend différents modules d'analyse :

- Document Reset : la ressource de réinitialisation du document. Permet de remettre le document à son état d'origine, en supprimant tous les jeux d'annotations et leur contenu,
- English Tokenizer : découpe le texte en mots (tokens),
- Sentence Splitter : découpe le texte en phrases,
- POS Tagger : ajoute à l'annotation Token (mise par le tokenizer) une propriété category indiquant la catégorie morpho-syntaxique du mot en question,
- OrthoMatcher : annote les relations de co-référence entre les entités nommées repérées précédemment,
- Morphological Analyser : basé sur certaines règles d'expressions régulières, il prend en entrée un document GATE tokenisé. Il identifie un lemme et son affixe. Ces valeurs sont ensuite ajoutées en tant que fonctionnalités sur l'annotation Token. Il a la capacité d'interpréter ces règles avec une extension permettant aux utilisateurs d'ajouter de nouvelles règles ou de modifier les règles existantes en fonction de leurs besoins,
- Gazetteer : repère les éléments contenus dans un dictionnaire (gazetteer) et les annote en tant que Lookup,
- OntoRoot Gazetteer : un type de répertoire créé dynamiquement, qui permet de produire des annotations basées sur une ontologie sur le contenu donné par rapport à l'ontologie donnée.
- Flexible Gazetteer : offre aux utilisateurs la flexibilité de choisir leur propre entrée personnalisée et un répertoire externe. Il effectue une recherche sur un document en fonction des valeurs d'une entité arbitraire d'un type d'annotation arbitraire, en utilisant un répertoire géographique fourni en externe telle qu'une ontologie,
- NE Transducer : un transducteur JAPE permettant de définir un ensemble de règles afin de repérer des entités nommées (Person, Organization, Location, Date, URL, Phone, Mail, Address, etc.).

Le formalisme JAPE (Java Annotation Patterns Engine)

En parallèle avec les différents modules d'analyse, GATE propose un formalisme d'expression de grammaires contextuelles nommé JAPE. Ce formalisme est employé pour l'écriture et la définition des règles au sein des modules. Il permet de définir les contextes d'apparition des éléments à extraire pour ensuite les repérer et les annoter dans un ensemble de textes. L'écriture d'une règle de production dans Gate, revient en réalité à l'élaboration d'une grammaire régulière.

Cette grammaire est définie par des règles à effectuer et se décompose en plusieurs phases exécutées consécutivement et formant une cascade d'automates à états finis. Chaque phase correspond à un fichier (.jape) et peut être constituée d'une ou plusieurs règles écrites selon le formalisme JAPE. Théoriquement, une règle (voir figure 32) est divisée en deux blocs : une partie gauche (Left Hand Side ou LHS) qui définit le contexte d'annotations à repérer et une partie droite (Right Hand Side ou RHS) contenant les opérations à effectuer sur le corpus à traiter lorsque le contexte LHS y a été repéré. Le lien entre ces deux parties se fait en attribuant des étiquettes à tout ou partie du contexte défini en LHS afin de cibler les annotations apposées en RHS. La figure 32, montre une règle JAPE permettant d'annoter une organisation :

```
Rule : OrgAcronym
(
  { Organisation }
  { Token.string == "(" }
  ( {Token.orth == "allCaps"} : org
  { Token.string == ")" }
)
-->
: org.Organisation = { rule = "OrgAcronymRule", kind = "Acronym" }
```

Figure 32: Exemple de règle d'extraction exprimée avec JAPE

Annexe B

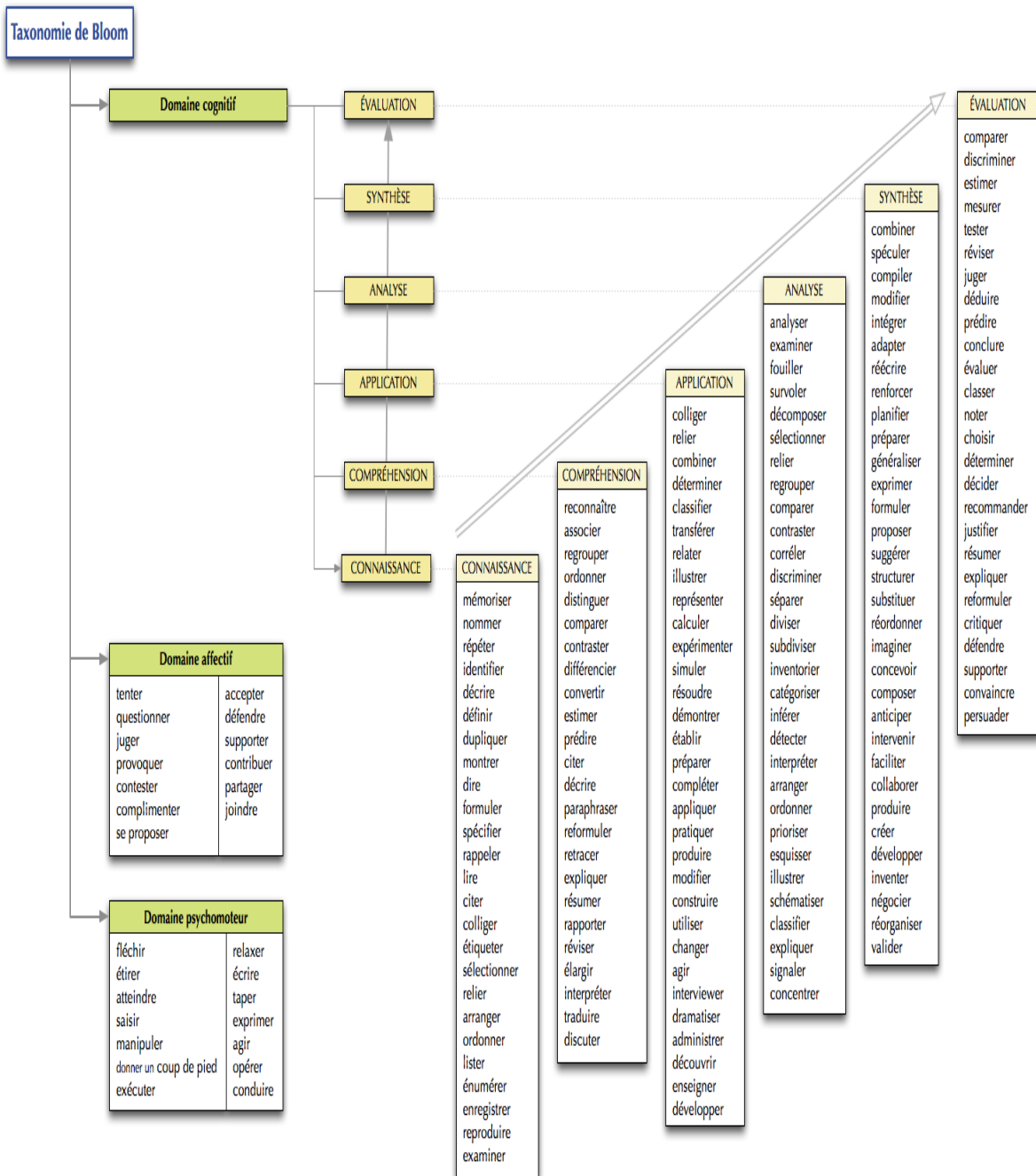
Extrait du Gazetteer pour la détection des objectifs de type « Affective » et « Psychomotor »

Value
Complete
describe
differentiate
explain
follow
form
initiate
invite
join
justify
propose
read
report
select
share
study
Organise
values
Adhere
alter
arrange
combine
compare
complete
defend
explain
generalise
identify
integrate
modify
order
organise
prepare
relate
synthesise

build
calibrate
construct
dismantle
display
dissect
fasten
fixes
grind
heat
manipulate
measure
mend
mix
organise
sketch
Adapt
Solve
adapt
alter
combine
revise
reorganise
rearrange
integrate
develop
formulate
modify
master
Originate
Construct
compose
create
design
initiate
specify

Annexe C

La Taxonomie de Bloom



BIBLIOGRAPHIE

[1] S. Arnab et al., « Mapping learning and game mechanics for serious games analysis: Mapping learning and game mechanics », *Br J Educ Technol*, vol. 46, no 2, p. 391-411, mars 2015.

[2] M. Graafland, J. M. Schraagen, et M. P. Schijven, « Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training: Serious games for medical education and surgical skills training », *Br J Surg*, vol. 99, no 10, p. 1322-1330, oct. 2012.

[3] E. A. Akl et al., « The effect of educational games on medical students' learning outcomes: A systematic review: BEME Guide No 14 », *Medical Teacher*, vol. 32, no 1, p. 16-27, janv. 2010.

[4] A. All, E. P. Nuñez Castellar, et J. Van Looy, « Assessing the effectiveness of digital game-based learning: Best practices », *Computers & Education*, vol. 92-93, p. 90-103, janv. 2016.

[5] H. Abdulmajed, Y. S. Park, et A. Tekian, « Assessment of educational games for health professions: A systematic review of trends and outcomes », *Medical Teacher*, vol. 37, no sup1, p. S27-S32, mars 2015.

[6] R. Wang, S. De Maria, A. Goldberg, et D. Katz, « A Systematic Review of Serious Games in Training Health Care Professionals »: *Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, vol. 11, no 1, p. 41-51, févr. 2016.

[7] J. Chin, R. Dukes, et W. Gamson, « Assessment in Simulation and Gaming: A Review of the Last 40 Years », *Simulation & Gaming*, vol. 40, no 4, p. 553-568, août 2009.

[8] B. Gros, « Digital Games in Education: The Design of Games-Based Learning Environments », *Journal of Research on Technology in Education*, vol. 40, no 1, p. 23-38, sept. 2007.

[9] «www.educa.ch». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.educa.ch/fr/guides/game-based-learning>. [Consulté le : 04-oct-2018].

[10] C. Rebetez et M. Betrancourt, « Video game research in cognitive and educational sciences », Disponible sur : http://tecfa.unige.ch/perso/mireille/papers/Rebetez_Betrancourt_CognBra.pdf, vol. 11, p. 131-142, mars 2007.

[11] D. W. Shaffer, K. R. Squire, R. Halverson, et J. P. Gee, « Video Games and the Future of Learning », *Phi Delta Kappan*, vol. 87, n 2, p. 105-11, oct. 2005.

- [12] B. P. Bergeron, *Developing serious games*. Hingham, Mass: Charles River Media, 2006.
- [13] W. Westera, R. J. Nadolski, H. G. K. Hummel, et I. G. J. H. Wopereis, « Serious games for higher education: a framework for reducing design complexity: Serious games design framework », *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 24, n° 5, p. 420-432, sept. 2008.
- [14] A. Kadle, « Do you need games in your elearning mix? », *A white paper by Upside Learning Solutions*, 2009.
- [15] E. Z. F. Liu et C. H. Lin, « Developing evaluative indicators for educational computer games », *British Journal of Educational Technology*, vol. 40, n° 1, p. 174-178, janv. 2009.
- [16] L. Nacke, A. Drachen, et S. Göbel, 2010. « Methods for Evaluating Gameplay Experience in a Serious Gaming Context », *Journal of Computer Science in Sport*, vol. 9, n°2, 2010.
- [17] I. Di Loreto, et A. Gouaich, « An Early Evaluation Method for Social Presence in Serious Games », *Proceeding of 2nd International Conference on Computer Supported Education*, France, 2010.
- [18] D. Pinelle, et N. Wong, « Heuristic evaluation for games: usability principles for video game design », in *Proceeding of the twenty-sixth annual CHI conference on Human factors in computing systems - CHI '08*, Florence, Italy, p. 1453, 2008.
- [19] T. Hainey, T. M. Connolly, M. Stansfield, et E. A. Boyle, « Evaluation of a game to teach requirements collection and analysis in software engineering at tertiary education level », *Computers & Education*, vol. 56, no 1, p. 21-35, janv. 2011.
- [20] A. Oulhaci, E. Tranvouez, S. Fournier, et B. Espinasse, « A Multi-Agent System for Learner Assessment in Serious Games: application to learning processes in Crisis Management ». *IEEE Int. Conf. On Research Challenges in Information Science*, mai 2013.
- [21] K. Mitgutsch et N. Alvarado, « Purposeful by design?: a serious game design assessment framework », *Proceedings of the International Conference on the Foundations of Digital Games - FDG '12*, Raleigh, North Carolina, p. 121-128, 2012
- [22] C. C. Abt, *Serious games*. New York: Viking Press, 1970.
- [23] D. Michael, *Serious games: games that educate, train and inform*. Boston, Mass: Thomson Course Technology, 2006.
- [24] P. Fauquet-Alekhine, « Human or avatar: psychological dimensions on full scope, hybrid, and virtual reality simulators », *Proceedings of the Serious Games & Simulation Workshop*, Paris, p. 22-36, 2011.
- [25] S. Egenfeldt-Nielsen, J. H. Smith, et S. P. Tosca, *Understanding video games: the essential introduction*. New York: Routledge, 2008.

- [26] P. Felicia, *Digital games in schools: A handbook for teachers*. European Schoolnet, euN Partnership AiSbl: Belgium, 2009.
- [27] M. Kebritchi, A. Hirumi, et H. Bai, « The effects of modern mathematics computer games on mathematics achievement and class motivation », *Computers and Education*, vol.55, n° 2, p. 427-443, sept. 2010.
- [28] B. Sawyer, et P. Smith, « Serious Games taxonomy », *In Slides from the Serious Games Summit at the Game Developers Conference*, San Francisco, USA, 2008. Disponible sur : www.seriousgames.org/presentations/serious-games-taxonomy-2008_web.pdf.
- [29] R. J. Stone, « Human factors guidelines for interactive 3D and games-based training systems design », 2008. Disponible sur: <http://www.birmingham.ac.uk/Documents/college-eps/eece/research/bobstone/human-factors-guidelines.pdf>.
- [30] M. Zyda, « From Visual Simulation to Virtual Reality to games », *IEEE Computer*, vol. 38, n° 9, p. 25-32, sept. 2005.
- [31] J. Alvarez, *Du jeu vidéo au serious game : approches culturelle, pragmatique et formelle, PhD thesis*, University Toulouse II, 2007.
- [32] B. C. Ibanez, B. Marne, et J. M Labat, « Conceptual and technical frameworks for serious games », *Proceedings of the 5th European conference on games based learning*, p81 - 87, 2011.
- [33] H. Michel, Speech in the Forum of serious games, *summarized in the article of the Computer World*, Disponible sur: <http://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-l-efficacite-des-serious-games-est-elle-superieure-aux-methodes-classiques-48537.html>, 2012.
- [34] É. Sanchez, M. Ney, et J.-M. Labat, « Jeux sérieux et pédagogie universitaire : de la conception à l'évaluation des apprentissages », *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, vol. 8, n° 1-2, p. 48, 2011.
- [35] W. L. Johnson, H. H. Vilhjálmsson, S. Marsella, « Serious Games for Language Learning: How Much Game, How Much AI? », *Proceedings of the 12th International Conference on Artificial Intelligence in Education*, AIED, Amsterdam, 2005.
- [36] A. C. Siang, et R. Radha Krishna, « Theories of learning: A computer game perspective », *Proceedings of the Multimedia Software Engineering*, 2003.
- [37] L. Sauvé, S. Sénécal, D. Kaufman, L. Renaud, et J. Leclerc, « The Design of Generic Serious Game Shell », *International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training*, 2011.
- [38] J. Lave et E. Wenger, *Situated Learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge [England]; New York: Cambridge University Press, 1991.
- [39] R. B. Kozman, « Learning with Media », *Review of Educational Research*, vol. 61, n°2, p. 179-211, 1991.

- [40] M.L. Ndao, Daniel Gilibert, et J. Dinet, « The serious game in work integration: A comparative study between conventional method and edutainment method », *Psychologie du travail et des organisations*, Elsevier Masson, vol. 23, n° 3, p. 223 - 235, 2017.
- [41] L. Martin, et D. Lhuilier, « Entraînement à la prise de décision avec un serious gaming : délibération et conflits de valeurs », *Psychologie du travail et des organisations*, vol. 22, n° 2, p. 135–146, 2016.
- [42] J. Kirriemuir, A. McFarlane, et NESTA Futurelab, *Literature review in games and learning: a report for NESTA Future lab*. Bristol: NESTA Future lab, 2004.
- [43] L. M. Miller, C.-I. Chang, S. Wang, M. E. Beier, et Y. Klisch, « Learning and motivational impacts of a multimedia science game », *Computers & Education*, vol. 57, n° 1, p. 1425-1433, août 2011.
- [44] F. Bellotti, R. Berta, A. De Gloria, et L. Primavera, « Enhancing the Educational Value of Video Games », *Computers in Entertainment*, vol. 7, n° 23, 2009.
- [45] P. Rooney, et B. Mac Namee, « Students @ Play: Serious Games for Learning in Higher Education », *International Technology, Education and Development Conference*, Valencia, mars 2007.
- [46] I. Marfisi Schottman, J. M. Labat., et T. Carron, « Building on the Case Teaching Method to Generate Learning Games Relevant to Numerous Educational Fields », *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, Beijing, China, 2013.
- [47] R. Peterson, I. Verenikina, et J. Herrington, « Standards for educational, edutainment, and developmentally beneficial computer games», *World Conference on Educational Multimedia*. Vienna, 2008.
- [48] ASTD Research, *Playing to Win: Gamification and Serious Games in Organizational Learning*, 2014.
- [49] A. Calderón, M. Ruiz, et E. Orta, « Integrating Serious Games as Learning Resources in a Software Project Management Course: the Case of ProDec», *International Workshop on Software Engineering Curricula for Millennials (SECM)*, 2017.
- [50] W.-L. Lee, « S CRUM-X: An Interactive and Experiential Learning Platform for Teaching Scrum», *International Conference on Education, Training and Informatics (ICETI)*, 2016.
- [51] M. Prensky, *Digital Game-based Learning*, New York: McGraw-Hill, 2001.
- [52] D. Djaouti, J. Alvarez, et J-P. Jessel, « Classifying Serious Games : the G/P/S model », *Handbook of Research on Improving Learning and Motivation through Educational Games : Multidisciplinary Approaches*, IGI Global, 2011.
- [53] M. Pivec, et M. Moretti, Éd., *Game-based learning: discover the pleasure of learning*. Lengerich: Pabst Science Publ, 2008.

- [54] R. A. Ratan, U. Ritterfeld, « Classifying serious games », *In Serious Games: Mechanisms and Effects*, U. Ritterfeld, M. Cody, and P. Vorderer, Éd., Routledge, London, UK, p. 32–46, 2009.
- [55] H. Kelly *et al.*, « How to build serious games », *Commun. ACM*, vol. 50, n° 7, p. 44-49, juill. 2007.
- [56] L. Doucet et V. Srinivasan, « Designing entertaining educational games using procedural rhetoric: a case study », in *Proceedings of the 5th ACM SIGGRAPH Symposium on Video Games - Sandbox '10*, Los Angeles, California, p. 5-10, 2010.
- [57] S. De Freitas et M. Oliver, « How can exploratory learning with games and simulations within the curriculum be most effectively evaluated? », *Computers & Education*, vol. 46, n° 3, p. 249-264, avr. 2006.
- [58] P. Lameris, S. Arnab, I. Dunwell, C. Stewart, S. Clarke, et P. Petridis, « Essential features of serious games design in higher education: Linking learning attributes to game mechanics: Essential features of serious games design », *Br J Educ Technol*, vol. 48, n° 4, p. 972-994, juin 2017.
- [59] S. Liu et W. Ding, « An Approach to Evaluation Component Design in Building Serious Games », *4th International Conference on E-Learning and Games: Learning by Playing. Game-based Education System Design and Development*, Berlin, Springer-Verlag, p. 141 - 148, 2009.
- [60] P. Thomas, A. Yessad et J-M. Labat, « Réseaux de Petri et Ontologies : des outils pour le suivi de l'apprenant dans les jeux sérieux », in *EIAH 2011- Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, Mons, Belgium, p. 435-447, mai 2011.
- [61] I. Boughzala, « Characterizing the Serious Game and Assessing Learning Goals », *Systèmes d'information & management*, vol. 19, no 3, p. 9, 2014.
- [62] T.R. Gruber, « Toward Principles for the Design of Ontologies used for Knowledge Sharing », *International Journal Human-Computer Studies*, no 43, p. 907-928, 1995.
- [63] K.M.L. Cooper et C.S. Longstreet, « Developing a meta model for serious games in higher education », *Proceedings of the IEEE 12th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, Rome, Italy, 2012.
- [64] D. Dubin et J. Jett, « An Ontological Framework for Describing Games », in *Proceedings of the 15th ACM/IEEE-CE on Joint Conference on Digital Libraries - JCDL '15*, Knoxville, Tennessee, USA, 2015, p. 165-168.
- [65] O. Sacco, A. Liapis, et N. Yannakakis, « Game Character Ontology (GCO) A vocabulary for Extracting and Describing Game Character Information from Web Content », in *Proceedings of 13th Conference on Semantic Systems- Semantics2017*, Amsterdam, Netherlands, p.9-16, 2017.

- [66] S. Tang et M. Hanneghan, « Game Content Model: An Ontology for Documenting Serious Game Design », in *Developments in E-systems Engineering, Dubai, United Arab Emirates*, 2011, p. 431–436.
- [67] A. M. Abou Elfotouh, E. S. Nasr et M. H. Gheith, « Serious Educational Games' Ontologies: A Survey and Comparison », *Proceedings of the International Conference on Advanced Intelligent Systems and Informatics*, p. 732-741, 2016.
- [68] L. Prayaga et K. L. Rasmussen, « Ontology Of Serious Games », *JET*, vol. 5, no 2, p. 10-21, sept. 2008.
- [69] O.R Rocha et C. Faron-Zucker, « Ludo: An Ontology to Create Linked Data Driven Serious Games », *ISWC Workshop on LINKed Education*, Bethlehem, Pennsylvania, United States, 2015.
- [70] J. L. Plass, B. D. Homer, C. K. Kinzer, Y. K. Chang, J. Frye, W. Kaczetow, K. Isbister, et K. Perlin, *Metrics in simulations and games for learning*. Éd., A. Canossa.: Game analytics, p. 697–729, 2013.
- [71] A. Calderón et M. Ruiz, « A systematic literature review on serious games evaluation: An application to software project management », *Computers & Education*, vol. 87, p. 396-422, sept. 2015.
- [72] A. Molnar, et P. Kostkova, « On Effective Integration of Educational Content in Serious Games Text vs. Game Mechanics », *ICALT 2013*, Beijing, China, Vol. 2013, Jul. 2013. doi:10.1109/ICALT.2013.94
- [73] I. Mayer, « Towards a Comprehensive Methodology for the Research and Evaluation of Serious Games », *Procedia Computer Science*, vol. 15, p. 233-247, 2012.
- [74] A. J. Abdellatif, B. McCollum, et P. McMullan, « Serious games: Quality characteristics evaluation framework and case study », in *2018 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)*, Princeton, NJ, USA, 2018, p. 112-119.
- [75] Y. Bachvarova, S. Bocconi, B. van der Pols, M. Popescu, et I. Roceanu, « Measuring the Effectiveness of Learning with Serious Games in Corporate Training », *Procedia Computer Science*, vol. 15, p. 221-232, 2012, doi: 10.1016/j.procs.2012.10.074.
- [76] T. Oslén, K. Procci, et C. Bowers, « Serious Games Usability Testing: How to ensure proper Usability, Playability, and Effectiveness », in *International Conference of Design, User Experience, and Usability*, Springer, Berlin, Heidelberg, p. 625-634, 2011.
- [77] M. Gaved, H. Kukulska-Agnes, A. Jones, E. Scanlon, I. Dunwell, P. Lamerás, et al, « Creating coherent incidental learning journeys on mobile devices through feedback and progress indicators », *QScience Proceedings*, vol. 2013, no 3, p. 13, oct. 2013.
- [78] J.M. De Ketele, et al., « Guide du formateur, Pédagogie en développement », De Boeck : Université, 1989.

- [79] J-P. Pernin, et A. Lejeune, « Dispositifs d'apprentissage instrumentés par les technologies : vers une ingénierie centrée sur les scénarios », *Technologies de l'Information et de la Connaissance dans l'Enseignement Supérieur et de l'Industrie*, Compiègne, France, p. 407-414, Oct 2004.
- [80] S. George, « *Apprentissage collectif à distance, SPLACH : un environnement informatique support d'une pédagogie de projet* », PhD thesis, Thèse de doctorat, Université du Maine, 2001.
- [81] M. Lebrun, « *Des méthodes actives pour une utilisation effective des technologies* », 2002. <http://hdl.handle.net/2078.1/77904> .
- [82] G. Ra, J. Sung, H. Yu, et H. Min, « Analysis of serious games based on pedagogical features and proposal of civil defence training game », *IJCVR*, vol. 6, no 3, p. 235-243, 2016.
- [83] A. Ghannem, K. Sehaba, R. Khchérif, et H. Ben Ghezala, « Analysis of Serious Games based Learning Requirements using Feedback and Traces of Users », *Proceedings of the 10th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU)*, Madeira, Portugal, p. 280-287, May 2018, [{hal-01984652}](#).
- [84] A. Giordan, et G. De Vecchi, « Les origines du savoir », Neuchâtel et Paris : Delachaux et Niestlé, 1987.
- [85] D. A. Kolb, « *Experiential learning: experience as the source of learning and development* », Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall, 1984.
- [86] B.S. Bloom, « *Taxonomy of Educational Objectives* », Handbook The Cognitive Domain, David McKay, New York, 1956.
- [87] A. Ghannem, et M. Khemaja, « Defining a game ontology for helping games and learning processes integration », *In eLSE Conference, 7th edn*, 2011.
- [88] M. Grüninger, et M.S. Fox, « Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies », *Technical Report*, University of Toronto, Toronto, Canada, 1995.
- [89] I. Mayer., G. Bekebrede, H. Warmelink, et Q. Zhou, « A Brief Methodology for Researching and Evaluating Serious Games and Game-Based Learning », *in Connolly, T., Hainey, T., Boyle, E., Baxter, G. & Moreno-Ger, P. (Eds.) Psychology, Pedagogy, and Assessment in Serious Games*, Hershey, PA: Information Science Reference, p. 357-393, 2014. doi:10.4018/978-1-4666-4773-2.ch017.
- [90] K. Bontcheva, M. Dimitrov, D. Maynard, V. Tablan, et H. Cunningham, « Shallow Methods for Named Entity Coreference Resolution », *In TALN 2002*. Vol. 46, 2002.
- [91] N. Harrati, A. Ghannem, I. Bouchrika, et R. Khcherif, « On the potential use of interaction traces for evaluating player engagement for serious games », Forthcoming.

[92] G. Zichermann, C. Cunningham, « Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps », *O'Reilly Media, Inc*, 2011.

[93] C. Obikwelu, et J.C. Read, « The Serious Game Constructivist Framework for Children's Learning », *Procedia Computer Science*, vol. 15, p. 32-37, 2012, doi:10.1016/j.procs.2012.10.055.

[94] Cunningham, H., Maynard, D., and Tablan, « JAPE:a Java Annotation Patterns Engine », Technical Report Technical Report CS-00-10, of Sheffield, Department of Computer Science, 2000.