



THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par : *l'Université Toulouse 3 Paul Sabatier (UT3 Paul Sabatier)*

Présentée et soutenue le *16/09/2016* par :

Jing GUO

Serious Games pour la e-Santé: application à la formation des médecins généralistes

JURY

PASCAL STACCINI
MYRIAM LEWKOWICZ
NUNO GARCIA
RÉMI BASTIDE
NICOLAS SINGER
MICHEL LAVIGNE

Professeur d'Université
Professeur d'Université
Professeur Assistant
Professeur d'Université
Maître de Conférences
Maître de Conférences

Président
Rapporteur
Rapporteur
Directeur de thèse
Co-encadrant
Invité

École doctorale et spécialité :

MITT : Domaine STIC : Intelligence Artificielle

Unité de Recherche :

Institut de Recherche en Informatique (UMR 5505)

Directeur de Thèse :

Rémi BASTIDE

Rapporteurs :

Myriam LEWKOWICZ et Nuno GARCIA

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Madame le Professeur Myriam Lewkowicz et Monsieur le Professeur Nuno Garcia de m'avoir fait l'honneur d'être rapporteurs de ma thèse. La version finale de ce manuscrit a bénéficié de leur lecture très attentive et de leurs remarques précieuses. Je tiens à remercier à Monsieur le Professeur - Praticien hospitalier Pascal Staccini d'avoir accepté d'être président du jury. Je remercie également tous les membres du jury d'avoir participé à la soutenance.

Je tiens également à remercier mes directeurs de thèse Monsieur le Professeur Rémi Bastide, pour ses recommandations dans le déroulement de la thèse qui ont été pour moi une source continue d'inspiration. Monsieur le Maître de Conférences Nicolas Singer, pour ses nombreux conseils, son suivi et son soutien constant tout au long de mon doctorat, et de ses corrections très attentives. Merci à tous les deux pour votre direction, votre enthousiasme, et vos idées lors de nos échanges ...

Je suis très honorée à remercier à Monsieur le Professeur - Praticien hospitalier Marc Vidal, pour sa collaboration et le temps consacré à mes travaux.

Je remercie également tous ceux avec qui j'ai pu échanger et parler autour du sujet de ma thèse et du domaine informatique au sens plus large, notamment Madame le Maître de Conférences Nathalie Souf, Monsieur le Maître de Conférences Michel Lavigne, Madame le Professeur Nathalie Aussenac-Gilles, Monsieur le Maître de Conférences Elyes Lamine, Monsieur le Professeur Bernard Rigaud, Monsieur le Professeur Hervé Pingaud, Monsieur le Maître de Conférences Emmanuel Conchon et Monsieur le Docteur Adrien Defossez.

Merci à mes collègues et amis doctorants Castrais, Marine, Kévin, Ghazar et Rita, avec qui j'ai partagé mon lieu de travail, pour votre bonne humeur et les moments de détente, qui ont contribué à une belle ambiance de travail.

Je remercie également tous mes collègues et anciens collègues de l'école d'Ingénieurs d'ISIS qui m'ont accueillis, aidés et soutenus. Merci à Bruno, pour les pauses café et les services volontaires qu'il m'a rendus.

Remerciements

Un grand merci particulier à Véronique, pour les nombreuses discussions sérieuses ou rigolotes, les activités qui m'ont fait découvrir la région Midi-Pyrénées. Merci pour ton soutien.

Enfin, merci à ma famille pour son soutien continu et l'amour qu'elle me prodigue chaque jour.

Table des Matières

Table des Matières.....	i
Liste des Figures.....	ix
Liste des Tableaux.....	xiii
Résumé.....	xv
Abstract.....	xvii
Introduction générale.....	1
Contexte.....	1
Problématique.....	2
Structure du manuscrit.....	2
Partie 1 : Etat de l'art.....	5
Chapitre 1 Introduction à la formation à la consultation médicale dans le cadre de la médecine générale.....	5
1.1. La consultation médicale.....	5
1.1.1. Structure de l'entrevue.....	5
1.1.2. Fonctions de l'entrevue médicale.....	6
1.1.3. Compétences communicationnelles et relationnelles.....	7
1.2. La formation des médecins généralistes.....	8
1.2.1. Formation aux aspects communicationnels.....	9
1.2.2. Problématique.....	10
1.2.3. Situation de la formation en France et en Amérique du nord.....	11
1.3. Synthèse du chapitre.....	12
Chapitre 2 Les jeux sérieux dans le domaine de santé.....	15
2.1. Introduction aux jeux sérieux.....	15
2.2. Concepts apparentés aux jeux sérieux.....	19
2.3. Problématiques.....	22
2.4. Les jeux sérieux dans le domaine de la Santé.....	25
2.4.1. Les jeux sérieux pour la réhabilitation et l'exercice des patients.....	26
2.4.2. Les jeux sérieux pour la formation des personnels de santé.....	29
2.4.3. Les jeux sérieux pour la prévention et la promotion des bonnes pratiques de santé.....	32
2.4.4. Les jeux dédiés à la distraction pour contre la douleur aiguë.....	33
2.5. Synthèse du chapitre.....	34
Chapitre 3 Processus de conception de Jeux Sérieux.....	37
3.1. Game Design.....	37
3.1.1. Problématiques spécifiques aux jeux sérieux.....	38

3.1.2.	Méthodes existantes	39
3.1.2.1.	Travaux centrés sur la motivation du joueur	40
3.1.2.2.	Design pattern et acquisition de connaissances	49
3.2.	Phase de modélisation des connaissances	52
3.2.1.	Représentation des connaissances	52
3.2.1.1.	Définition	52
3.2.1.2.	Principales méthodes	53
3.2.1.3.	Ontologies	53
3.2.2.	Modélisation et représentation des connaissances dans le domaine de la santé	56
3.2.3.	Modélisation et représentation des connaissances dans les jeux sérieux	58
3.3.	Phase d'implémentation	59
3.4.	Intelligence artificielle.....	61
3.4.1.	Interaction avec les personnages non joueurs.....	61
3.4.2.	Dialogue avec un patient virtuel	63
3.5.	Synthèse du chapitre.....	65
Partie 2 : Méthodologie – Game Design d'un jeu sérieux pour l'apprentissage de la consultation médicale.....		67
Chapitre 4	Présentation générale de AgileDoctor	67
4.1.	Objectifs pédagogiques du projet AgileDoctor.....	69
4.1.1.	Compétences communicationnelles et relationnelles	70
4.1.2.	Sensibilisation à la e-santé.....	70
4.2.	Architecture générale de conception	71
4.3.	Architecture du projet AgileDoctor.....	73
4.4.	Considération sur la motivation du joueur	74
4.5.	Synthèse du chapitre.....	78
Chapitre 5	Conception d'AgileDoctor	81
5.1.	Modélisation du domaine pédagogique.....	81
5.2.	Détail des étapes de la phase de conception.....	85
5.3.	Réification sur les deux modules	85
5.3.1.	Etape 1 : Considération générale sur le contexte du jeu	86
5.3.2.	Etape 2 : Spécification de contenu pédagogique	88
5.3.2.1.	Module pour le développement des compétences communicationnelles ...	88
5.3.2.2.	Module pour la e-santé	91
5.3.3.	Etape 3 : Spécification du contenu du jeu selon le modèle proposé....	91
5.4.	Synthèse du chapitre.....	94
Partie 3 : Méthodologie- Simulation du processus de la consultation médicale.....		97

Chapitre 6	Approche ontologique pour la représentation des connaissances	97
6.1.	Concepts guidées par les connaissances du domaine.....	98
6.2.	Représentation du modèle	105
6.3.	MCSOnto	107
6.3.1.	Structure globale	108
6.3.2.	Ontologie « Profil du Patient »	109
6.3.3.	Ontologie « Résultat de la consultation »	112
6.3.4.	Ontologie « Scénario »	114
6.3.5.	Ontologie « Phrase ».....	117
6.3.6.	<i>Règles permettant d'exprimer les objectifs pédagogique</i>	119
6.4.	Synthèse du chapitre.....	120
Chapitre 7	Moteur de dialogue dirigé par le modèle.....	123
7.1.	Introduction	123
7.2.	Compléments au MCPM.....	126
7.2.1.	Etat d'une session (Session State)	126
7.2.2.	Transition d'états de session	128
7.2.3.	Arbre d'information	129
7.2.3.1.	Attributs	130
7.2.3.2.	Construction à partir du modèle ontologique	131
7.2.3.3.	Illustration de l'arbre d'information	132
7.2.4.	Les actions d'une session de dialogue	134
7.2.4.1.	Actions du médecin	134
7.2.4.2.	Actions du patient	135
7.2.4.3.	Représentation des entités actions	136
7.2.4.4.	Illustration d'entités actions.....	136
7.2.5.	Paramétrage du moteur	137
7.2.5.1.	Nature et valeurs des paramètres dans le cas d'AgileDoctor.....	139
7.3.	Algorithme	142
7.3.1.	Etape 1	143
7.3.2.	Etape 2	146
7.3.3.	Etape 3	148
7.3.4.	Etape 4	149
7.3.5.	Etape 5	149
7.4.	Illustration	150
7.4.1.	Micro-séquence d'anamnèse sur les habitudes de vie	150
7.4.2.	Micro-séquence d'explication du diagnostic	153
7.4.3.	Session de dialogue initialisée par le patient	154

7.5.	Synthèse du chapitre.....	155
Partie 4 : Implémentation du système et analyse des résultats.....		157
Chapitre 8 Implémentation du modèle MCPM et de son moteur de dialogue.....		157
8.1.	Introduction.....	157
8.2.	Implémentation du moteur.....	157
8.2.1.	Vue générale.....	157
8.2.2.	Implémentation des modèles MCPM et MSCOnto.....	158
8.2.3.	Structure du code.....	162
8.3.	Expérimentations destinées au paramétrage du moteur.....	163
8.3.1.	Scénario des expérimentations.....	163
8.3.2.	Arbre d'information et jeux de données.....	164
8.3.2.1.	Micro-séquence « Accueil ».....	167
8.3.2.2.	Micro-séquence « Questions Générales ».....	170
8.3.2.3.	Micro-séquence « Motif de la consultation ».....	171
8.3.2.4.	Micro-séquence « Anamnèse » sur les symptômes.....	172
8.3.3.	Méthodes de tests : les stratégies « Best », « Worst » et « Random ».....	175
8.3.4.	Paramétrage des patients pour l'expérimentation.....	178
8.4.	Résultats des expérimentations.....	179
8.4.1.	Etat du patient à la fin de la consultation.....	179
8.4.2.	Nombre de niveaux des sessions de dialogue.....	182
8.4.3.	Etats des sessions de dialogue.....	183
8.5.	Analyse des résultats.....	188
8.6.	Dialogues obtenus.....	190
8.7.	Synthèse du chapitre.....	193
Conclusion et perspectives.....		195
Serious Game Design.....		195
Conception du moteur de dialogue.....		196
Limites.....		198
Perspectives.....		199
Bibliographie.....		201
Abréviations.....		215
Annexe.....		217
i.	BPMN du processus de la consultation médicale entre un médecin et un patient.....	217
ii.	AgileDoctor : éléments ludiques et <i>gameplay</i>	221
iii.	Contenus pédagogiques d'AgileDoctor.....	223
iv.	Diagramme de classe.....	225

v.	Schéma de base de données	225
vi.	Résultats complets des expérimentations sur le moteur de dialogue	226
vii.	Prototype	236

Liste des Figures

Figure 1.1 : Les compétences à acquérir dans le DES de médecine générale.....	8
Figure 2.1: Les effets principaux de jeu vidéo (Mishra & Foste, 2007).....	17
Figure 2.2 : Positionnement respectifs des jeux ludo-éducatifs, de l'apprentissage basé sur le jeu (GBL), du e-learning et des jeux sérieux.....	22
Figure 2.3 : La classification des jeux sérieux par (Wattanasoontorn, Boada, García, & Sbert, 2013).....	26
Figure 2.4: A gauche, le logiciel <i>Hammer & Planks</i> en cours d'utilisation, à droite une capture d'écran de <i>Voracy Fish</i>	29
Figure 2.5 : Capture d'écran <i>EHPAD'Panic</i>	30
Figure 2.6: Captures d'écran de <i>Pulse!</i> (à gauche) et de <i>Virtual Dental Implant Trainer</i> (au milieu et à droite)	31
Figure 2.7: Capture d'écran de <i>Medicactiv</i> : dialogue avec le patient (à gauche), analyse et traitement (à droite)	31
Figure 2.8: Captures d'écran issues de <i>SnowWorld</i> . Le scan du cerveau démontre une réduction significative de la douleur liée à l'activité du cerveau (HITLab & Psychology, 2004).....	34
Figure 2.9 : Classification de l'utilisation de jeux pour une autre intention que le divertissement.....	35
Figure 3.1 : Théorie de Shoshannah Tekofsky sur les sources de motivation dans le jeu.	42
Figure 3.2: Théorie de maintien du flow en fonction de la compétence et du challenge	42
Figure 3.3 : Mécanique d'apprentissage et mécanique de jeu proposé par Arnab et al.	51
Figure 3.4 : Représentation de l'approche « agir comme des humains » en l'IA	53
Figure 3.5 : Principaux moteurs de jeux vidéo utilisés par les jeux sérieux et les simulateurs.	60
Figure 3.6 : Comparaison des fonctionnalités des moteurs de jeu vidéo	61
Figure 3.7 : Capture d'écran des applications du patient virtuel standalisé	64

Figure 4.1: Formation des élèves en médecine générale. Vidéos tournées au CHL dans le cadre du projet MédiCom.....	68
Figure 4.2 : La structure générique du système.....	72
Figure 4.3 : Différents rendus d’image selon une échelle à dix niveaux	72
Figure 4.4 : Structure générale du projet	73
Figure 4.5 : AgileDoctor et ses trois outils.....	74
Figure 4.6 : Les facteurs de motivation du joueur (partie haute) et ceux liés aux mécanismes du jeu (partie basse)	77
Figure 5.1: Parties K, S, A du contenu pédagogique	82
Figure 5.2 : Dépendances K, S, A	83
Figure 5.3 : Modèle d’intégration du contenu pédagogique dans les unités du jeu	84
Figure 6.1 : Illustration des points de sortie des sessions de dialogue	102
Figure 6.2 : Structure globale de MSCOnto.....	109
Figure 6.3: En haut, les classes, sous-classes et relations entre classes (propriétés d’objets) de l’ontologie <i>Profil du Patient</i> . En bas, quelques exemples d’individus générés par le plugin <i>OntoGraf</i> de Protégé.	111
Figure 6.4: Axiome définissant la classe « <i>Family_Medical_History</i> »	112
Figure 6.5: Classes, sous-classes et relations entre classes de l’ontologie « Résultat de la Consultation ».....	113
Figure 6.6 : La classe <i>Information</i> et ses sous-classes	115
Figure 6.7 : L’ontologie <i>Scénario</i>	115
Figure 6.8: L’entité « <i>Example_Session</i> » membre de la classe « Scénario ». « <i>Query_smoking_normal</i> » et « <i>query_symptom_fatigue</i> » sont des instances de la classe « <i>Dialogue_Session</i> »; « <i>GiveHealthAdvice</i> » et « <i>HistoryTaking</i> » sont des instances de la classe « <i>Micro_Sequence</i> », « <i>result_giving</i> » et « <i>history_taking</i> » sont des instances de la classe « <i>Phase</i> », « <i>smokingInfo1</i> » de la classe « <i>Smoking</i> » et enfin « <i>Fatigue</i> » et « <i>Legache</i> » sont des instances de la classe « <i>Symptom</i> ».....	116
Figure 6.9 : L’ontologie « <i>Phrase</i> » et ses relations avec les ontologies « <i>Profil du Patient</i> » et « <i>Scénario</i> »	117
Figure 6.10 : Une instance de la classe « <i>Phrase</i> »: a) Deux individus <i>dPh1</i> et <i>pPh1</i> de la classe « <i>TopPhrase</i> », sous-classe de la classe « <i>Phrase</i> »; b) Deux individus <i>dPh2</i> et <i>pPh2</i> de la classe « <i>RefinePhrase</i> », sous-classe de la classe « <i>Phrase</i> ».....	119
Figure 6.11 Capture d’écrans de description du concept PatientForLONovice dans Protégé.....	120

Figure 7.1 : Trois fonctions dans la consultation médicale	124
Figure 7.2: Structure du système proposé.	126
Figure 7.3: Transitions possibles entre états	128
Figure 7.4: Illustration de l'organisation des informations. Les nœuds sont organisés en arbres qui ici sont regroupés au sein d'un même groupe	129
Figure 7.5 : Concepts de MSCOnto permettant la description du mode de vie du patient	133
Figure 7.6: Arbre d'information illustrant le mode de vie du patient.	134
Figure 7.7 : Interactions et influence des paramètres utilisés par le moteur	139
Figure 7.8: Circuit de l'influence des paramètres dans le cas d'AgileDoctor.....	141
Figure 7.9: Variation de PsDU en fonction de la clarté de la phrase du médecin pour les valeurs de confusion ptdist 0, 25, 50, 75 et 100, représentée respectivement par les fonctions à droit.....	145
Figure 7.10: Variation de <i>Bten</i> fonction de l'état de confiance du patient.	146
Figure 7.11: Workflow de l'algorithme.....	150
Figure 8.1: Architecture du code d'AgileDotor.	158
Figure 8.2 : Définition d'une relation entre deux individus avec Protégé.....	160
Figure 8.3: Capture d'écran de générateur de classe Java dans Protégé 5	160
Figure 8.4 : Extrait du schéma de la base de données issue de l'ontologie.....	161
Figure 8.5: Captures d'écran du programme de gestion de la base de données.	162
Figure 8.6 : Structure du système	163
Figure 8.7: Extrait de l'arbre d'information représentant les micro-séquences simulées dans nos expérimentations	165
Figure 8.8 : Exemple de caractérisation de phrases du médecin (en haut) et du patient (en bas)	169
Figure 8.9 : Diagramme d'activité du moteur de dialogue pour les trois stratégies... ..	177
Figure 8.10 : Valeurs de l'état du patient à la fin de la consultation avec paramétrage de partie difficile	180
Figure 8.11 : Valeurs de l'état du patient à la fin de la consultation avec un paramétrage de partie de difficulté moyenne	181
Figure 8.12 : Valeurs de l'état du patient à la fin de la consultation avec un paramétrage de partie facile.	182
Figure 8.13: Nombre de paires moyen par session au cours de cents simulations.....	183

Figure 8.14 : Répartition des quatre états de session avec la stratégie du meilleur choix	184
Figure 8.15 : Répartition des quatre états de session et du cas de sortie avec la stratégie du meilleur choix pour les trois niveaux de difficulté.....	184
Figure 8.16 : Répartition des quatre états de session avec la stratégie du choix aléatoire	185
Figure 8.17 : Répartition des quatre états de session et du cas de sortie avec la stratégie du choix aléatoire pour les trois niveaux de difficulté.	185
Figure 8.18 : Répartition des quatre états de session avec la stratégie du pire choix.	186
Figure 8.19 : Répartition des quatre états de session et du cas de sortie avec la stratégie du pire choix pour les trois niveaux de parties	186
Figure 8.20 : Comparaison de la répartition des quatre états de session selon la stratégie suivie par le joueur.....	188

Liste des Tableaux

Table 2.1 : Comparaison de ces types d'apprentissage selon certains critères.	22
Table 2.2 : Produits pour la formation en santé, différence entre simulateurs et jeux sérieux.	32
Table 2.3 : Intérêt et limites des jeux sérieux.....	36
Table 3.1: Modèle des joueurs par Stewart	45
Table 3.2: Jeux vidéo commerciaux et leur type de joueur selon la classification de Bartle.	46
Table 3.3 : Type de joueur et <i>gameplay</i>	46
Table 3.4 : Problématiques à résoudre pour concevoir un jeu sérieux.....	50
Table 3.5: Classification des méthodes de représentation les plus connues.....	54
Table 5.1 : Quelques éléments des récompenses proposés	88
Table 5.2 : Les connaissances (K) et les compétences (S) dans le module communication d' <i>AgileDoctor</i>	89
Table 6.1 : Les types de phrase et les définitions de chaque type.	99
Table 6.2 : Classes de base de l'ontologie « Profil du Patient ». Les concepts provenant d'ontologies externes sont marqués avec le préfix <i>Ext</i>	110
Table 6.3 : Attributs (<i>datatype properties</i>) de l'ontologie <i>Profil du Patient</i> . Les types de données sont conformes à ceux définis dans les schémas XML (XSD).	111
Table 6.4 : Relations entre classes dans l'ontologie « Résultat d'une Consultation »	113
Table 6.5 : Propriétés de donnée de l'ontologie « Résultat d'une Consultation ».	113
Table 6.6 : Actions du médecin et informations obtenues.	115
Table 6.7 : Relations entre concepts et restrictions de cardinalité de ces relations pour l'ontologie « Phrase ».....	117
Table 6.8 : Propriétés de données de l'ontologie « Phrase ».....	118
Table 7.1 : Transitions possibles entre états de sessions	128
Table 7.2: Correspondance entre MCSOnto et les éléments du moteur.....	131
Table 7.3: Synthèse de la composition des vecteurs utilisés par le moteur de dialogue.	141
Table 7.4: Plages de valeur et valeurs par défaut des vecteurs du moteur dans le cas d' <i>AgileDoctor</i>	142

Table 7.5: Calcul des nouvelles valeurs de l'état du patient dans le cas d' <i>AgileDoctor</i>	143
Table 8.1: Valeurs des vecteurs du profil patient pour un patient « difficile ».	178
Table 8.2: Valeurs des vecteurs du profil patient pour un patient « moyen ».	178
Table 8.3 : Valeurs des vecteurs du profil patient pour un patient « facile ».	179
Table 8.4 : Variation de l'état du patient et nombre de phrases utilisées en fonction de la stratégie du joueur pour une partie difficile.	180
Table 8.5 : Variation de l'état du patient et nombre de phrases utilisées en fonction de la stratégie du joueur pour une partie de difficulté moyenne.	181
Table 8.6 : Variation de l'état du patient et nombre de phrases utilisées en fonction de la stratégie du joueur pour une partie facile.	182
Table 8.7 : Etat des sessions en fonction des trois différentes stratégies et des trois niveaux de difficultés.	183
Table 8.8 : Résultats pour la micro-séquence accueil : vue récapitulative.....	189
Table 8.9 : Evolution de l'état du patient en fonction des micro-séquences pour un paramétrage de partie difficile et en suivant la meilleure stratégie.	190

Résumé

Les Jeux Sérieux (*Serious Games*) sont des jeux vidéo qui sont conçus avec un objectif premier qui n'est pas le divertissement. Les jeux sérieux sont de plus en plus utilisés dans le domaine de la santé en tant qu'outil éducatif dans le cadre de la formation à la médecine, ou pour aider au rétablissement des patients.

Dans cette thèse, nous nous intéressons à la conception d'un jeu sérieux pour la formation des médecins généralistes, en nous intéressant tout particulièrement à l'apprentissage des compétences communicationnelles et interpersonnelles qui jouent un rôle très important dans le métier de médecin, et qui sont assez peu présentes dans les programmes des cursus de formation. Nous nous intéressons en particulier aux méthodologies de conception d'un tel jeu qui doit délivrer un contenu utilitaire tout en équilibrant apprentissage et divertissement.

Afin de mener ce travail, nous présentons dans la première partie de la thèse une analyse des méthodes existantes de conception de jeux sérieux en étudiant en particulier les mécanismes permettant de motiver le joueur ainsi que les principaux *design patterns* de conception. Nous expliquons en quoi les jeux sérieux nécessitent une architecture particulière dont la principale caractéristique est de séparer clairement les concepts nécessaires à l'apprentissage de ceux liés à l'aspect ludique.

Nous proposons ensuite une modélisation de la consultation médicale qui en plus de rendre compte du processus métier auquel elle correspond, permet de représenter les différents éléments nécessaires à l'implémentation algorithmique d'un moteur de dialogue entre un joueur et un patient virtuel. Cette modélisation utilise les ontologies pour décrire les connaissances impliquées et nous montrons comment un scénario de consultation médicale peut se décrire en termes d'instances de ces ontologies. Ces ontologies incluent quatre niveaux qui décrivent le profil du patient, le résultat de consultation, le scénario et la phrase. Cette description est accessible aux experts formateurs qui disposent donc d'un outil leur permettant de définir les objectifs pédagogiques que le joueur-apprenant doit atteindre au cours de la simulation.

Ces analyses sont enfin appliquées au cas de la consultation médicale et nous décrivons l'architecture d'un jeu que nous avons conçu appelé *AgileDoctor*. Ce jeu a pour objectif de permettre à un apprenant de jouer le rôle d'un médecin qui mène des consultations médicales en accueillant des patients aux profils divers.

Mots-clés: jeux sérieux, modélisation des connaissances, ontologie, moteur de dialogue, consultation médicale, compétences communicationnelles

Abstract

Serious games are games designed for a primary purpose other than pure entertainment. More and more, serious games are developed and used in the health area as educational tools dedicated to medical knowledge training, or helping with the recovery of the patients.

Communication and interpersonal skills for general practitioners in medical consultation play an important role in providing high-quality health care and establishment of good doctor-patient relationship. However, specific trainings on communication skills for doctors and medical school students are often overlooked. Comparing to traditional training approaches by using role-playing and standardized patients, an educational tool in form of a game can maximize the variety of scenario, reduce the limitation and enhance learner's motivation.

For the above purposes, in this thesis we are interested in the design of a serious game for training general practitioners, in particular on communication skills learning. We are particularly interested in design methodologies of such a game, which is able to deliver a utility content while balancing learning and entertainment.

To conduct this work, firstly we present an analysis of existing methods of serious games design by studying the mechanisms to motivate the player as well as the main design patterns. We explain how serious games require a special architecture in the design phase whose main characteristic is to clearly separate the concepts necessary for learning to those associated with the fun aspect.

We then propose a model of medical consultation based on our analyses of identification of key concepts in the medical consultation process. This model is used to represent the different elements required for algorithmic implementation of a dialogue engine between a doctor and a patient. Our modeling uses ontologies to describe involved domain knowledge and show how a medical consultation scenario can be described in terms of instances of these ontologies. The proposed ontologies include four levels which describe the patient's profile, the result of consultation, the scenario and the phrase respectively. This description is available to the trainers and domain experts by using the authoring tool thus

allows them to define the educational objectives for the player-learner during the simulation process.

Finally these models are implemented and applied to the case of medical consultation. We represent the architecture of a serious game that we've designed called AgileDoctor. This game aims to enable a learner to play the role of a doctor who conducts medical consultations facing the patients of various profiles.

Keywords: Serious game, knowledge modeling, ontology, dialogue engine, medical consultation, communication skills

Introduction générale

Contexte

Le rôle des compétences communicationnelles dans le domaine médical et leur enseignement

Les compétences communicationnelles et interpersonnelles jouent un rôle très important au sein des métiers liés au domaine médical. De nombreuses études ont montré qu'une bonne communication entre les soignants et les patients permettait d'établir une meilleure relation thérapeutique à long terme, ainsi que d'améliorer la qualité des consultations et la satisfaction des patients (Ha & Longnecker, 2010; Silverman, Kurtz, & Draper, 2013). Cependant l'enseignement de ces compétences passe souvent au second plan, après les enseignements proprement médicaux.

Jeux Sérieux

Les Jeux Sérieux (*Serious Games*) sont des jeux conçus avec un objectif premier autre que le divertissement. Le domaine de la santé est un des domaines où ils sont le plus utilisés, notamment comme outil éducatif pour la formation à la médecine mais aussi pour aider au rétablissement des patients (Wattanasoontorn, Boada, García, & Sbert, 2013).

Ces jeux, qui donnent la possibilité au joueur de se confronter à des défis, de vivre des expériences immersives et d'éprouver des sentiments d'accomplissement, sont de nature à stimuler la motivation des apprenants en les rendant plus engagés et actifs dans le développement de leurs compétences. L'intérêt principal d'utilisation des jeux sérieux dans l'apprentissage réside donc dans l'augmentation de l'efficacité de l'apprentissage dû d'une part à une plus forte implication de l'apprenant, d'autre part à une mise en situation permettant de transformer les connaissances en compétences. Notons également que les jeux sérieux rendent aussi possible une meilleure adaptation de l'enseignement à l'apprenant.

Objectif de la thèse

L'objectif de la thèse est de proposer une méthodologie de conception permettant la réalisation de jeux vidéo sérieux qui seront utilisés pour développer les compétences communicationnelles et interpersonnelles des soignants quand ils sont au contact de leurs

patients. Nous étudierons cette problématique à travers l'exercice de la consultation médicale, l'objectif étant au final d'améliorer la qualité des soins prodigués au patient.

Problématique

Si la création de jeux vidéo est un exercice compliqué, celui de la création de jeux vidéo sérieux l'est encore plus, ces derniers devant intégrer au moins une dimension supplémentaire liée à l'aspect non purement ludique. De nombreuses difficultés empêchent en effet la production plus abondante de jeux sérieux qui rappelons-le doivent :

1. Présenter des caractéristiques ludiques indispensables à la motivation du joueur.
2. Être pertinents vis-à-vis des objectifs de l'apprentissage.
3. Réussir l'équilibre des deux points précédents sans que l'un ne dénature l'autre.

Plus encore que pour les jeux vidéo classiques, la création d'un jeu vidéo sérieux fait appel à plusieurs disciplines, en nécessitant la collaboration entre des experts du domaine enseigné, des designers et des développeurs informatiques. Ce travail collectif obligatoire a un impact sur le processus de conception et les méthodologies utilisées doivent faciliter la répartition et l'interopérabilité des tâches effectuées.

Le travail effectué au cours de cette thèse traite donc des problématiques suivantes :

1. Quels sont les principaux ressorts du jeu garantissant la motivation du joueur ?
2. Quelle méthodologie utiliser pour délivrer un contenu pédagogique dans un contexte ludique ?
3. Comment réinvestir dans un jeu les travaux effectués autour de la modélisation des connaissances ?
4. Comment créer un jeu capable de s'adapter au profil du joueur/apprenant et aux évolutions des connaissances enseignées ?

Structure du manuscrit

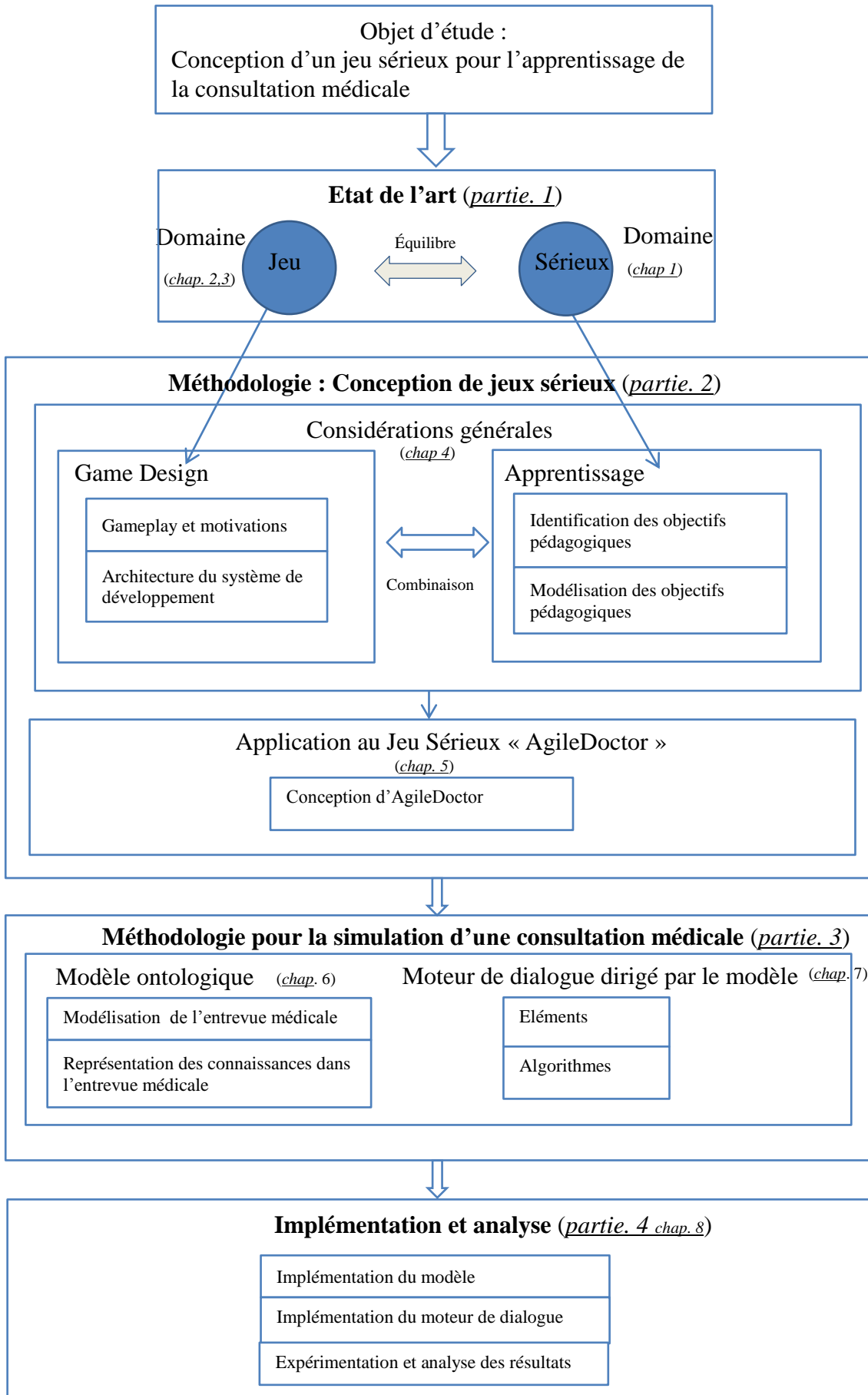
Le manuscrit de cette thèse est organisé en quatre parties. Dans la première partie, nous présentons les deux domaines qui sont au cœur de nos travaux : la consultation médicale dans le cadre de la médecine générale et celui des jeux sérieux. Dans un premier temps nous dressons un état de l'art de l'exercice de la consultation médicale. Nous en présentons le processus et discutons des compétences communicationnelles et interpersonnelles qu'elle met

en œuvre. Nous étudions également la façon dont elle est enseignée (Chapitre 1). Dans un deuxième temps nous explorons le domaine de la conception de jeux sérieux (Chapitre 2, Chapitre 3). Ces jeux sont d'abord présentés de manière générique, puis nous abordons plus spécifiquement les jeux sérieux utilisés dans le domaine de la santé.

Nos premières réflexions sur les méthodologies permettant d'intégrer un apprentissage dans un jeu, nous ont permis d'identifier deux grands axes d'études : le « game design » lié aux aspects ludiques et la modélisation des connaissances avec leur intégration dans le jeu. C'est pourquoi la deuxième partie du manuscrit est consacrée au processus de conception des jeux sérieux et en détaille les éléments, en particulier les méthodes issues de l'industrie du jeu vidéo et celles liés aux recherches autour de l'intelligence artificielle suivies des démarches relatives à l'intégration d'une démarche pédagogique dans le jeu (Chapitre 4). Nous concluons ce chapitre en présentant une architecture générique de développement de jeux sérieux. Nous appliquons nos conclusions à la réalisation d'un jeu appelé *AgileDoctor* qui vise à former les médecins aux compétences communicationnelles qui doivent être utilisées au cours d'une consultation médicale. Nous présentons les différentes étapes de conception de ce jeu qui permettent de spécifier son contenu pédagogique et ludique (Chapitre 5).

La troisième partie du manuscrit se concentre sur le point que nous avons jugé le plus important de notre processus de conception: la modélisation des connaissances et l'utilisation de cette modélisation pour la construction d'un simulateur de dialogue entre le médecin et son patient. Nous présentons plusieurs méthodes de modélisation des connaissances en retenant au final les ontologies que nous utilisons pour représenter les différents éléments relatifs à la consultation médicale (Chapitre 6). Nous présentons ensuite les éléments architecturaux d'un moteur de dialogue dirigé par ce modèle (Chapitre 7).

Enfin, dans une quatrième et dernière partie, nous présentons l'implémentation informatique de notre modèle et du moteur de dialogue qui permet à un joueur de tenir le rôle du médecin face à un patient virtuel au cours d'une consultation médicale (Chapitre 8). Ce chapitre est également l'occasion de valider notre solution en donnant les résultats d'une expérimentation menée à travers un scénario de consultation défini par des experts médecins. Le plan de thèse schématisé est illustré ci-dessous :



Partie 1 : Etat de l'art

Chapitre 1 Introduction à la formation à la consultation médicale dans le cadre de la médecine générale

1.1.La consultation médicale

1.1.1. Structure de l'entrevue

La structure classique d'une consultation médicale est présentée par (Lipkin Jr, Frankel, Beckman, & Fein, 1995; Lipkin Jr, Frankel, Beckman, & Fein, 1995; Kurtz S. , Silverman, Benson, & Draper, 2003). Elle comprend les éléments suivants :

- L'amorce de l'entrevue ;
- Les motifs de consultation ;
 - Le survol des problèmes et l'établissement des priorités ;
 - L'exploration des motifs de consultation ou l'histoire de la maladie actuelle.
- Les autres problèmes actifs ;
- Le profil du patient ;
 - Les données sociodémographiques de base ;
 - Les antécédents médicaux personnels ;
 - Le dossier pharmacologique ;
 - Les allergies et les intolérances ;
 - Les antécédents médicaux familiaux ;
 - Les habitudes de vie.
- La revue des systèmes ;
- L'examen physique ;
- La conclusion de la rencontre ;
 - Le diagnostic ;
 - L'explication du plan de traitement ;
 - L'obtention de l'accord du patient sur le suivi du traitement.

Le détail de ces contenus est détaillé par exemple dans l'ouvrage de (Richard & Lussier, 2005). Les éléments de contenu que le médecin doit explorer dans l'anamnèse ainsi que les méthodes pour les obtenir sont également précisés. Nous avons représenté ce processus sous la forme d'un diagramme BPMN (*Business Process Model and Notation*) donné dans l'annexe i.

1.1.2. Fonctions de l'entrevue médicale

Comme l'expliquent les auteurs dans (Richard & Lussier, 2005), l'entrevue médicale comporte trois fonctions principales, qui sont :

- La collecte d'informations dans le but de comprendre le patient et le problème qu'il présente.
- La mise en place d'une relation avec le patient et la capacité de répondre adéquatement à l'expression de ses émotions.
- L'enseignement thérapeutique du patient, qui englobe la transmission d'informations et le recours à des stratégies motivationnelles.

Les objectifs de chacune de ces fonctions sont détaillés ci-dessous :

Collecte des informations :

- Etablir le diagnostic et proposer des examens diagnostiques complémentaires ;
- Comprendre la perspective du patient et son vécu du problème ;
- Surveiller les changements dans l'évolution de la maladie ou les comportements du patient ;
- Construire avec le patient une compréhension de son problème qui servira d'assise à la troisième fonction.

Mise en place d'une relation avec le patient et capacité à répondre à ses émotions :

- Créer un climat de collaboration et de confiance ;
- Faciliter l'engagement du patient dans son plan de traitement ;
- Soulager sa souffrance physique et sa détresse psychologique ;
- S'assurer de la satisfaction du patient et de celle du médecin.

Enseignement thérapeutique et motivation du patient :

- Expliquer au patient la nature du problème ;
- Lui expliquer les techniques diagnostique proposées ;
- Discuter avec lui des possibilités de traitement ;
- S'assurer de parvenir à un consensus avec le patient au sujet des trois objectifs précédents ;
- S'assurer d'obtenir le consentement éclairé du patient ;
- Soutenir le patient dans ses mécanismes d'adaptation à la maladie ;
- Soutenir le patient dans les changements de comportement nécessaires.

1.1.3. Compétences communicationnelles et relationnelles

Au sujet des compétences communicationnelles et relationnelles déployées pendant une consultation médicale, (Richard & Lussier, 2005) affirment que :

« Il ne peut y avoir une bonne entrevue médicale sans contenu, et il ne peut y avoir d'entrevue médicale efficace sans la maîtrise de stratégies communicationnelles élémentaires. »

Les auteurs recensent trois caractéristiques principales dans une relation : la confiance, le respect de l'autre et l'influence. Le respect, le soutien, le reflet, l'empathie, la rassurance et le dévoilement de soi contribuent directement à la construction de la relation médecin-patient. Ces stratégies sont particulièrement utiles pour gérer l'expression d'émotions au cours d'une consultation (Richard & Lussier, 2005).

Sur ce point, (Richard & Lussier, 2005) proposent une approche centrée sur le patient dotée de plusieurs stratégies de communication verbales et non verbales visant à développer la relation avec le patient pendant l'entrevue. Par exemple, pour ce qui est des stratégies de nature verbale, l'écoute active, les facilitateurs, les énoncés de vérification-synthèse et les énoncés d'entretien, sont des techniques qui favorisent la participation du patient et facilitent la collecte des informations.

Lors de la phase d'anamnèse, (Cole & Bird, 2013; Billings & Stoeckle, 1998) ont identifié sept dimensions que le médecin doit explorer pour tout symptôme afin d'arriver à une analyse approfondie et poser des hypothèses diagnostiques. Ces sept dimensions sont : la caractéristique, le site, l'intensité et la gravité, la chronologie, le contexte, les facteurs modificateurs, ainsi que les facteurs associés. Cependant, la difficulté pour le médecin est de

maintenir une approche ouverte. Le diagnostic doit être posé sans forcément poser l'intégralité des questions fermées visant à explorer ces sept dimensions.

1.2. La formation des médecins généralistes

Qu'il traite une grippe ou prescrive un examen, le généraliste prend en charge ses patients dans leur globalité avec leurs antécédents, leur hygiène et leurs habitudes de vie. Il les suit le plus souvent sur une longue période. Médecin traitant, il assure la coordination avec ses confrères spécialistes. Le référentiel-métier du médecin généraliste décrit précisément les ressources nécessaires au métier. À partir de ce référentiel détaillé, le CNGE (Collège National des Généralistes Enseignants), principale société scientifique de médecine générale, a défini des compétences génériques mises en forme dans un schéma appelé la « *marguerite des compétences* » :

- Professionnalisme ;
- Premier recours, incertitudes, urgences ;
- Continuité/suivi, coordination des soins autour du patient ;
- Education/prévention/dépistage, santé individuelle communautaire ;
- Prise en charge globale/complexité ;
- Relation/communication, approche centrée patient.

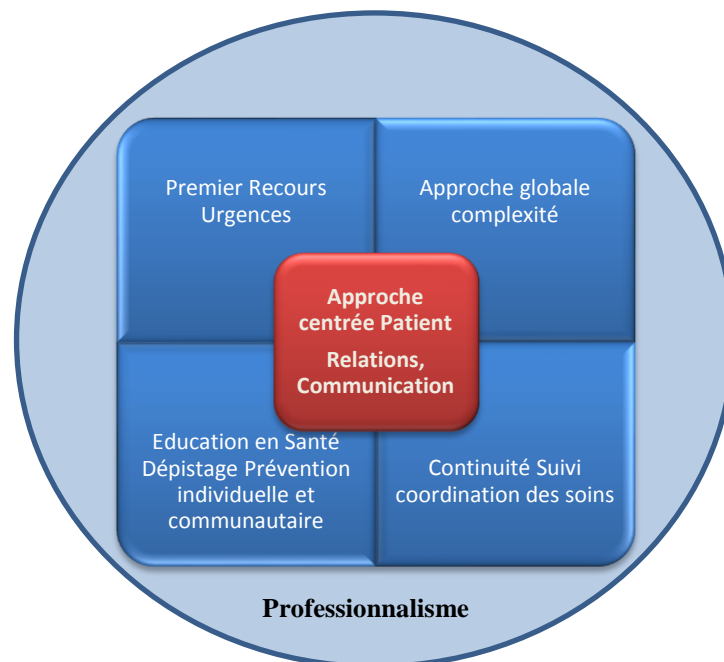


Figure 1.1 : Les compétences à acquérir dans le DES de médecine générale

Les compétences à acquérir dans le DES (Diplôme D'études Spécialisées) de médecine générale sont illustrés

Figure 1.1.

1.2.1. Formation aux aspects communicationnels

La relation médecin-patient est habituellement marquée par la notion de « colloque singulier ». Le but principal d'un patient venant pour une consultation dans un cabinet médical est bien évidemment relatif à sa santé, mais le patient cherche également à établir une relation humaine avec son médecin. De ce point de vue, il souhaite être traité avec respect et recevoir des informations claires sur son problème et sa maladie, y compris en ce qui concerne la méthode de traitement et ses conséquences. D'un autre côté, le but du médecin est de guérir le patient ou du moins de le soulager. Il s'agit pour le médecin de bien écouter son patient et de converser avec lui en lui donnant un maximum d'explications, ceci afin d'établir une relation de confiance. Cette relation est essentielle dans la consultation, afin que les deux parties obtiennent les bonnes informations, en comprennent les enjeux et puissent prendre des décisions partagées.

Les aspects communicationnels de la relation avec le patient ont fait l'objet de nombreuses recherches de la part des médecins et de chercheurs en sciences humaines et sociales. La relation médecin-malade a été placée au cœur de nouveaux enjeux dans le contexte actuel. Comme mentionné dans certaines études et observé par de nombreux médecins généralistes (Suarez-Almazor, 2004; Ha & Longnecker, 2010; Ihler, 2003; Silverman, Kurtz, & Draper, 2013), de solides compétences communicationnelles sont requises pour établir une relation thérapeutique avec son patient. Les études ont montré qu'une bonne communication était essentielle pour des soins de haute qualité qui permettent de détecter les problèmes au plus tôt, de prévenir des crises médicales nécessitant des interventions coûteuses, d'améliorer le suivi des traitements et ainsi d'offrir un meilleur soutien pour la qualité de vie des patients.

Le CNGE a défini une liste des compétences entrant en jeu dans la communication du médecin avec son patient :

- Être capable de communiquer de façon efficiente avec le patient et son entourage ;
- Être capable de développer une écoute active et empathique ;
- Être capable d'adapter la réponse aux caractéristiques du patient ;

- Être capable d'expliquer une décision ou une prescription ;
- Être capable de tenir compte de ses émotions et de celles du patient ;
- Être capable d'entreprendre des actions de santé publique ;
- Être capable d'identifier des comportements à risques et de mettre en route des actions de prévention individuelles et collectives ;
- Être capable de mettre en œuvre des actions de dépistage pertinentes ;
- Être capable de participer à des actions de recueil épidémiologique ;
- Être capable de gérer et exploiter les données du dossier médical des patients ;
- Être capable de démarrer ou de collaborer à une recherche ;

La mise en œuvre de ces compétences doit aboutir aux bénéfices suivants :

- Meilleure compréhension du patient et de sa mémorisation des consignes ;
- Soulagement des symptômes ;
- Meilleurs résultats physiologiques ;
- Adhésion du patient au traitement ;
- Amélioration de la sécurité du patient ;
- Satisfaction du patient ;
- Satisfaction du médecin ;
- Baisse des coûts ;
- Baisse des plaintes et des poursuites pour faute professionnelle.

1.2.2. Problématique

Selon (Silverman, Kurtz, & Draper, 2013), il existe deux perceptions erronées communes.

L'une d'entre elles est que : « La facilité à communiquer est un trait de personnalité, soit vous l'avez soit vous ne l'avez pas ». *Silverman et al.* affirment au contraire qu'une bonne communication est basée sur une série de compétences que tout le monde peut apprendre. Dans le même ordre d'idée (Aspegren, 1999) a étudié 81 articles scientifiques dont l'évaluation fait clairement ressortir l'effet positif de la formation aux compétences de communication. L'amélioration constatée concerne aussi bien les étudiants en médecine, que les médecins expérimentés et aussi bien les médecins généralistes que les médecins spécialistes.

Une autre perception (erronée) est que les compétences de communication s'acquièrent par l'expérience et la pratique. *Silverman et al.* affirment au contraire que l'expérience apporte peu en terme d'apprentissage des compétences de communication. Dans ce domaine, elle ne fait que renforcer les habitudes déjà présentes qu'elles soient bonnes ou mauvaises. C'est ainsi que (Maguire, Fairbairn, & Fletcher, 1986) ont étudiés des médecins ayant exercés cinq ans après la fin de leur formation. Ils ont montré que ces médecins étaient pertinents dans le recueil d'informations, compétence qui avait été apprise pendant la formation, mais faibles dans les explications et la planification, qu'ils avaient acquis uniquement par la pratique (sans formation spécifique).

Enfin, certains médecins estiment que le fait de laisser parler le patient sur des points non strictement médicaux constitue une perte de temps. Ce point de vue est une cause de non utilisation de capacités de communication plus évoluées. En effet, la durée d'une consultation étant comprise entre 10 et 15 minutes (en moyenne) dans plusieurs pays (Richard & Lussier, 2005), les médecins ont développé un certain nombre de stratégies pour gérer ce temps. Ces stratégies, comme par exemple les interruptions et les recadrages du discours de leur patient dès le début de l'entrevue, peuvent être contre productives en ce qu'elles aboutissent parfois à l'énoncé tardif des raisons de la venue du patient. Des nombreuses études ont prouvées que l'entrevue n'était pas significativement plus longue si le médecin laissait le patient énoncer à son rythme ses motifs de venue. Ces stratégies de gestion du temps mal maîtrisées peuvent également avoir des conséquences sur la qualité des informations échangées et donc des soins.

1.2.3. Situation de la formation en France et en Amérique du nord

- France

La formation des étudiants en médecine à l'exercice de la consultation médicale se fait sous la forme de cours académiques mais surtout de stages hospitaliers et / ou dans le cabinet d'un médecin. Au cours de ces stages, l'étudiant est confronté aux patients du maître de stage, d'abord en compagnie de celui-ci, puis seul. Le rôle du maître de stage est d'analyser le comportement et les décisions de l'étudiant, le plus souvent en temps réel et en présence du patient.

Pour faciliter ces analyses, certains centres de formation mènent des expérimentations. C'est le cas par exemple du département universitaire de Médecine Générale (DUMG) de Toulouse. Au cours de celles-ci, des consultations médicales menées, soit par des couples

« maître de stage – stagiaires », soit par des stagiaires autonomes, sont filmées. Ces enregistrements sont ensuite utilisés pour débriefer aussi bien les internes que les maîtres de stage.

- Amérique du nord (USA et Canada):

L'Amérique du nord est la source de nombreuses études focalisées sur la recherche autour des compétences communicationnelle nécessaires au métier de la santé ainsi que sur leur apprentissage.

Citons par exemple le projet *UME- 21* « *Under graduate Medical Education for the 21st Century schools* », au cours duquel douze facultés de médecine américaines ont proposés des formations centrées sur l'apprentissage de techniques de communication, ces techniques ayant été identifiées comme faisant partie de neuf domaines cibles à développer en priorité (Haq, Steele, Marchand, Seibert, & Brody, 2004).

Citons également (Makoul, 2003) qui a étudié, parmi les curriculums d'une centaine d'écoles de médecine, les modules qui portaient sur l'enseignement des compétences communicationnelles. Il en ressort que malgré une grande variété de méthodes, 92% de ces écoles n'effectuent pas d'évaluation formelle de ces apprentissages. Le recours à la méthode du SP (*Simulated Patient/Standardized Patient*) est le plus fréquent (70% des écoles l'utilise). Il s'agit d'un patient type doté de certaines caractéristiques représentatives de maladies spécifiques et permettant au médecin de s'entraîner sur un cas contrôlé. Ces patients peuvent être des acteurs jouant le rôle de patients ou bien des patients réels présentant des maladies spécifiques dans le but d'enseigner et d'évaluer les techniques de consultation.

Signalons qu'en raison du coût élevé du recours à des vrais patients, mais aussi dans un but de diversification des scénarios, certaines écoles ont utilisé des patients standardisés virtuels (Raij, et al., 2007).

1.3.Synthèse du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons abordé la consultation médicale au travers de travaux de recherche ayant tenté d'en formaliser la structure, le processus et le contenu. Nous nous sommes particulièrement intéressés aux compétences communicationnelles et relationnelles entrant en jeu au cours de la consultation. Cette étude nous a permis d'identifier les

principales méthodologies utilisées par les médecins et d'identifier les éléments clés de leur métier et les différents stratégies et approches qui favorisent la relation patient-médecin.

Nous nous sommes également intéressés à la formation à ces compétences dans les cursus actuel des études de médecine, en France et en Amérique du nord. Il apparaît que l'apprentissage actuel des aspects communicationnels se fait essentiellement par la pratique face aux patients, lors des stages de formation et ensuite au cours de la vie professionnelle. Ces aspects sont peu enseignés dans les cursus académiques.

Ces analyses nous ont permis d'identifier les principaux objectifs que notre outil de formation de type jeu sérieux devra permettre d'atteindre :

- Familiariser les joueurs/apprenants au processus général d'une consultation médicale en mettant l'accent sur les enjeux communicationnels de l'entrevue. Il faudra pour cela modéliser informatiquement la consultation médicale.
- Permettre aux formateurs d'illustrer les enjeux principaux de la communication avec le patient notamment selon deux approches différentes, l'une centrée sur les besoins du médecin et l'autre sur ceux du patient, tout en lui permettant de choisir la partie (micro-séquence) de la consultation à illustrer. Cela passera par un accès à un module de définition des scénarios pour les formateurs.
- Permettre aux joueurs d'être confrontés à différents types de patients virtuels afin de lui faire prendre conscience de la diversité des situations réelles. L'outil doit donc permettre de définir ou de faire varier certains traits du patient, comme par exemple son âge, son sexe, son humeur du jour, sa culture, ou son historique avec son médecin. De même, les scénarios doivent pouvoir présenter des situations variées comme un patient venant accompagnés par ses proches, la présence d'un interne, des interruptions téléphoniques, etc.

Chapitre 2 Les jeux sérieux dans le domaine de santé

2.1.Introduction aux jeux sérieux

Les premières traces d'utilisation de jeux à des fins d'apprentissage ou de communication et donc pour autre chose que du divertissement, ont été identifiés aux XV^e et XVI^e siècles par (Julian Alvarez, 2010). Si le concept d'apprentissage par le jeu n'est pas nouveau, l'expression « *serious game* », jeux sérieux en français, est utilisée pour la première fois en 1970 par Clark Abt (Abt, 1987) dans un livre de même nom, dans lequel il présente l'intérêt des jeux numériques et non-numériques pour l'entraînement et l'éducation. A la même époque, le terme Serious Game est également utilisé dans le livre « *The New Alexandria Simulation: A Serious Game of State and Local Politics*» (Jansiewicz, 1973) à propos d'un jeu non numérique.

Toutefois, il faudra attendre une trentaine d'année pour que le boom économique de l'industrie des jeux vidéo remette l'utilisation et le développement de jeux sérieux au premier plan. Un pourcentage toujours plus important de la population joue ou a joué aux jeux vidéo, d'abord sur des consoles de jeux et des ordinateurs et de plus en plus sur des téléphones mobiles ou des tablettes. Cette accoutumance aux jeux ne concerne pas seulement les joueurs les plus jeunes ou les plus aisés, mais touche toutes les couches de la société, tous les sexes et toutes les classes d'âge. Il semble donc naturel que les industries tout comme les chercheurs se soient mis à étudier comment les jeux vidéo pouvaient être utilisés pour des activités sortant du pur divertissement. C'est ce contexte qui porte les recherches actuelles menées autour des jeux sérieux et qui a par exemple permis la sortie du jeu « *America's Army* » en 2002. Ce jeu, qui a su attirer l'attention du public, est considéré comme le premier jeu sérieux à succès (Sawyer & Rejeski, 2002).

Dans le même temps, le concept de jeux sérieux est venu agréger un ensemble d'autres concepts apparentés comme les « *jeux de rôle pour la formation (simulation game)* », les « *jeux d'entreprise (business game)* », les « *jeux appliqués (applied game)* », les « *jeux viraux (game for impact or impact game)* », ou encore les « *jeux d'apprentissage (learning game)* ». En définitive, et bien que ces types de jeux déterminent des classes et des domaines d'applications différents, un jeu sérieux est synthétiquement considéré comme un jeu ayant un objectif autre que le pur divertissement (Sawyer & Rejeski, 2002). C'est pourquoi les jeux

sérieux peuvent être appliqués à un large éventail de domaines, tel que l'éducation, la santé, l'entraînement, le politique publique ou la communication stratégique.

Sawyer a proposé que le mot « sérieux » signifie « une intention (autre que le divertissement) » et rien d'autre. La vocation d'un jeu sérieux est donc de rendre attrayante la dimension sérieuse par une forme, une interactivité, des règles et éventuellement des objectifs ludiques (Sawyer & Rejeski, 2002; Djaouti, 2011).

Il existe plusieurs travaux concernant la classification des jeux sérieux. Certaines classifications se font en utilisant une seule dimension. C'est le cas de (Zyda, 2005; Chen, 2005; Michaud, 2008) qui ont classé les jeux sérieux selon leur domaine d'application : militaire, organisme gouvernemental, éducation, sphère associative, santé, politique, religion, art. (Bergeron B. , 2006; Alvarez, Rampnoux, Jessel, & Methel, 2007) et (Despont, 2008) ont quant à eux proposé des classifications en fonction des objectifs du jeu avec au final plusieurs types : les *advert games* (jeux publicitaires), les jeux *ludo-éducatifs* (à vocation éducative), les *edumarket games* (utilisés pour la communication d'entreprise), les *jeux engagés* (utilisé pour les thèmes d'ordre politique ou géopolitique), les *jeux d'entraînement et de simulation* etc. D'autres auteurs ont croisé ces deux méthodes pour obtenir une classification à deux dimensions. C'est le cas de (Ben Sawyer, 2008) qui croise domaine d'application et objectif, en énumérant sept domaines : gouvernement & organisations, défense, santé, marketing & communication, éducation, entreprise, industrie et autant d'objectifs : santé, publicité, formation, éducation, science et recherche, production et travail. Enfin (Damien Djaouti, 2011) propose une classification basée sur trois dimensions : le *gameplay*, l'intention et le *scope*. Le *gameplay* est défini comme un axe pouvant prendre huit valeurs différentes : *Avoid, Match, Destroy, Create, Manage, Move, Select* et *Shoot*. L'intention quant à elle peut être de diffuser un message, de dispenser un entraînement ou d'échanger des données. Enfin le *scope* peut être soit le marché soit la cible.

Notons toutefois que certains de ces domaines n'ont pas de frontière nette et se chevauchent parfois de façon significative tel que par exemple l'*e-learning*, le ludo-éducatif (*edutainment*) et l'apprentissage basé sur le jeu (*game based learning*).

Le marché des jeux sérieux connaît une croissance rapide depuis 2005. En 2007, son chiffre d'affaire était estimé par une fourchette le situant entre 1.5 et 10 milliards de dollars (Julian Alvarez, 2010). En 2010, un rapport de l'IDATE estimait que le marché mondial des jeux sérieux était de 1.5 milliard d'euros avec un taux de croissance annuel moyen de 47% et

donc un énorme potentiel (IDATE, 2010). Selon un rapport plus récent sur les prévisions à l'horizon 2020 du marché des jeux sérieux dans les domaines de l'éducation, de la culture, de la santé, du commerce, des médias et de la publicité, publié par *MarketsandMarkets* en mai 2015, ce marché serait d'environ 5,45 milliards de dollars d'ici 2020, avec taux de croissance annuel composé de 16,38% entre 2015 et 2020 (marketsandmarkets.com, 2015).

Avant de nous focaliser sur le terme « jeux sérieux », parlons des jeux vidéo en général. En 2007, (Mishra & Foste, 2007) ont analysé les effets principaux de ce type de jeux comme illustré Figure 2.1.

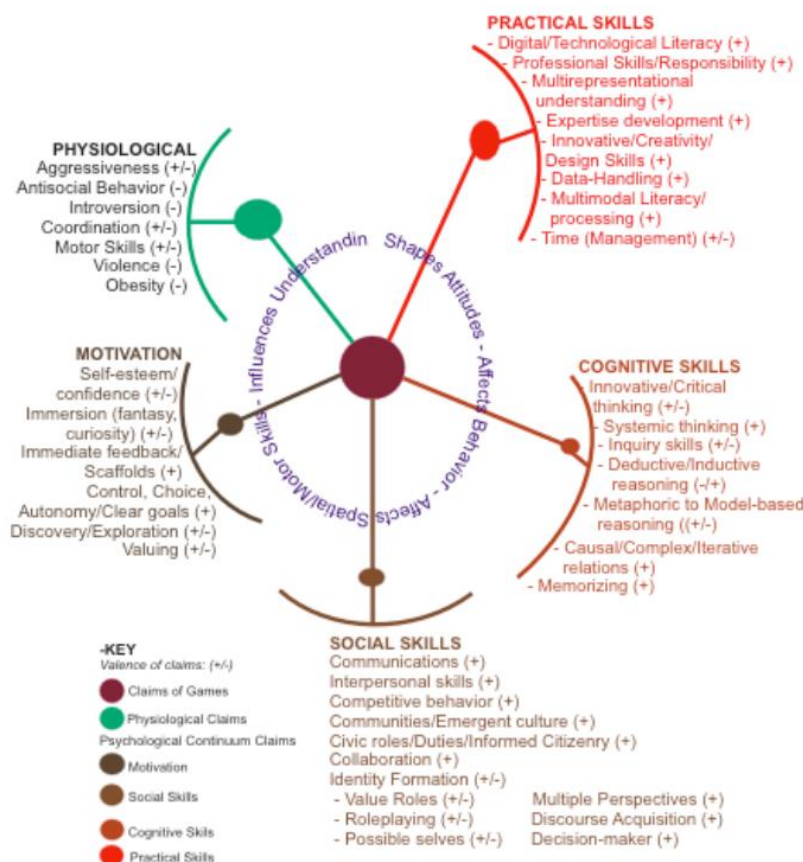


Figure 2.1: Les effets principaux de jeu vidéo (Mishra & Foste, 2007)

Dans cette analyse, ils inventorient les effets positifs ou négatifs des jeux vidéo selon cinq axes : Les compétences pratiques, les compétences cognitives, les compétences sociales, la motivation et la physiologie. Cette étude met en lumière de nombreux aspects positifs liés à l'utilisation des jeux, mais fait aussi ressortir un ensemble de risques encourus par les enfants. Au final elle ne tranche pas entre les aspects positifs et négatifs de ce type d'apprentissage.

Des théories sur les motivations induites par le jeu ont aussi été développées comme celles de (Prensky, 2003) qui synthétise les caractéristiques clés définissant ces motivations. (Jones, 1998) de son côté soutient que les caractéristiques extraites de la théorie du *flow* de Csikszentmihalyi (Csikszentmihalyi, 1990) sont essentielles pour réaliser un jeu motivant. Le *flow* reflète l'expérience optimale qui est décrite comme un état dans lequel « *les individus sont tellement impliqués dans ce qu'ils font que plus rien d'autre ne compte* ». « *L'expérience est tellement agréable et satisfaisante qu'ils sont prêts à la faire à n'importe quel prix. La concentration est tellement forte qu'il ne reste plus d'attention pour penser à des choses non-pertinentes ou pour penser à ses problèmes. La conscience de soi disparaît et la notion du temps est déformée. La satisfaction que produit ce genre d'activité est telle que les personnes sont prêtes à la faire sans penser à ce qu'ils pourront en tirer et cela même lorsque les situations sont difficiles ou dangereuses.* » (Csikszentmihalyi, 1975). Le « *serious play* » ou « *hard fun* » sont des situations d'apprentissage intenses où l'apprenant entre dans le « *flow* » (Csikszentmihalyi, 1990).

Sans entrer dans des situations de jeu aussi absolues, les attraits du jeu résident plus simplement dans la faculté de proposer un environnement orienté vers l'apprenant et dans la liberté pour l'apprenant de l'explorer et de l'expérimenter librement.

Plusieurs personnes ont contribué à la définition du terme « jeux sérieux » et son sens a par conséquent évolué pendant ces dernières années. Dans leur sens le plus large, les jeux sérieux ne sont pas limités aux jeux vidéo, mais incluent aussi toute forme de jeux qui vise un autre objectif que le simple divertissement. En ce qui nous concerne, nous retiendrons les conclusions de ceux qui considèrent que :

*Le terme « **Serious game** » est utilisé pour nommer une nouvelle génération de jeux vidéo conçus pour des objectifs sérieux (Sawyer B. , 2007) (Djaouti, 2011).*

Ce choix nous permet de clairement distinguer les jeux sérieux, d'une part des jeux tout court, mais aussi d'autres concepts comme par exemple celui de « *gamification* » (action d'introduire du jeu dans une démarche au départ non ludique). Nous expliquons ce choix dans la section suivante.

2.2. Concepts apparentés aux jeux sérieux

Le monde de l'éducation utilise depuis longtemps trois méthodes ou produits permettant d'introduire la notion de jeu dans l'apprentissage :

- Le *Game Based Learning*(GBL) et le *Digital Game Based Learning* pour les jeux numériques (DGBL), autrement dit tout ce qui tourne autour de l'apprentissage basé sur le jeu.
- Les logiciels ludo-éducatifs (*Edutainment*). Il s'agit de la première génération de GBL destiné aux enfants, aux élèves et aux étudiants.
- La ludification (*Gamification*).

Ces méthodes recoupent certains objectifs des jeux sérieux et il est intéressant de les comparer entre elles.

La « *Gamification* », ou *ludification*, est une technique qui insère des mécaniques liées au jeu dans des domaines qui était au départ dépourvus afin de rendre ces activités plus ludiques, en espérant que cela améliora la motivation de l'utilisateur à s'engager dans l'activité proposée. La *gamification* est utilisée dans beaucoup de domaines, en particulier dans des situations d'apprentissage, au travail, ou encore pour mettre en avant des marques sur les réseaux sociaux. Elle est utile pour donner plus d'impact aux messages, particulièrement ceux destinés au grand public, pour rendre certains contenus plus immersifs et qualitatifs ou encore pour animer et mobiliser une communauté. Le principe de cette technique est de donner de l'intérêt à des actions que l'on considérerait au départ comme sans intérêt et que l'on rechignerait majoritairement à faire : remplir un questionnaire, acheter un produit, regarder des publicités ou assimiler des informations. Bien que la *gamification* présente de grandes similarités avec le jeu, chacun ayant par exemple un système de récompense, certains auteurs considèrent qu'elle ne répond pas à certaines caractéristiques attendues dans les jeux. Elle ne correspond pas par exemple à la définition formelle introduite par (Salen & Zimmerman, 2004): « un jeu, c'est un système dans lequel les joueurs se livrent à un conflit artificiel, défini par des *règles* et qui se traduit par un *résultat quantifiable*»

Un exemple de *gamification* réussie est l'expérience menée en Suède qui a consisté à modifier les marches d'un escalier pour qu'elles se comportent comme les touches d'un piano. Les utilisateurs empruntant l'escalier jouent alors de la musique ce qui les motive pour prendre les escaliers plutôt que l'ascenseur. L'objectif à atteindre est d'améliorer la santé des

passants en les incitant à faire travailler leurs muscles mais aussi de désengorger les moyens mécaniques de montée. Bien que l'objectif soit clairement défini, cette activité n'est pas un jeu selon la définition de Salen et Zimmerman car elle est dépourvue de règles et de résultats quantifiables.

Passons au *Game Base Learning*. À première vue, sa définition semble simple : jouer en apprenant et apprendre en jouant. Le GBL et sa version numérique le DGBL, sont introduits par (Prensky, 2005) dans son livre « *Digital Game-based Learning* ». Même s'il n'en donne aucune définition concise et formelle, il les définit comme des jeux de toute nature, y compris des versions numériques de jeux comme les échecs ou le Monopoly, pouvant être détournés de leur objectif purement ludique pour être utilisés pour les besoins du domaine (Dziorny, 2007).

(Teed) a proposé une définition des GBL comme étant « les éléments d'un jeu éducatif propre à motiver une salle de classe » à savoir compétition, engagement et récompense immédiate (*competition, engagement, immediate reward*)

Contrairement à la *gamification*, la méthode utilisée est d'intégrer le besoin métier, par exemple un objectif pédagogique, dans le jeu vidéo. Par exemple, *SecondLife* (SL) est un univers virtuel en 3D qui permet à ses utilisateurs d'incarner des personnages virtuels dans un monde créé par les résidents eux-mêmes. Ce programme a été utilisé par plusieurs projets pour différents objectifs. (Boulos, Hetherington, & Steve, 2007) et (Warburton, 2009) ont par exemple présenté comment SL pouvait être utilisé en tant qu'outil pédagogique et ont proposé plusieurs cas concrets de cette utilisation dans le domaine médical. Par exemple, le centre virtuel d'éducation neurologique (en anglais *Virtual Neurological Education Center – VNEC*), a modélisé un hôpital virtuel dans lequel l'utilisateur peut explorer une salle d'opérations du département neurologique équipée des machines. Cette virtualisation permet aux étudiants de se former en utilisant en outre les nombreuses descriptions détaillées présentées par des tutoriels en flash, des documents PDF ou encore des liens vers d'autres endroits du monde virtuel. Des formations, des réunions et des colloques en ligne sont aussi organisés et proposés au travers du jeu pour favoriser la participation des utilisateurs.

Un autre exemple de GBL est l'utilisation du jeu vidéo *SimCity* en tant qu'outil pédagogique. (Starr, 1994; Squire & Barab, 2004; Bittanti, 2005) ont chacun présenté leurs expériences d'utilisation de *SimCity* pour transmettre des connaissances et faire réfléchir les étudiants sur certaines questions sociales, historiques, etc.

Selon (Corti, 2006), le GBL peut potentiellement améliorer les activités et les initiatives de formation. L'aspect jeu de rôle et la répétabilité qui permet de réessayer en cas d'échec ou d'explorer de nouvelles façons de faire sont des atouts qui augmentent la motivation de l'apprenant et suscitent une plus grande implication de sa part. Une analyse plus théorique (*Learning Theories*) lui permet de conclure que les DGBL sont bénéfiques pour l'apprentissage car ils permettent la mise en œuvre de trois principes :

- *Activity Theory* : les jeux permettent aux joueur/apprenant d'agir et d'expérimenter au sein d'un environnement virtuel rassurant (*non-threatening*).
- *Situated Learning* : les jeux peuvent placer les joueur/apprenant dans une grande variété d'environnements virtuels.
- *Experimental Learning* (Kolb, Boyatzis, & Mainemelis, 2001; Kolb D. , 1984): Pendant la partie, les joueurs acquièrent des connaissances par expérimentation directe (Tang, Hanneghan, & El Rhalibi, 2009).

L'évolution au cours des années des méthodologies liées au « *game design* » et au « *game development* » ont fait émerger quelques principes utilisés pour concevoir des applications utilisant le jeu, ou en tout cas certains de ces éléments, pour engendrer autre chose que du divertissement :

- Le détournement des intentions purement ludique d'un jeu vidéo pour un autre usage. Cette technique peut éventuellement mener à la modification du jeu ou à l'introduction de nouveaux éléments non prévus au départ (*modding*). Quand le jeu reste inchangé, on parle de « *purpose shifting* » (Djaouti, 2011).
- La modification d'une méthode ou d'un produit classique par l'introduction d'éléments et de mécanismes de jeu. Cette méthode est connue sous le nom de *gamification*.
- Concevoir et développer un nouveau jeu vidéo prenant en compte un double (et parfois plus) objectif, à savoir un objectif ludique et d'autres liés au domaine d'application. C'est ce type de méthode qui produit une nouvelle génération de jeux appelés *jeux sérieux* avec l'intégration dès les phases de conception des deux aspects et leur bon équilibre en fonction des objectifs visés.

La Figure 2.2 ci-dessous présente les relations entretenues par les jeux ludo-éducatifs, l'apprentissage basé sur le jeu (GBL), le e-learning et les jeux sérieux.

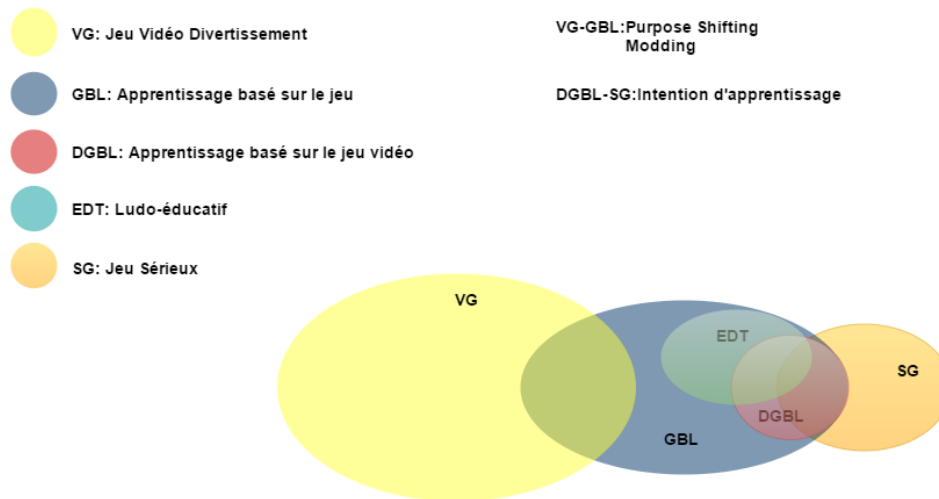


Figure 2.2 : Positionnement respectifs des jeux ludo-éducatifs, de l'apprentissage basé sur le jeu (GBL), du e-learning et des jeux sérieux.

Table 2.1 : Comparaison de ces types d'apprentissage selon certains critères.

	Première intention autre que le divertissement	Éléments ludiques	Gameplay	Purement ludique
Gamification	oui	Oui	non	non
Simulation	oui	Non	oui	non
Jeu sérieux	oui	oui	oui	non
Jeu vidéo	non	oui	oui	oui
GBL/DGBL	-	oui	-	non

2.3. Problématiques

Les jeux sérieux font l'objet de débats intenses, aussi bien au sujet de leur définition et de leur périmètre, mais plus encore sur leur efficacité réelle et leur intérêt.

Concernant leur définition, et comme Martin Lacombe l'a mentionné dans son mémoire : « la définition de jeux sérieux est loin d'être évidente, elle semble soumise à de nombreux débats chez les chercheurs, notamment au niveau du contenu et des mécaniques de jeu. » (Lacombe, 2013).

La question centrale concerne la validité de l'approche consistant à utiliser des jeux sérieux. Les GBL ont déjà suscité ce type de questionnement à l'époque où ils visaient essentiellement les enfants de niveau préscolaire et primaire en se concentrant sur l'apprentissage de la littérature, des mathématiques et des sciences. Van Eck pense que ces

applications peuvent être considérées comme ayant été un échec car elles ont conduit le plus souvent à une répétition excessive de compétences simples et isolées qui empêchent l'enseignant d'envisager un enseignement global du sujet traité (*drill-and-kill learning*) (Eck, 2006), (Papert, 1998), et qu'elles sont parfois décrites comme ennuyeuses.

D'autres chercheurs et enseignants critiquent également l'utilisation des jeux en tant qu'outil pour l'enseignement, comme Mitchel Resnick du laboratoire MIT Media (Resnick, 2004) :

"So why don't I like edutainment? The problem is with the way that creators of today's edutainment products tend to think about learning and education. Too often, they view education as a bitter medicine that needs the sugar-coating of entertainment to become palatable. They provide entertainment as a reward if you are willing to suffer through a little education. Or they boast that you will have so much fun using their products that you won't even realize that you are learning—as if learning were the most unpleasant experience in the world."

Une autre question concernant les jeux sérieux est leur intégration au sein des sessions d'enseignement. Ce type de jeu est-il propice à un apprentissage en autonomie ou doit-il faire au contraire l'objet de médiations entre l'apprenant et un enseignant ou un expert ?

Ces débats pointent du doigt certains problèmes et limitations connues de l'état de la recherche dans le domaine des jeux sérieux :

1. Peu d'études sont réalisées pour évaluer de façon systématique les produits existants. Il n'existe pas non plus de critères d'évaluation standardisés qui permettent de juger de la validité de ces études (Kelly, Howel, Glinert, & al., 2007).

Selon (Sawyer B. , 2004) , cette situation vient en partie du fait qu'il n'existe pas encore beaucoup de jeux sérieux professionnels pouvant générer des profits économiques. En termes de marché, les jeux sérieux représentent une quantité négligeable par rapport à l'industrie globale du jeu vidéo. (Gee, Deep learning properties of good digital games: How far can they go, 2009) a également souligné l'absence de principes forts concernant la conception de jeux sérieux. Si certains de ces principes peuvent être sans aucun doute repris des jeux vidéo classiques, il est évident que d'autres (*gameplay*) sont propres aux jeux sérieux. L'industrie manque de ce point de vue de produits étalon qui permettrait de dégager clairement certains de ces grands principes.

2. Peu d'études se sont attachées à mesurer quel était le degré réel de la motivation induite par le jeu en fonction des utilisateurs.

Celle-ci n'est manifestement pas identique pour tous. Certains utilisateurs sont réfractaires au jeu, d'autres au contraire ont l'habitude des produits triple-A (grosses productions vidéo ludiques) et sont déçus par les ambitions plus modestes des jeux sérieux en terme de divertissement. Ces types d'utilisateurs doivent consacrer plus d'efforts pour appréhender le jeu (Croizet, Despres, Gauzins, & al., 2004; Cardinu, Maass, Rosabianca, & al., 2005; Heeter, Lee, Magerko, & Medler, 2011) ce qui peut mener à une perte de motivation, à une réduction du temps de jeu et à une absence de concentration vis-à-vis du message proposé.

Au final, les verrous scientifiques et les recherches autour du design et du développement des jeux sérieux portent principalement sur les questions ci-dessous :

- Quel est le rôle exact des éléments ludiques dans l'apprentissage ? Pour quels types de connaissances sont-ils les plus pertinents ? Les connaissances acquises sont-elles aussi solidement ancrées que celle obtenues par un apprentissage classique ? Quels sont les effets négatifs ?
- Comment l'utilisation des jeux sérieux pour l'enseignement et l'apprentissage peut-elle être conceptualisée, modélisée ?
- Les jeux sérieux nécessitent-ils des méthodes de conception spécifiques ?
- A partir de connaissances métiers, comment générer en partie automatiquement des contenus et des scénarios propices à un apprentissage ? Ou dit autrement comment concevoir des architectures de jeux aptes à être alimentés par des connaissances et capables de les valider en évaluant les actions du joueur.
- Comment créer des jeux qui s'adaptent au profil du joueur, c'est-à-dire non seulement aux connaissances actuelles de l'apprenant mais à l'objectif pédagogique fixé par le formateur ?
- Comment réutiliser les travaux réalisés dans les sciences de l'éducation ?

2.4. Les jeux sérieux dans le domaine de la Santé

La santé est un des principaux domaines d'application des jeux sérieux. Ils sont utilisés pour la formation médicale, l'aide à la prévention, la rééducation et le suivi des patients, et viennent parfois en complément des grandes campagnes de communication de santé publique. Ils permettent la simulation du geste médical, par exemple en chirurgie, ils peuvent stimuler l'activité physique et mentale des patients, par exemple en kinésithérapie, ils permettent aux patients d'évaluer leur état de santé ou de comprendre leur plan de traitement, ils informent sur les comportements à adopter, par exemple quand un patient souffre d'une maladie chronique.

(Wattanasoontorn, Boada, García, & Sbert, 2013) ont proposé une classification de 109 jeux sérieux pour la santé sortis entre 2004 et 2012 selon quatre aspects : l'objectif du jeu, ses fonctionnalités, la maladie du joueur et son état de santé, organisés selon trois éléments : le joueur, la santé et l'application. La Figure 2.3 illustre le principe de cette classification.

- Joueur
 - Professionnel/Non professionnel
 - Malade/non-malade
- Santé
 - Monitoring (étape de prévention)
 - Détection (étape pré symptomatique)
 - Traitement, thérapie (étape maladie clinique)
 - Réhabilitation (post-étape)
- Jeu sérieux
 - Un outil pour transmettre des connaissances ou des compétences de santé
 - Simulation pour la formation de personnel

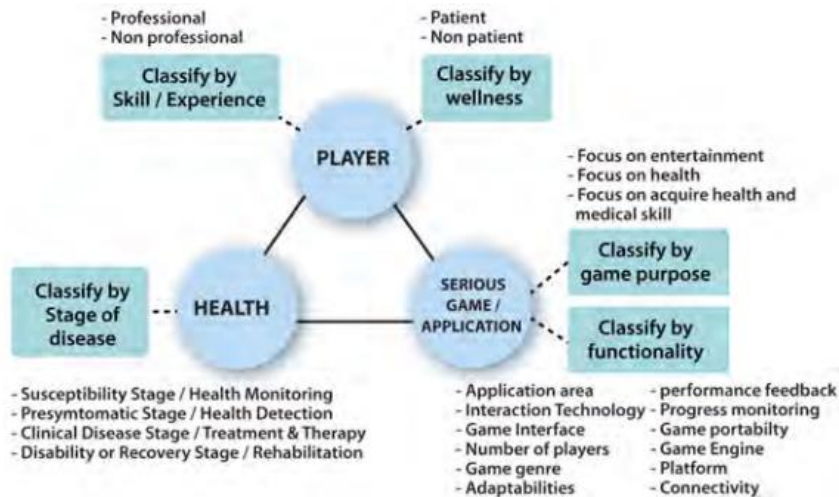


Figure 2.3 : La classification des jeux sérieux par (Wattanasoontorn, Boada, García, & Sbert, 2013)

Cette classification a cependant des limites. Tout d'abord, les critères ne sont pas indépendants. Par exemple, pour qu'un jeu sérieux soit classé selon le critère « Réhabilitation » dans la dimension santé, la dimension « joueur » ne peut être que « patient ». Par conséquent l'intersection de certaines dimensions est vide. Deuxièmement, Les critères proposés sont trop nombreux de sorte qu'ils ne sont pas analysés en fonction de plusieurs critères mais seulement d'un seul.

Nous proposons donc une méthode de classification plus générique qui ne dépend que de l'intention. Nous l'utilisons pour décrire l'état actuel du marché des jeux sérieux dans le domaine de la santé, en présentant les principaux produits existants classés selon quatre catégories principales:

- Les jeux dédiés à l'exercice mental et physique des patients ;
- Les jeux pour la formation des personnels de santé ;
- Les jeux pour la prévention et la promotion des bonnes pratiques de santé ;
- Les jeux dédiés à la lutte contre la douleur.

2.4.1. Les jeux sérieux pour la réhabilitation et l'exercice des patients

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la « réhabilitation » est un dispositif destiné aux personnes handicapées qui leur permet d'atteindre et de garder leurs

niveaux fonctionnels physique, sensoriel, intellectuel, psychologique et social; ce dispositif comprend les outils nécessaires à leur autonomie.

Selon la *British Society of Rehabilitation Medicine* (Turner-Strokes, 2003), la réhabilitation peut être définie en termes de concept et de service. Sa définition conceptuelle est « un processus de changement actif par lequel une personne qui est devenu invalide acquiert les connaissances et les compétences nécessaires pour la fonction physique, psychologique et social optimal ». Sa définition en terme de service est « L'utilisation de tous les moyens afin de minimiser l'impact des conditions invalidantes et à aider les personnes handicapées à atteindre un niveau souhaitée d'autonomie et de participation à la société »

Pour qu'une réhabilitation soit efficace, elle doit être précoce, intensive et répétitive, ce qui introduit des difficultés dans le programme de réhabilitation. Les problèmes connus sont (Haux, 2006), (Gonçalves, Dos Santos, Consoni, & Siqueira, 2014), (Rego, Moreira, & Reis, 2010), (Burke, McNeill, Charles, Morrow, A Crosbie, & McDonough, 2009):

- Des coûts sociaux élevés ;
- Des difficultés à maintenir la motivation et l'intérêt des patients à cause de la répétitivité des tâches, ce qui mène parfois à l'abandon du programme de traitement avant la fin ;
- Des coûts économiques élevés dus à l'intervention régulière de professionnels de santé pendant la durée de la réhabilitation.

Les jeux sérieux sont utilisés pour palier au moins en partie certains de ces problèmes. Ils se présentent souvent sous la forme de mini-jeux vidéo nécessitant pour gagner d'exercer telle partie du corps ou de réaliser une certaine activité mentale. En comparaison avec les méthodes thérapeutiques traditionnelles, les jeux sérieux ont l'avantage de susciter plus de motivations de la part des patients dans la mesure où le jeu proposé leur paraît digne d'intérêt. L'aspect répétitifs des activités obligatoires se marie bien avec la possibilité de rejouer pour améliorer son score ou de défier d'autres adversaires. Le jeu joue alors le rôle du professionnel de santé tant sur la démonstration des gestes à accomplir que sur l'encouragement à le faire.

Techniquement, les jeux sérieux de ce type sont souvent accompagnés de capteurs permettant de récupérer des informations sur leurs utilisateurs tels que la vitesse des mouvements, la position ou la rotation d'une ou plusieurs parties du corps comme les yeux,

les jambes, les bras. Certains capteurs s'intéressent aux signaux électro-encéphalogramme (EEG) afin de connaître les parties du cerveau actives, ou de détecter des émotions. La technologie EEG est aussi utilisée dans les jeux sérieux pour que le niveau de difficultés s'adapte aux utilisateurs. Par exemple, (Kronegg, Chanel, Voloshynovskiy, & Pun, 2007) (Wang, Sourina, & Nguyen, 2010) (Chanel, Rebetez, Bétrancourt, & al., 2011) ont utilisé les EEG pour déterminer les émotions du joueur comme par exemple l'ennui ou l'anxiété afin d'ajuster le niveau de difficulté du jeu.

Plusieurs jeux sérieux pour la réhabilitation se sont révélés pertinents. Par exemple, (Betker, Desai, Nett, & al., 2007) ont présenté un jeu en deux dimensions sur la plateforme « Body Weight Movement » destiné aux patients victimes de blessures à la tête ou au niveau de la moelle épinière. L'étude s'est faite sur trois patients souffrant de paraplégie complète et de lésion cérébrale traumatique. Le résultat a montré une motivation accrue pour effectuer les exercices proposés par le jeu menant à une augmentation de l'équilibre.

(Broeren, Sunnerhagen, & Rydmark, 2009) ont fait une étude sur cinq patients victimes d'un AVC (Accident vasculaire cérébral) en utilisant un dispositif haptique et des lunettes stéréoscopiques dans un environnement de réalité virtuelle en trois dimensions. Les patients ont été invités à utiliser le dispositif trois fois par semaine pendant 45mn et sur une période de cinq semaines. La phase de suivi a eu lieu 12 jours plus tard. Le résultat a montré que des améliorations ont été notées dans la vitesse, le temps et la précision du mouvement de la main. Un patient a montré une amélioration de la performance au travail et dans ses activités quotidiennes. Les auteurs concluent que cette application basée sur la réalité virtuelle peut être utile dans l'évaluation et l'entraînement des patients après un AVC.

(Ma & Bechkoum, 2008; Ma & Zheng, 2011) ont également utilisé la réalité virtuelle pour venir en aide à des patients victimes d'AVC et dont les membres inférieurs avaient été atteints. En utilisant des dispositifs de détection des mouvements, ils ont mené une étude sur huit patients souffrant d'hémiplégie sous la forme de dix sessions d'exercices. Pendant ces sessions, la moitié des patients ont réalisé des exercices traditionnels tandis que l'autre moitié les a complétés en utilisant un dispositif de réalité virtuelle. Le résultat a montré que ce dernier groupe avait plus progressé que le premier tout en trouvant le jeu intéressant.

Toujours avec le même type de patients, (Cargnin, Cordeiro d'Ornellas, & Cervi Prado, 2015) ont proposé un jeu sérieux utilisant des techniques de rétroaction biologique pour améliorer la motivation du joueur. Le retour d'expérience réalisé auprès de quarante-huit

patients a montré un effet positif de ce jeu développé avec le Framework Unity3D et utilisant la *Kinect* pour détecter les mouvements.

Pour finir citons deux outils effectivement utilisables car sortis sur le marché, à savoir les logiciels *Hammer&Planks* (Fourcaud, 2013) et *Voracy Fish* (voracyFish, 2013). Ces produits sont des outils de rééducation qui obligent le patient à effectuer certains mouvements pour atteindre les objectifs du jeu (Figure 2.4).



Figure 2.4: A gauche, le logiciel *Hammer & Planks* en cours d'utilisation, à droite une capture d'écran de *Voracy Fish*

2.4.2. Les jeux sérieux pour la formation des personnels de santé

Les jeux sérieux dédiés à la formation médicale se présentent le plus souvent sous la forme de simulations. Un jeu de simulation est un jeu vidéo qui reproduit une activité ou une action dans divers environnements. En ce qui concerne le domaine de la santé, les simulations portent notamment sur les situations d'urgences, les soins critiques, les opérations chirurgicales, les crises sanitaires, les catastrophes naturelles nécessitant de gérer un grand nombre de blessés, etc. (Graafland, Schraagen, & Schijven, 2012). Les technologies permettant de fabriquer des environnements virtuels sont souvent utilisées afin de rendre la simulation la plus réaliste possible (Knudson, Khaw, Bullard, & al., 2008) (Wallin, Meurling, Hedman, Hedegård, & Felländer-Tsai, 2007) (Knight, Carley, Tregunna, & al., 2010).

Les jeux sérieux permettent aux formations d'avoir lieu dans un environnement maîtrisé pouvant représenter une grande variété de cas, sans risques de dommage pour les patients ou le matériel.

Par exemple, *EHPAD'Panic* (genious-healthcare.com) est dédié de la formation à distance pour le personnel en EHPAD (établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes). Il permet au joueur de développer des capacités de communication et un

comportement adapté face à des patients atteints de la maladie d'Alzheimer. Au cœur d'un EHPAD virtuel, le joueur incarne un(e) infirmier(e) ou un(e) aide-soignant(e) et doit faire face à des situations complexes qu'il va falloir résoudre : prise de médicaments, refus des soins, crise de panique etc. (Figure 2.5).



Figure 2.5 : Capture d'écran *EHPAD PANIC*

L'entreprise *BreakAway Games vHealthCare* (BreakawayGames) a développé plusieurs produits autour de la formation des personnels dans le domaine de la santé. C'est le cas de *Pulse!* dans lequel les professionnels de santé peuvent s'entraîner dans un bloc urgence reconstitué en 3D pour s'exercer à des gestes médicaux complexes et acquérir des compétences afin de mieux répondre aux blessures subies lors d'incidents. Dans cette application, des patients virtuels peuvent être examinés et diagnostiqués (sous la forme de formulaires à remplir) et le joueur peut proposer des traitements sous la forme de choix scriptés. Un outil auteur permet de créer des cas personnalisés en rendant possible la modification de l'environnement virtuel, de la pathologie et de l'apparence du patient virtuel, et l'édition de scripts pour spécifier un scénario et le comportement de personnages non-joueur.

Un autre exemple de création issue de cette entreprise est *Virtual Dental Implant Trainer* qui permet de s'entraîner aux opérations dentaires.



Figure 2.6: Captures d'écran de *Pulse!* (à gauche) et de *Virtual Dental Implant Trainer* (au milieu et à droite)

L'entreprise *Interaction Healthcare* a quant à elle conçu une application pour la formation en consultation. La simulation permet à l'utilisateur de dialoguer et de consulter le profil de son patient, de pratiquer un examen clinique, de prescrire des examens et des traitements, de faire des recommandations au patient, etc. D'autres actions sont possibles comme appeler un confrère, mettre en place un protocole de surveillance...

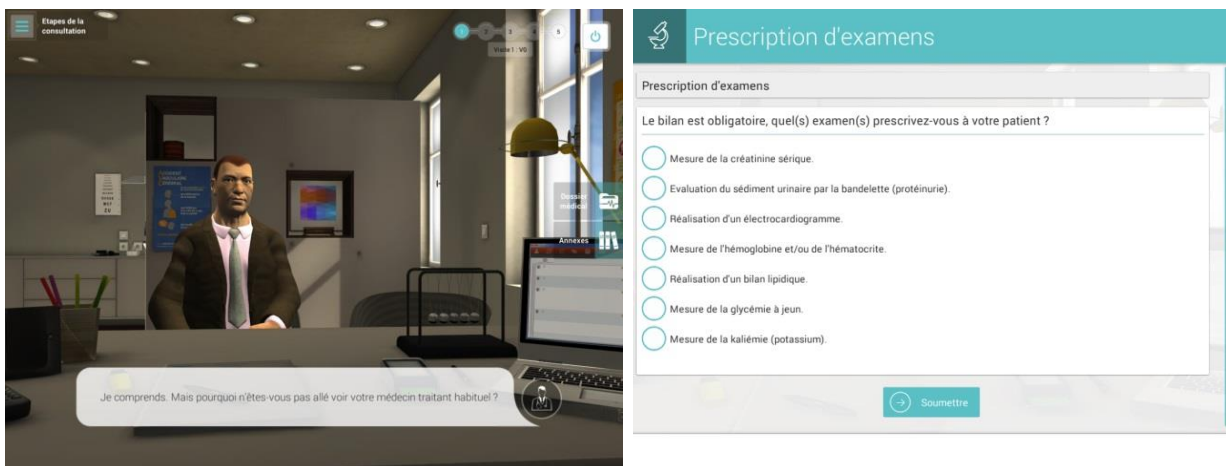


Figure 2.7: Capture d'écran de *Medicactiv* : dialogue avec le patient (à gauche), analyse et traitement (à droite)

Cependant, il convient de distinguer les jeux sérieux à base de simulations des simulations tout court. Ces dernières visent à recréer des environnements réalistes dans lequel l'apprenant doit se comporter comme en situation professionnelle. Dans ce cas, les éléments ludiques sont peu présents voire totalement absents. Nous considérons par conséquent que ce type de simulations ne peut pas prétendre à l'appellation de jeux sérieux. Une liste de produits concernant cette catégorie est donnée par le Table 2.2, la colonne *Genre* précisant si le jeu correspond à notre définition d'un jeu sérieux ou s'il se comporte purement comme un simulateur.

Table 2.2 : Produits pour la formation en santé, différence entre simulateurs et jeux sérieux.

Produits	Genre
CliniSpace Nursing ¹	Simulation
Blitz games studios TruSims ²	Simulation
Interaction Healthcare Medicactiv ³	Simulation
BreakAway Games vHealthCare ⁴	Simulation
genious-healthcare EHPAD'PANIC ⁵	Jeu sérieux

2.4.3. Les jeux sérieux pour la prévention et la promotion des bonnes pratiques de santé

Ce type de jeux sérieux vise à éduquer, motiver et sensibiliser les joueurs. Les cibles sont en priorité les patients atteints de maladies chroniques et les personnes particulièrement sensibles à certains problèmes de santé. Certains jeux sérieux ciblent également le grand public sur des sujets comme l'alcool, la cigarette, ou les maladies sexuellement transmissibles. La forme de ces jeux nous permet de les classer en différentes catégories :

1. Ceux destinés aux patients atteints d'une certaine maladie et conçus pour apprendre à la gérer correctement : liste des gestes à faire et à ne pas faire, comportements de précautions à adopter en collectivité, alimentation, hygiène... Un bon exemple de ce type de jeu est « Re-mission »⁶ et « Re-mission 2 »⁷, un jeu destiné aux enfants pendant ou après leur thérapie contre le cancer.
2. Les jeux destinés au grand public et visant à promouvoir une vie saine. Ces jeux illustrent les comportements à risque de façon à faire prendre conscience des modifications à adopter pour améliorer sa santé. Citons par exemple, « *Hungry Red planet* »⁸ et « *Nanoswarm* »⁹ qui traitent des bonnes habitudes alimentaires. Même s'ils ne sont pas dans la même catégorie, ce type de jeux s'associe très bien aux jeux induisant certaines activités physiques comme les « *ExcerGame* ».

¹ <http://healthysimulation.com/5499/clinispace-offers-healthcare-training-applications-engine-platform/>

² <http://www.trusim.com/>

³ <http://www.medicactiv.com/fr/>

⁴ <http://www.breakawaygames.com/>

⁵ <http://www.ehpad-panic.com/fr/accueil/>

⁶ www.re-mission.net/

⁷ <http://www.re-mission2.org/>

⁸ <http://www.mobygames.com/game/hungry-red-planet>

⁹ <http://www.archimage.com/portfolio-screeningroom-nanoswarm.cfm>

3. Les jeux destinés aux personnes fragiles et ayant pour but de prévenir ou de retarder l'apparition de maladies physiques et mentales. Ces jeux sont souvent conçus et utilisés pour travailler la mémoire, développer des compétences analytiques et stratégiques etc. (Mitchell & Savill-Smith, 2004)

Une grande partie des jeux de prévention sont des « *ExcerGame* », qui demandent aux joueurs de réaliser certaines activités physiques afin par exemple d'améliorer leur endurance cardio respiratoire, leur état musculaire et osseux et de réduire le risque de maladies non transmissibles comme le diabète, les maladies cardio-vasculaires, les risques de dépression ou de détérioration des fonctions cognitives (Anderson-Hanley, Arciero, Brickman, & al., 2012). Ces *ExcerGame* sont en effet des jeux qui peuvent être associés à des éléments matériels comme par exemple des tapis de danse, des vélos stationnaires ou des capteurs de mouvement. Les exercices physiques réalisés sont rendus plus attrayant par l'usage simultané du jeu.

2.4.4. Les jeux dédiés à la distraction pour lutter contre la douleur aiguë

D'autres utilisations des jeux sérieux concernent la thérapie de distraction. Il s'agit par exemple de pouvoir adoucir la douleur ou de diminuer la panique et l'anxiété anticipatoire avant certaines procédures médicales comme la chirurgie.

Un jeu célèbre de ce type est par exemple *SnowWorld*. Il s'agit d'une application en réalité virtuelle (VR) destinée au patient brûlé qui se présente sous la forme d'un jeu de tir à la première personne où le joueur est armé de boules de neige et tire sur des bonhommes de neige. D'après Kirk qui a étudié ses effets, « *Sur (le patient) Brown, le jeu a été plus efficace que de la morphine en lui procurant une grande atténuation de sa douleur.* D'après Bosch (Bosch, 2012) des soldats ont signalé des baisses significatives de leur douleur en étant immergés dans *SnowWorld* (76% de réduction contre 22% sans l'utiliser).

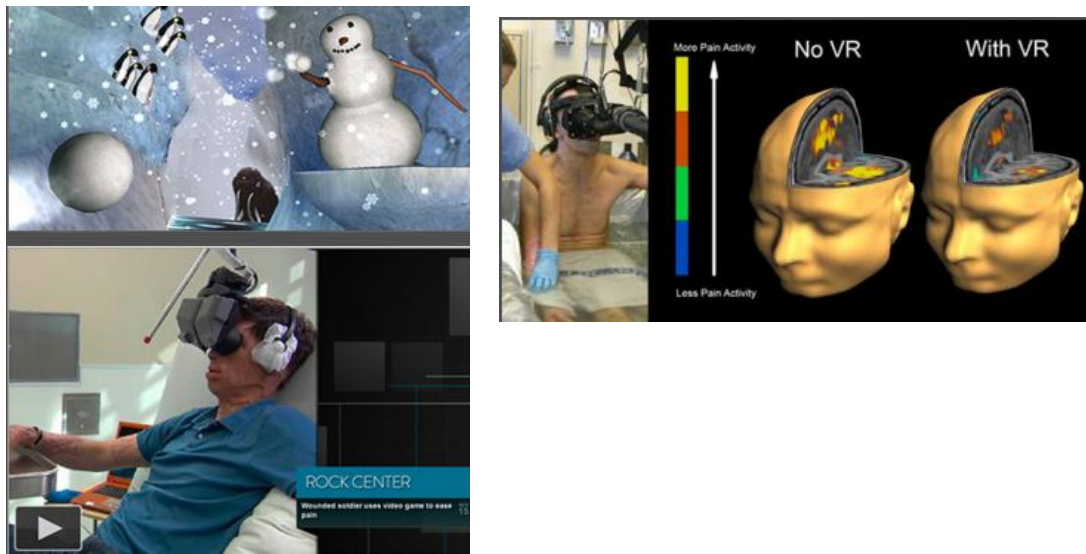


Figure 2.8: Captures d'écran issues de *SnowWorld*. Le scan du cerveau démontre une réduction significative de la douleur liée à l'activité du cerveau (HITLab & Psychology, 2004).

2.5.Synthèse du chapitre

Comme nous l'avons vu dans ce chapitre, l'utilisation d'éléments ludiques pour transmettre des contenus sérieux est étudiée depuis longtemps et est toujours en cours de développement. Le terme de jeux sérieux permet d'englober l'ensemble de cette démarche où le jeu est utilisé pour d'autres objectifs que le divertissement. Pour notre part, et comme nous l'avons identifié section 2.1 (page 18), nous considérons les jeux sérieux comme une nouvelle génération du jeu vidéo prenant en compte dès l'origine à la fois l'objectif ludique et l'objectif réel. Ce dernier peut être de transmettre un message (*advergame*), de réaliser un apprentissage, ou de de réaliser quelque chose (comme par exemple dans *foldit*¹⁰ ou *Reveal* (L'Oréal, 2010)).

Le *Game Base Learning* (GBL) est une forme d'utilisation de jeu pour l'apprentissage et la formation, alors que le *Digital Game Base Learning* (DGBL) est sa variante numérique. Les jeux de type *Edutainment* constituent la première génération de DGBL dans les années 1980-90.

¹⁰ Site de jeu Foldit : <https://fold.it/>

Ainsi nous pouvons mettre à jour une taxonomie classant les jeux ayant une autre intention que le pur divertissement. Nous la présentons Figure 2.9.



Figure 2.9 : Classification de l'utilisation de jeux pour une autre intention que le divertissement.

Les jeux sérieux sont développés et utilisés dans beaucoup de domaines. Dans notre étude, nous avons identifié plusieurs travaux et projets relatifs à la conception et au développement des jeux sérieux dans le domaine de la santé. Nous pouvons ainsi les classer en trois catégories selon leur cible et la nature de leur intention, puis les analyser en fonction de deux aspects propres aux jeux sérieux : l'aspect ludique et l'aspect sérieux. Cependant, parmi les travaux identifiés, peu s'appuient sur des objectifs qui se rapprochent de notre problématique (page 25).

Les jeux sérieux ne sont pas des produits faciles à développer. Ils nécessitent un design complexe et leur coût de mise au point est élevé. De ce fait ils sont encore peu répandus dans les milieux de l'éducation. Pour lutter contre cela, la tendance est à la création d'outils devant permettre de simplifier leur création.

En tant que jeux, les jeux sérieux ont naturellement l'avantage d'être doté d'un attrait supérieur aux autres approches. Dans certains cas ils simulent un environnement de travail réel qui permet une interaction plus concrète et ludique, ce qui rend la formation plus attractive, motivante et renforce ainsi l'efficacité de l'apprentissage.

En revanche, les produits actuels ne font pas toujours l'unanimité et certaines voix s'élèvent pour contester l'efficacité présumée des jeux sérieux pour l'apprentissage. Ces doutes s'expriment d'autant plus clairement que peu de travaux se sont attachés à évaluer systématiquement leur effet. L'utilisation des jeux sérieux rencontre également les mêmes limites que d'autres applications plus anciennes comme le GBL dans le e-learning, notamment sur la bonne transmission des contenus sérieux tout en maintenant la motivation des joueurs apprenants.

En résumé, les jeux sérieux sont des produits en pleine évolution mais dont les méthodes de développement sont encore immatures (Table 2.3). C'est pourquoi le chapitre suivant s'attache à analyser les différentes méthodes de conception de jeux en gardant à l'esprit les problématiques exposées jusqu'ici.

Table 2.3 : Intérêt et limites des jeux sérieux

Avantages potentiels	Limites
Environnement sans risque	Conception complexe
Flexibilité	Couteux (temps et financement)
Motivation	Non approprié pour certains
Monitoring	
Autonomie	Absence du formateur

Chapitre 3 Processus de conception de Jeux Sérieux

La conception de jeux sérieux est un domaine qui a mis du temps à se distinguer de celui des jeux vidéo classiques. Nous allons voir que celui-ci nécessite pourtant des méthodes de conception originales propres à marier les aspects utilitaires et ludiques en respectant un bon équilibre entre ces deux aspects.

Cela implique l'utilisation de compétences adéquates en *game design*, ainsi que celle de compétences pédagogiques ou formatives afin d'intégrer des mécanismes d'acquisition de connaissances à un support conçu initialement uniquement pour le jeu. Cette dernière partie nécessite de pouvoir modéliser les connaissances cibles de l'apprentissage.

Ce chapitre a donc pour objectif de présenter les différents travaux de recherche permettant la conception de jeux et de jeux sérieux en les classant en trois parties :

- Les travaux sur le Game Design
- Les travaux sur la modélisation des connaissances
- Les travaux portant sur les techniques d'implémentation des jeux

Dans une quatrième et dernière partie, nous présentons également des travaux relatifs à l'intelligence artificielle (IA) en nous focalisant sur ceux permettant d'animer des personnages virtuels. Cette partie est nécessaire pour traiter une des problématiques de notre thèse à savoir l'injection dans le jeu d'un mécanisme permettant le développement des compétences communicationnelles.

3.1. Game Design

Le « *Game Design* » est défini par Dajouti comme « *La phase de conception d'un jeu, distincte de celle de la fabrication.* » (Djaouti D. , 2011).

Dans le processus de création d'un jeu vidéo, la notion de *gameplay* (ou jouabilité ou encore système de jeu) est au cœur du *game design*, ainsi que le précise Prensky dans « *Great games are about Gameplay.* » (Martens, Diener, & Malo, 2008; Prensky, 2002). Il s'agit des éléments qui caractérisent l'expérience ludique, tels que les règles du jeu, les interactions possibles, les différents niveaux de difficulté, etc. Le *gameplay* ne doit pas être confondu avec

l'interface graphique qui définit l'attrait visuel du jeu, ce que (Prensky, 2001) nomme le côté *eyes candy* (Squire, 2010).

Le *gameplay* est donc l'élément essentiel qui va agir sur l'accroche du joueur et sa motivation pour aller jusqu'au bout du jeu.

Au sein de l'industrie du jeu vidéo, la phase de *game design* est bien connue et de nombreuses méthodes pour la réussir ont été mises au point (Salen & Zimmerman, 2004; Djaouti D. , 2011; De Prato, Feijoo, Nepelski, Bogdanowicz, & Simon, 2010; Marfisi-Schottman, 2012; Marfisi-Schottman, Sghaier, Georges, Patrick, & Tarpin-Bernard, 2009). Les domaines d'expertises concernent ici la conception d'univers (*world design*), de niveaux (*level design*), d'interfaces homme-machine, etc.

3.1.1. Problématiques spécifiques aux jeux sérieux

Bien que les jeux sérieux soient aussi des jeux, leurs conceptions se distinguent. Les problèmes et difficultés rencontrés par les concepteurs de jeu sérieux portent notamment sur trois points.

Tout d'abord, comme (Kelle, Klemke, & Specht, 2011) l'a noté, la conception de jeux est complexe, laborieuse et coûteuse. Bien qu'il existe quelques approches théoriques tels que celles de (Crawford, 1984; Bates & Lamothe, 2001; Bergeron B. , 2006; Rouse III, 2010), les méthodes sont essentiellement empiriques car les concepteurs de jeux ont besoin d'expérimenter, de tester et de revenir sur leurs choix avant de pouvoir aboutir à la création d'un jeu. Cette démarche s'accorde mal aux besoins de développement de jeux sérieux qui nécessitent des modèles de conception réutilisables afin de pouvoir prendre en compte la dynamique et la variété des objectifs pédagogiques, qui peuvent évoluer au-delà objectifs initiaux. Un *game design* générique capable de s'adapter à différents domaines est donc nécessaire (Jovanovic, Starcevic, Stavljanin, & Minovic, 2008).

Ensuite les éléments nécessaires pour rendre un jeu attirant ne correspondent pas nécessairement avec ceux nécessaires à un apprentissage efficace et peuvent même s'opposer. Par exemple, les jeux vidéo en monde ouvert misent sur des interactions libres entre le joueur et l'environnement afin de renforcer son immersion. L'apprentissage au contraire nécessite des activités plus guidées avec des pauses dans l'action pour permettre aux joueurs de prendre le temps de réfléchir et de consolider leurs connaissances. Par conséquent, la conception des jeux sérieux se focalise sur les approches qui visent à obtenir un bon équilibre entre les

éléments ludiques et les contenus à transmettre aux joueurs. C'est la combinaison nécessaire de ces éléments qui rend spécifique le *game design* propre aux jeux sérieux et qui conduit à mettre au point des méthodes visant à faciliter leur création.

Enfin, des recherches récentes montrent que les acteurs du domaine sont d'accord sur le fait que le développement de jeu sérieux nécessite une collaboration poussée entre différentes disciplines (Tran & Biddle, 2008; Marfisi-Schottman, 2012; De Gloria, Bellotti, & Berta, 2014). Comme le mentionne par exemple (Huynh-Kim-Bang, Wisdom, & Labat, 2010) : si le jeu sérieux est essentiellement conçu par le *game designer*, il sera sans doute très amusant mais l'acquisition de connaissances ne sera pas évidente pour ses utilisateurs. Si à l'inverse il est conçu initialement par des formateurs, l'apprentissage sera freiné par le manque d'aspects ludiques pouvant motiver l'apprenant. Par conséquent, et contrairement aux jeux classiques où le *game designer* est l'élément moteur du développement d'un jeu, les jeux sérieux nécessitent dès le départ une co-conception entre celui-ci et un expert pédagogique, au sein d'une architecture pensée pour faciliter cette collaboration.

Voyons à présent les principales avancées de ces dernières années concernant la phase de *game design* des jeux sérieux.

3.1.2. Méthodes existantes

Les recherches récentes exposent un ensemble de critères qui doivent être pris en compte par les concepteurs de jeux sérieux. Ces critères visent à permettre de mettre en cohérence le contenu des jeux avec leurs objectifs utilitaires, ainsi que de vérifier la bonne transmission des connaissances. D'autres recherches s'intéressent aux questions liées à la motivation du joueur, où les jeux sérieux semblent disposer d'un potentiel important.

Dans sa thèse, Djaouti distingue deux dimensions intéressant le *game design* : la dimension théorique et la dimension technique. La dimension théorique englobe les méthodologies de conception et les outils de réflexion. La dimension technique quant à elle comprend les outils et les logiciels qui permettent de créer ou de modifier les jeux (Djaouti D. , 2011). Selon Djaouti, les jeux sérieux ne se distingueraient pas des jeux vidéo sur le plan technique, mais le seraient plutôt selon la dimension théorique. Le processus de conception de jeux sérieux se distingue de celui du jeu vidéo par la présence d'une étape supplémentaire : la définition du contenu sérieux à transmettre. De ce point de vue, Djaouti postule que les approches de « Game Design » classiques seraient applicables au « Serious Game Design ».

Pour contextualiser cette vision par rapport au sujet de notre thèse, rappelons que l'objectif de notre projet est de former des pratiquants à des compétences communicationnelles, une partie importante de cet apprentissage se faisant grâce à un simulateur de conversation. La partie théorique de notre *game design* concerne la conception du moteur de dialogue nécessaire à ce simulateur avec en particulier l'identification des éléments pertinents à la représentation d'une conversation médecin-patient. La dimension technique quant à elle concerne la représentation visuelle de l'environnement, l'animation des différents acteurs du jeu ou encore les moyens d'interaction du joueur.

Seule la dimension théorique concerne notre étude. Son périmètre se rapproche de celui de domaines connexes comme le *Narrative Story Telling*, l'*Intelligent Tutoring System (ITS)*, ou encore l'animation de personnages virtuels. Les méthodes développées dans ces derniers domaines peuvent être utilisées pour répondre aux problématiques propres à notre sujet.

Continuons donc notre étude en présentant les travaux de recherche liés à cette dimension théorique et en les divisant en deux groupes : ceux qui s'intéressent à la motivation du joueur et ceux qui traitent des *design pattern*.

3.1.2.1. Travaux centrés sur la motivation du joueur

(Gee, 2014; Prensky, 2001) affirment que la motivation générée par les jeux vidéo combinée avec des contenus pédagogiques rendent l'apprentissage plus efficace. Il est donc essentiel d'après eux d'identifier précisément ce que le jeu fait d'amusant et d'agréable. Nous présentons ici un tour d'horizon des travaux qui traitent de la motivation du joueur, en étudiant les mécanismes du jeu qui l'influencent et la relation entre cette motivation et l'apprentissage.

Tout d'abord, comme nous l'avons identifié Chapitre 2, un jeu sérieux est d'abord un jeu. Ainsi que le définissent (Salen & Zimmerman, 2004; Prensky, 2001), ses composants clés sont ses objectifs, ses règles, ses résultats et rétroactions, le challenge qu'il propose, les interactions possibles et son histoire. Plus précisément, selon Prensky et cité par (Malone, 1981), les six caractéristiques clés menant à un jeu motivant sont : des règles, des buts et des objectifs bien définis, des résultats (*outcome and feedback*) clairs, un challenge à accomplir menant à des conflits ou à de la compétition, des moyens d'actions pour le joueur permettant des interactions sophistiquées, un aspect visuel agréable et une narration intéressante. (Jones,

1998) pour sa part se base sur la théorie du *flow* pour mettre en évidence huit caractéristiques qui sont : la tâche que le joueur doit accomplir, sa capacité à se concentrer sur cette tâche, la clarté des objectifs de la tâche, le retour d'expérience et sa caractéristique temps réel, l'immersion qui doit se faire sans effort, le sentiment de pouvoir contrôler les événements, le fait que le sentiment de soi disparaît pendant le flow mais qu'il est renforcé après l'activité, et enfin l'altération du passage du temps pendant le jeu.

(Weitze & Ørngreen, 2012) présentent de leur côté un modèle destiné à la conception de jeux pour l'apprentissage dans lequel ils proposent des critères et des éléments importants pour éveiller la motivation du joueur. Leur recherche est basée sur une étude de cas visant à concevoir un jeu dont l'objectif est d'apprendre à jouer au piano aux enfants. Leur système de motivation est catégorisé par trois facteurs : la curiosité, la compétence et la relation sociale. Là encore ce système de motivation se traduit par six éléments ludiques : *le but, les actions, les règles, les choix, le challenge et le feedback*.

(Mariais, 2010) définit les « ressorts de jeu » à travers la description d'un scénario pour la conception d'un jeu de rôle pour l'apprentissage (LRPG - Learning Role Playing Game) basé sur des cartes à jouer (*board game*). Il identifie les caractéristiques fondamentales qui poussent le joueur à jouer, à agir et à s'investir dans le jeu. Ainsi, les mécanismes du jeu doivent permettre la mise en œuvre de différents ressorts agissant sur la motivation et l'engagement du joueur. Au total, six ressorts sont identifiés : *être en compétition, jouer un rôle, être soumis au hasard, gérer une situation de crise, agir collectivement et être reconnu*. L'expérimentation avec 56 participants a montré que le jeu était plutôt une réussite (environ 65% d'avis positifs) (Pernin, Michau, Mandran, & Mariais, 2012). Ainsi les concepteurs pourraient se baser sur ces six éléments pour définir des mécanismes de jeu motivants.

Citons aussi les études de (Dickey M. D., 2006; Dickey M. D., 2005; Dickey M. D., 2011; Fisch, Making educational computer games educational, 2005; Waraich, 2004) qui attribuent la motivation au contexte narratif du jeu, alors que (Amory, Naicker, Vincent, & Adams, 1999; Denis & Jouvelot, 2005; Jennings, 2001) la relie plutôt aux objectifs et aux récompenses présents dans le jeu, voire pensent qu'elle est intrinsèque à l'acte de jouer (Dondlinger, 2007).

D'autres travaux se concentrent sur l'aspect psychologique de l'acte de jouer. (Przybylski, Rigby, & Ryan, 2010) postulent par exemple que le jeu vidéo satisfait les mécanismes psychologiques liés au besoin *d'autonomie, de preuve de compétence et*

d'insertion dans une communauté. Les résultats de leurs expérimentations montrent aussi que les degrés de satisfaction sont différents en fonction de profil du joueur et du contenu des jeux.

(Tekofsky) classe les récompenses psychologiques offertes par le jeu vidéo en trois ensembles : *Satisfaction, Reconnaissance et Réalisation*. Le contenu de ces trois ensembles et leurs intersections sont présentés Figure 3.1.

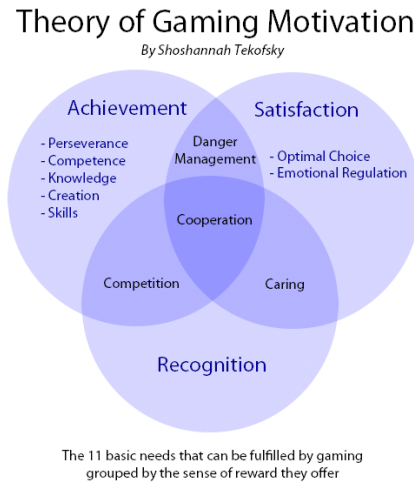


Figure 3.1 : Théorie de Shoshannah Tekofsky sur les sources de motivation dans le jeu.

(IJsselsteijn, De Kort, Poels, Jurgelionis, & Bellotti, 2007) utilisent la théorie du *flow* de Csikszentmihalyi (Csikszentmihalyi, 1991) pour expliquer comment le jeu vidéo permet aux joueurs d'atteindre cet état. Cette théorie postule que les individus prennent plus de plaisir quand ils sont dans un état de concentration ou d'absorption complète dans une activité. En se conformant à cette même théorie, (Sweetser & Wyeth, 2005) proposent un modèle de conceptualisation du *flow* pour les jeux (« *Gameflow* ») basé sur huit éléments : *concentration, challenge, compétences, contrôle, clarté des objectifs et feedback*.

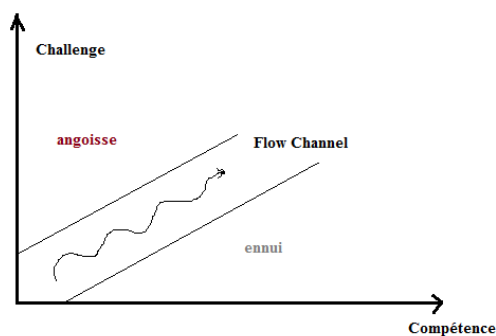


Figure 3.2: Théorie de maintien du flow en fonction de la compétence et du challenge

Cependant, une autre étude infirme cette hypothèse en montrant qu'un challenge raisonnable procure plus de motivation et de temps de jeu qu'un défi plus difficile (Lomas, Patel, Forlizzi, & Koedinger, 2013). En effet, au cours de deux sessions regroupant respectivement 10 000 et 70 000 sujets, les joueurs étaient plus motivés et ont joué plus longtemps quand la difficulté du jeu était facile, ce qui remettait en cause l'efficacité de l'apprentissage concernant des notions plus ardues.

Associant aspect psychologique et éléments ludiques, (Garris, Ahlers, & Driskel, 2002) analysent les caractéristiques des jeux et en proposent une classification sous six critères : degré de fantaisie, règles/goals, stimuli sensoriels, challenge, mystère et possibilité de contrôle.

Toujours dans un objectif de classification, (Amory, Naicker, Vincent, & Adams, 1999) examinent quatre différents types de jeux et répertorient les éléments que les joueurs apprécient le plus. Les jeux d'aventure et ceux de stratégie se sont révélés comme étant les types de jeu les plus stimulants, constatation qui suggère que les joueurs préféreraient ou seraient plus motivés par des jeux dotés d'objectifs nécessitant un degré supérieur de pensée et mobilisant des stratégies créatives de résolution et de prises de décision.

Les travaux présentés jusqu'ici se concentraient sur les jeux et les technologies eux-mêmes. Une autre classe de travaux se focalise sur le profil du joueur et tente de caractériser l'expérience du *gameplay* en fonction de ce profil. Parmi ces derniers travaux, on peut citer (Cowley, Charles, Black, & Hickey, 2008) qui ont par exemple étudié comment les joueurs réagissent aux défis du jeu tandis que (Orvis, Horn, & Belanich, 2008) ont examiné les caractéristiques des joueurs qui influencent l'efficacité des jeux sérieux en terme d'apprentissage.

(Brusilovsky & Millán, 2007) s'attaquent à la modélisation des différents types de joueur de façon à pouvoir créer des systèmes éducatifs adaptatifs. Leur modèle est construit en trois couches : qu'est-ce qui est modélisé, comment les informations sont représentées et combien de modèles différents sont conçus. La première couche est la plus intéressante et est composée des éléments suivants :

- Les connaissances de l'utilisateur

On utilise ici un modèle à échelle qui estime le niveau de connaissance du domaine de l'utilisateur par une seule valeur quantitative (par exemple un entier entre 0 et 5), ou

qualitative (par exemple bien, moyen, insuffisant, nul). La forme utilisée le plus souvent est le modèle *overlay* qui représente les connaissances de l'utilisateur comme un sous-ensemble pondéré des connaissances de l'expert.

- Les centres d'intérêt de l'utilisateur

Les centres d'intérêt constituent la partie la plus importante du profil de l'utilisateur en ce qui concerne la recherche d'information. Cet élément est d'autant plus intéressant que la majorité des systèmes se focalisent plutôt sur les objectifs de l'apprentissage sans prendre en compte l'intérêt du joueur.

- Les objectifs et les tâches
- Le contexte
- Les caractéristiques individuelles : style cognitif, style d'apprentissage, etc.

(Broin, 2011) se base sur le *flow* dont nous avons parlé précédemment pour identifier des critères d'évaluations du joueur: objectif, feedback immédiat, équilibre entre la difficulté et le niveau du joueur. Les modèles sont eux-mêmes typés selon qu'ils sont quantitatifs (booléen, échelle, etc.), descriptifs (stéréotype), en couches avec décomposition du domaine, ou encore basés sur l'incertitude (probabilités conditionnelles). En ce qui concerne la modélisation du joueur, il est indispensable de considérer la possibilité d'une information incomplète, imprécise ou dont on ne peut déterminer précisément l'exactitude. Par exemple, le diagnostic « l'utilisateur A n'est pas arrivé à répondre à cette question, donc il est probable qu'il n'a pas connaissance du concept X » est une information incertaine. Autre exemple, « l'utilisateur B a lu plusieurs fois la description du concept Y » est une observation imprécise. Par conséquent, le modèle doit permettre l'intégration et la gestion de données incertaines, les méthodes utilisées étant alors basées sur les réseaux Bayésiens et la logique floue.

(Stewart B. , 2011) se focalise au contraire sur la modélisation des joueurs selon un angle psychologique. Il prend pour base un modèle appelé « *Bartle Type* » historiquement conçu pour les jeux multi-joueurs en ligne utilisant une interface textuelle (Bartle, 1996). Partant du principe que plusieurs modèles de conception les plus connus partagent de nombreux éléments conceptuels avec celui de Bartle, Bart en propose un modèle unifié qui combine les variations du modèle topologique de Bartle, avec celui de (Caillois & Barash, 1961; Bateman & Boon, 2005; Lazzaro, 2004) ainsi qu'avec les modèles de Edwards (Edwards, 2001) et de Hunicke et al. (Hunicke, LeBlanc, & Zubek, 2004).

Les quatre types de joueurs du modèle de Bartle sont : les *Killer*, les *Achiever*, les *Explorer* et les *Socializer*. Les *Killers* sont des joueurs aimant interférer avec le monde et les autres joueurs afin de le plier à leur propre vue. Les *Achievers* cherchent avant tout à terminer le jeu et à obtenir l'ensemble des récompenses disponibles. Les *Explorers* sont des joueurs voulant découvrir et comprendre les systèmes gouvernant le jeu. Enfin les *Socializer* sont des joueurs cherchant à faire connaissance avec d'autres joueurs.

Le modèle unifié qui synthétise les variations entre les modèles est présenté dans le tableau ci-dessous :

Table 3.1: Modèle des joueurs par Stewart

Bartle	Tueur(manipulateur) <i>Killer</i>	Acheveur <i>Achiever</i>	Exploreur <i>Explorer</i>	Socialisant <i>Socializer</i>
Keirse	Artisan	Gardien	Rationnel (stratégique)	Idéaliste (diplomatique)
Caillois	<i>Ilinx</i>	<i>Agôn</i>	<i>Momesis</i>	<i>Alea</i>
Lazzaro	<i>Serious fun</i>	<i>Hard fun</i>	<i>Easy fun</i>	<i>People fun</i>
GNS+	<i>Experientialiste</i>	<i>Gamist</i>	<i>Simulationist</i>	<i>Narrativist</i>
MDA+	<i>Kinectics</i>	<i>Mechanics</i>	<i>Dynamics</i>	<i>Aesthetics</i>
Handy	<i>Power</i>	<i>Role</i>	<i>Task</i>	<i>People</i>
Gallup	<i>Impacting</i>	<i>Striving</i>	<i>Thinking</i>	<i>Relating</i>
Covey	<i>Power</i>	<i>Security</i>	<i>Wisdom</i>	<i>Guidance</i>
Motivation	<i>Power (manipulative sensation)</i>	<i>Security (competitive accumulation)</i>	<i>Knowledge (logical rule-discovery)</i>	<i>Identity (emotional relationships)</i>
Problem-solving	Performance	Persistance	Perception	Persuasion
Overall Goal	Faire	Posséder	Savoir	Devenir

Pour illustrer cette classification, la Table 3.2 présente une caractérisation de jeux commerciaux en fonction du modèle de joueur.

La table 3.3 présente quant à elle les types de joueurs majoritairement associés à un certain *gameplay*.

Table 3.2: Jeux vidéo commerciaux et leur type de joueur selon la classification de Bartle.

Genre	Exemples de jeux représentatifs du genre	Type de joueur
<i>FPS</i>	<i>Halo, Call of Duty, Half-Life, Crysis</i>	<i>Killer, Achiever</i>
<i>CRPG</i>	<i>Darklands, Fallout 1/2, Baldur's Gate</i>	<i>Achiever, Explorer</i>
<i>FPS-CRPG</i>	<i>Deus Ex, BioShock, Mass Effect</i>	<i>Achiever, Explorer, Killer</i>
<i>Open-world CRPG</i>	<i>The Elder Scrolls, Fallout 3, Two Worlds</i>	<i>Achiever, Explorer</i>
<i>MMORPG</i>	<i>World of Warcraft, EVE Online, Guild Wars</i>	<i>Achiever, Explorer, Socializer</i>
<i>MMOG</i>	<i>Unreal Tournament, Team Fortress, any FPS multiplayer mode</i>	<i>Killer, Achiever</i>
<i>Adventure</i>	<i>King's Quest, Myst, The Longest Journey</i>	<i>Socializer, Explorer</i>
<i>Action</i>	<i>Tomb Raider, Uncharted, Angry Birds</i>	<i>Killer, Achiever</i>
<i>Survival-Horror</i>	<i>Resident Evil, Dead Space, Amnesia</i>	<i>Killer, Achiever</i>
<i>Turn-based Strategy</i>	<i>Civilization, Master of Orion, Galactic Civilizations</i>	<i>Explorer</i>
<i>Physics Puzzler</i>	<i>Half-Life 2, Portal, World of Goo</i>	<i>Killer, Explorer</i>
<i>Real-time Strategy</i>	<i>Age of Empires, StarCraft, Supreme Commander</i>	<i>Achiever, Killer</i>
<i>Flight Simulator</i>	<i>Falcon 4.0, Microsoft Flight Simulator X</i>	<i>Killer, Explorer</i>
<i>Space Shooter</i>	<i>Wing Commander, Freelancer</i>	<i>Achiever, Killer</i>
<i>Music</i>	<i>Rock Band, Guitar Hero, Audiosurf</i>	<i>Killer, Socializer</i>
<i>Simulation</i>	<i>SimCity, Balance of Power, Railroad Tycoon</i>	<i>Explorer</i>
<i>Social</i>	<i>FarmVille, Mafia Wars</i>	<i>Socializer, Achiever</i>
<i>Online Gambling</i>	<i>Blackjack, Texas Hold-Em Poker</i>	<i>Killer, Achiever</i>

Table 3.3 : Type de joueur et *gameplay*.

Style de jouer unifié	Gameplay associé
<i>Artisan/Killer/Experientialist</i>	<i>action, vertigo, tool-use, vehicle use, horror, gambling, speedruns, exploits</i>
<i>Guardian/Achiever/Gamist</i>	<i>competition, collections, manufacturing, high scores, levels, clear objectives, guild membership, min-maxing</i>
<i>Rational/Explorer/Simulationist</i>	<i>puzzles, creative building, world-lore, systems analysis, theorizing, surprise</i>
<i>Idealist/Socializer/Narrativist</i>	<i>chatting, roleplaying, storytelling, cooperation, decorating, pets, social events</i>

Il faut noter que ces analyses qui s'appuient sur des résultats de recherche en psychologie ont donné lieu à peu d'expérimentations probantes. Alors que les avancées théoriques des jeux sérieux au cours des quarante dernières années sont impressionnantes, un grand nombre de leurs résultats sont encore à confirmer, le faible nombre d'expérimentations ne permettant pas de tirer de conclusions définitives sur leur validité.

L'approche narrative

Même si l'histoire racontée dans un jeu peut paraître secondaire, une mauvaise narration (*story path*) peut conduire à un jeu peu motivant. Inversement une narration trop linéaire viendra restreindre les actions du joueur et produira un désintérêt pour le jeu. L'approche narrative est souvent utilisée pour motiver les joueurs en jouant sur leur curiosité. (Klaila, 2001; Waraich, 2004; Dickey M. D., 2006) affirment que le contexte narratif encourage la motivation intrinsèque du joueur. Comme le souligne Klaila :

« Jouer nous montre que des tâches longues, pénibles et difficiles peuvent être motivantes et amusantes quand elles font partie d'une expérience d'apprentissage motivante.... Une bonne intrigue est la clé du succès d'un apprentissage interactif. Participer à une histoire ou à une simulation donne l'occasion aux joueurs d'apprendre des leçons de grande valeur en affrontant des défis industriels, en résolvant des problèmes réels, et en se frottant à l'économie de marché. C'est l'expérience acquise dans la résolution des problèmes qui rend apte les apprenants à gérer par la suite des situations réelles ».

Cette approche a le mérite de paraître simple à mettre en œuvre pour faciliter la délivrance des connaissances, l'histoire formant alors un contexte permettant l'introduction des différents modules d'apprentissage. (Moreno-Ger, Martinez-Ortiz, & Fernández-Manjón, 2005; Marfisi-Schottman, 2012) utilisent par exemple cette méthode dans leurs travaux sur les outils *Legadee*¹¹ et *e-Adventure*.

Néanmoins pour que le contexte narratif joue pleinement son rôle de moteur pour l'apprentissage, le contenu sérieux doit être aligné avec l'histoire. D'après (Fisch, 2005), *« la recherche en cours et les manuels de lecture ont montré que les détails distrayants ne fonctionnaient pas, les enfants exposés ayant tendance à ne se rappeler que des éléments attrayants mais pas du contenu éducatif »*. Il propose de placer le contenu éducatif au cœur du

¹¹ <http://www-lium.univ-lemans.fr/legadee/>

jeu de manière intégré. Il soutient également que le choix de supports appropriés est essentiel à la conception pédagogique du jeu.

Autre exemple d'utilisation de l'approche narrative, (Molnar & Kostkova, 2013) ont conçu et développé un jeu sérieux pour sensibiliser les enfants à l'hygiène alimentaire. Leur produit a été testé sur 145 participants et les résultats de cette expérimentation ont été mitigés. Du fait de la longueur de l'histoire certains joueurs ont en effet abandonné la partie en cours de route.

L'adaptation du jeu au profil du joueur

Cette piste se focalise sur la génération automatique de contenus pédagogiques en fonction du niveau de difficulté requis pour maintenir la motivation du joueur.

(Bellotti, Berta, De Gloria, & Primavera, 2009) proposent une méthode de conception permettant de modéliser un jeu sérieux pour l'apprentissage sous la forme d'un arbre des tâches. Chaque module pédagogique est décomposé par un ensemble de tâches caractérisées par des critères comme le type de compétence à déployer, la difficulté de la tâche, sa valeur ludique, sa qualité, le gain en compétence etc. Les tâches sont implémentées comme des mini jeux, des quizz, la sélection d'objets dans le jeu, des conversations avec des personnages non-joueurs, etc. Une bibliothèque de tâches répondant au besoin est prédéfinie et chaque tâche est annotée par des experts pédagogiques. Des règles concernant l'ordonnancement des tâches sont spécifiées de façon à maximiser les objectifs pédagogiques. Ces règles peuvent changer en cours de jeu en fonction de plusieurs critères dont le profil du joueur et l'adéquation des tâches aux compétences du joueur. Cette stratégie est implémentée en utilisant l'apprentissage par renforcement. Les résultats des tests montrent que cette approche permet de sélectionner des tâches en temps réel qui répondent aux exigences exprimées par l'auteur du jeu et qui s'accordent au profil du joueur.

De la même façon, (Hussaan, Sehaba, & Mille, 2011) proposent un système d'apprentissage capable de générer des scénarios adaptés au profil du joueur en prenant pour terrain d'application des patients handicapés cognitivement. Leur modèle se compose de trois couches : les concepts issus du domaine pédagogique, les ressources du domaine (exercices, définition, exemple, etc.) et du jeu (NPC, objets présents dans le jeu,...), et enfin les liens entre le domaine pédagogique et les ressources. Cependant les critères pour évaluer le profil du joueur ne sont pas précisés dans leurs travaux.

3.1.2.2. *Design pattern et acquisition de connaissances*

Toujours dans un but de faciliter la conception des jeux sérieux, une autre piste explorée est l'identification et la réutilisation de motifs récurrents d'architecture présents dans les jeux (*design pattern*). Cette réutilisation doit conduire à une simplification du processus de conception en s'appuyant sur des savoirs faire ayant prouvés leur efficacité dans les produits précédents (Björk, 2010).

On distingue deux types de *design pattern*. Ceux provenant de jeux vidéo purement ludiques et qu'on cherchera donc à mettre en lien avec les objectifs d'apprentissage des jeux sérieux. Ceux provenant directement des jeux sérieux que l'on pourra analyser pour étudier de quelle façon ils pourraient être réinvestis dans la création générique de nouveaux produits. Ces derniers sont malheureusement moins nombreux que les premiers. Ils s'attachent avant tout à explorer les mécanismes de délivrance et d'acquisition des connaissances. Nous présentons ici quelques-uns de ces travaux.

- *Design patterns for learning games, Kelle et al, 2011*

(Kelle, Klemke, & Specht, 2011) se basent sur les travaux de (Bjork & Holopainen, 2004) (Shuell & Moran, 1994) (Grösser, 2007) pour réaliser une correspondance entre les *design patterns* de jeux vidéo identifiés par les premiers et un inventaire des différentes fonctions d'apprentissage et d'enseignement mis au point par les seconds. Björk et Holopainen ont étudié deux cents *design patterns* de jeux vidéo et les ont classés dans onze catégories principales. La correspondance opérée par Kelle se concrétise par l'établissement d'une liste de triplets au format {*catégorie principale, nombre de game design patterns (GDP) pertinent, nombre de GDP en conflit*}, chaque triplet représentant une des 22 fonctions d'apprentissage possible.

La conclusion de ce travail est que la correspondance établie permet de relier les fonctions éducatives clés à des motifs récurrents de conception de jeu, rendant donc possible l'utilisation de *design pattern* propre au jeu vidéo pour assurer des fonctions d'apprentissage.

- *Design Patterns in Serious Games : A Blue Print for Combining Fun and Learning, Huynh-kim-bang 2010 et The Six Facets of SG Design: a methodology enhanced by design pattern library 2012*

(Huynh-Kim-Bang, Wisdom, & Labat, 2010) analysent des travaux de recherche sur les design patterns utilisés dans plusieurs type de jeux : jeux vidéo, jeux sérieux, outils éducatifs numériques, etc. Cette étude a été complétée par une analyse de vingt-cinq jeux sérieux visant à extraire des motifs cohérents de conception de jeux sérieux. Ces motifs ont été classés selon six catégories, chaque catégorie représentant une question générique à tous les types de jeux. Au début de la phase de conception, ces questions peuvent être systématiquement mises sur la table pour aider les concepteurs à choisir les motifs adéquats pour le développement de leur maquette (Marne, Wisdom, Huynh-Kim-Bang, & Labat, 2012).

Table 3.4 : Problématiques à résoudre pour concevoir un jeu sérieux

Question à se poser avant de définir le contenu d'un jeu sérieux	Éléments de réponse
Faut-il associer apprentissage et aspect ludique	Justification du jeu sérieux
Comment réaliser le passage des connaissances	Identifier l'interaction qui convient au type de connaissance : Questions-réponses, simulation, interaction pavlovienne dirigée par la répétition et le temps limité, assistants électroniques
Comment initialiser le processus de réflexion	Temps spécifique dédié à l'action et temps spécifique dédié à la réflexion. Phase de retour d'expérience, connaissances acquises symbolisées par des objets (réification)
Comment transmettre les informations sans dégrader l'immersion dans le jeu	Utiliser les écrans de chargement pour donner des informations, insérer des panneaux d'information virtuels dans l'environnement du jeu (<i>museum pattern</i>)
Comment motiver les joueurs	Récompense ludique : hauts faits, cérémonie de récompense, collection d'objets, compétition équilibrée avec des joueurs de même niveaux. Contexte ludique : univers virtuel, animation, structure narrative
Comment aider les joueurs à avancer dans le jeu	Courbe d'apprentissage linéaire, tutoriaux, choix du rythme

- *Mapping learning and game mechanics for serious games analysis*, Sylvester et al 2015

(Arnab, et al., 2015) proposent un *framework* permettant de réaliser des liens entre mécanique d'apprentissage et mécanique de jeu (LM-GM). Il permet la conception et l'analyse de jeu sérieux en menant une réflexion sur les différents éléments pédagogiques et ludiques impliqués. (Callaghan, Savin-Baden, McShane, & Gómez Eguíluz, 2015) utilisent ce *framework* pour réaliser une étude de cas à travers le jeu *Circuit Warz*¹², un jeu sérieux pour l'apprentissage des principes des circuits électroniques.

¹² <http://circuitwarz.com/playcw/>

Game Mechanics	THINKING SKILL	Learning Mechanics
<ul style="list-style-type: none"> ○ Design/Editing ○ Infinite Game play ○ Ownership ○ Protégé Effect ○ Status ○ Strategy/Planning ○ Tiles/Grids 	CREATING	<ul style="list-style-type: none"> ○ Accountability ○ Ownership ○ Planning ○ Responsibility
<ul style="list-style-type: none"> ○ Action Points ○ Assessment ○ Collaboration ○ Communal Discovery ○ Game Turns ○ Pareto Optimal ○ Resource Management ○ Rewards/Penalties ○ Urgent Optimism 	EVALUATING	<ul style="list-style-type: none"> ○ Assessment ○ Collaboration ○ Hypothesis ○ Incentive ○ Motivation ○ Reflect/Discuss
<ul style="list-style-type: none"> ○ Feedback ○ Meta-game ○ Realism 	ANALYSING	<ul style="list-style-type: none"> ○ Analyse ○ Experimentation ○ Feedback ○ Identify ○ Observation ○ Shadowing
<ul style="list-style-type: none"> ○ Capture/Elimination ○ Competition ○ Cooperation ○ Movement ○ Progression ○ Selecting/Collecting ○ Simulate/Response ○ Time Pressure 	APPLYING	<ul style="list-style-type: none"> ○ Action/Task ○ Competition ○ Cooperation ○ Demonstration ○ Imitation ○ Simulation
<ul style="list-style-type: none"> ○ Appointment ○ Cascading Information ○ Questions And Answers ○ Role-play ○ Tutorial 	UNDERSTANDING	<ul style="list-style-type: none"> ○ Objectify ○ Participation ○ Question And Answers ○ Tutorial
<ul style="list-style-type: none"> ○ Behavioural Momentum ○ Cut scenes/Story ○ Goods/Information ○ Pavlovian Interactions ○ Tokens ○ Virality 	RETENTION	<ul style="list-style-type: none"> ○ Discover ○ Explore ○ Generalisation ○ Guidance ○ Instruction ○ Repetition

LOTS to HOTS

Figure 3.3 : Mécanique d'apprentissage et mécanique de jeu proposé par Arnab et al.

- Modèle pédagogique (pour les jeux sérieux éducatif et de formation)

La taxonomie de Bloom est un ensemble de trois modèles hiérarchiques de classification des niveaux d'acquisition des connaissances. Le (Committee of College and University Examiners, 1956) a ainsi identifié trois domaines d'activités éducatives nommés : Cognitif (*Knowledge*), Affectif (*Attitude or Self*) et Psychomoteur (*Skills*). Les concepteurs pédagogiques, les formateurs et les éducateurs font souvent référence à ces trois domaines sous le terme KSA (*Knowledge, Skills, Attitudes*) (Anderson, et al., 2001; Krathwohl, 2002).

Pour la partie *Knowledge*, le modèle de Bloom est composé des six niveaux hiérarchiques suivants : la connaissance, la compréhension, l'application, l'analyse, la synthèse et l'évaluation. (Gunter, Kenny, & Vick, 2008) proposent que la conception de jeux éducatifs respecte cette organisation hiérarchique quand il s'agit d'introduire les contenus pédagogiques. En se basant sur le modèle de Bloom et sur le modèle de motivation proposé par Keller (Keller J. M., 1983; Keller J. M., 1998; Keller J. M., 1987), ils présentent leur propre modèle appelé RETAIN qui permet d'évaluer « *how well the academic content is endogenously immersed and embedded within the game's fantasy and story context, promotes transfer of knowledge and encourage repetitive usage so that content becomes available for use in an automatic way* ».

3.2.Phase de modélisation des connaissances

Pour représenter les connaissances d'un domaine de façon formelle et interprétable par une machine, il est nécessaire de les modéliser. Dans cette partie nous présentons brièvement les principales méthodes de représentation des connaissances, et par la suite les travaux de modélisation existants dans le domaine de la santé et dans celui des jeux sérieux.

3.2.1. Représentation des connaissances

3.2.1.1. Définition

La représentation des connaissances « désigne un ensemble d'outils et de procédés destinés d'une part à représenter et d'autre part à organiser le savoir humain pour l'utiliser et le partager »¹³. « Les connaissances organisationnelles doivent être rendues aisément accessibles par les membres de l'organisation et doivent être mis à jour à l'intérieur de délais raisonnables. L'atteinte de ces objectifs impose de nouvelles façons de faire en matière de gestion de l'information. ».

De façon plus concise Champavère (Champavère, 2010) définit la représentation des connaissances comme « une structure de symboles pour décrire un modèle (une approximation) du monde dans le contexte d'une tâche particulière ».

Selon Paquette (Paquette, 2002) la modélisation des connaissances consiste à « représenter, sur un support externe, un ensemble de connaissances de manière formalisée et schématique ». Elle est une activité au centre de tout processus de gestion des connaissances et des compétences dans une organisation.

L'utilisation d'outils pour la représentation formelle des connaissances permet de présenter les informations de façon plus rigoureuses et aide à les partager ainsi qu'à automatiser divers traitements sur ces informations. Quand ce traitement consiste à déduire de nouvelles informations à partir de celles déjà présentes, on parle alors de raisonneurs, et les domaines de recherche s'intéressant à ce sujet font également partie de l'intelligence artificielle.

Le graphique ci-dessous présente la représentation des connaissances dans le contexte général de l'IA (Russell & Norvig, 2010).

¹³ https://fr.wikipedia.org/wiki/Repr%C3%A9sentation_des_connaissances

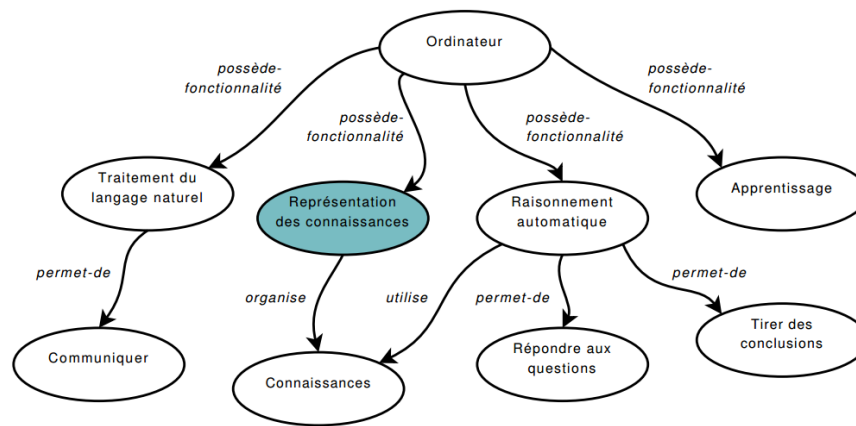


Figure 3.4 : Représentation de l’approche « agir comme des humains » en l’IA

3.2.1.2. Principales méthodes

La modélisation d’une manière générale aide à représenter et structurer des idées et permet de faciliter la communication entre humains. Modéliser un système consiste à en identifier les caractéristiques intéressantes ou pertinentes comme ses composants, ses interactions et ses règles d’évolution afin de simuler son comportement. Une méthode de modélisation repose sur une démarche, un ou des langages (comme ensemble de constructions plus ou moins formelles permettant la représentation) et des outils logiciels supportant les modèles, les langages et la démarche (Goyet, 2014).

Le Table 3.5 présente une classification des méthodes de représentation les plus connues.

3.2.1.1. Ontologies

Une des approches pour définir un modèle de représentation des connaissances est de se baser sur des objets et sur des catégories d’objets. Ces modèles sont aptes à décrire et à simuler les modèles de représentation internes du « savoir humain », en particulier celui du traitement du langage naturel. Les réseaux sémantiques sont une technologie informatique entrant dans cette catégorie de modèle, tout comme les graphes conceptuels ou encore les ontologies que nous avons retenues dans nos travaux.

Table 3.5: Classification des méthodes de représentation les plus connues

Méthode	Catégorie	types de modèles	Domaine Utilisation	Langage
Arbre sémantique	modèle statique	symbolique	site web	
Ordinogramme	modèle fonctionnel	déclaratif	procédure	
Diagramme causal/arbre de décision (BN, méthode de markov, etc.)	modèle dynamique	probabiliste	système expert	
Modèle orienté objet	modèle dynamique	mixte	ingénierie programmation par objet	UML
Réseaux Pétri	modèle fonctionnel	probabiliste		
Machine à Etat fini	modèle fonctionnel	fondé sur des règles		
Réseaux sémantique	modèle statique	symbolique	base de données	Rdf (Resource Description Framework)
Ontologie	modèle statique (classe, propriété, individu) + modèle dynamique (axiome)	symbolique + fondé sur des règles		owl
Workflow	modèle fonctionnel	fondé sur des règles	processus d'entreprise	BPMN

Trouvant ses racines en philosophie, le terme « ontologie » du point de vue informatique et plus particulièrement dans le domaine de l'ingénierie des connaissances, est défini par (Gruber, 1993) comme :

« *An ontology is an explicit specification of a conceptualization* » (Une ontologie est une spécification explicite d'une conceptualisation).

Ou bien par (Uschold & Gruninger, 1996) comme :

« *An ontology is a shared understanding of some domain of interest* » (Une ontologie est une compréhension partagée d'un domaine d'intérêt).

(Studer, Benjamins, & Fensel, 1998) ont prolongé la définition de Gruber :

« *Une ontologie est une spécification formelle, explicite d'une conceptualisation partagée* »

L'ontologie repose sur des concepts et des relations entre ces concepts représentés de manière formelle, pour intégrer et stocker les connaissances d'un domaine, ainsi que supporter une partie du raisonnement pour l'analyse de données et l'aide à la décision. Elle

apporte une référence commune pour l'utilisation d'un vocabulaire dans le domaine cible et dans ce cadre, joue le rôle d'un dictionnaire de concept.

Les composants d'une ontologie

Dans le web sémantique, les vocabulaires définissent les concepts (également dénommés termes) et les relations pour décrire et représenter un domaine concerné. Elles sont utilisées pour classifier les termes, catégoriser les relations et spécifier des contraintes portant sur les relations. Les vocabulaires sont les blocs de construction sur lesquels se basent les techniques d'inférence.

Plus précisément les composants d'une ontologie sont :

- Les « classes » ou « concepts »

Une classe ou un concept est une entité d'un domaine et la base de la représentation de la connaissance dans une ontologie.

- Les « relations »

Les relations représentent des types d'interactions entre les classes d'une ontologie. Les relations peuvent être taxonomiques, associatives, nominales, locatives, fonctionnelles ou causatives.

- Les « axiomes »

Les axiomes sont utilisés pour modeler les conditions toujours vraies d'un domaine.

- Les « individus »

Les individus sont les instances des classes.

Le W3C (World Wide Web Consortium) a normalisé un ensemble de langages et de notations permettant de décrire les composants d'une ontologie : RDF, RDFS(RDF Schemas), OWL (Web Ontology Language), RIF (Rule Interchange Format), SKOS (Simple Knowledge Organization System), etc. (W3C) .

Le langage OWL

Standard du W3C, OWL est un langage basé sur la logique qui permet de vérifier la consistance des connaissances et de créer des connaissances explicites à partir de connaissances implicites. Il utilise la syntaxe RDF/XML et peut donner lieu à plusieurs

schémas comme *Turtle*, *XML serialization*, ou encore *Manchester Syntax*. OWL se décline en trois niveaux de complexité et d'expressivité croissante : owl-lite, owl-dl et owl-full. Sa version actuelle est OWL 2, publié par le W3C en 2012.

OWL permet de décrire les connaissances au moyen de deux composants principaux : la TBox et la ABox. La TBox décrit la terminologie, c'est-à-dire les concepts, les expressions des classes/concepts (équivalence, subsumption, disjonction) et les définitions des rôles et propriétés de l'ontologie, tandis que la ABox décrit les assertions sur les individus de l'ontologie, comme l'ensemble d'individus d'un concept et les relations entre ces individus. Dans certains outils le terme RBox est utilisé pour décrire la partie de la TBox qui définit les relations entre propriétés.

Les moteurs d'inférence ou de raisonnement (*raisonneur*) permettent d'inférer des faits qui ne sont pas exprimés explicitement dans l'ontologie. Leurs règles sont écrites au moyen du langage OWL-DL.

Plusieurs langages permettent d'interroger les données d'une ontologie, répartis en deux catégories : ceux qui sont basés sur RDF et ceux qui sont orientés DL. Dans la première catégorie citons par exemple, RDQL (*RDF Data Query Language*), SeRQL (*Sesame RDF Query Language*) et leur successeur SPARQL (*Simple Protocol and RDF Query Language*). Dans la deuxième catégorie, mentionnons DL Query.

DL Query est développé et maintenu par l'Université de Manchester. Il est intégré dans la distribution de Protégé 5 et permet de faire des requêtes sur les classes et individus d'une ontologie. Sa syntaxe est basée sur *Manchester OWL*.

SPARQL est un langage de requête dont la syntaxe ressemble à SQL. Plusieurs outils en proposent une implémentation comme par exemple ARQ du framework Jena qui le fournit en tant que bibliothèque Java, SPARQL-DL de l'entreprise *derivo*¹⁴, ainsi que des moteurs comme OpenLink Virtuoso, Sesame, Pellet et Stardog.

3.2.2. Modélisation et représentation des connaissances dans le domaine de la santé

La modélisation conceptuelle des connaissances dans le domaine médical est indispensable pour assurer l'interopérabilité sémantique entre les systèmes. Elle est centrée

¹⁴ <http://www.derivo.de/en/home.html>

sur la construction et l'utilisation d'ontologies et de modèles faisant apparaître un certain nombre de connaissances symboliques.

Dans le domaine de la santé, les ontologies font partie de méthodes principales pour représenter les connaissances. En représentant les connaissances médicales sous une forme explicite et formelle, les ontologies permettent l'automatisation du raisonnement, c'est-à-dire du traitement nécessaire à l'interprétation et la déduction d'informations de santé.

La mise en base de connaissances de la terminologie médicale ainsi que d'informations cliniques a fait l'objet d'un certain nombre de travaux. Citons par exemple « la Classification Statistique Internationale des Maladies et des problèmes de santé connexes » (CIM, en anglais ICD) qui est une classification médicale codifiée des termes relatifs aux maladies, aux symptômes, aux signes, aux résultats de laboratoires, aux lésions traumatiques, aux empoisonnements, aux circonstances sociales et aux causes externes de blessures et de maladies. Elle est gérée par l'OMS et est mondialement utilisée pour l'enregistrement des causes de morbidité et de mortalité touchant le domaine de la médecine (WHO, 2016).

La *Human Disease Ontology* (Institute for Genome Sciences - University of Maryland) intègre quant à elle les termes présents dans les terminologies cliniques SNOMED¹⁵, CIM-9 et CIM-10 ainsi que MeSH¹⁶ en faisant par exemple le lien entre les maladies et les vocabulaires médicaux.

Le centre national d'ontologie biomédicale¹⁷ est un consortium international de chercheurs engagés à améliorer la santé par le développement de la technologie et d'infrastructures pouvant accélérer les découvertes biomédicale. Un de leur projet est de compiler en un seul endroit un grand nombre de connaissances et données biomédicales sous la forme d'ontologies afin de constituer une base de données sémantiques permettant l'avancement de la recherche dans les sciences médicales. Cette base est accessible à travers le site BioPortal qui propose actuellement 482 ontologies biomédicales publiques qu'un utilisateur peut librement explorer et utiliser (Georgia State University, 2015). Citons également l'organisation *Obofundry* qui coordonne l'évolution des ontologies pour soutenir l'intégration des données biomédicales (OBO Foundry). Elle diffuse actuellement vingt-trois ontologies dans le domaine de médecine et de la santé.

¹⁵ <http://browser.ihtsdotools.org/>

¹⁶ <https://www.nlm.nih.gov/mesh/MBrowser.html>

¹⁷ en anglais *NCBONational Center for Biomedical Ontology*

Cependant, ces modélisations s'attachent avant tout à classifier les termes médicaux. Aucune ne modélise de règles permettant de définir les relations entre les concepts représentés. (Codon, et al., 2009; Jovic, Prcela, & Gamberger, 2007; ALFONSE, AREF M., & M. SALEM, 2013) font partie des équipes ayant travaillé sur l'utilisation de ces modèles afin d'assister à la décision médicale ou de poser des diagnostics automatiques.

Citons également des travaux apparentés qui concernent le domaine médical mais qui ne sont pas spécifiquement centrée sur les données médicales. Ils se concentrent entre autres sur la modélisation de processus, comme la classification et l'admission des patients en urgence, ou aux procédures d'essais cliniques et de traitements médicaux (Reijers, Russell, van der Geer, & Krekels, 2010).

Notons que concernant les centres d'intérêt de cette thèse, aucun travaux n'existent sur la modélisation formelle du processus de la consultation médicale.

3.2.3. Modélisation et représentation des connaissances dans les jeux sérieux

La dimension utilitaire des jeux sérieux nécessite de représenter des connaissances liées au domaine de cette partie utilitaire. Pour autant, on constate que les méthodes de représentation évoquées précédemment sont peu utilisées dans les jeux. Dans cette section nous passons néanmoins en revue quelques-uns des travaux s'étant intéressés à l'utilisation de la modélisation des connaissances dans la conception des jeux sérieux.

Une partie de ces travaux sont des adaptations pour le jeu des méthodes issues de la simulation. Les modèles de simulation sont des abstractions d'un système réel utilisés pour simuler le fonctionnement de ce système en en faisant varier certains paramètres. Une partie des jeux sérieux étant des jeux de simulation, il paraît naturel de vouloir réutiliser ces méthodes pour leur conception. Parmi ces travaux citons ceux de (Van Der Zee, Holkenborg, & Robinson, 2012) qui reprend les travaux de (Robinson, Brooks, Kotiadis, & Van Der Zee, 2010) et étudie leurs utilisations dans le cadre d'un jeu.

(Yusoff, Crowder, Gilbert, & Wills, 2009) proposent pour leur part un diagramme de classes qui présente les principaux composants d'un apprentissage réalisé en jouant. Il considère ces composants comme une base appropriée à la conception d'un jeu par des praticiens de l'enseignement.

Une autre classe de travaux s'intéresse à l'évaluation des connaissances acquises au travers du jeu. (Thomas, Yessad, & Labat, 2011; Syufagi, Hariadi, & Purnomo, 2013; Natkin & Vega, 2004) utilisent par exemple les réseaux de Pétri pour modéliser les compétences des experts afin d'évaluer les qualités cognitives du joueur.

Paradoxalement alors que le domaine de la santé est un des domaines principaux d'application des jeux sérieux et qu'il est aussi un des terrains principaux d'utilisation des ontologies, peu de travaux s'intéressent à l'utilisation des ontologies dans le cadre de la conception de jeux.

Citons néanmoins celui de (Tang & Hanneghan, 2010) qui ont conçu un modèle ontologique pour spécifier les contenus des jeux sérieux afin d'aider les concepteurs à documenter leur architecture.

Citons aussi les travaux de (Yessad & Labat, 2011) qui utilisent les ontologies pour évaluer les performances du joueur. L'ontologie permet plus précisément de représenter les actions du joueur. En comparant ces actions et celles définies par les experts, on obtient une proximité sémantique entre des triplets RDF qui permet de qualifier la performance du joueur.

3.3.Phase d'implémentation

Cette phase est celle de la réalisation logicielle du produit; il s'agit de développer le jeu en utilisant un certain nombre d'outils techniques comme des langages de programmation, des environnements de développement, des moteurs de jeux 3D (Unity 3D, Unreal, OGRE3D etc.) ou des outils auteurs. Les sites (Eurosis)¹⁸, wikipedia-game engine¹⁹, ambrosine²⁰ dressent une liste de tels outils et langages qui peuvent être utilisés pour la création d'un jeu vidéo.

Parmi ces outils, peu ont été conçus spécifiquement pour les jeux sérieux, comme en témoigne l'étude réalisée par (Djaouti D. , 2011). Celui-ci a analysé un ensemble de 400 outils et techniques de création de jeux, pour en faire une classification selon 5 critères : type (modification/création), genre (aventure/rôle/course), état initial (importation de fichier texte, sélection dans une librairie, éditeur visuel), entrée (souris/clavier/divers), traitement (Editeur

¹⁸ <http://www.eurosis.org/cms/?q=node/61>

¹⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/Game_engine

²⁰ <http://www.ambrosine.com/resource.php>

visuel/Langage de script propriétaire/Langage de programmation classique, paramétrage), sortie (Editeur visuel/importation de fichier/représentation 2D/3D/texte).

Parmi ces outils, certains sont destinés spécifiquement à l'industrie du jeu sérieux. Il cite par exemple Thinking Worlds, OKTAL SCANeR™, Game Maker Scratch, Gamestar Mechanic, Quandary, Stagecast Creator, LittleBigPlanet, Kodu, Spore et GameSalad. Cet inventaire fait écho à celui de (Cowan & Kapralos, 2014)

Mettons en avant le cas de e-Adventure réalisé par (Torrente, Moreno-Ger, Martínez-Ortiz, & Fernandez-Manjon, 2009). Ce logiciel est en effet un des rares systèmes auteurs se concentrant sur la création de jeux d'aventure éducatifs.

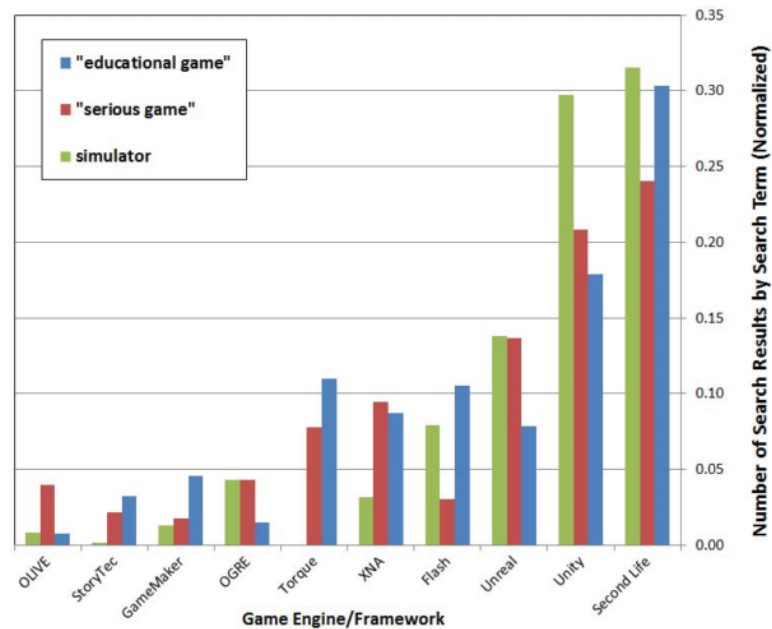


Figure 3.5 : Principaux moteurs de jeux vidéo utilisés par les jeux sérieux et les simulateurs.

	Unity	Unreal	Torque	HTML5	Flash	Source Engine	Ogre	Second Life	GameMaker	XNA
Level editor	■	■	■		■	■		■	■	
Scripting	■	■	■	■	■			■	■	
C++		■	■			■	■			
Networking	■	■	■	■	■	■		■	■	■
3D Graphics	■	■	■			■	■	■		■
Shader effects	■	■	■			■	■		■	■
Dynamic shadows	■	■	■			■	■			■
Physics	■	■	■			■		■	■	■
Artificial Intelligence	■	■	■			■			■	
Free non-commercial	■	■	■	■		■	■	■		■
Free for commercial				■			■			■
Mobile Devices	■	■		■	■		■		■	■
Web player	■			■	■				■	■

Figure 3.6 : Comparaison des fonctionnalités des moteurs de jeu vidéo

Au final, parmi les outils dédiés à la création de jeux, aucun n'est directement utilisable pour répondre aux objectifs de nos travaux.

3.4. Intelligence artificielle

3.4.1. Interaction avec les personnages non joueurs

Dans les jeux de rôle, un personnage non-joueur (*NPC*) est une entité animée par un programme informatique avec laquelle le joueur est en interaction. Les *NPCs* peuvent être les ennemis du joueur, des personnages l'accompagnant et l'assistant dans le jeu ou simplement des habitants du monde dont la vie se déroule de façon autonome.

Selon la définition du *gameplay* par (Bjork & Holopainen, 2004) , « (*le gameplay*) est la structure permettant l'interaction du joueur avec le jeu et avec d'autres joueurs ». Les *NPCs* faisant partie du jeu, l'interaction du joueur avec eux est une partie très importante du *gameplay*. Pour un jeu sérieux de type simulation ou jeu de rôle, l'impact des algorithmes informatiques donnant vie aux *NPC* est donc très important sur l'expérience ludique et de nombreux travaux de recherche se sont intéressés à ce sujet.

(Lankoski, 2011) s'intéresse à ce titre aux caractéristiques nécessaires que devrait présenter un *NPC* pour être crédible à savoir: posséder un corps humain, être conscient de lui-même, avoir des objectifs propres et exécuter des actions motivées. Dans un autre registre, citons également (Randall W. Hill, Gratch, Marsella, Rickel, Swartout, & Traum, 2003) qui ont travaillé sur la côté émotion pour réaliser des *NPC* crédibles.

Si la caractéristique d'avoir un corps humain est discutable mais facile à implémenter, les autres sont du domaine de l'intelligence artificielle et nécessitent des approches complexes issues de ce domaine de recherche.

Dans notre projet, le degré de réalisme du comportement des NPC se jugera essentiellement à leur capacité à mener un dialogue cohérent avec le joueur.

Parmi les méthodes utilisées pour modéliser une session de dialogue avec un personnage virtuel, on peut citer les algorithmes basés sur les états finis, qui font partie des méthodes les plus simples à mettre en œuvre, et ceux plus complexes basés sur les plans et sur les technologies multi-agents (Brusk & Björk, 2009; Allen, Byron, Dzikovska, Ferguson, Galescu, & Stent, 2011).

Les systèmes de dialogue à états finis consistent à modéliser les différents points clés de la conversation sous la forme d'un graphe. Les nœuds représentent un état du dialogue et les arcs orientés qui connectent les nœuds désignent les transitions entre ses états. Pour chaque état, le système du dialogue va générer une phrase prononcée par le NPC, souvent choisie parmi des phrases préenregistrées, et qui appelle une réaction de la part du joueur. L'état change si l'action de l'utilisateur correspond à une transition possible permettant de quitter cet état. Les systèmes basés sur les formes (*form based systems*) sont une évolution des systèmes à états finis qui permettent à un même état de mener à plusieurs sorties différentes.

De leur côté, les systèmes basés sur des plans demandent à l'utilisateur de parcourir un schéma listant les conditions nécessaires pour résoudre une tâche spécifique. Pour être plus précis, la méthode *Hierarchical Task Network* permet de générer un planning automatique en fournissant un ensemble de règles. L'état du monde est représenté par l'ensemble d'actions et d'atomes nécessaires à l'accomplissement de la liste de tâches. L'ensemble des méthodes avec l'opérateur est défini comme une entrée du système permettant de décomposer les tâches complexes (séquences d'actions) en tâches primitives, c'est-à-dire en actions exécutables. Le processus de planification consiste en la décomposition récursive de toutes les tâches non-primitives en tâches primitives.

Enfin, dans les systèmes de dialogue basés sur les technologies multi-agent, chaque participant au dialogue est représenté par un agent doté d'objectifs, de croyances et de capacités d'interaction avec les autres agents. Le dialogue proprement dit est le fruit des interactions entre agents, agents essayant par ses interactions d'accomplir leur propre tâche

tout en se basant sur leur croyance. Contrairement aux systèmes à états finis, les systèmes agents ne restreignent pas a priori les interactions possibles entre le joueur et les NPCs, les actions possibles n'étant pas préenregistrées. *Circuit Fix-it Shop* est un bon exemple de ce type de système (Smith & Hipp, 1997). Ce logiciel utilise à la fois un planificateur et un modèle de l'utilisateur afin de faciliter la résolution de problèmes axée sur la collaboration.

Notons que dans les jeux vidéo, les dialogues des NPCs sont plutôt conçus pour donner au joueur une information ou une tâche à accomplir, rares sont les jeux dans lesquels le rôle des dialogues est d'établir des relations avec les NPCs. Aussi les algorithmes classiquement retenus sont souvent des adaptations simplifiées des méthodes que nous avons évoquées, visant avant tout à procurer un bon *gameplay*, plus qu'à simuler de façon réaliste un dialogue humain.

C'est dans cette optique que Brusk et al. ont analysé comment les dialogues étaient implémentés dans les jeux vidéo (Brusk & Björk, 2009). Leur étude prenant pour cible sept jeux vidéo fait écho à celle de (Gubbels) qui en a analysé trois. Leur conclusion est que même si de nombreuses tentatives ont été faites pour se débarrasser des contraintes des systèmes de type arbres à états finis, qui paraissent obsolètes eu égard des avancées de l'IA, ces méthodes éprouvées mais limitées restent les plus utilisées dans l'industrie du jeu vidéo. Cette situation est moins due à la complexité des méthodes issues de l'IA qui les rend parfois difficile à implémenter, qu'au fait que les dialogues sont rarement au cœur du *gameplay* des jeux vidéo classiques.

Là encore les jeux sérieux se distinguent, particulièrement dans le domaine de la santé, quand il s'agit par exemple de donner vie à un NPC représentant un patient. C'est l'objet de la section qui suit.

3.4.2. Dialogue avec un patient virtuel

Certaines facultés de médecine aux États-Unis et au Canada utilisent la méthode du « patient standard » pour former les médecins (Hubal, Kizakevich, Guinn, Merino, & West, 2000; Wind, Van Dalen, Muijtjens, Arno, & Rethans, 2004; Stevens, et al., 2006; Bracegirdle & Chapman, 2010; Courteille, Josephson, & Larsson, 2014; Saleh, 2010; Kenny, Parsons, Gratch, Leuski, & Rizzo, 2007; Hussainy, Styles, & Duncan, 2012; Ellaway & Davies, 2011). L'étude de (Huang, Reynolds, & Candler, 2007) signale par exemple que sur 108 universités américaines et canadiennes contactées, 26 utilisent le patient standard dans leurs formations.

Quand le patient standard est simulé par un ordinateur, on parle alors de «*Virtual Standardized Patient*» (VSP). Cette technique offre un environnement d'apprentissage reproductible pouvant donner lieu à un grand nombre de scénarios basés sur différents cas et différents profils de patients. Les actions de l'apprenant peuvent être observées et suivies, ce qui permet d'évaluer la qualité de ses actes.

Dans certains cas l'utilisateur peut interagir avec le VSP par la voix ou le texte. Le programme informatique utilise alors des techniques issues de la reconnaissance du langage naturel pour comprendre les directives de l'utilisateur. Cependant, l'analyse des applications actuelles montrent que les dialogues ayant lieu entre le patient virtuel et l'apprenant, lors des formations, sont strictement scriptés, toutes les phrases possibles du patient virtuel étant enregistrées dans un dictionnaire et planifiées pour être utilisés à des moments prédéfinis du dialogue. Les réponses et les émotions du VSP associées à l'action de l'apprenant sont donc pré-codées dans le modèle, tout comme les choix possibles proposés à l'utilisateur en tant qu'action suivante.

Néanmoins l'efficacité et la praticité de ce type d'applications ont été montrées dans de nombreuses expérimentations. Les analyses ont montré que les médecins en formation se comportaient avec ces patients virtuels comme s'ils étaient des vrais patients (Chuah, Lok, & Black, 2013; Dickerson, et al., 2005; Rajj, et al., 2007; Danforth, Procter, Chen, Johnson, & Heller, 2009; Triola, et al., 2006).



Figure 3.7 : Capture d'écran des applications du patient virtuel standardisé

Cependant, les formations utilisant les patients virtuels se concentrent essentiellement sur la formation aux actes médicaux, au détriment des compétences communicationnelles. Il existe pourtant des travaux ayant porté sur la conception de patients virtuels permettant de travailler sur ces aspects. (Sijstermans, Jaspers, Bloemendaal, & Schoonderwaldt, 2007) proposent par exemple une application de simulation appelée « *Dynamic Patient Simulator* » permettant aux médecins de se former au travail collaboratif. Vingt scénarios représentant autant de profils de patients sont proposés aux étudiants en médecine. Dans l'application, la maladie du patient évolue au cours du temps, et l'utilisateur doit prendre en compte le temps qui passe pour prescrire des tests et prendre des décisions. Deux utilisateurs peuvent utiliser l'application en même temps, chacun jouant un rôle, par exemple un cardiologue et un chirurgien et les deux pouvant communiquer entre eux et s'envoyer des images. Les résultats ont montré que les étudiants avaient apprécié cette simulation.

3.5.Synthèse du chapitre

La création d'un jeu sérieux est un processus complexe nécessitant la collaboration entre plusieurs corps de métiers : concepteurs de jeu, programmeurs, graphistes, enseignants, chercheurs etc. Ce processus peut être facilité par divers outils conçus spécifiquement pour la création de jeu sérieux.

Nous avons analysé les travaux et méthodes existantes concernant la conception de jeux en les divisant en quatre parties : le *game design*, la modélisation des connaissances, l'implémentation logicielle et la réalisation de personnages virtuels.

Dans la partie sur le « Game Design », nous avons étudié les considérations permettant la conception d'un jeu sérieux présentant un équilibre pertinent entre les aspects ludique et sérieux. Le *game design* doit intégrer en particulier des mécanismes assurant la motivation du joueur et la délivrance des informations. L'utilisation de *design pattern* peut simplifier le processus de conception.

Dans la partie sur la modélisation, nous nous sommes intéressés aux moyens formels pour représenter les connaissances métiers d'un jeu. Notre choix de nous porter sur les ontologies vient du fait que cette formalisation est largement utilisée dans le domaine de la santé qui nous intéresse.

Dans la partie sur l'implémentation, nous avons noté que de nombreux outils et techniques existent pour réaliser un jeu vidéo, mais que peu sont destinés spécifiquement aux jeux sérieux. « *Il peut parfois s'avérer nécessaire d'inventer d'autres outils plus adaptés à un projet donné* » (Djaouti D. , 2011). Dit autrement, les outils existants sont utilisables pour la « fabrication » du jeu (UNT;LIP6, 2012). En revanche, peu d'outils viennent faciliter leur phase de conception.

Enfin dans la dernière partie sur l'Intelligence Artificielle, nous avons étudié les techniques développées dans les domaines de la recherche et de l'industrie du jeu vidéo pour la gestion des personnages non joueurs et de leurs dialogues virtuels. Ces approches nous intéressent pour la gestion du dialogue médecin-patient.

Bien qu'il n'existe pas de méthodes génériques qui soient utilisables pour tous types de jeu sérieux, une architecture permettant de séparer clairement les connaissances utilitaires des aspects ludiques paraît requise. Elle permet de concevoir le jeu sous la forme de différents modules permettant la participation d'auteurs issus de disciplines différentes et rendant plus facile la validation des connaissances acquises. Elle permet également de rentabiliser le long et complexe processus de création industriel en rendant réutilisable certains modules en cas de changement de domaine ou encore de forme ludique.

La suite de cette thèse s'attache à décrire des méthodologies de conception permettant la création de produits respectant cette architecture.

Partie 2 : Méthodologie – Game Design d’un jeu sérieux pour l’apprentissage de la consultation médicale

Chapitre 4 Présentation générale de AgileDoctor

Les compétences nécessaires à un médecin pour mener une consultation médicale sont autant cognitives, pratiques que communicationnelles et relationnelles. La relation médecin-malade se caractérise en effet par un « colloque singulier » dans lequel les compétences interpersonnelles du médecin sont essentielles (Bergeron H. , 2007). C’est pourquoi une partie de la formation des étudiants en médecine lui est consacrée, au même titre que les compétences médicales.

Comme présenté lors du Chapitre 1 (page 11), la formation à cet exercice pour l’étudiant en médecine se fait sous la forme de cours académiques mais surtout de stages hospitaliers et/ou dans le cabinet d’un médecin. Une des difficultés posée par ces stages est que l’introduction d’un élément extérieur (le stagiaire) peut venir perturber la relation habituelle du médecin avec son patient. Pour limiter ce risque, et afin d’être à même de gérer cette relation triadique (maître de stage, stagiaire, patient), les maîtres de stage sont formés et habilités à pouvoir plus tard accueillir des stagiaires.

C’est ce cadre qui a donné naissance à « *MediCom* », un projet de recherche dont l’objectif global est de compléter la formation actuelle dont une partie se fait par l’utilisation de jeux de rôles dans lesquels les futurs maîtres de stage et les maîtres formateurs peuvent jouer successivement les rôles du médecin, de l’interne et du patient (Boudier, Bensebaa, & Jablanczy, 2012). Le projet s’appuie sur le Connected Health Lab (CHL)²¹, une plateforme de 220m² située dans les locaux de l’école d’ingénieurs ISIS à Castres, qui permet de simuler, dans un environnement proche de la réalité (approche de type *living lab*), les étapes clés des parcours des patients. La plateforme propose en particulier un espace reconstituant un bureau de médecin.

MediCom consiste à reproduire ce type de jeux de rôle par le biais d’un jeu sérieux appelé « *AgileDoctor* » qui vise à scénariser une consultation médicale dans laquelle le joueur

²¹ Site du CHL : <http://chl.univ-jfc.fr/>

pourra jouer le rôle du médecin aussi bien dans le cas d'une consultation classique que dans celui d'une consultation triadique.



Figure 4.1: Formation des élèves en médecine générale. Vidéos tournées au CHL dans le cadre du projet MédiCom.

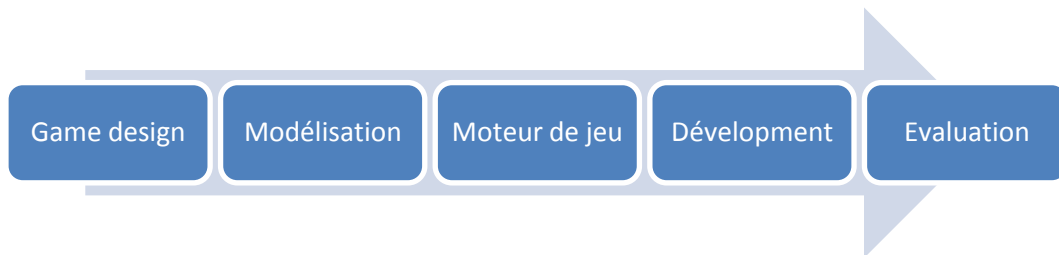
Partant du constat de l'échec fréquent des projets multimédias et de jeux sérieux portés par une compétence unique, la démarche de recherche du projet *AgileDoctor* s'inscrit dans une dynamique pluridisciplinaire afin de permettre la réalisation d'outils pédagogiques et communicationnels pertinents.

Dans cet objectif, un consortium de chercheurs s'est réuni, composé de trois partenaires :

- L'Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT), coordinateur du projet et qui prend en charge les aspects liés au développement informatique.
- Les équipes de recherche de DUMG dont les travaux ont identifié plusieurs dizaines de micro-séquences d'actions à l'œuvre pendant une consultation médicale et dont l'enchaînement permet de modéliser son déroulement. L'inventaire de ces micro-séquences conduit, pour chacune d'entre elles, à en explorer une représentation audiovisuelle et une scénarisation pertinente par rapport aux besoins de formation.
- Enfin le Laboratoire de Recherche en Audiovisuel de l'université Jean-Jaurès (LARA) qui intervient sur la conception des scénarios, leur mise en image et sur l'évaluation du produit.

La collaboration de ces trois partenaires permet ainsi la scénarisation et une mise en image des consultations. L'utilisation des vidéos est systématisée et rationalisée en les intégrant dans des outils numériques de type e-learning et jeux sérieux. Ces logiciels permettent de construire des consultations médicales scénarisées et interactives qui peuvent être utilisées par le formateur afin de présenter des séquences pédagogiques adaptées à ses objectifs.

AgileDoctor est donc l'aspect jeu sérieux du projet. Il offre à l'apprenant la possibilité de découvrir et de tester des situations multiples en autonomie et d'envisager les conséquences diverses de ses décisions, en particulier la gestion de l'imprévu en contexte d'incertitude. Conformément à ce que nous avons présenté lors du Chapitre 3, le développement du jeu se compose de quatre parties : la phase de *game design*, la phase de modélisation des connaissances, la phase de mise en œuvre du moteur du jeu, et enfin la phase d'implémentation du logiciel. Notons que s'ajoute à ces quatre phases de conception, une phase d'évaluation destinée à analyser l'impact du jeu sur l'apprentissage des médecins.



Dans ce chapitre nous présentons dans le détail la phase dite de *game design*, en commençant par rappeler les objectifs pédagogiques d'*AgileDoctor*. Nous proposons ensuite une architecture de conception qui rend possible une collaboration multidisciplinaire pendant cette phase. Enfin nous analysons l'approche proposée selon les dimensions et critères propres au *game design* présentés dans les chapitres précédents.

4.1. Objectifs pédagogiques du projet AgileDoctor

Les compétences à acquérir au cours de la formation à la médecine générale sont illustrées

Figure 1.1 du Chapitre 1 (page 8). Parmi ces compétences, le projet se concentre sur l'apprentissage de celles de nature non cliniques, comme par exemple les compétences communicationnelles ou celles concernant les technologies de la e-santé.

Dans le cas d'une simulation d'une consultation classique entre un médecin et un patient, *AgileDoctor* peut être utilisé par des internes en médecine pour leur formation, de préférence avant le début de leur stage. Quand il s'agit d'illustrer une consultation triadique, *AgileDoctor* peut être utilisé par les maîtres de stage pour anticiper certains pièges liés à l'accueil d'un interne dans leur cabinet.

Enfin, concernant la formation aux technologies de la e-santé, *AgileDoctor* peut être utilisé par les médecins pour se former et être ainsi sensibilisés à l'utilisation des nouvelles technologies de l'Information et de la Communication dans le cadre de leur métier.

4.1.1. Compétences communicationnelles et relationnelles

Une partie des objectifs du projet *AgileDoctor* est de simuler l'interaction d'un médecin avec un patient virtuel au cours d'une consultation médicale. L'objectif pédagogique est de se familiariser avec le processus général de la consultation en mettant l'accent sur les enjeux communicationnels de l'entrevue. A ce titre, le moteur de jeu simule le processus de la rencontre médecin-patient en permettant au joueur d'affronter plusieurs types de patients, chacun étant défini par un profil. Ce profil caractérise certains traits du patient, comme par exemple son humeur du jour, sa culture, ou son historique par rapport au médecin. D'un point de vue clinique, le profil de ce patient peut correspondre aux cas étudiés pendant la formation.

L'interface offerte au joueur lui permet de définir sa stratégie de consultation parmi un ensemble d'actions possibles défini pendant la phase de conception du scénario.

Chaque type de patient oblige les praticiens / médecins généralistes à modifier sensiblement leurs manières de communiquer ou de mener l'entrevue. C'est dans ce but que les différents scénarios du projet mettent l'accent sur des patients qui présentent des caractéristiques particulières du point de vue communicationnel. Ils mettent en scène des situations particulières provoquées par des patients difficiles comme par exemple des patients agressifs. Les scénarios permettent aussi de se confronter à des patients d'âges différents : enfants, adolescents et personnes âgées présentant chacun des particularités nécessitant de mener une consultation adaptée. Des patients plus spécifiques peuvent être également être modélisés comme des patients ayant des difficultés au niveau de la langue, de cultures différentes, etc. Il est enfin possible de présenter au travers des scénarios, des situations où le médecin doit gérer également les accompagnants du patient, famille ou proches.

4.1.2. Sensibilisation à la e-santé

La e-santé peut se définir comme l'application des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) au bénéfice de la santé, que ce soit au niveau des personnes ou des systèmes de soins. Elle fait également partie des objectifs du projet qui prévoit, au cours de l'évolution du joueur dans le jeu, d'introduire des modules pédagogiques concernant la

formation et la sensibilisation aux technologies de la e-santé. Cette introduction se fait en augmentant les possibilités d'actions du joueur pendant la consultation. Par exemple un ensemble d'équipements informatiques peut venir s'ajouter à l'équipement du cabinet, ce qui permet au médecin d'avoir accès au dossier personnel du patient, de réaliser des prescriptions numériques, de suivre un patient en télé-monitoring ou encore de lancer des téléconsultations grâce à des dispositifs de visioconférence.

Dans cette partie, le jeu doit illustrer, à travers plusieurs scénarios, les changements que l'utilisation des TIC introduit dans les pratiques professionnelles, par exemple :

- Quels sont les problèmes qui sont résolus par la e-santé ?
- Qu'est-ce que la e-santé change dans la relation du médecin au patient ?
- Quelles sont les ressources nécessaires pour tirer parti de la e-santé ?

4.2. Architecture générale de conception

Au travers de ce que nous avons pu constater dans le processus de création des jeux sérieux, le cœur du problème réside dans la prise en compte simultanée des aspects ludiques et métiers, en trouvant le bon équilibre entre les deux. Le contenu pédagogique doit donc être rigoureusement spécifié et la conception du jeu doit veiller à ce que sa mécanique soit capable de rendre ludique ce contenu en fonction du profil du joueur.

En d'autres termes, la phase de *game design*, doit impliquer non seulement des professionnels de la conception logicielle multimédia mais aussi des experts qui appartiennent non seulement au métier du domaine visé mais aussi à celui de la pédagogie. Pour faciliter cette implication nous avons établi une architecture type sur laquelle doit s'appuyer la création du jeu et qui permet la collaboration efficace des différents acteurs de ce processus.

Cette architecture est composée de trois éléments comme l'illustre la Figure 4.2 :

- Une base de connaissances:

Elle inclut les connaissances du métier, les contenus pédagogiques et les méthodologies mises en œuvre par l'ingénierie pédagogique.

- Un scénario :

Il définit le *gameplay*, c'est-à-dire les éléments de jeu relatifs aux règles, interactions, niveaux de difficultés, récompenses, etc.

- Une interface de jeu :

C'est le composant *eye candy* tel que le définit Prensky (page 38). L'interface peut prendre différentes formes selon le profil du joueur ou le contexte d'utilisation du jeu. Un exemple de variabilité de l'interface est présenté par (McDonnell, Breidt, & Bühlhoff, 2012) qui montre différents rendus d'image selon une échelle à dix niveaux (Figure 4.3).

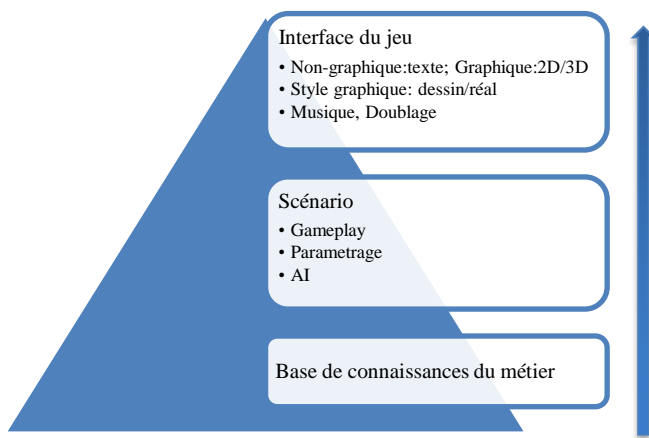


Figure 4.2 : La structure générique du système

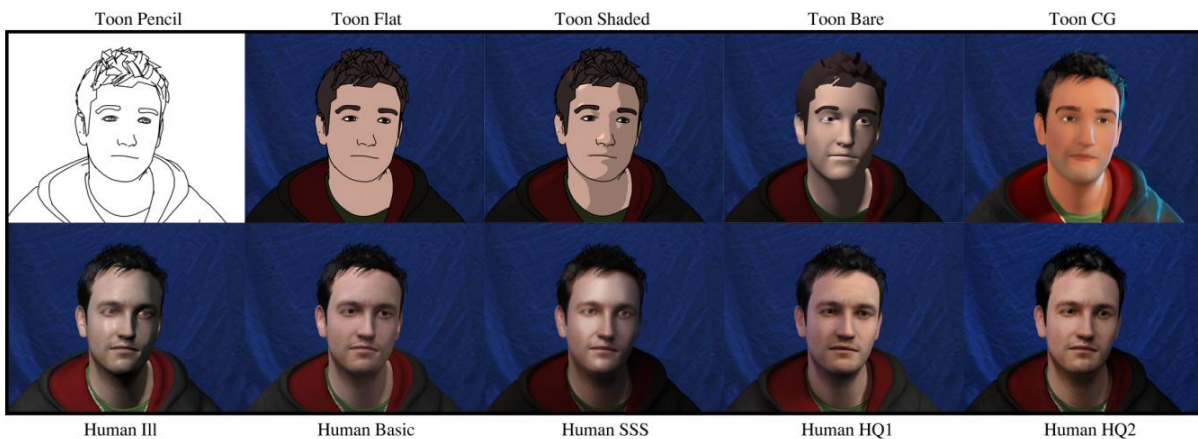


Figure 4.3 : Différents rendus d'image selon une échelle à dix niveaux

Ces trois éléments permettent aux différents acteurs de la création d'intervenir chacun sur une partie correspondant à son domaine de spécialité. Les experts du métier interviendront sur la base de connaissances en spécifiant les compétences à transmettre dans le jeu, les

spécialistes de la formation doivent travailler avec les *level designers* pour établir des scénarios à la fois ludiques et efficaces du point de vue de l'apprentissage, enfin les graphistes, spécialistes du multimédia et ergonomes peuvent se concentrer sur la partie interface du jeu (Byrne, 2005). La section qui suit détaille cette architecture.

4.3. Architecture du projet AgileDoctor

La Figure 4.4 illustre la structure générale du projet.

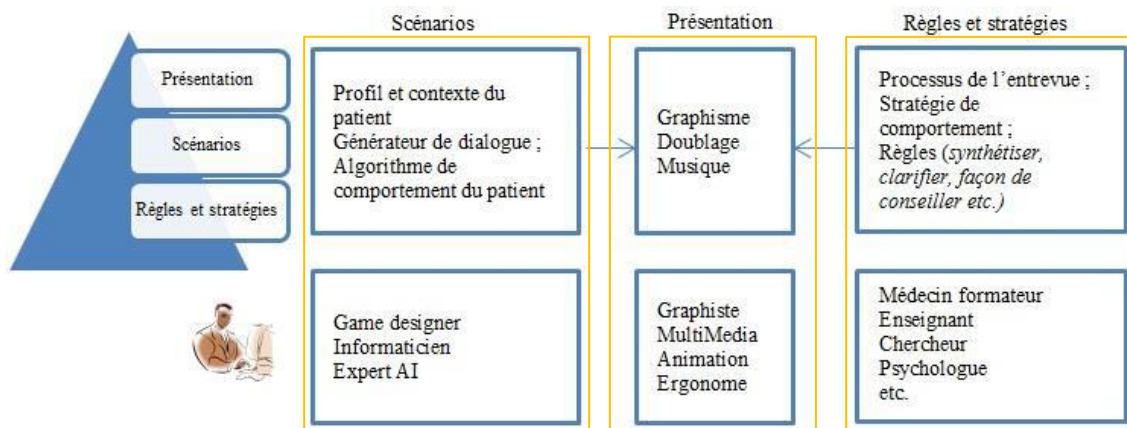


Figure 4.4 : Structure générale du projet

La couche *Scénario* permet de paramétrer le profil du patient, de définir les éléments du moteur de dialogue gérant la conversation du joueur avec le patient virtuel et plus généralement de spécifier le comportement du patient.

La couche *Base de connaissances* modélise le processus de la consultation et permet de définir les règles et les stratégies correspondant à chaque étape de ce processus et menant à une consultation correcte.

La couche *Interface du jeu* définit l'ergonomie de jeu et les interactions possibles du joueur en implémentant les tâches sous la forme d'une (ou plusieurs) représentations graphiques.

Pour faciliter la coopération entre les différentes spécialités devant intervenir dans la conception du jeu, le jeu est accompagné de trois outils permettant de créer des scénarios et de les paramétrer illustré Figure 4.5:

- Un programme de construction de modèles qui, à partir d'informations sur un patient spécifique, les interprète à travers le modèle ontologique du processus de consultation. La cartographie du modèle et des données existantes permet l'injection d'individus dans le modèle proposé.
- Un programme auteur qui permet d'enregistrer les éléments permettant l'animation du patient virtuel, comme par exemple les phrases qu'il pourra prononcer avec leurs caractéristiques associées.
- Un programme de paramétrage qui permet à un expert de définir les éléments pédagogiques qui génèreront un scénario à partir des données enregistrées par le programme auteur.

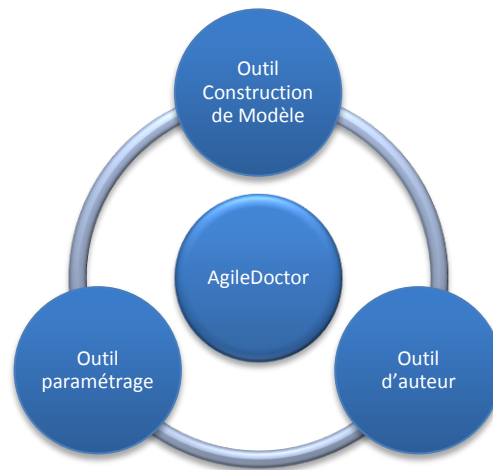


Figure 4.5 : AgileDoctor et ses trois outils

4.4.Considération sur la motivation du joueur

Cette partie aborde les choix de conception qui permettent d'agir sur la motivation du joueur. Il s'agit d'étudier les éléments qui peuvent garantir sa satisfaction à jouer tout en étant cohérent avec les objectifs liés à l'apprentissage.

Lors du Chapitre 2 (page 40), nous avons présenté un certain nombre de travaux ayant permis de dégager un ensemble abstrait d'éléments liés à la motivation du joueur. Nous pouvons catégoriser ces travaux en deux parties :

1. Le design concernant les composants clés du jeu, c'est-à-dire, les éléments essentiels dans tous les jeux sérieux : objectif, règles, retour d'expérience, challenge et compétition.

Dans cette partie, la notion d'*immediate feedback* (retours immédiats sur les actions des utilisateurs) introduite par (Prensky, 2002) est par exemple très importante. Elle implique que le joueur doit pouvoir visualiser clairement les conséquences de ses actions et à un niveau aussi fin que possible. Ses réalisations doivent se traduire par des messages émanant de l'interface du jeu qui replacent cette réalisation dans le contexte général des objectifs à accomplir.

Les notions de contrôle et d'interaction sont également prépondérantes dans la prise en main du jeu par le joueur. Ergonomiquement parlant, le jeu doit présenter une interface facile à comprendre et à utiliser, le nombre d'actions nécessaires à la réalisation d'une action devant être si possible réduit et dans tous les cas adapté au profil du joueur. En revanche la complexité du jeu et de son interface peut augmenter au fur et à mesure de la partie afin d'offrir au joueur un niveau de challenge apte à maintenir son intérêt. Il est parfois également nécessaire d'augmenter le rythme des interactions de façon à générer une tension qui mettra le joueur dans un état supérieur d'attention.

L'apprentissage peut également être renforcé par la mise en œuvre de différents paliers de difficultés qui demande au joueur de mobiliser les connaissances précédemment apprises. Il s'agit du *Challenge*²².

2. L'aspect psychologique du joueur, tel que le décrit la théorie du *flow*.

(Garris, Ahlers, & Driskel, 2002) identifie que la motivation du joueur est influencée par trois caractéristiques d'un jeu. Il s'agit d'une part de son côté *Fantaisiste*, ce qui inclut le contexte, les thèmes abordés ainsi que les personnages ; le *Stimuli*, qui vient de l'expérience dramatique ou nouvelle de l'expérience, que ce soit au niveau visuel ou auditif ; et le *Mystère*, qui évoque la curiosité de l'individu par rapport au niveau d'information donné. (Tekofsky) affirme de son côté que le sentiment de satisfaction fait partie des récompenses psychologiques données par le jeu.

La problématique centrale qui se pose au concepteur d'un jeu est de traduire ces leviers abstraits sous forme d'éléments appartenant à l'univers virtuel proposé au joueur. Nous proposons ici deux types de réponse à cela.

²² Notion Challenge : Niveaux progressifs de difficulté, des objectifs multiples, et une certaine quantité de l'ambiguïté d'information afin d'assurer un résultat incertain. Les activités pourront être une mission tout seul ou de plusieurs joueurs (solo/compétition)

Tout d'abord possibilité est donnée au joueur d'obtenir des *objets virtuels* et de les collectionner. L'attrait pour ces objets peut être lié à plusieurs facteurs, comme leur apparence, leur rareté, ou la puissance que l'objet procure au joueur pendant la partie. L'aspect collection est un puissant facteur de motivation qui vient consacrer les accomplissements du joueur pendant le jeu en lui donnant une évaluation très concrète de ce qu'il a déjà accompli et de ce qui lui reste à accomplir pour compléter sa collection. Les différentes missions du jeu peuvent être définies pour permettre au joueur de rassembler différents objets à différents niveaux de difficulté. La possession de certains de ces objets peut permettre le déblocage de missions supplémentaires ou secrètes permettant de compléter sa collection. Parmi les types d'objets envisageables, citons :

- Des objets liés à l'équipement du joueur qui ont un effet sur ses possibilités d'action ou sur la puissance de celles-ci ;
- Des objets « rares » sans effet sur le jeu mais difficiles à obtenir ;
- Des trésors ou des ressources jouant le rôle d'argent virtuel permettant éventuellement d'opérer des transactions destinés à obtenir les types d'objet décrits ci-dessus.

Les objets virtuels ne se concrétisent pas seulement sous des formes apparentés à des objets physiques. Ils peuvent l'être aussi par des classements dans des palmarès multi-joueurs, l'obtention de distinctions honorifiques ou de hauts-faits représentant l'accomplissement d'actions particulières dans le jeu, ou encore des modifications purement visuelles de l'avatar représentant le joueur. Ces distinctions viennent en plus des récompenses liées aux objectifs principaux. Les jeux multi-joueurs peuvent pousser ce concept encore plus loin en récompensant certains joueurs en leur permettant d'agir sur le monde virtuel dans lequel évoluent ses compagnons, créant par là des jeux de pouvoir et des hiérarchies entre joueurs.

Ce contexte multi-joueurs (soit dans le jeu, soit à l'extérieur au sein par exemple d'une promotion d'apprenants) nous permet d'introduire un deuxième type d'éléments permettant d'agir sur la motivation du joueur: la comparaison de ses exploits à ceux des autres joueurs. Le sentiment de satisfaction pouvant découler de cette comparaison repose sur deux ressorts principaux :

- Celui d'être supérieur à ses adversaires, soit au travers d'affrontements directs soit indirectement par l'obtention des objets virtuels et récompenses décrits précédemment.
- Celui d'être utile à ses compagnons de jeu. Il s'agit là d'aider les autres joueurs à progresser dans le jeu, en leur prodiguant des conseils hors lignes ou, pour les jeux qui

le permettent, de former des groupes afin de s'attaquer collectivement à la réalisation de certaines missions. La satisfaction du joueur vient alors de sa capacité à diriger une équipe ou simplement de son influence déterminante dans l'accomplissement des objectifs.

Ces éléments sources de motivation ayant été déterminés, il convient d'étudier les mécanismes permettant leur introduction dans le jeu. La Figure 4.6 illustre cette problématique en mettant en correspondance les éléments liés à la motivation du joueur (partie haute) et ceux liés aux mécanismes du jeu (partie basse).

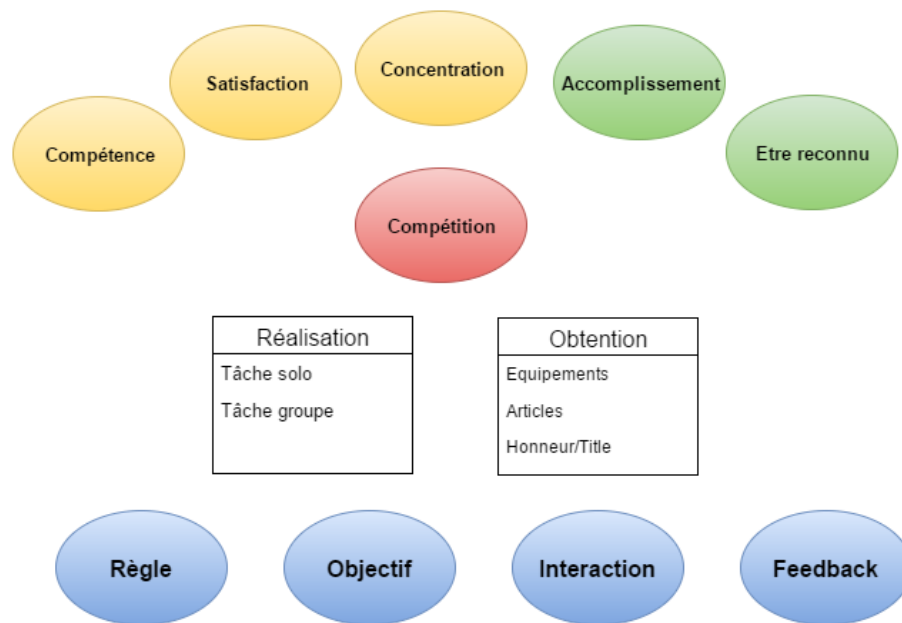


Figure 4.6 : Les facteurs de motivation du joueur (partie haute) et ceux liés aux mécanismes du jeu (partie basse)

Ainsi et en nous basant sur les travaux présentés Chapitre 3, nous faisons l'hypothèse que la motivation du joueur est influencée par trois types de dimensions liées au jeu : les éléments de jeu, les sensations issues du jeu et les résultats du jeu.

- Eléments de jeu
 - Règles
 - Règles claires, faciles à comprendre et à retenir pour le joueur.
 - Buts

- Objectifs à atteindre spécifiés dès le départ, catégorisés en buts principaux et en objectifs secondaires et répartis sur plusieurs missions
Retour d'expérience
- Présentation rapide et claire des effets des actions du joueur.
Présentation du niveau de progression vers les objectifs.
- Interface/Interaction
 - Graphismes et animations venant soutenir l'expérience ludique. La prise en main de l'interface doit être en rapport avec la difficulté des objectifs à atteindre
- Sentiment de contrôle
 - Le joueur doit avoir le sentiment de pouvoir agir sur le jeu, d'y faire autorité dans sa capacité à réguler, diriger ou commander ses éléments. Les jeux réussis proposent ainsi aux joueurs de sélectionner leur stratégie, de planifier leurs activités et de prendre des décisions qui ne sont pas uniquement liées aux attendus de l'apprentissage
- Sensations produites par le jeu
 - Fantaisie
 - Mystère
 - Réussite/Maitrise/ Honneur
 - Stimuli
- Résultats du jeu
 - Tache réalisée
 - Objet obtenu

Tout type de jeu peut être décrit selon ces trois dimensions afin d'analyser la pertinence de sa conception. Une méthode de conception faisant l'impasse sur une de ces dimensions risque de produire un jeu qui ne réussira pas à motiver le joueur comme c'est le cas malheureusement de beaucoup de jeux sérieux.

4.5.Synthèse du chapitre

Dans ce chapitre nous avons présenté l'objectif global de notre jeu sérieux *AgileDoctor* : il est conçu pour la formation aux compétences communicationnelles utiles à l'établissement d'une bonne relation médecin-patient qui doit permettre de proposer des soins de meilleure qualité. Le jeu peut être divisé en deux modules pédagogiques : l'apprentissage

des compétences communicationnelles et la formation aux technologies issues de la e-santé. Nous avons donné une brève description de ces deux modules.

Nous avons par la suite proposé une structure générique visant à faciliter la collaboration et l'interopérabilité entre les différents acteurs impliqués dans la conception et la création du jeu sérieux. Nous avons décrit l'utilisation de cette architecture dans le cadre du développement d'*AgileDoctor* et avons détaillé ses trois couches.

En nous basant sur les travaux présentés dans la section 3.1.2, nous avons effectué une analyse des critères de jeu pouvant susciter la motivation du joueur. Les trois éléments psychologiques proposés par (Tekofsky), satisfaction, reconnaissance et réussite, peuvent être incarnés par les éléments de jeu suivants :

- L'obtention d'objets virtuels qui peuvent être un objet, un tableau d'honneur ou un titre ;
- L'accomplissement de défis en autonomie ou en compétition avec d'autres joueurs ;
- La coopération et l'entre-aide avec d'autres joueurs, dans le jeu mais aussi à l'extérieur de celui-ci.

Pour que ces éléments soient efficaces, un certain nombre de conditions doivent être respectées : ils doivent apparaître clairement dans le jeu et si possible en temps réel suite aux actions du joueur. La difficulté du jeu doit être adaptée au profil et aux compétences du joueur afin que ce dernier garde ne soit pas frustré de perdre le contrôle du jeu et ne perde pas confiance en lui. Des rétroactions positives et des assistances adéquates peuvent également être utilisées pour procurer au joueur une expérience immersive.

Cette analyse a conduit à la définition d'une maquette de conception que nous avons utilisée pour créer *AgileDoctor* et définir ces principes ludiques. Nous détaillons cette maquette dans le chapitre suivant.

Chapitre 5 Conception d'AgileDoctor

Cette partie présente l'approche adoptée pour la conception d'*AgileDoctor* en insistant sur les mécanismes permettant d'équilibrer les dimensions *ludiques* et *utilitaires* du jeu.

Dans la première partie de ce chapitre, nous définissons les modèles aptes à caractériser le domaine du projet. Ensuite, nous présentons en détail les différentes étapes de la phase de conception. Enfin, nous montrons comment notre approche permet d'illustrer l'ensemble du processus de conception pour les deux modules pédagogiques définis : le module pour le développement des compétences communicationnelles et le module consacré à la e-Santé.

5.1. Modélisation du domaine pédagogique

Comme nous l'avons déjà présenté Chapitre 3, le cœur de jeu sérieux se compose de deux couches. La première couche, qui peut elle-même se décomposer en différents niveaux d'abstraction, représente le contenu pédagogique nécessaire aux objectifs d'apprentissage, tandis que la deuxième représente le contenu du jeu tel que nous l'avons défini le page 39.

La modélisation de l'ensemble du système consiste ensuite à définir le lien entre ces deux couches pour l'ensemble des éléments et des ressources du jeu.

La couche pédagogique doit répondre aux objectifs suivants (page 51) :

- Objectif 1 : Communiquer tous les connaissances qui sont définies dans le contenu pédagogique ;
- Objectif 2 : Permettre à l'apprenant de mettre en action les compétences attendues ;
- Objectif 3 : Evaluer la mise en pratique de ces compétences ;
- Objectif 4 : Adapter le contenu du jeu à l'objectif pédagogique et au profil du joueur.
- Objectif 5 : Faciliter la conception et le développement du jeu entre les différentes disciplines

Et pour la couche ludique :

- Objectif 6 : Conserver les caractéristiques du jeu et sa motivation pour les joueurs

Comme présenté Chapitre 3 (page 51), le jeu est capable de mettre en œuvre son objectif d'apprentissage selon trois niveaux de compétences du point de vue du modèle de Bloom : Connaissance (*remembering*), Compréhension (*understanding*) et Application (*applying*). Le contenu pédagogique se décompose par conséquent en trois parties illustrées Figure 5.1:

- Les connaissances : **K**
- Les compétences : **S**
- L'évaluation des compétences acquises : **A**.

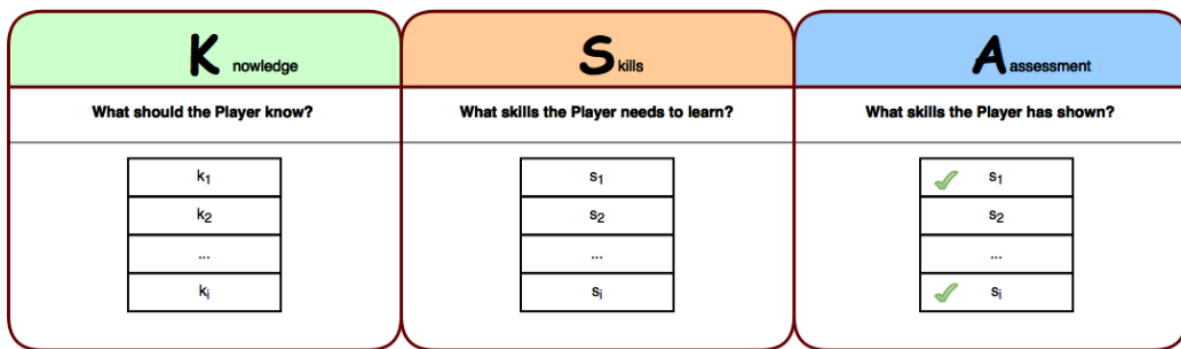
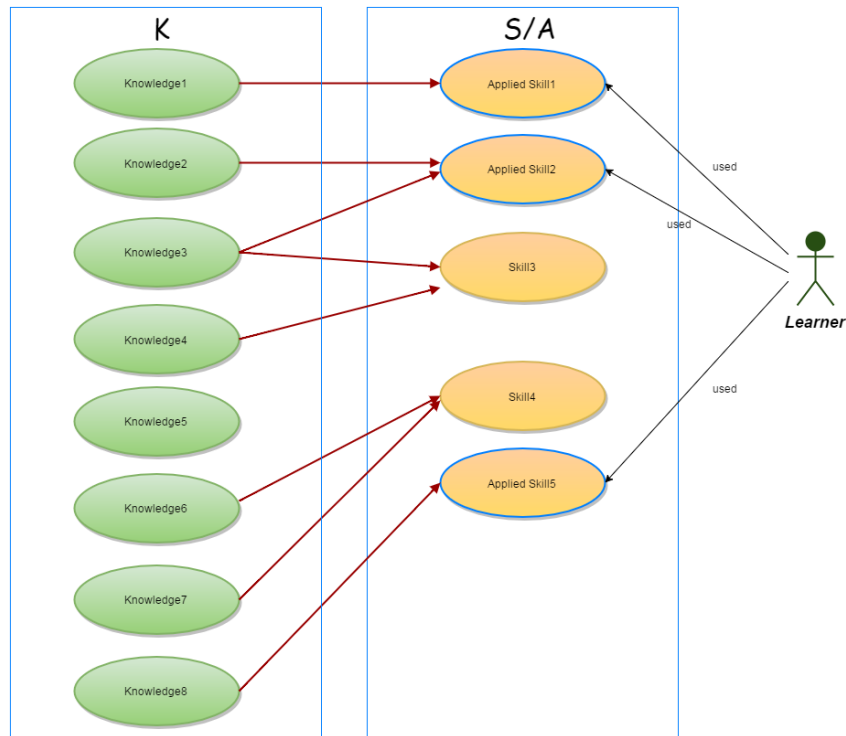


Figure 5.1: Parties **K**, **S**, **A** du contenu pédagogique

La partie **K** consiste à lister les connaissances que les apprenants doivent apprendre durant la formation. Elle correspond au niveau « Connaissance (*remembering*) » du modèle de Bloom.

La partie **S** consiste à lister les compétences que les apprenants doivent construire durant la formation. Elle correspond au niveau « Compréhension (*understanding*) » du modèle. Enfin la partie **A** consiste à évaluer les compétences effectivement acquises. Elle correspond au niveau « Application (*applying*) » du modèle.

Les relations entre **K** et **S** et entre **S** et **A** sont illustrées Figure 5.2. Une compétence S_i nécessite au moins une connaissance K_i , alors qu'une connaissance K_i peut n'être liée à aucune compétence S_i . Les S_i validées par le système d'évaluation sont également identifiées comme étant de classe **A**.

Figure 5.2 : Dépendances **K, S, A**

Ainsi pour répondre au besoin de représentation du contenu pédagogique, nous avons choisi de modéliser le contenu pédagogique du jeu selon trois unités : la représentation de l'information, la mise en pratique des compétences et le retour de performance.

L'unité de représentation de l'information (**IR**) vise à représenter les connaissances définies dans le contenu pédagogique (*objectif 1*). Le contenu de cette unité est mis en avant par l'environnement du jeu et les interactions du joueur avec cet environnement. Par exemple, une connaissance peut être dévoilée par un personnage non joueur dans une séquence narrative, ou encore être obtenue en cliquant sur certains objets du jeu. L'unité peut aussi se traduire par la présence dans le jeu d'un personnage de type « Tuteur Virtuel » qui guide et assiste le joueur en lui communiquant les connaissances nécessaires à l'avancement dans le jeu. On parle alors de système pédagogique intelligent (*ITS : Intelligent Tutoring Systems*).

L'unité de pratique des compétences (**SP**) vise à permettre au joueur de réaliser des actions dont la réussite dépend de la bonne mise en œuvre des compétences attendues (*objectif 2*). Cette réalisation autorise en général la répétition des exercices et donc l'apprentissage au travers des cycles de type essais-erreurs-réussites. L'unité se traduit principalement par les règles et le *gameplay* du jeu qui sont définis pour qu'à chaque étape le

joueur doit faire appel à telle ou telle compétence. Les objectifs et les tâches proposées par le jeu se traduisent alors en actions possibles qui permettent au joueur de faire des choix dont la pertinence dépend de la bonne mobilisation des compétences attendues.

L'unité de retour de performance (**PF**) vise à donner une représentation des performances du joueur (*objectif 3*). Elle se compose principalement d'un système de récompenses basées par exemple sur des objets virtuels comme nous l'avons mentionné section 4.4, et par des indications temps réel qui s'affichent sur l'interface en fonction des actions du joueur. L'unité peut également intégrer des modes d'évaluation différés et réalisés par exemple par un expert humain ayant assisté à la partie ou ayant eu accès à une trace de ses actions (*logs*).

Le contenu du jeu en lien avec le contenu pédagogique est construit en utilisant les éléments de jeu et le *gameplay* présentés Chapitre 4. Le modèle complet est illustré Figure 5.3.

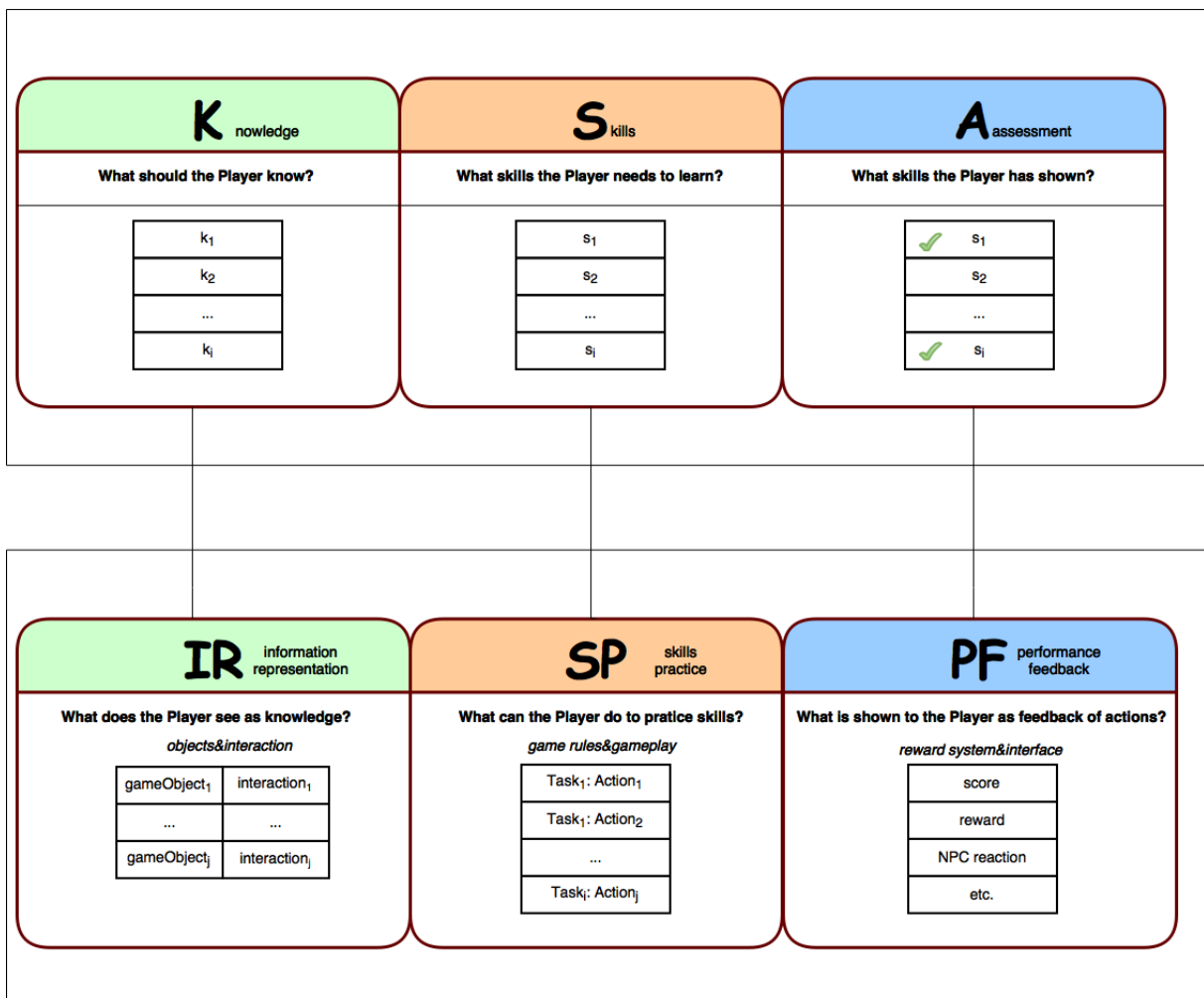


Figure 5.3 : Modèle d'intégration du contenu pédagogique dans les unités du jeu

5.2. Détail des étapes de la phase de conception

Détaillons à présent les modèles présentés précédemment. Leurs étapes de conception se décomposent en :

- Etape 1 : Considération générale sur le contexte, les éléments de jeu et le *gameplay*.

Cette étape consiste à détailler le jeu dans ses principes généraux avec en particulier ses objectifs, ses cibles et son contexte d'utilisation, ceci afin de définir l'ensemble de ses éléments généraux tels que son genre, ses mécanismes principaux de motivation du joueur, etc.

- Etape 2 : Spécification de contenu pédagogique

Cette étape consiste à lister tous les éléments présents dans la partie pédagogique en les classant selon les trois catégories **K, S, A**.

- Etape 3 : Spécification du contenu du jeu

Cette étape consiste à définir *le contenu du jeu en lien avec le contenu pédagogique* selon les trois catégories définies dans le modèle **IR, SP, PF**.

Dans la prochaine section nous illustre ces différentes étapes en les décrivant par rapport aux deux modules pédagogiques définis page 69.

5.3. Réification sur les deux modules

Notre étude englobe les méthodes cliniques, la relation thérapeutique avec le patient et les compétences communicationnelles déployées par le médecin au cours d'une consultation médicale. Nous avons ainsi synthétisé certaines compétences communicationnelles qui participent à l'établissement d'une relation médecin-patient de confiance et sur le long terme. Ces compétences sont extraites des nombreuses études ayant traitées de la communication médecin-patient (Kurtz S. M., Silverman, Benson, & Draper; Kurtz S. M., 2002; Dix-Galloway, 2005; Richard & Lussier, 2005).

5.3.1. Etape 1 : Considération générale sur le contexte du jeu

D'après l'analyse que nous avons effectuée lors de la section 4.4, *le jeu de rôle nous est apparu comme le type de jeu s'accordant le mieux à nos objectifs*. Ceci pour trois raisons principales : cette forme permet de mettre le joueur en situation de pratiquer ses compétences dans une simulation de consultation, elle favorise sa motivation en le plaçant au centre d'une histoire qui progresse et qui lui donne la possibilité d'améliorer son personnage, enfin cette forme a déjà fait ses preuves hors du cadre numérique en particulier dans la formation des médecins maître de stage.

Dans ce cadre, le joueur dispose d'un avatar le représentant dans le jeu sous la forme d'un médecin. Les NPC principaux sont les patients venant au cabinet, tandis qu'en fonction de l'évolution de la partie, d'autres personnages peuvent être introduits comme une secrétaire médicale ou des collègues médecins avec lesquels le joueur pourra interagir.

L'annexe ii présente une description détaillée des éléments de jeu. Nous définissons ici son *gameplay* principal.

1. Narration

AgileDoctor se place dans le contexte du métier d'un médecin généraliste. Le joueur choisit la représentation physique de son personnage parmi un ensemble d'avatars disponibles et le jeu commence par l'introduction du contexte : un jeune médecin vient de terminer sa formation et d'ouvrir son cabinet. Le médecin va devoir le développer en établissant une clientèle, en équipant son cabinet, en recrutant un secrétariat et éventuellement en s'associant avec des collègues. Chaque élément de l'histoire est introduit par un module appelé « *Chaîne* ». Une *chaîne* représente un mini scénario cohérent qui s'intègre dans l'histoire globale et qui permet d'introduire une nouvelle compétence ou connaissance métier. Par exemple, le module d'apprentissage « introduction aux techniques de téléconsultation », se verra introduit dans l'histoire par le mini scénario : « *Un collègue a assisté à un séminaire sur la e-santé et vous parle des expérimentations menées par certaines médecins.* »

Cette *chaîne* apparaît visuellement comme un nouvel évènement dans l'interface de jeu et devient sélectionnable par le joueur intéressé par l'histoire.

Cette conception modulaire permet de rendre le jeu évolutif en fonction des objectifs éducatifs et du profil de l'apprenant. Le travail du concepteur est de s'assurer que les mini

scénarios s'insèrent correctement dans la narration globale et dans le processus d'apprentissage. Les modules peuvent ensuite être sélectionnés dans la phase de paramétrage de la partie.

2. Interactions

Pour s'accommoder du plus large profil de joueur possible (médecin âgé ou étudiant en médecine, familiarisé ou pas avec l'usage des ordinateurs, connaisseur ou novice en logiciels médicaux, etc.), l'interface propose au joueur de réaliser l'intégralité des actions au moyen de dispositifs de pointage (pas d'entrées texte ou de reconnaissance vocale) permettant de sélectionner les différents éléments proposés par l'interface ou d'interagir avec les personnages non-joueur.

3. Objectifs

Nous l'avons souvent dit, un jeu sérieux présente deux types d'objectif : le divertissement du joueur et l'apprentissage de certaines connaissances et compétences. Nous avons choisi de rendre explicite les aspects ludiques en concevant l'interface de façon à les mettre le plus souvent au premier plan. Les objectifs pédagogiques quant à eux sont présentés par défaut implicitement, au travers des actions entreprises par le joueur. Ce choix vise à immerger autant que faire se peut le joueur dans le jeu et dans son histoire en lui faisant oublier que le but premier est de lui faire acquérir les compétences adéquates.

L'achèvement réussi d'un objectif a en général pour effet de débloquent un nouveau module d'apprentissage, qui apparaît dans la narration sous la forme d'un nouvel événement comme présenté plus haut.

4. Feedback

L'interface est conçue pour donner au joueur des indications claires sur l'effet de ses actions et sur son avancement global dans la partie. Pendant le processus de consultation médicale, les expressions faciales du patient sont par exemple utilisées pour que le joueur puisse évaluer l'état mental ou la souffrance physique de celui-ci. Quand l'expression du visage ne suffit pas, l'interface présente des indicateurs supplémentaires représentant par exemple le niveau de confiance global du patient virtuel envers son médecin.

L'interface propose également au joueur d'accéder à des valeurs représentant l'état actuel de ses avancées comme le nombre de patient composant sa clientèle ou encore le degré d'équipement technologique et médical de son cabinet.

Enfin, des effets visuels et sonores sont utilisés pour encourager le joueur à réussir certaines tâches et pour mettre en valeur les récompenses obtenues, ce qui permet au joueur d'évaluer à tout moment ses performances.

5. Récompenses

Le système de récompense est basé sur l'obtention d'objets virtuels. Ces objets sont décrits dans le tableau ci-dessous.

Table 5.1 : Quelques éléments des récompenses proposés

Distinction honorifique	Description
Médaille	Attribuée après la réussite de certains challenges
Titre	Appellation pour avoir atteint un certain niveau

Objet virtuel	Description
Agicoin	Monnaie virtuelle qui permet d'investir dans le cabinet
Élément de décoration	Objets représentant la satisfaction des patients ou l'évolution de la carrière du médecin
Equipements	Objets représentant l'évolution de l'équipement du cabinet.

6. Validation et règles du jeu

Dans la mesure où le fait de gagner doit être le reflet de la bonne utilisation des compétences et des connaissances à apprendre, les règles du jeu doivent être en adéquation avec les processus métiers.

Elles doivent donc être liées à des modèles permettant de les spécifier et de valider les objectifs pédagogiques attendus. Cette partie étant au cœur de nos travaux, nous la présentons à part lors de la partie suivante.

5.3.2. Etape 2 : Spécification du contenu pédagogique

5.3.2.1. Module pour le développement des compétences communicationnelles

Dans le Chapitre 1, nous avons présenté un certain nombre de travaux ayant analysés les compétences communicationnelles à l'œuvre dans une relation médecin-patient. Cette étude a été complétée et en partie validée en la confrontant au vécu de certains médecins. Le

résultat de ce travail a mené à la formalisation d'un ensemble des connaissances à acquérir et d'un ensemble des compétences à tester durant le jeu. Ce modèle a été établi conformément au modèle KSA présenté dans la section 5.1 (page 81). Les objectifs pédagogiques sont donc de former à des connaissances notées K_i (*Knowledge*), et à des compétences notées S_i (*Skill*) dont l'acquisition peut être évaluée en étudiant le comportement du joueur au cours de la consultation.

Pour notre projet nous avons retenu la liste présentée Table 5.2. Ce sont ces connaissances et compétences que *AgileDoctor* s'attache à présenter à l'apprenant via ce module. Nous les avons classées selon sept catégories :

- Catégorie 1 : Compétences communicationnelles de base ;
- Catégorie 2 : Compétences liées au recueil information (anamnèse) ;
- Catégorie 3 : Compétences liées à l'explication des informations ;
- Catégorie 4 : Compétence liée à l'établissement d'une relation sur le long terme ;
- Catégorie 5 : Compétence liées au contrôle du temps ;
- Catégorie 6 : Compétences liées à la gestion des conflits ;
- Catégorie 7 : Compétence liées à la gestion des perturbations extérieures ;

Table 5.2 : Les connaissances (K) et les compétences (S) dans le module communication d'*AgileDoctor*

Catégorie	Connaissances (K)	Compétences (S)
C1 : Compétences communicationnelles de base	K1 : Le médecin doit être respectueux et mettre à l'aise son patient	S1: Accueillir le patient
		S2: Respecter son intimité
		S3 : Utiliser des phrases polies
	K2 : Le médecin doit être compris par le patient	S4: Utiliser des phrases en adéquation avec le niveau de compréhension du patient
		S5: Structurer son raisonnement
		S6: Synthétiser régulièrement
K3 : Le médecin doit convaincre le patient de la pertinence de ses choix	S7: Vérifier et s'assurer de la compréhension du patient	
	S8: Encourager le patient à parler	
	S9: Bonne utilisation des questions ouvertes et des questions fermées	
C2 : Compétences liées au recueil information (anamnèse)	K4 : Le médecin doit obtenir les informations pertinentes de la part du patient	S10: Décomposer les problèmes
		S11: Proposer les choix possibles
C3 : Compétences liées à	K5 : Le médecin doit guider le	

l'explication des informations	patient tout en lui laissant faire ses propres choix	et conseiller le patient au sujet du plan de traitement
C4 : Compétences liées à l'établissement d'une relation sur le long terme.	K6 : Le médecin doit créer un lien avec le patient	S12: Questionner le patient sur son mode de vie
	K7 : Le médecin doit essayer de se mettre à la place du patient	S13: Prendre en compte les désirs et contraintes du patient
	K8: Le médecin ne doit pas juger son patient	S14: Ne pas utiliser de phrases exprimant des jugements de valeur
	K9 : Le médecin doit veiller au respect des consignes données au patient	S15: Encourager le patient
C5 : Compétence liées au contrôle du temps	K10 : La durée de la consultation doit être limitée et adaptée au problème du patient.	S16: Hiérarchiser les plaintes du patient
		S17 : Planifier les prochains problèmes lors de consultation ultérieures
		S18: Mettre fin aux digressions
C6 : Compétences liées à la gestion des conflits	K11 : Certains patients sont réfractaires aux choix et aux conseils du médecin	S19: Négocier des compromis avec le patient
		S20: Arriver à convaincre le patient
	K12 : Le médecin doit s'attendre à devoir gérer certains patients agressifs	S21: Savoir mettre fin à la consultation
		S22: Faire retomber la tension
C7 : Compétence liées à la gestion des perturbations extérieures	K13 : La consultation ne doit pas être perturbée par des éléments extérieurs	S23: Bien gérer les appels téléphoniques
		S24: Faire intervenir le secrétariat à bon escient
		S25: Créer les conditions d'une consultation calme (ex : gérer les enfants turbulents)

Notons que le déroulement de la consultation peut nécessiter la mise en œuvre répétée de certaines des compétences décrites.

5.3.2.2. Module pour la e-santé

Ce module a pour but de donner aux futurs médecins une connaissance des technologies de la e-santé et de ce qu'elles peuvent apporter en terme d'amélioration de la qualité des soins. Nous avons choisi de mettre en avant quatre d'entre elles : Le dossier médical personnel, la téléconsultation, la télé-prescription et le télé-monitoring. Pour chacune le contenu pédagogique doit décrire en quoi consiste la technologie et ce qu'elle peut apporter dans l'exercice du métier, comment s'équiper pour pouvoir l'utiliser et enfin apprendre à s'en servir. Les parties **K** et **S** du modèle sont alors :

- Dossier médical personnel (DMP)
 - **K₁** : Qu'est-ce que c'est le DMP ;
 - **K₂** : Pourquoi utiliser un DMP ;
 - **K₃** : Comment mettre en place ou accéder à un système de DMP ;
 - **S₁** : Savoir utiliser et alimenter un DMP ;
- Téléconsultation
 - **K₄** : Qu'est-ce que c'est la téléconsultation ;
 - **K₅** : Comment s'équiper pour mettre en place un système de téléconsultation ;
 - **S₂** : Savoir mener une téléconsultation ;
- Télé prescription
 - **K₆** : Qu'est-ce que c'est la télé prescription ;
 - **K₇** : Quelles sont les situations pouvant faire l'objet d'une prescription médicamenteuse à distance et pour quels médicaments ;
 - **S₃** : Savoir utiliser la télé prescription à bon escient ;
- Télé monitoring
 - **K₈** : Qu'est-ce que c'est le télé-monitoring ;
 - **K₉** : Que peut apporter le télé-monitoring dans le cadre du suivi du patient ;
 - **K₁₀** : Comment prescrire et utiliser un système de télé monitoring ;

Au total 10 **K_i** et 3 **S_i** liées à ce module sont identifiés par l'expert pédagogique.

5.3.3. Etape 3 : Spécification du contenu du jeu selon le modèle proposé.

Avant d'aborder l'implémentation du modèle pédagogique KSA en tant que contenu de jeu, notons que la formation aux compétences communicationnelles est un exercice délicat qui appelle deux remarques:

- Remarque 1 :

La stratégie de communication développée par le médecin doit être flexible et s'adapter aux circonstances et au profil du patient. Par exemple, « ... *un patient en bonne santé qui vient pour un suivi et un autre en infarctus exigent des stratégies de communication différentes. Celui en infarctus, on le regardera dans les yeux, lui prendra la main et on lui dira quelques mots pour le rassurer, remettant à plus tard les informations plus techniques* »²³. Par conséquent, le contenu du jeu doit prendre en compte qu'il n'existe pas de stratégie de communication unique qui serait adéquate dans tous les cas, mais qu'au contraire chaque scénario, chaque patient, nécessite la spécification par un expert d'une ou plusieurs stratégies considérées comme pertinentes. En termes de jeux, cela signifie que chaque partie demandera au joueur de mettre en œuvre des compétences communicationnelles différentes qui s'analyseront selon deux niveaux : le niveau global tel que défini par le scénario, et un niveau plus local tel que défini par le modèle KSA propre au module communicationnel.

- Remarque 2 :

Le cœur des objectifs pédagogiques que nous avons retenu concerne une approche centrée patient, par exemple être à l'écoute du patient, se mettre à sa place, trouver des compromis et susciter son adhésion aux soins proposés. Néanmoins, on trouve dans la littérature médicale d'autres types de modèle pour mener une session de consultation. (Emanuel & Emanuel, 1992) par exemple ont identifié quatre modèles relationnels permettant de gérer différents types de patients. Par conséquent, une évaluation des actions du joueur qui serait réalisée automatiquement par des règles préétablies n'est ni pertinente, ni faisable. Ainsi nous proposons que les actions du joueur pendant la partie soient conservées sous la forme de données de log et que cette trace soit soumise à l'analyse d'un expert qui pourra à partir de là réaliser une évaluation ou un débriefing de l'apprenant. Cette trace peut également être analysée informatiquement selon des critères définis qui peuvent rendre compte des types de phrases ou d'actions employées le plus souvent par le joueur, par exemple, le ratio de phrases de nature empathiques utilisées par le joueur.

Ceci étant posé, définissons les parties **IR** et **SP** qui selon le modèle proposé section 5.1 (page 81), spécifient les actions possibles du joueur dans *AgileDoctor*.

²³ Citation de Marie-Thérèse Lussier dans « La communication avec le patient Pour une communication claire et efficace » par Claudine Auger : <http://www.egc.medecinsfrancophones.ca/www-medecinsfrancophones-ca/publications/chroniques/la-communication-en-sante/la-communication-avec-les-patients.fr.html>

La catégorie d'actions **IR** permet de consulter les informations en interagissant avec les éléments de l'interface. Par exemple, la rubrique « aide » de l'interface permet de consulter certaines connaissances spécifiées par le module pédagogique. Un autre exemple est la possibilité de consulter le dossier du patient à tout moment de la consultation.

La catégorie d'actions **SP** permet au joueur de mettre en pratique ses connaissances et de faire la preuve de ses compétences. Les actions proposées consistent essentiellement à choisir la façon de réagir aux actions ou phrases du patient. Ces choix peuvent être des phrases à faire prononcer par le médecin ou des actions comme des gestes ou des expressions de visage. Notons par ailleurs que ne rien faire peut faire partie des choix possibles. L'ensemble des choix est proposé par l'interface et généré par le moteur de dialogue. Le rôle du moteur est alors de générer un ensemble d'actions possibles possédant des caractéristiques différentes et testant le joueur sur un type de compétence défini. Le fonctionnement du moteur du dialogue ainsi que la modélisation des actions possibles seront présentés dans le Chapitre 6 et le Chapitre 7

Plus concrètement et en ce qui concerne le module de développement des compétences communicationnelles, les actions **SP** possibles sont celles qui permettent au médecin de mener à son terme une consultation médicale comme proposer de réaliser un examen physique, remplir le dossier du patient, poser un diagnostic, donner un plan de traitement, prescrire des médicaments, facturer le patient etc. Pour le module de e-santé, les actions possibles permettent de mettre en œuvre les technologies liées à la e-santé comme alimenter un DMP, opérer une télé-prescription etc.

La correspondance avec chaque compétence S_i identifiée se fait dans le jeu par une possibilité d'action du médecin. Par exemple, la compétence S_1 « Accueillir le patient » se traduit par un ensemble de phrases ou de gestes proposés au joueur dont le thème est de saluer le patient et de l'inviter à s'asseoir. Cet ensemble est généré pour contenir différents types d'actions, plus ou moins polies, plus ou moins chaleureuses, plus ou moins adroites.... Les phrases et les actions sont donc dotées d'attributs qui viennent définir ce type de caractéristiques en lien avec les compétences attendues de la part du joueur. Cette caractérisation est effectuée par l'expert du domaine dans le module auteur.

Pour conclure, illustrons la traduction de certaines compétences dans le jeu suivant le modèle **IR, SP** :

Pour la connaissance K_1 « Être respectueux et mettre à l'aise son patient », et la compétence associée « S_1 : Accueillir le patient », nous définissons la partie IR comme étant l'utilisation de la rubrique « aide-> Compétences de base » qui rappelle au joueur qu'il est important de mettre à l'aise son patient et que celui-ci doit être correctement accueilli dans le cabinet. La partie SP se traduit quant à elle comme un ensemble d'actions proposé au joueur qui lui permet d'accueillir plus ou moins correctement le patient. Le choix du joueur lui permet de déployer ou pas la compétence attendue.

Prenons un autre exemple autour de la connaissance K_3 « Le médecin doit convaincre le patient de la pertinence de ses choix », et d'une de ses compétences associées S_6 « Vérifier et s'assurer de la compréhension du patient ». La partie IR se traduit par l'information donnée par la rubrique « aide-> Patient et médecin : décider ensemble » qui rappelle au joueur que les décisions de soin doivent être partagées et prises d'un commun accord entre le médecin et le patient. Pour cela le patient doit être correctement informé et doit comprendre les tenants et les aboutissants des choix proposés. La partie SP se concrétise là encore par un ensemble d'actions proposé au joueur lui permettant de vérifier (ou pas) régulièrement le niveau de compréhension du patient, en lui faisant reformuler par exemple les explications du médecin ou au contraire en adoptant des phrases compliquées hors de portée du patient.

5.4.Synthèse du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons appliqué les conclusions du chapitre 3 à la conception d'un jeu appelé *AgileDoctor* qui vise à former les médecins à l'exercice de la consultation médicale.

Au cours de cette démarche, nous avons d'abord spécifié la partie pédagogique en identifiant les objectifs devant faire partie du jeu. Nous avons ensuite appliqué une méthode de conception en trois étapes qui permet de projeter le contenu pédagogique dans le jeu et de spécifier également son contenu ludique. Enfin, nous avons illustré ce processus avec deux modules concrets proposés par *AgileDoctor*: un module destiné au développement des compétences communicationnelles à l'œuvre pendant une consultation médicale, et un autre visant à la sensibilisation aux technologies de la e-santé. Les détails du *gameplay* comme les règles du jeu et les tâches et missions à accomplir sont donnés dans l'annexe ii.

Les éléments de jeu étant à présent spécifiés, il nous faut maintenant nous intéresser à leur modélisation formelle afin de pouvoir construire une base d'information les rendant apte

à être utilisés dans un programme informatique. Dans la partie suivante nous abordons donc des concepts issus du domaine de l'intelligence artificielle et de la représentation des connaissances, dans le but premier de modéliser le processus de la consultation médicale.

Partie 3 : Méthodologie- Simulation du processus de la consultation médicale

Chapitre 6 Approche ontologique pour la représentation des connaissances

Dans la deuxième partie de notre thèse nous avons présenté la conception du jeu *AgileDoctor* avec son *gameplay*, son contenu et ses objectifs pédagogiques. Rappelons donc que le cœur de ce jeu est une simulation de consultation médicale basée sur l'établissement d'un processus du dialogue entre le joueur et un patient virtuel, dans un contexte où les besoins pédagogiques peuvent faire varier le type de patient ainsi que certaines variables environnementales (taille du cabinet, équipement technologique du médecin, etc.). C'est pourquoi une des parties les plus importante du jeu réside dans son moteur de dialogue qui, réalisant une simulation de dialogue entre un médecin et un ou plusieurs participants, doit répondre aux besoins suivants :

1. Simuler un processus dialogique de consultation médicale tout en assurant la crédibilité de la conversation, en gérant l'intelligence artificielle du patient et en prévoyant les possibilités d'erreurs du joueur :

Nos choix nous ont conduits à écarter l'utilisation de techniques de traitement automatique du langage naturel, aussi bien pour les phrases prononcées par le joueur que pour celles générées par le patient. Par conséquent, ces éléments sont prédéfinis par une base de données. Ce choix s'est fait en considérant d'une part que les techniques actuelles de reconnaissance du langage se focalisent sur l'identification du sens général et non pas sur la forme des phrases. Or cette dernière est un élément important sur lequel se basent un certain nombre de compétences à acquérir. D'autre part, l'objectif du jeu n'est pas d'offrir un maximum de liberté au joueur, mais de le confronter au contraire à un ensemble de possible se concentrant sur les objectifs de l'apprentissage. Par exemple, *AgileDoctor* n'est pas conçu pour apprendre les compétences médicales nécessaires à la consultation. Le joueur n'est pas évalué par rapport à cela. Le fait de laisser au joueur le soin de construire ses propres phrases

l'obligerait à mettre en œuvre l'ensemble des compétences requises, y compris celles qui ne font pas l'objet de l'apprentissage lié à la session en cours.

Une piste plus intéressante aurait été d'utiliser les techniques de traitement du langage pour générer les phrases prononcées par le patient virtuel en fonction du sens général et de l'état du patient (en particulier ses émotions), déterminé par le moteur de jeu. Nous l'avons provisoirement laissé de côté, les méthodes à mettre en œuvre nous auraient entraîné trop loin par rapport au sujet de cette thèse.

Au final, le choix de prédéfinir les éléments élémentaires des composants du dialogue permet d'assurer deux aspects : jouer sur toute la richesse de la langue pour proposer au joueur une variété de styles de conversation et de réactions face à une même situation, et nous assurer que les phrases prononcées par le patient virtuel correspondent bien au type de challenge (page 75) que les objectifs pédagogiques proposent au joueur.

2. Spécifier simplement les objectifs pédagogiques :

Le système doit faciliter l'implémentation des objectifs pédagogiques et en même temps proposer un enregistrement des données permettant l'évaluation du joueur après la session de jeu. Les formateurs doivent avoir en particulier des facilités pour insérer les connaissances métiers et les contenus pédagogiques.

3. Permettre d'agir sur les paramètres du moteur de dialogue :

L'architecture doit clairement séparer l'algorithme du moteur de ses paramètres.

Pour répondre à ces besoins et comme indiqué dans l'introduction générale, nous proposons une modélisation ontologique de la consultation médicale visant à permettre au moteur du jeu de fonctionner.

Dans ce chapitre, nous présentons le modèle proposé que nous avons appelé MCPM (*Medical Consultation Process Model*) ainsi que sa représentation par une ontologie appelée MCSOnto (*Medical Consultation Session Ontology*).

6.1. Concepts guidés par les connaissances du domaine

Les concepts que nous avons définis sont représentés ci-dessous :

- **Définition 1 : Phrase**

La **Phrase** est une unité simple d'expression qui peut contenir le contenu d'une parole ou d'une expression non-verbale. L'expression non-verbale joue un rôle important dans la communication interpersonnelle, car elle peut illustrer et révéler un certain nombre d'informations qui se traduisent par l'attitude de l'interlocuteur. Elle peut être un geste comme par exemple un signe de tête ou une expression du visage comme un froncement de sourcils. Notons que notre modèle n'inclut cependant pas l'activité psychologique et l'inflexion vocale pour des raisons de simplicité. En résumé, notre modèle permet de représenter des expressions verbales sous la forme du texte qu'elles énoncent, ainsi que des expressions non-verbales sous la forme d'une description décrivant le geste réalisé. On note ρ le texte de **Phrase**.

Une **Phrase** est produite par un acteur qui est un participant noté α du dialogue. Dans une consultation médicale, les acteurs sont le patient, le docteur, l'interne et toute autre personne pouvant intervenir pendant la consultation.

Une **Phrase** possède un type appelé **f**. Ce type peut prendre pour valeur : Question, Réponse, Déclaration ou Demande. Chacune de ses valeurs possède un sous-type. Appelons **T** l'ensemble de ces sous-types. L'élément **f** de **T** représente toutes les valeurs possibles de ce sous-type. Table 6.1 ci-dessous liste tous les éléments de **T** ainsi que la définition de chaque élément **f**.

Table 6.1 : Les types de phrase et les définitions de chaque type.

Type	Type primitif	Type primitif	Description
Question	<i>Open_Question</i>	Question ouverte	Question qui exige une réponse développée.
	<i>Closed_Question</i>	Question fermée	Question à laquelle on peut répondre par oui, par non, ou par une courte phrase.
	<i>Questioning</i>	Questionnement	Question à laquelle on peut répondre par une courte phrase.
Réponse	<i>AnswerWithInfo</i>	Réponse avec information	Réponse à une question ouverte contenant un ensemble d'informations.
	<i>Agree</i>	Acquiescement	Réponse positive à une question fermée ou confirmation.
	<i>Disagree</i>	Désaccord	Réponse négative à une question fermée.
	<i>DUnderstand</i>	Non compréhension	Non compréhension de la phase par l'interlocuteur.
Déclaration	<i>Normal_Stat</i>	Normale	Déclaration normale.
	<i>Summary</i>	Synthèse	Déclaration destinée à résumer certaines informations.

	<i>Explanation</i>	Explication	Déclaration destinée à expliquer certaines informations.
Demande	<i>Require</i>	Demande	Expression d'une requête.

Enfin, chaque **Phrase** est caractérisée par un vecteur à trois dimensions noté χ , qui représente les trois caractéristiques d'une phrase : **Agressif**, **Clair** et **Long**. **Agressif** reflète la politesse ou l'agressivité de l'expression. **Clair** représente sa clarté. **Long** évalue le temps nécessaire à l'expression de la **Phrase** (on compte ici les éventuels silences ou hésitations). Ces caractéristiques sont indépendantes les unes des autres et leur valeur est numérique. Elles ont été retenues car elles simplifient un certain nombre de facteurs psychologiques complexes tout en permettant d'évaluer l'impact de ces phrases sur le déroulement du jeu, en particulier sur l'état émotionnel du patient virtuel.

Par exemple, la valeur de la caractéristique **Long** permet de mesurer le temps qui passe pendant la consultation. La caractéristique **Agressif** permet au moteur de jeu de faire évoluer l'humeur du patient, tandis que la caractéristique **Clair** lui permet de déterminer la quantité d'information correctement perçue. D'autres mécanismes associent plusieurs de ces caractéristiques pour faire évoluer un indice de confiance entre le médecin et son patient.

Plus formellement, **Phrase** peut donc se noter de la façon suivante :

$$Phrase \stackrel{\text{def}}{=} (\rho: \mathfrak{t}, \chi)^\alpha$$

- **Définition 2** : Session de dialogue et flux de dialogue (*dialogue flow*)

Une session de dialogue (DS) est un ensemble d'objets de type **Phrase** échangés entre plusieurs participants autour d'un sujet ou d'un objectif commun. La session est organisée en plusieurs tours représentant chacun une paire d'objets de type **Phrase** prononcé par deux des participants.

Soit P_1, P_2 deux participants, $PhraseInit^{P_1}, PhraseReply^{P_2}$ sont les deux objets **Phrase** que le tour contient et on a :

$$PhraseInit^{P_1} = (\rho: \mathfrak{t} = \mathfrak{t})^{P_1}, \quad PhraseReply^{P_2} = (\rho: \mathfrak{t} = \mathfrak{t})^{P_2}$$

Une session de dialogue est alors représentée comme suit :

$$DS = Set \{Round_i\} = Set\{(PhraseInit^{P_1}: \mathfrak{t}, PhraseReply^{P_2}: \mathfrak{t})_i\}$$

où l dénote le nombre de tours total de cette session.

Dans notre modèle, nous avons imposé que chaque tour contienne impérativement deux phrases, c'est-à-dire un objet *Phrase* initial et un objet *Phrase* de réponse au premier. Dans le cas où un des participants au dialogue ne réalise aucune action, l'objet *Phrase* correspondant ne contiendra aucune information explicite et sera représentée sous le type *Acquiescement* ou *Désaccord* (page 99).

Voici un exemple de session de dialogue :

```

ds_a = {Round1, Round2, Round3}

// @Annotation-Objectif : inviter à s'asseoir

Round1: <PhraselnitD ["Entrez, vous pouvez vous asseoir."]: t=Require,
PhraseReplyP ["Je peux m'asseoir là ? "]: t=Statement>

Round2: <PhraselnitD ["Oui Asseyez-vous ici." »]: t=Agree,
PhraseReplyP["Ok je m'assoie là." ]: t=Agree>

Round3: <PhraselnitD ["Ok."]: t = Agree,
PhraseReplyP ["Bien bien."]: t = Agree >
    
```

Ce script concernant l'invitation à s'asseoir et est composé de trois tours.

Le début d'une session de dialogue correspond à son point d'entrée tandis que sa fin désigne son point de sortie. Une DS peut avoir plusieurs points de sortie possibles, qui sont déterminés par l'objet *PhraseReply* du dernier tour. Par exemple, un objet *PhraseReply* de type primitif $f=Disagree$ amènera à un point de sortie de type « Refus », alors qu'un objet *PhraseReply* de type $f=DUnderstand$ amènera à un point de sortie « je n'ai pas compris ».

Illustrons cela par une session de dialogue alternative à celle que nous venons de présenter. Dans cette dernière, le patient refuse de s'asseoir, nous la notons *DS_b*. Une autre session démarre alors, dans laquelle le médecin tente de raisonner son patient. Elle est notée *DS_c*.

Le point de sortie de *DS_b* conduit à cette nouvelle session *DS_c*. Les deux sessions forment alors une séance de dialogue liée. Nous appelons flux de dialogue (DF), cette séquence de plusieurs sessions qui accomplissent un but (nous le notons ici *DF_inviteSit*).

DS_b et DS_c sont présentées comme suit:

```
// @Annotation - Flux de Dialogue : DF_inviteSit

DS_b = {Round1}

// @Annotation -Sujet: inviter à s'asseoir

Round1: <PhraseInitD ["Entre, tu peux t'asseoir."]: t =Require,

PhraseReplyP ["Non, merci."]: t =Disagree >

DS_c = {Round1}

// @Annotation - Sujet: persuader de s'asseoir

Round1: <PhraseInitD ["Tu ne vas quand même pas rester debout ?"]: t =Require,

PhraseReplyP ["Bon... ok."]: t =Agree >

DF_inviteSit = {DS_b, DS_c}
```

Le point d'entrée d'une session peut être associé à une condition d'entrée qui détermine le moment de déclenchement de cette session. Les sessions sans condition d'entrée peuvent être déclenchées à tout moment (Figure 6.1).

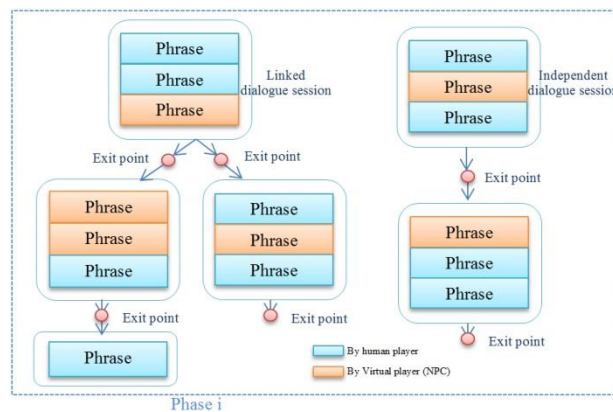


Figure 6.1 : Illustration des points de sortie des sessions de dialogue

Au final, les flux de dialogue forment un graphe orienté fini, où chaque nœud est une session de dialogue.

- **Définition 3: Micro-séquence**

Les micro-séquences (MS) forment les différentes étapes d'une consultation médicale. Elles représentent un de ces moments clés, et une même micro-séquence peut avoir lieu

plusieurs fois pendant une consultation. Du point de vue de notre modèle, une micro-séquence *MS* est un ensemble qui contient un ou plusieurs flux de dialogue :

$$MS = \{df: df \in MS, \text{avec } df \text{ étant un flux de dialogue} \}$$

Il est à noter que l'ensemble des micro-séquences composant une consultation forme une description métier de la consultation en termes des différents moments la composant. Toutes les micro-séquences n'apparaissent pas forcément dans une consultation donnée.

L'usage de la micro-séquence est intéressant pour l'expert pédagogique en ce qu'il lui permet de décrire le scénario d'une consultation. Un scénario complet est alors la décomposition de la consultation en la série de micro-séquences la composant. Cette décomposition permet de doser les défis proposés à l'apprenant, mais aussi de le tester micro-séquence par micro-séquence et non pas forcément sur l'ensemble de la consultation.

- **Définition 4: Phase**

La *Phase* (PS) représente les quatre grandes parties d'une consultation, telle qu'elle est enseignée dans les universités de médecine (Kurtz S. M., Silverman, Benson, & Draper) : *phase d'initialisation, phase de recueil information, phase de conclusion et phase d'au revoir au patient*. Dans notre modèle, elle est simplement vue comme un conteneur de micro-séquences : chaque phase est composée de plusieurs micro-séquences et l'ensemble des phases couvre le processus entier de la consultation.

L'ensemble des phases est donc :

$$\text{Phases} = \left\{ ps \text{ avec } ps \in \left\{ \begin{array}{l} \text{Initialing,} \\ \text{Information gathering,} \\ \text{Conclusion,} \\ \text{Ending} \end{array} \right\} \right\}$$

- **Définition 5: Information**

Comme nous l'avons mentionné dans le Chapitre 1, un élément majeur de la consultation en médecine générale est de collecter les informations liées au patient, en particulier lors de la première séance de rencontre. En se basant sur l'information acquise, les médecins peuvent émettre des diagnostics et des plans de traitement, ainsi qu'expliquer au

patient ces décisions. Notre modèle distingue ces informations en les classant selon deux catégories :

- *l'information possédée par le patient (que le médecin va essayer d'obtenir pendant la session ;*
- *celle obtenue ou déduite par le médecin (que nous considérons être le résultat de la session).*

Les informations définies dans le profil du patient sont divisées en deux catégories : les informations de nature médicale et les autres.

Les informations médicales sont par exemple les pathologies dont est atteint le patient, ses symptômes, ses antécédents médicaux ou ceux de sa famille, etc. En voici une liste plus détaillée :

- Habitudes du patient concernant sa santé : alcool, cigarettes, exercice physique...
- Indices biométriques : taille, poids...
- Antécédents médicaux : dossier médical, anciens traitements, historiques des opérations...
- Antécédents médicaux de la famille du patient ;
- Carnet de vaccination ;
- Problèmes de santé diagnostiqués et traitement actuel
- Objectif du patient pour cette consultation médicale.
- Descriptions générales des problèmes du patient (maladies)
- Symptômes, signes et résultats liés à ces maladies.
- Détails des symptômes, signes et résultats des examens d'analyses

L'information déduite par le médecin est l'information trouvée par celui-ci en se basant sur l'observation du patient et les informations obtenues. Cette information est le fruit d'une inférence faite à partir des informations acquises et des connaissances métiers du médecin, aussi bien médicales que basées sur son expérience dans le traitement des patients. Ce deuxième type d'information ainsi que celles explicitement énoncées par le patient, peut être considéré comme le résultat de la séance de consultation. Ce résultat peut se décomposer en :

- un diagnostic ;

- un plan de traitement, des prescriptions de médicaments, une planification des prochains rendez-vous ;
- des explications qui doivent être données au patient sur chacun des points précédents.

Du point de vue du modèle, une information énoncée par le patient est produite par une phrase de type *AnswerWithInfo*, une seule phrase pouvant donner plusieurs informations.

Définition 6: Scenario

Un scénario est une instance du modèle avec tous ces éléments définis (Acteurs, Phrases, Session de Dialogue, Micro-séquences et phases).

L'exploration du scénario par le joueur consiste à suivre les arêtes du graphe représentant les flux de dialogue en allant du nœud de début au nœud de fin. Lors de chaque choix du joueur, le moteur de jeu met à jour l'ensemble des paramètres représentant l'état du patient virtuel et les informations obtenues par le joueur. Cette mise à jour conditionne les chemins futurs proposés au joueur.

A la fin, les choix du joueur constituent un chemin suivi dans le graphe. Dit autrement, ce chemin représente la partie jouée.

6.2.Représentation du modèle

En reprenant les concepts définis plus haut, on peut alors définir le modèle MCPM par :

$$MCPM = \left\{ Info, MS \left\{ DF \left\{ \langle \text{PhraseInit}^{P_i}: t, \text{PhraseReply}^{P_j}: t \rangle_l \right\} \right\}_k; i, j = 1, 2 \dots n, i \neq j, k = 1, 2, 3, 4 \right\}$$

Où

- *Info* est l'ensemble des informations représentées dans la consultation
- P_i et P_j sont les participants ;
- n est le nombre de participants ;
- $MS \left\{ DF \left\{ \langle \text{PhraseInit}^{P_i}: t, \text{PhraseReply}^{P_j}: t \rangle_l \right\} \right\}_k$ sont les paires de *Phrases* d'un *Flow de Dialogue* DF représentant la *Micro-séquence* MS de la *Phase* k .

Afin d'illustrer le modèle, nous présentons à présent quelques exemples de scénarios instanciés.

Dans tous ces scénarios, le contexte général est celui d'un patient diabétique qui rend visite à son médecin pour la première fois.

Ces scénarios se déroulent pendant la phase d'initialisation (première phase d'une consultation médicale). Nous la dotons de trois micro-séquences MS_1 , MS_2 , MS_3 , contenant chacune un seul flux de dialogue DF_1 , DF_2 , DF_3 , les objectifs de chaque flux étant respectivement de « dire bonjour au patient », « l'inviter à s'asseoir » et « discuter avec lui de questions générales ». La représentation du modèle MCPM est alors :

$$MCPM = \left\{ \begin{array}{l} Info, \\ MS_1\{DF_1\{\{PhraseInit^{P_1}: t, PhraseReply^{P_2}: t\}\}_1, \} \\ MS_2\{DF_2\{\{PhraseInit^{P_1}: t, PhraseReply^{P_2}: t\}\}_1, \} \\ MS_3\{DF_3\{\{PhraseInit^{P_1}: t, PhraseReply^{P_2}: t\}\}_1, \} \end{array} \right\}$$

Où

$Info = \{i \in I \mid I = \{"Vient de déménager dans la région", "Retraité", "Vit en couple"\}$

Instancions à présent deux scénarios $s1$ et $s2$. Chaque scénario est composé de trois flux de dialogue différents, les textes des objets de type *Phrase* pour chaque scénario étant présentés ci-dessous :

$s1$:

<p>DF_1: {<Phraselnit^D ["Bonjour Mr Jovial."]: $f=Statement$, PhraseReply^P ["Bonjour docteur."]: $f=Statement$>, <Phraselnit^D ["Suivez-moi.(Gesture)"]: $f=Require$, PhraseReply^P ["Ok."]: $f=Agree$>}</p> <p>DF_2: = {<Phraselnit^D ["Asseyez-vous, monsieur Jovial."]: $f=Statement$, PhraseReply^P ["Ah merci."]: $f=Statement$>, <Phraselnit^D ["Comment allez-vous?"]: $f=Closed_Question$, PhraseReply^P ["Oh, vous savez, ça va ça va..."]: $f=Agree$>}</p> <p>DF_3: = {<Phraselnit^D ["On ne se connaît pas, je crois."]: $f=Statement$, PhraseReply^P ["Non, non, j'arrive à Castres, là... cela fait un mois, un mois et demi que je suis ici. Je viens de prendre ma retraite, ici... Voilà."]: $f=AnswerWithInfo$>}</p>

$s2$:

<p>DF_1: {<Phraselnit^D ["Bonjour."]: $f=Statement$, PhraseReply^P ["Bonjour docteur."]: $f=Statement$> }</p>
--

DF_2 : = {<Phraselnit^D ["Asseyez-vous."]: $f=Statement$, PhraseReply^P ["Je peux m'asseoir là. "]: $f=Statement$ >, <Phraselnit^D ["Bien, on commence"]: $f=Statement$, PhraseReply^P ["Ok.."]: $f=Agree$ >}

DF_3 : = {<Phraselnit^D ["Vous venez d'arriver dans la region?"]: $f=Closed_Question$, PhraseReply^P ["Oui."]: $f=Agree$ >, <Phraselnit^D ["Raconterez-moi un petit peu"]: $f=Require$, PhraseReply^P ["Ben je sais pas, j'ai..."]: $f=Disagree$ >}

Les informations sont identiques dans les deux flux de dialogue. En revanche les phrases modélisées sont différentes. On peut constater que dans le flux s_2 , le médecin se comporte de manière plus distante.

Cependant il est à noter que les valeurs de phrases ne sont pas limitées à ce qui est présenté dans l'exemple ci-dessus et peut être enrichi par les auteurs du domaine.

En conclusion, notre modèle MCPM comprend six concepts: *Phrase*, *Session de Dialogue*, *Flot de Dialogue*, *Micro-séquence*, *Phase* et *Scénario*. Dans la section suivante, nous présentons les constructions ontologiques permettant la représentation de ce modèle.

6.3.MCSOnto

Comme nous l'avons plusieurs fois mentionné, notre étude se focalise sur la transmission des compétences communicationnelles utilisées pendant une consultation médicale. C'est pourquoi l'ontologie proposée exclut de son champ d'application les connaissances permettant de prendre des décisions médicales relatives à la santé des patients.

Le modèle MCSOnto doit représenter plusieurs concepts dans sa construction : le processus général de la consultation médicale, les informations composant le profil du patient, les micro-séquences composées de flux de dialogue, le résultat de l'entrevue, les objectifs pédagogiques ainsi que les éléments de jeu.

Une seule ontologie qui représenterait tous ces domaines serait confuse et limitée. Nous proposons donc plusieurs ontologies différentes pour la représentation formelle de chaque domaine de connaissance.

En complément et comme nous l'avons mentionné dans le Chapitre 3 (page 56), nous avons examiné un certain nombre de résultats de recherche ayant pour thème les terminologies cliniques ainsi que les informations médicales des patients. Ces travaux nous ont permis de réutiliser ces ontologies existantes quand leurs concepts étaient pertinents vis à vis de nos besoins.

Rappelons que les ontologies permettent de :

- Représenter formellement des connaissances permettant de définir et partager une compréhension commune des concepts nécessaires à la modélisation des informations, particulièrement entre auteurs venant de différents domaines.

Comme le mentionnent (Schoen, Osborn, How, Doty, & Peugh, 2009; Sampalli, Shepherd, & Duffy, 2011; Marchibroda, 2008; Kinti, Lloyd, Simpson, & Hayward, 2005), une grande partie de la connaissance est traditionnellement représentée de manière ad hoc entre les experts d'un petit groupe. Pour être capable de raisonner à plus grande échelle, il existe un besoin évident d'établir un format officiel et partageable des connaissances d'un domaine, par exemple pour permettre le partage d'informations en temps opportun et précis entre professionnels de santé. C'est également le cas pour le développement de jeux sérieux quand il s'agit d'implémenter un certains nombres de connaissances métiers pluridisciplinaires.

- Vérifier et valider les modèles de données et les schémas de base de données.

Les raisonneurs que permettent d'interroger les ontologies peuvent être utilisés pour vérifier la cohérence des définitions de concepts et la consistance des modèles de données définis, ceci afin de développer correctement la structure des schémas de base de données.

- Spécifier des règles permettant de définir les sessions de formation.

Les règles sont des expressions logiques appartenant à l'ontologie qui peuvent être utilisées pour définir des critères que doivent respecter les profils de patients, ce qui permet de sélectionner les cas appropriés aux objectifs de formation.

Au cours de nos travaux, c'est le logiciel *Protégé*²⁴ qui a été utilisé pour développer les ontologies.

6.3.1. Structure globale

MCSO_{nto} est composée de quatre ontologies : le *Profil du Patient*, le *Résultat de la Consultation*, le *Scénario* et enfin la *Phrase*. Une représentation graphique des relations entre ces quatre grands modules est donnée Figure 6.2.

²⁴ <http://protege.stanford.edu/>

L'ontologie *Profil de Patient* comprend la plupart des informations concernant l'état du patient avec en particulier son dossier médical. L'ontologie *Résultat de la Consultation* représente les concepts liés au résultat d'une séance de consultation médicale, tels que le diagnostic, la prescription, le traitement, etc.

L'ontologie *Scénario* permet de décrire la structure du modèle et de ses éléments comme les micro-séquences ou les flux de dialogue. Les instances de cette ontologie décrivent une session de jeu. Enfin l'ontologie *Phrase* représente le concept *Phrases* du modèle.

Notons qu'en plus des classes, des relations entre concepts et des propriétés des données (attributs d'un concept), les ontologies définissent également un certain nombre de contraintes que doivent respecter certains concepts et propriétés, ceci afin d'assurer la cohérence du modèle.

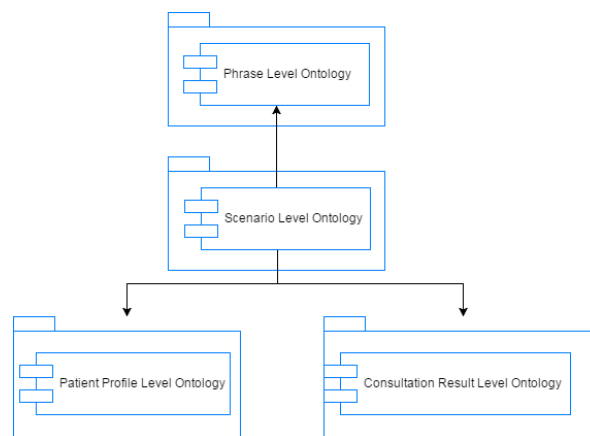


Figure 6.2 : Structure globale de MSCOnto

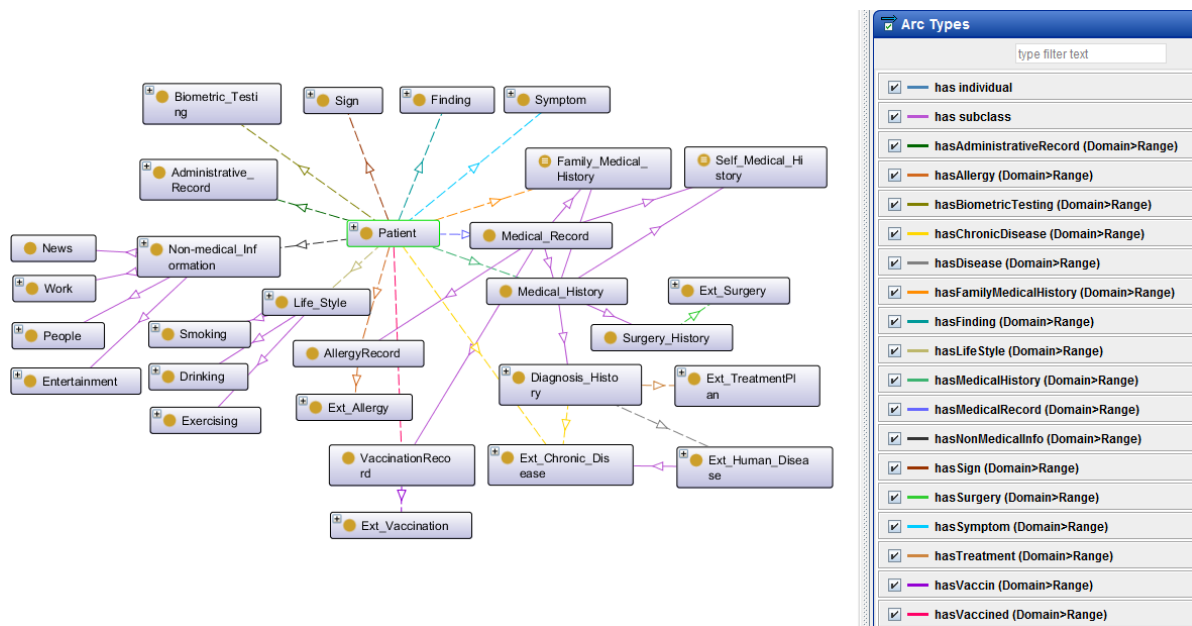
6.3.2. Ontologie « Profil du Patient »

En nous basant sur les travaux déjà mentionnés, nous avons extrait plusieurs concepts pertinents et nécessaires à notre domaine. Nous avons attribué à chaque classe une propriété numérique qui permet d'annoter les données. Par exemple, la classe « *Disease* » possède une propriété « *diseaseCode* ». Dans la version actuelle, la TBox de l'ontologie « Profil du Patient » se compose de 38 classes, de 20 propriétés d'objets et de 18 propriétés de données. Parmi les 38 classes, 5 classes concernant « les maladies humaines », « les vaccinations », « les allergies », « la chirurgie » et « les traitements » sont des concepts externes qui peuvent

être étendus par correspondances avec des ontologies existantes. Cette correspondance se fait en utilisant l'identifiant de la propriété de données. Ces classes possèdent le préfixe « Ext_ ». Le Table 6.2 fournit la liste des classes de base qui sont extraites et conservées dans notre modèle. Les classes, les sous-classes et les relations entre classes (les propriétés d'objets) ainsi qu'un exemple d'individu sont représentées Figure 6.3. Le Table 6.3 présente quant à elle les principales propriétés de données.

Table 6.2 : Classes de base de l'ontologie « Profil du Patient ». Les concepts provenant d'ontologies externes sont marqués avec le préfix *Ext*.

Core Concept Dictionary Table			
Patient	Administrative record	Medical Record	Life Style
Symptom	Sign	Finding	Biometric testing
Medical_Record	Medical_History	Diagnosis_History	Surgery_History
Ext_Human_Disease	Ext_Chronic_Disease	Ext_TreatmentPlan	Ext_Surgery



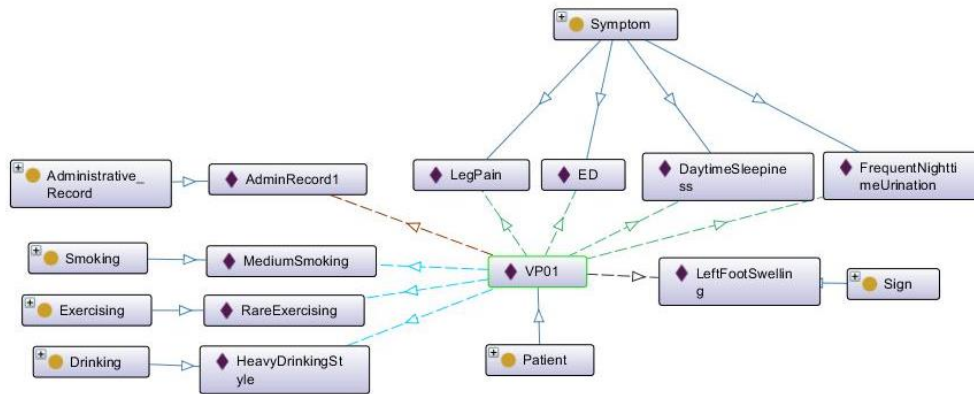


Figure 6.3: En haut, les classes, sous-classes et relations entre classes (propriétés d’objets) de l’ontologie *Profil du Patient*. En bas, quelques exemples d’individus générés par le plugin *OntoGraf* de Protégé.

Table 6.3 : Attributs (*datatype properties*) de l’ontologie *Profil du Patient*. Les types de données sont conformes à ceux définis dans les schémas XML (XSD).

Source Classes	Property	Type
Patient	patientType	{“Talker”, “Aggressive”, “Chaotic”}
Administrative record	name	Name
	date	dateTime
	maritalStatus	{“Single”, “Married”, “Divorced”, “Widowed”, “Cohabiting”}
	gender	{“Man”, “Woman”}
	phoneNumber	int
	address	String
LifeStyle	lifeStyleMeasuredLevel	{“Heavy”, “Sometimes”, “Rare”}
Biometric_Testing	bioMetricIndicator	String
	subProperty:	
	hasBloodGlucose,	
	hasBloodType,	
	hasHeight,	
	hasWeight, hasHDL hasLDL	
Diagnosis_History, Surgery_History	relationship	{“Brother” , “Daughter” , “Father” , “Mother” , “Self” , “Sister” , “Son”}
Symptom, Sign, Finding	symID	int
	symDescription	String

	date (i.e. the same in class Administrative_Record)	dateTime
--	---	----------

Des axiomes de classes et des axiomes de propriétés sont également définis pour restreindre le modèle et permettre la définition de nouveaux concepts à partir de ceux existants. Par exemple, un axiome de classe est défini pour décrire le concept de la classe « antécédents médicaux familiaux ». L'expression DL réalisant cela est représentée Figure 6.4.

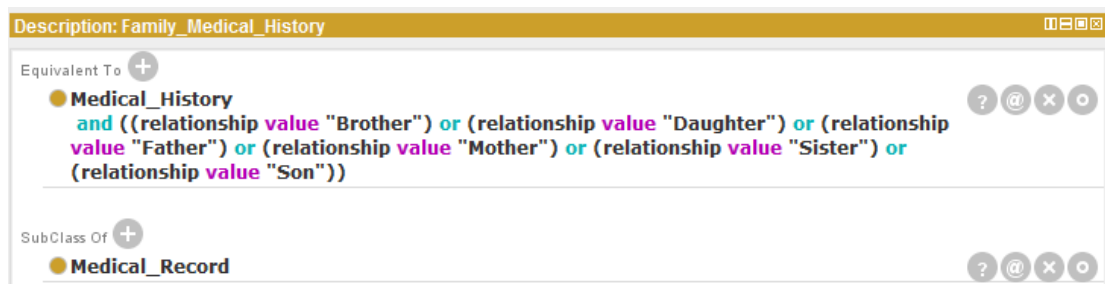


Figure 6.4: Axiome définissant la classe « *Family_Medical_History* »

6.3.3. Ontologie « Résultat de la consultation »

L'ontologie « Résultat d'une Consultation Médicale » se compose des concepts permettant de définir différentes possibilités de diagnostic et de plans de traitement, ainsi les explications correspondantes destinées au patient.

La TBox de cette ontologie se compose de 5 classes. Comme pour l'ontologie « profil du patient », les concepts externes sont marqués avec le préfixe « *Ext_* ». Dans cette ontologie une classe externe « *Ext_Therapy* » est introduite pour représenter les décisions de traitement. Pour la classe « *Treatment_Plan* », les propriétés de données définies permettent d'évaluer plusieurs facteurs liés au plan de traitement, tels que son risque, son coût et son efficacité.

Nous avons défini deux concepts nommés « *Chronic_disease* » et « *Diagnosed_Disease* », qui sont des sous-classes de « *Human_Disease* ». La classe « *Chronic_disease* » inclut les maladies déjà identifiées dans le dossier médical du patient. La classe « *Diagnosed_Disease* » est quant à elle utilisée pour illustrer une maladie diagnostiquée pendant la session de consultation.

Le Table 6.4 présent la liste des relations entre les classes, tandis que la Figure 6.5 illustre un extrait des classes, sous-classes et relations entre classes de l'ontologie. Les propriétés de données sont présentées dans Table 6.5.

Table 6.4 : Relations entre classes dans l'ontologie « Résultat d'une Consultation »

Relations	Source Concept	Target Concept	Inverse relation
hasDisease_Explanation	Diagnosed_Disease	Disease_Explanation	aboutDisease
gotTreatment	Diagnosed_Disease	Treatment_Plan	forDisease
hasTreatmentPlan	Ext_Session	Treatment_Plan	
hasDiagnosis	Ext_Session	Diagnosed_Disease	
hasTherapy	Treatment_Plan	Ext_Therapy	appliedToTreatmentPlan

Table 6.5 : Propriétés de donnée de l'ontologie « Résultat d'une Consultation ».

Source Concept	Property	Range
Disease_Explanation	diseaseExplanation_id	int
	disease_explanation	String
Treatment_Plan	treatment_id	int
	treatment_description	String
	treatment_explanation	String
	priority_evaluation	{“high”, “medium”, “low”}
	risk_evaluation	{“high”, “medium”, “low”}
	efficiency_evaluation	{“high”, “medium”, “low”}
	cost_evaluation	{“high”, “medium”, “low”}

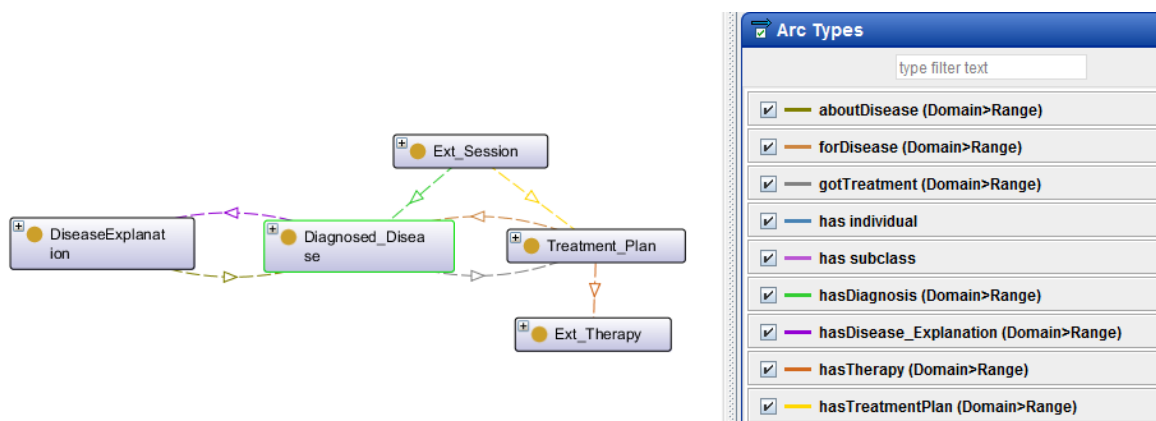


Figure 6.5: Classes, sous-classes et relations entre classes de l'ontologie « Résultat de la Consultation »

6.3.4. Ontologie « Scénario »

L'ontologie « Scénario » décrit les éléments constitutifs du déroulement d'une consultation médicale. Elle représente les concepts définis dans la première partie de ce chapitre, comme *Scenario*, *Phase*, *Micro-séquence*, *Flux de dialogue* et *Session de Dialogue*. Ces concepts sont utilisés pour définir les participants à la consultation et les actions possibles entre participants. Au final une simulation de session peut se représenter à l'aide d'un individu de la classe *Scenario*.

La classe « *Micro-séquence* » possède un attribut « *hasPurpose* » qui décrit l'objectif général des actions ayant lieu pendant cette micro-séquence. Cette classe utilise certains concepts de l'ontologie « Profil du Patient » pour décrire les informations éventuellement recueillies par le médecin au cours de la micro-séquence. De la même manière, elle utilise l'ontologie « Résultat de la Consultation » pour décrire les informations communiquées par le médecin au patient.

Illustrons cinq types d'actions pouvant être effectuées par le médecin pendant le processus de la consultation :

- Interview : interrogation du patient en présence éventuellement d'autres participants
- Observation : examen physique
- Lecture : consultation du dossier médical, par exemple du résultat d'un test de laboratoire
- Appel téléphonique : interruption de la session de dialogue
- Ecriture : saisie des informations, par exemple la rédaction d'une ordonnance.

Les trois premières actions offrent la possibilité de recueillir des informations, alors que « Appel téléphonique » et « Ecriture » sont l'occasion de former le médecin à certaines compétences de communication spécifiques, telles que la gestion des interruptions ou le fait de pas s'isoler du patient lors de l'exécution de certaines tâches.

Une même information peut être acquise quel que soit l'action choisie pour la recueillir. Le nom du patient peut par exemple être obtenu soit en dialoguant avec le patient, soit en consultant son dossier. D'autres au contraire nécessitent un certain type d'action pour être obtenues. C'est le cas par exemple de certains symptômes qui nécessitent un examen physique. La hiérarchie des classes *Information* est représentée Figure 6.6.

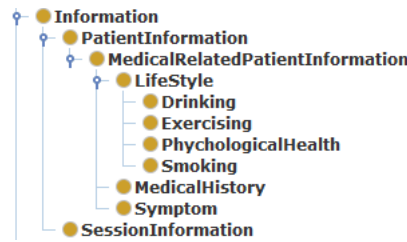


Figure 6.6 : La classe *Information* et ses sous-classes

Les classes, les sous-classes et les relations entre classes (les propriétés d'objets) sont représentées Figure 6.7.

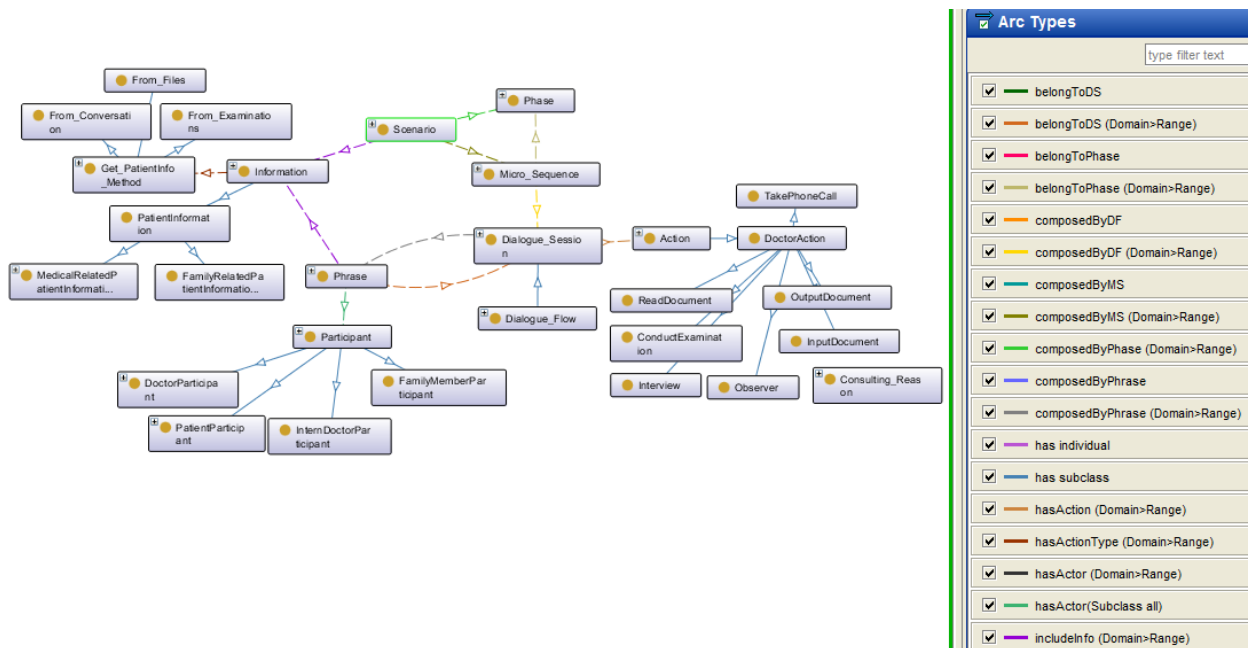


Figure 6.7 : L'ontologie *Scénario*.

La Table 6.6. présente les types d'action du médecin permettant d'obtenir un certain type d'information.

Table 6.6 : Actions du médecin et informations obtenues.

Information	Type d'action du médecin
administrative information	Interview, Consulting to document
Life style	Interview, Consulting to document
Biometrics Testing	Interview, Consulting to document, Observation
Medical history	Interview, Consulting to document
Finding	Consulting to document, Observation
Sign	Observation

Symptom	Interview
Non-Medical Information	Interview

Illustrons tout cela à travers un exemple d'une instance de scénario que nous appelons « *Example_Session* ». Cet exemple est présenté Figure 6.8. Les relations définies conduisent à des liens avec des individus issus d'autres classes. Comme nous pouvons le constater, l'exemple se compose de deux flux de dialogue, à savoir « *query_smoking_normal* » et « *query_symptom_fatigue* », qui appartiennent respectivement aux micro-séquences « *Give_Health_Advice* » et « *History_Taking* ». La première micro-séquence apparaît pendant la phase « *result giving* » tandis que la deuxième se place pendant la phase « *history giving* ».

Au niveau de l'ontologie, la classe « *Micro_Sequence* » est décrite par la classe « *Dialogue_Flow* », elle-même caractérisée par la classe « *Dialogue_Session* », cette dernière étant en relation avec le concept *Phrase* décrit dans l'ontologie « *Phrases* ». C'est le cas par exemple de « *query_smoking_normal* ».

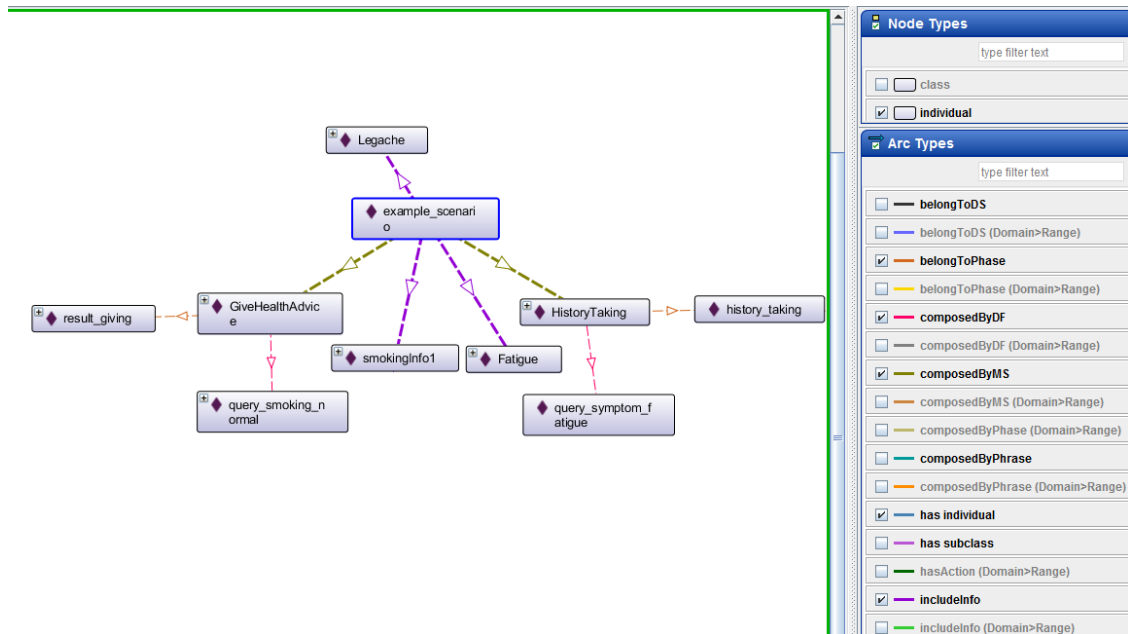


Figure 6.8: L'entité « *Example_Session* » membre de la classe « *Scénario* ». « *Query_smoking_normal* » et « *query_symptom_fatigue* » sont des instances de la classe « *Dialogue_Session* »; « *GiveHealthAdvice* » et « *HistoryTaking* » sont des instances de la classe « *Micro_Sequence* », « *result_giving* » et « *history_taking* » sont des instances de la classe « *Phase* », « *smokingInfo1* » de la classe « *Smoking* » et enfin « *Fatigue* » et « *Legache* » sont des instances de la classe « *Symptom* ».

Présentons à présent l'ontologie « Phrase », qui permet de représenter les interactions ayant lieu entre les participants de la consultation.

6.3.5. Ontologie « Phrase »

Cette ontologie est établie d'une part pour représenter les composants d'une session de dialogue, mais aussi pour modéliser l'effet de ses phrases tel que spécifié par les experts formateurs. L'objectif est de soumettre aux choix du joueur différents styles de phrases dont l'impact est précisé par les instances de l'ontologie.

Les concepts manipulés permettent principalement la modélisation des expressions d'un dialogue telles que nous en avons discuté section 6.1 (page 98). Les trois classes principales définies sont donc « *Phrase* », « *PhraseCommCategory* » et « *PhraseType* » qui représentent respectivement le texte ρ , la caractéristique χ et le type primitif f du concept *Phrase*. Les individus de ces classes fournissent le moyen d'exprimer différemment des choses ayant le même sens.

La classe « Phrase » possède trois propriétés de données et deux propriétés d'objets. La Figure 6.9 illustre l'ontologie « Phrase » et sa relation avec les autres ontologies. Les Table 6.7 et Table 6.8 montrent les détails de cette ontologie.

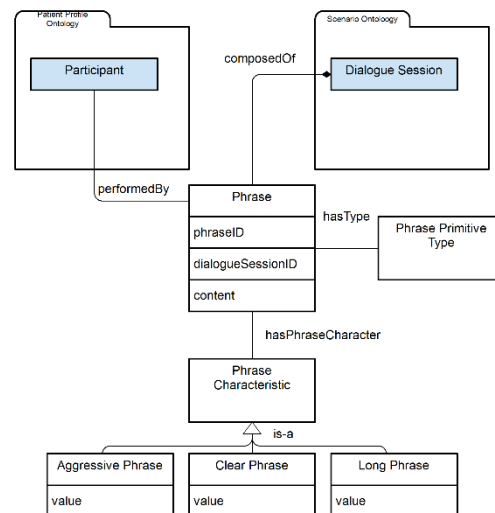


Figure 6.9 : L'ontologie « Phrase » et ses relations avec les ontologies « Profil du Patient » et « Scénario »

Table 6.7 : Relations entre concepts et restrictions de cardinalité de ces relations pour l'ontologie « Phrase »

Relations	Restriction	Source Concept	Target Concept
performedBy	Exact Cardinality: exactly 1	Phrase	Participant
hasPhraseCharacter	minCadinality 1 maxCadinality 3	Phrase	PhraseCharacter
hasPrimitiveType	Exact Cardinality: exactly 1	Phrase	Phrase_Primitive_Type

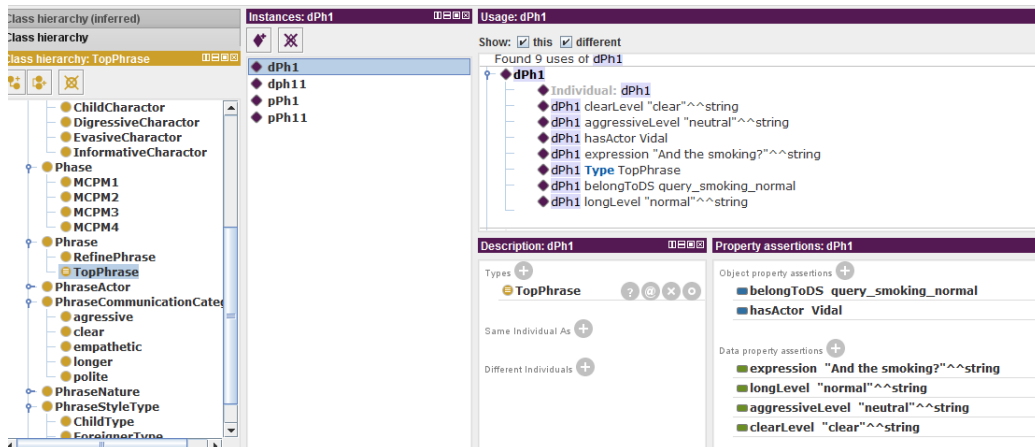
Table 6.8 : Propriétés de données de l'ontologie « Phrase »

Source Concept	Property	Range
Phrase	phraseID	Long
	content	String
	agressiveLevel	{"not aggressive", "aggressive", "very aggressive"}
	clearLevel	{"clear", "unclear"}
	longLevel	{"short", "normal", "long"}

Les instances de la classe « Phrase » définissent le texte des paroles prononcées en utilisant la valeur de la propriété « content ». L'exemple ci-dessous illustre une instanciation de cette ontologie à travers un exemple de consultation ayant pour thème le tabac. Comme indiqué Figure 6.10, quatre entités *dPh1*, *pPh1*, *dPh2* et *pPh2* composent le flux de dialogue: « *query_smoking_normal* ».

Doctor: And the smoking?
 Patient: Oh not much.
 Doctor: How many? 1 Pack a day? 2 packs a day?
 Patient: Well I don't know. Maybe 3 packs a day.

a)



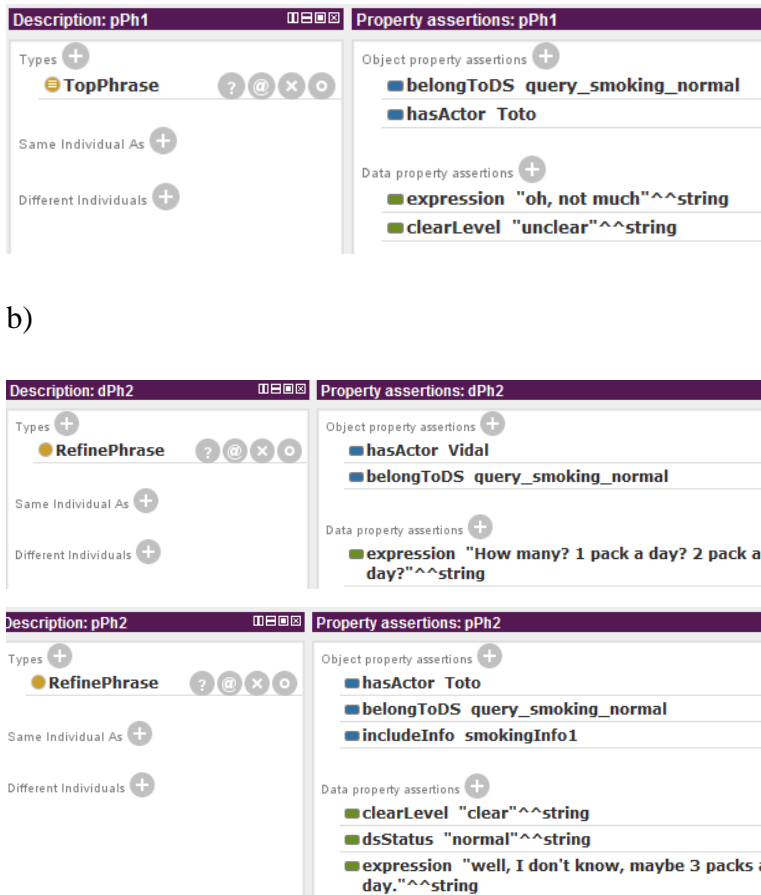


Figure 6.10 : Une instance de la classe « Phrase »: a) Deux individus *dPh1* et *pPh1* de la classe « *TopPhrase* », sous-classe de la classe « *Phrase* »; b) Deux individus *dPh2* et *pPh2* de la classe « *RefinePhrase* », sous-classe de la classe « *Phrase* »

6.3.6. Règles permettant d'exprimer les objectifs pédagogique

Nous avons élargi notre modèle en incluant dans l'ontologie « *Profil du Patient* » des règles d'inférence destinée à exprimer un certain nombre d'objectifs pédagogiques. Ces règles permettent en particulier de classifier les instances des patients virtuels définis en fonction des objectifs de formation.

Ces règles sont exprimées dans le langage DL-Query qui dans Protégé utilise la syntaxe OWL de Manchester issue de OWL-DL. Nous en illustrons l'utilisation en analysant une telle règle dans le cadre d'un apprenant novice. Prenons pour hypothèse que l'expert formateur ait définie les objectifs suivant concernant cet apprenant :

- Faire connaissance avec une patiente qui vient pour la première fois.
- Recueillir l'information nécessaire à constituer son dossier médical.

La règle correspondant à ces objectifs est établie comme suit :

« Patient adulte ayant rendez-vous avec son médecin pour la première fois. Nombre de symptômes présentés par le patient inférieur à 3, faible agressivité du patient, le patient n'est pas de type bavard, la raison principale de la visite est de renouveler une ordonnance. »
(R1)

Si on exprime la règle R1 dans la syntaxe Protégé DL-requêtes, on obtient Figure 6.11:

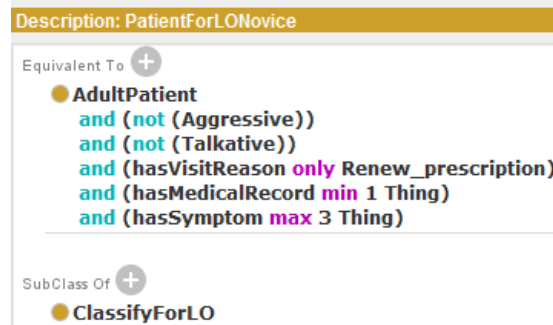


Figure 6.11 Capture d'écrans de description du concept PatientForLONovice dans Protégé

Cette règle permet de définir une nouvelle classe nommée *PatientForLONovice* dans l'ontologie « *Profil du Patient* » comme une sous-classe de la classe « *Patient* ». Chaque objectif pédagogique peut donc donner lieu à la définition d'expressions d'axiomes qui définissent des classes particulières qui représentent un certain profil de patient. Dit autrement les individus de classe « *Patient* » qui correspondent à l'axiome associé à la classe appartiennent à cette classe.

6.4.Synthèse du chapitre

Nous avons présenté un modèle permettant de décrire les éléments constitutifs du déroulement d'une consultation médicale, dans le cadre de leur automatisation par un moteur de jeu piloté par des objectifs pédagogiques. Ce modèle permet à notre moteur de dialogue de réaliser des simulations de consultation médicale entre un joueur et des participants virtuels. Afin de répondre aux besoins spécifiques des jeux sérieux, nous avons conçu ce modèle pour qu'il soit facile à modifier et à partager, tout en le dotant de règle de validation pour en assurer la cohérence.

Ce modèle, que nous avons appelé MCPM, est basé sur l'identification de six concepts nécessaires au jeu et leur représentation sous la forme d'ontologies. Il permet de spécifier les

participants à la consultation ainsi que leur profil, d'inventorier toutes les actions possibles de leur dialogue sous la forme d'expressions verbales ou non verbales. Ces actions sont en outre caractérisées par un expert selon leur pertinence et l'impact qu'elles peuvent avoir sur le comportement des participants virtuels et également par rapport à l'information qu'elles portent. Tous ces éléments permettent au formateur et à l'expert du domaine de transmettre leurs connaissances au moteur de jeu qui les utilise pour simuler la consultation en fonction des choix du joueur.

L'ontologie résultante, que nous avons appelée MCSOnto inclut quatre représentations correspondant chacune à un concept de notre modèle. Les ontologies *Profil du Patient* et *Résultat de la consultation* permettent de représenter les informations détenues par le patient et celles déduites par le médecin. L'ontologie *Scenario* exprime le processus global de la consultation alors que l'ontologie *Phrase* décrit l'unité la plus petite du modèle, à savoir les phrases échangées.

L'ontologie proposée fait appel autant que possible à des concepts déjà définis par d'autres ontologies comme par exemple ceux définis par le modèle ICD-10²⁵. Au final, l'ontologie MCSOnto proposée possède 183 classes, 45 relations et 34 propriétés de données. Les raisonneurs intégrés au logiciel Protégé (version 5.0.0-beta-16) nous ont permis de valider notre modèle et d'en vérifier la consistance.

Le modèle permet également de définir un certain nombre de règles qui expriment les objectifs pédagogiques liés à la session de formation. Ces règles prennent la forme d'expressions logiques implémentées avec la syntaxe DL de Protégé.

Dans le chapitre suivant, nous décrivons la réalisation d'un moteur de dialogue se basant sur le modèle MCPM ainsi que d'un outil auteur permettant d'alimenter le modèle.

²⁵ La base est accessible sur <http://b2i.sg/>

Chapitre 7 Moteur de dialogue dirigé par le modèle

7.1.Introduction

Comme nous l'avons souligné lors du Chapitre 1 (page 9), pendant une consultation médicale, les médecins se doivent de questionner et d'encourager leurs patients à exprimer leurs préoccupations et leurs idées. En cas d'incompréhension ou d'information incomplète, le médecin doit revenir vers son patient en insistant ou en trouvant une nouvelle approche. Une fois l'information acquise, le médecin peut évaluer l'état de santé du patient et concevoir un diagnostic ainsi qu'un plan de traitement. Ceci fait, il doit expliquer à son patient ses conclusions de façon détaillée, en insistant sur les points importants. Il doit également vérifier la bonne compréhension du patient et écouter ses remarques dans le but de parvenir à une décision partagée.

Les deux moments importants au cours desquels les compétences communicationnelles du médecin sont particulièrement importantes sont par conséquent la collecte d'information et la communication du diagnostic. S'ajoute à ces deux moments, l'établissement souhaité tout au long de la consultation d'un état de confiance et de collaboration entre le patient et son médecin.

Le moteur de dialogue (MD) que nous décrivons ici doit donc être capable de générer un dialogue répondant aux trois fonctions suivantes de l'entrevue médicale présentées page 6 :

- La collecte d'informations.
- La mise en place d'une relation avec le patient.
- L'enseignement thérapeutique.

La Figure 7.1 illustre ces trois objectifs. Sur celle-ci, la flèche entre le patient dénoté par le rond « Patient » et le rond « Collecte information » signifie que le patient fournit des informations. Le médecin récupère ces informations comme en témoigne la flèche entre le médecin dénoté par le rond « Médecin » et le rond « Collecte information ». Cette chaîne a son symétrique pour la fonction « Enseignement thérapeutique ». Toutefois, même si le sens de la chaîne est du médecin vers le patient, le flot des informations n'est pas à sens unique et le contenu des enseignements sont le résultat de décisions partagées entre le patient et le médecin.

Lors des activités correspondant à ces deux fonctions, le médecin doit mettre en œuvre les compétences lui permettant d'établir une relation de confiance et de collaboration avec son patient. Cet objectif apparaît au centre du schéma.

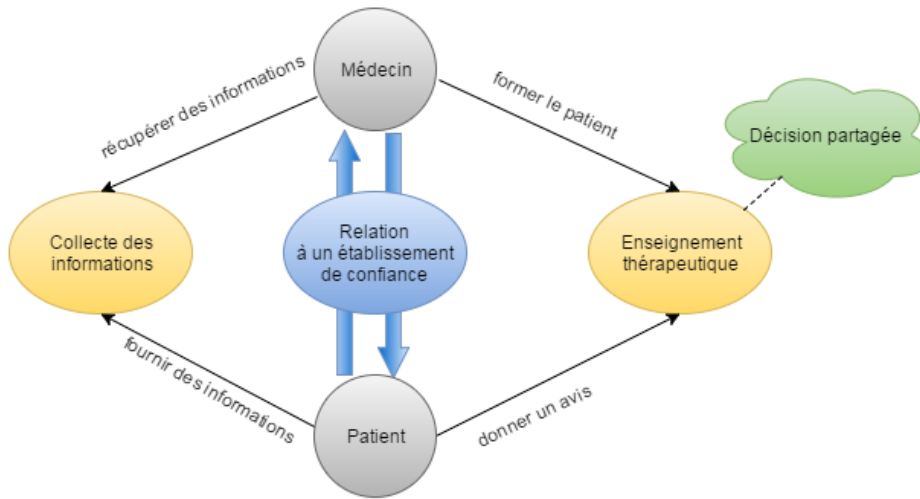


Figure 7.1 : Trois fonctions dans la consultation médicale

Le moteur de dialogue donc doit couvrir ces trois fonctions.

Pour répondre à la première fonction, le MD doit proposer aux joueurs un certain nombre d'actions possibles relatives à l'obtention des informations présentes dans le modèle. Il doit également stocker les informations obtenues par le joueur. Les questions à résoudre ici sont : comment organiser les données dans le programme, quelles sont les données à récupérer, etc.

Pour répondre à la deuxième fonction, le MD doit être capable de catégoriser chaque action en fonction de son effet sur la relation patient-médecin, en particulier sur la façon dont le patient considère son médecin. Pour quantifier cette relation, il utilise pour cela un ensemble de caractéristiques qui sont définies au préalable par les experts du domaine. Par exemple, dans le cas d'*AgileDoctor* et à titre expérimental, trois caractéristiques sont utilisées : la confiance du patient envers son médecin, son respect pour lui et enfin l'influence du médecin envers son patient. Les actions sont dotées d'attributs qui font varier les valeurs de ces caractéristiques. Ainsi, les phrases de soutien, empathiques, rassurantes, ou sincères contribuent directement à la construction de la relation médecin-patient et se caractérisent visuellement par une émotion éprouvée par le patient. Le moteur doit être capable de proposer au joueur des phrases dont les caractéristiques permettent au joueur de faire évoluer aussi bien

l'état mental de son patient que sa relation avec lui sur le long terme : choisir de rassurer, de soulager, ou encore faciliter l'engagement du patient dans son plan de traitement.

Enfin pour répondre à la troisième fonction, le MD doit proposer plusieurs façons d'informer le patient. Par exemple donner directement le diagnostic et le plan de traitement avec ou sans explications ; proposer plusieurs plans de traitement et en discuter avec le patient, vérifier ou pas sa compréhension, etc.

Comme nous l'avons analysé dans le Chapitre 5 (page 88), pour répondre à l'objectif pédagogique, le MD doit distinguer les bons choix des mauvais en proposant systématiquement plusieurs scénarios possibles. De plus les données enregistrées à la fin de chaque session de jeu doivent être accessibles pour permettre l'évaluation de la performance du joueur. Bien entendu et dans un but ludique, les bons choix ne doivent pas paraître évidents, et les parties ne doivent pas se ressembler.

Globalement, le principe simplifié du moteur de dialogue que nous proposons est le suivant : Des instances du modèle MCPM qui permettent d'alimenter les actions possibles du médecin et du patient sont définies. D'autres informations nécessaires au fonctionnement du système comme des variables et des valeurs des paramètres le sont également. Le moteur utilise ces informations pour organiser les sessions de dialogues en flux de dialogues, ce qui génère le scénario de la consultation et pour proposer au final des actions possibles aux participants du dialogue.

Appliqué à *AgileDoctor*, ce fonctionnement permet au joueur de sélectionner l'action du médecin parmi celles proposées par le MD. En fonction de ce choix, le MD sélectionne l'action du patient répondant à celle du joueur. Ce processus continue jusqu'à la fin de la consultation.

Plus précisément, dans notre approche, pour chaque niveau d'une session de dialogue, une ou plusieurs actions du médecin sont définies qui sont en lien avec une ou plusieurs actions du patient. Chaque paire constitutive d'une session de dialogue est toujours lancée par l'action du médecin. Pour une action du médecin choisi, le MD est en mesure de trouver l'action la plus appropriée du patient en fonction des paramètres initiaux (profil du patient) et de la valeur des variables représentant l'état du patient.

La structure du système est illustrée sur Figure 7.2.

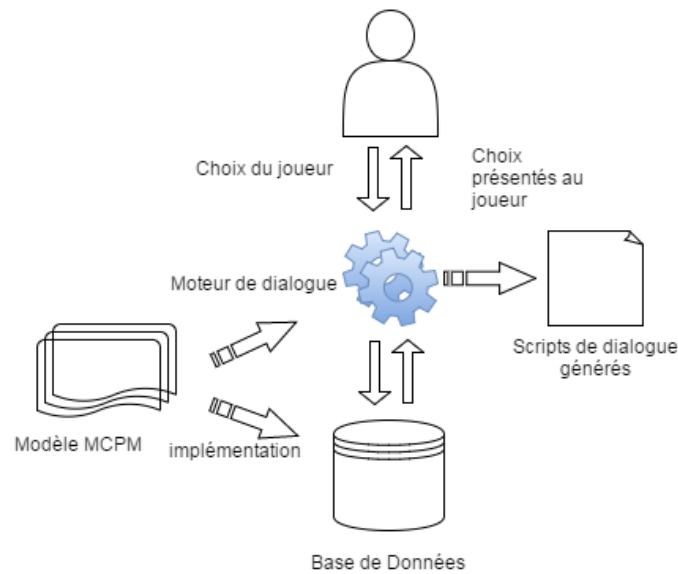


Figure 7.2: Structure du système proposé.

Les sections qui suivent présentent ce système de façon détaillée en insistant particulièrement sur les actions proposées au joueur ainsi que sur le stockage des données. Des définitions supplémentaires sont introduites de manière à faire le lien avec le modèle défini lors du chapitre précédent, et nous illustrons cela avec quelques exemples de données. Nous présentons ensuite comment le système est paramétré. Enfin nous détaillons l’algorithme qui utilise tous ces éléments pour animer le moteur.

7.2.Compléments au MCPM

Introduisons un certain nombre de définitions qui viennent compléter les éléments du MCPM et qui sont nécessaires pour le MD.

7.2.1. Etat d’une session (Session State)

Une session de dialogue a un état pris dans l’ensemble $\{DU, Q, R, N\}$

Où *DU* représente l’état « *Don’t Understand* » (incompréhension), *Q* l’état « *Questioning* » (questionnement), *R* l’état « *Refuse* » (Refus) et *N* l’état « *Normal* » (normal).

Voici le détail de ces états :

- **DU** : Don’t understand

Cet état signifie que le patient n'a pas compris ce que le médecin a dit. La session peut entrer dans cet état pour plusieurs raisons comme par exemple le fait que le patient était distrait ou encore que l'environnement était trop bruyant. La raison peut également provenir d'une absence de clarté de la phrase prononcée par le médecin ou d'un déficit de compréhension de la part du patient dû à son âge (enfant) ou à sa non maîtrise de la langue (patient étranger). Enfin l'état émotionnel du patient peut également jouer sur les chances d'entrer dans cet état.

Selon les raisons ayant conduit à l'entrée dans cet état, une simple répétition de l'action par le médecin peut mener à sa sortie, tout comme une reformulation plus claire ou plus insistante de la phrase.

- **Q** : Questioning

Cet état signifie que le patient a des doutes et a décidé de poser une question à propos de ce que le médecin vient de dire. Un niveau de confiance faible du patient peut être à l'origine d'une entrée dans cet état. Un patient dont la caractéristique agressivité est élevée a également plus de chance d'entrer dans cet état.

- **R**: Refuse

Dans cet état, le patient va refuser ce que le médecin lui a demandé de faire, ou exprimer un désaccord. Par exemple, en entrant dans cet état, le patient pourra refuser de se laisser examiner. Tout comme pour l'état Q, un faible niveau de confiance ou une agressivité élevée augmente les chances d'entrer dans cet état. La différenciation avec l'état Q se fait selon que le patient est doté d'une caractéristique le rendant plus susceptible de poser une question au lieu de simplement refuser.

- **N**: Normal

L'état normal est l'état standard du patient. Dans cet état, si la phrase du médecin est de type « *Open Question* » ou « *Closed Question* », la réponse du patient pourra contenir des informations avec un type de *Phrase* de catégorie « *AnswerWithInfo* ». Dans le cas où le médecin a utilisé une phrase de type « *Require* », le patient suivra les instructions du médecin ou sera d'accord avec lui en utilisant une *Phrase* de type « *Agree* ». Les informations données par le patient sont déterminées par le niveau de confiance du patient envers son médecin ainsi que par le profil du patient. Si par exemple le patient est de type bavard, il aura tendance à

exprimer plus d'informations, sauf si son niveau de confiance a baissé au cours de la consultation.

Les états Q et R caractérisent une situation de conflit entre le patient et le médecin. Comme le décrivent (Richard & Lussier, 2005), il existe plusieurs stratégies pour sortir de cette situation, comme par exemple insister et tenter de convaincre le patient en cas de refus, ou au contraire passer à autre chose pour y revenir plus tard. Ces différentes stratégies font partie des choix proposés au médecin, en y incluant également les choix consistant à ignorer le refus ou la question, choix qui terminent alors la session de dialogue sur un échec.

7.2.2. Transition d'états de session

Nous l'avons vu, une session de dialogue peut changer d'état en cours de déroulement. Quand une session de dialogue quitte l'état courant pour entrer dans un autre état, on a alors une transition d'état. Les transitions possibles sont présentées dans le Table 7.1 et illustrées Figure 7.3. Si un état se note S_i , on notera S_{i+1} l'état suivant.

Table 7.1 : Transitions possibles entre états de sessions

S_i	S_{i+1}
DU	DU, Q, R, N
Q	Q, R, N
R	R, Q, N
N	N, DU, Q, R

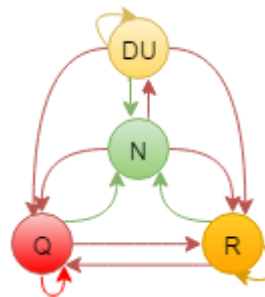


Figure 7.3: Transitions possibles entre états

Nous revenons sur ces transitions dans la section 7.3 (page 143).

7.2.3. Arbre d'information

Comme nous l'avons dit lors du Chapitre 1 et plus récemment section 7.1 (page 123), l'un des objectifs de la consultation médicale est la collecte d'information. Les informations dont nous parlons ici sont celles qui concernent le patient du point de vue du modèle d'information présenté section 5.1. Dans cette partie nous présentons notre approche pour représenter ces informations.

Les informations sont organisées sous la forme d'arbres (Figure 7.4). Les nœuds de ces arbres représentent les différentes unités d'information telles que définies par l'ontologie « profil du patient » du modèle MCSOnto. Chaque unité est indépendante et chaque nœud est relié à une seule catégorie de l'ontologie. Les arbres s'organisent en groupes qui rassemblent les arbres contenant des nœuds d'information liés. La nature de cette liaison dépend du type de l'information décrite et est utilisée par le moteur pour proposer au joueur des actions connexes au thème en cours de discussion.

Au sein d'un arbre, la relation parent-enfant est utilisée pour qu'un nœud enfant détaille l'information portée par le nœud parent.

La Figure 7.4 illustre un arbre contenant douze unités d'information. Le trait plein représente la relation hiérarchique alors que la ligne pointillée représente l'appartenance à une même catégorie.

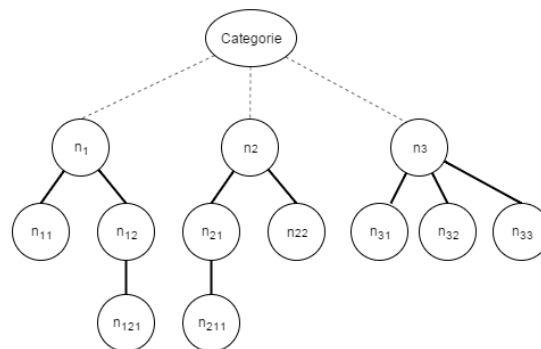


Figure 7.4: Illustration de l'organisation des informations. Les nœuds sont organisés en arbres qui ici sont regroupés au sein d'un même groupe

7.2.3.1. Attributs

Les médecins disposent de trois moyens pour récupérer les informations : En posant des questions, en observant l'état du patient (visuellement ou par un examen physique) ou en consultant le dossier médical du patient. Chaque nœud de l'arbre définit le moyen qui peut être utilisé pour obtenir l'information qu'il porte. Cette définition se fait au moyen d'un attribut $info_{obt}$ qui peut donc prendre pour valeur :

$$info_{obt} \in \{\text{from conversation, from files, from examinations}\}.$$

La valeur s'obtient par le modèle dans lequel des règles sont définies qui spécifient des conditions logiques permettant à partir de la nature de l'information d'en obtenir les modes de recueil. Par exemple, comme l'indique la règle présentée ci-dessous, les nœuds de la catégorie « Symptom », ont un attribut $info_{obt}$ ayant pour valeur « *from conversation* ».

hasActionType **only** ByInterview

En plus de l'attribut d'obtention, chaque information possède une valeur d'importance que nous noterons $info_{imp}$, qui représente l'importance de l'information pour l'établissement du diagnostic et la mise en place de la relation médecin patient. Cet attribut est discrétisé sous la forme d'une échelle à trois valeurs comme présentée ci-dessous :

$$info_{imp} = \begin{cases} \text{"lowest"} \\ \text{"medium"} \\ \text{"highest"} \end{cases}$$

Enfin pour les informations pouvant être données par le patient (sous la forme d'action ou de phrases exécutées par celui-ci), nous introduisons deux attributs supplémentaires. Ce sont $info_{prio}$ qui représente une priorité à énoncer cette information pour le patient, et $info_{trust}$ qui représente le niveau de confiance du patient dans le fait de révéler cette information.

Ainsi, une valeur élevée pour $info_{prio}$ indique que le patient considère qu'il est important de communiquer cette information au médecin. Inversement une valeur faible fera que le patient n'en parlera probablement pas spontanément. Il faut noter le décalage qui peut avoir lieu entre l'attribut $info_{imp}$ qui définit l'importance de l'information pour le médecin, et $info_{imp}$ qui fait de même pour le patient.

De la même façon il peut y avoir un décalage entre une faible valeur de l'attribut $info_{trust}$ qui témoigne du fait que le patient n'est pas à l'aise quand il s'agit de communiquer l'information et une valeur forte de $info_{prio}$ qui signifie que le patient estime néanmoins qu'elle devrait être révélée au médecin.

En ce qui concerne les valeurs possibles de ces deux attributs, on a :

$$info_{prio} \in [0,1] \text{ et } info_{trust} \in [0,100].$$

Au final chaque unité d'information est donc caractérisée par deux attributs :

$$\{info_{obt}, info_{imp}\}$$

auxquels viennent s'ajouter deux attributs supplémentaires dans le cas d'une information donnée par le patient :

$$\{info_{prio}, info_{trust}\}$$

Au final, l'unité d'information $info_i$ représentée par un nœud i et doté des attributs ci-dessus est donc :

$$n_i \stackrel{\text{def}}{=} (info_i, info_{obt}, info_{imp}), n_i \in N$$

Sauf quand $info_{obt} = "from\ conversation"$, auquel cas elle se note :

$$\dot{n}_i \stackrel{\text{def}}{=} (info_i, "from\ conversation", info_{imp}, info_{prio}, info_{trust}), \dot{n}_i \in \dot{N}, \dot{N} \subseteq N$$

7.2.3.2. Construction à partir du modèle ontologique

De fait, l'arbre information est construit en se basant sur les concepts et les règles définis dans le modèle MCSOnto.

Les catégories des nœuds sont dérivées des classes définies dans la partie « profil du patient » de MCSOnto. Ces classes sont listées Table 7.2.

Table 7.2: Correspondance entre MCSOnto et les éléments du moteur.

Éléments de moteur dialogue	de	Classe/Relation dans MCSOnto	Règles
Catégorie du nœud		Classe : <i>AdministrativeRecord</i>	hasActionType some From_Conversation or some From_files

	<i>Allergy_Record</i>	
	<i>Vaccination_Record</i>	
	<i>Surgery_History</i>	
	<i>Diagnosis_History</i>	
	<i>Life_Style</i>	
	<i>Belief</i>	
	<i>Consulting_Reason</i>	
	<i>Entertainment</i>	
	<i>News</i>	
	<i>People</i>	
	<i>Symptom</i>	hasActionType only From_Conversation
	<i>Sign</i>	hasActionType only From_Examinations
	<i>Biometric_Testing</i>	hasActionType some From_Examinations or some From_files
	<i>Finding</i>	hasActionType only From_files
<i>info_{obt}</i> : moyen d'obtention d'une information	Classe : <i>Get_Patient_Method</i> Sous-classe : <i>From_Conversation,</i> <i>From_files,From_Examinations</i>	
<i>info_{imp}</i> : importance de l'information.	Datatype property : <i>infoImportance</i> Range : {"highest", "lowest" , "medium"} de Classe : <i>Information</i>	hasActionType some From_Conversation
<i>info_{prio}</i> : priorité à révéler l'information	Datatype property : <i>infoPriority</i> Range : float[>= 0.0f , <= 1.0f] de Class : <i>Infomation</i>	hasActionType some From_Conversation
<i>info_{trust}</i> : Confiance dans le fait de révéler l'information.	Datatype property : <i>infoThreshold</i> Range : float[>= 0.0f , <= 100.0f] De Class : <i>Infomation</i>	hasActionType some From_Conversation

7.2.3.3. Illustration de l'arbre d'information

Dans cette partie, nous illustrons la construction de l'arbre d'information en montrant comment des informations sur le profil du patient peuvent être représentées.

Soit un patient dont les renseignements sur son mode de vie sont les suivants :

« Le patient fume depuis 15 ans environ 1 paquet de cigarettes par jour. Il boit beaucoup, du whisky et du vin rouge en général, et environ 20 unités d'alcool par semaine (presque 3 unités par jour). Il fait rarement d'activité physique. Il marche 10 minutes en moyenne tous les jours ».

Dans la partie « Profil du patient » de MCSOnto (Figure 7.5), les concepts correspondant à la description du mode de vie ci-dessus sont « *smoking* », « *drinking* » et « *exercising* ». Par conséquent, la structure dispose de trois arbres d'information.

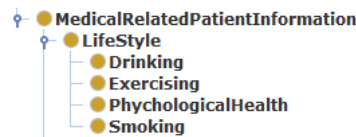


Figure 7.5 : Concepts de MCSOnto permettant la description du mode de vie du patient

La partie « *Smoking* » se décompose en quatre unités d'information qui se représentent par des nœuds de catégorie « *Smoking* » notés n_1 , n_{11} , n_{12} et n_{121} , dont le contenu est :

n_1 = "smoking: yes" n_{11} = "frequency: for 15 years" n_{12} = "quantity quantifiers: Many." n_{121} = "quantity numbers: 1 pack/day"
--

Pour la partie « *Drinking* », la description se décompose elle aussi en quatre unités d'information notées n_2 , n_{21} , n_{22} , n_{221} qui sont :

n_2 = "drinking: yes" n_{21} = "quantity quantifiers: Many" n_{211} = "quantity numbers: 3 units/day, 20 units/week" n_{22} = "type: whisky, red wine"

Enfin la partie « *Exercising* » est décrite avec les nœuds n_3 , n_{31} , n_{32} et n_{33} :

n_3 = "exercising: no" n_{31} = "type: walking" n_{32} = "quantity numbers: 10 minutes/day"

n_{33} = "intensity: light"

Nous pouvons constater que le degré de précision des informations des nœuds n_{12} et n_{21} est inférieur à celui des nœuds n_{121} et n_{211} .

Les arbres d'information de cet exemple (regroupés dans le groupe « Life Style ») sont représentés Figure 7.6.

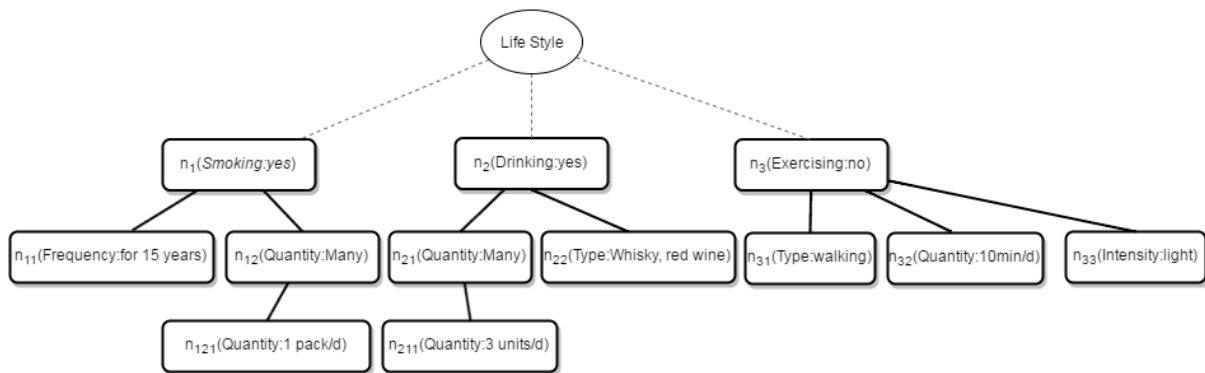


Figure 7.6: Arbre d'information illustrant le mode de vie du patient.

7.2.4. Les actions d'une session de dialogue

Rappelons que notre modèle identifie cinq types d'actions possibles pour le médecin et deux pour le patient (page 114). Dans le cas de la session de dialogue qui nous intéresse ici, toutes les actions sont de type « *Interview* » aussi bien pour le médecin que pour le patient. Dans ce qui suit, on ne considèrera donc que les nœuds d'information dont l'attribut $info_{obt}$ a pour valeur "from conversation".

7.2.4.1. Actions du médecin

Pour le médecin, une phrase peut donner lieu à une réponse du patient ou à la terminaison de la session de dialogue. Dans ce dernier cas, c'est le médecin qui décide de passer à un autre sujet ou à la suite de la consultation.

Le cas le plus courant est néanmoins celui où le médecin sollicite une réponse de la part du patient. Décrivons le formalisme que nous utilisons pour décrire ce type d'action.

Les actions prennent place dans une session de dialogue s elle-même structurée sur n niveaux. On notera A_i^s l'ensemble des actions possibles de niveau i pour la session s . Ces

actions se décomposent en plusieurs ensembles, chacun étant attaché à un état possible de la session (voir section 6.2.1). Soit x cet état, si on note $A_i^s(x)$ l'ensemble des phrases de niveau i de la session s correspondant à l'état x , on aura :

$$A_i^s = \{A_i^s(\text{DU}) \cup A_i^s(\text{Q}) \cup A_i^s(\text{R}) \cup A_i^s(\text{N})\}$$

En cours de partie, les actions sélectionnées par l'utilisateur sont donc des éléments de ces ensembles A_i^s . L'ensemble de toutes les actions effectuées par le joueur peut donc se décrire comme une séquence d'éléments a_i^s avec à chaque fois $a_i^s \in A_i^s$.

Lorsqu'une session est dans l'état normal N, les phrases du médecin de type « *Open Question* » ou « *Closed Question* » peuvent permettre d'obtenir une ou plusieurs informations détenues par le patient. Une telle action est alors associée à des nœuds n_i de l'arbre d'information. On parlera alors des nœuds cibles de cette action et on notera :

$$a \xrightarrow{\text{target}} n_i$$

Selon le type primitif de la phrase, la cible sera soit un sous-arbre d'un certain arbre soit un ensemble de nœud appartenant à des arbres du même groupe :

- pour une question fermée (« *Closed Question* »), la cible sera constituée d'un nœud n_i et de tous ses nœuds descendants :
- Pour les questions ouvertes (« *Open Question* »), la cible sera constituée des nœuds racines des arbres du même groupe.

Dans tous les cas, notons que cet ensemble peut être vide ou constitué d'un seul élément.

Nous donnerons des exemples de ce mécanisme dans la section 7.4 (page 150).

7.2.4.2. Actions du patient

Tout comme pour le médecin, les actions du patient peuvent mener à la terminaison de la session de dialogue (on parlera alors d'action spéciale) ou constituer une réaction par rapport à l'action initiée par le médecin.

Les actions du patient respectent la même architecture que celles du médecin. Elles font parties d'une session de dialogue dans laquelle elles sont classées selon le niveau du dialogue i et selon l'état de la session. Si on note $B_i^s(x)$ l'ensemble des phrases utilisables par

le patient au niveau i de la session s dans l'état x , l'ensemble des phrases patient de la session pour un niveau donné est donc :

$$B_i^s = \{B_i^{DU} \cup B_i^Q \cup B_i^R \cup B_i^N\}$$

Chaque nœud de l'arbre d'information est associé à une ou plusieurs « *Phrase* » patient de type « *AnswerWithInfo* ». La phrase viendra alors exprimer l'unité d'information contenue par ce nœud. Nous notons l'ensemble des « *Phrase* » patient associées avec le nœud n_i comme suit :

$$n_i \xrightarrow{\text{linked}} b, \text{ où } b \text{ est une } \textit{Phrase} \text{ de type } \textit{AnswerWithInfo} \text{.}$$

7.2.4.3. Représentation des entités actions

Une entité action est composée par une instance de *Phrase*, un état de session de dialogue et un ensemble de nœuds de l'arbre d'information.

Plus formellement la définition d'une action est :

$$\textit{Action} \stackrel{\text{def}}{=} (\textit{Phrase}, s, n_i, x)$$

Où s désigne la session, x l'état de session, n_i les nœuds d'information et où la définition de *Phrase* est reprise de celle donnée page 100 :

$$\textit{Phrase} = ((\rho, \mathfrak{t}, \chi)^\alpha :$$

Avec ρ étant le texte de la phrase, \mathfrak{t} son type primitif, χ ses caractéristiques et α son auteur.

Nous rappelons ici que l'implémentation concrète de χ est laissée à l'appréciation des experts.

Il faut noter que pendant la consultation médicale, seules les actions dont l'état est normal (N) ont un ensemble de nœuds d'information non vide.

7.2.4.4. Illustration d'entités actions

En nous basant sur le patient décrit section 7.2.4.3 (page 132), considérons les nœuds de l'arbre d'information n_1 , n_{11} , n_{12} et n_{121} .

Pour ce qui est du médecin, soient a_1 , a_2 et a_3 , les actions ayant pour cible les nœuds de l'arbre d'information cités ci-dessus. Soit a_1 une action de type « Open question » et a_2 et a_3 des actions de type « Closed Question ». On a :

$$a_1 \xrightarrow{\text{target}} N_1,$$

$$N_1 = \{n_1 \text{ et ses descendants}, n_2 \text{ et ses descendants}, n_3 \text{ et ses descendants} \}$$

$$a_2 \xrightarrow{\text{target}} N_2, N_2 = \{n_1 \text{ et ses descendants} \}$$

$$a_3 \xrightarrow{\text{target}} N_3, N_3 = \{n_{12} \text{ et ses descendants} \}.$$

Une phrase liée à a_1 pourrait être par exemple « Parlez-moi de vos habitudes de vie. » pour a_2 « Quand est-il du tabac ? » et pour a_3 « Combien de cigarette fumez-vous ? »

Pour ce qui est du patient, soient b_1 , b_2 , b_3 et b_4 , les actions du patient attachées à ces nœuds. On a donc :

$$n_1 \xrightarrow{\text{linked}} b_1$$

$$n_{11} \xrightarrow{\text{linked}} b_2$$

$$n_{12} \xrightarrow{\text{linked}} b_3$$

$$n_{121} \xrightarrow{\text{linked}} b_4$$

On peut définir les phrases liées à ces actions comme étant par exemple et respectivement : « Je fume », « Il y a 15 ans », « Beaucoup », « 1 paquet par jour ».

7.2.5. Paramétrage du moteur

L'information et les actions possibles étant définies, le moteur doit être capable d'effectuer des choix parmi ces possibles (quand il s'agit de faire agir le patient) et de calculer la prochaine étape suite à une action du joueur.

Pour réaliser ses calculs le moteur se base sur un certain nombre de paramètres dont la valeur a vocation à être fixée par un expert du domaine sur lequel porte le dialogue. Ces paramètres sont regroupés dans la catégorie *PatientProfileInit*.

En plus de ces paramètres initiaux qui témoignent du caractère du patient, un certain nombre de variables peuvent être initialisées pour chaque scénario de manière à représenter l'état du patient au début de la consultation, ainsi que la difficulté à la mener. Ils font partie de la catégorie *PatientProfileCoefficient*.

Enfin le moteur maintient à jour l'état actuel du patient au moyen d'un certains nombres de valeurs qui sont regroupées dans la catégorie *PatientStatusValue*. Ces valeurs sont calculées à chaque étape du dialogue en associant les caractéristiques des phrases utilisées par le médecin aux paramètres des catégories *PatientProfileInit* et *PatientProfileCoefficient*. Les nouvelles valeurs de *PatientStatusValue* sont ensuite utilisées par le moteur pour déterminer la prochaine action du patient.

Plus formellement chacune des catégories de paramètres décrites prend la forme d'un vecteur de valeurs. En voici la liste :

- $\overrightarrow{PProfileInit}$

Ce vecteur spécifie les valeurs initiales des traits de caractères du patient.

- $\overrightarrow{PProfileCoeff}$

Ce vecteur décrit les facteurs de changement des traits de caractères du patient en fonction des caractéristiques des phrases utilisés par le médecin. Il agit comme un amplificateur-amortisseur qui permet de paramétrer la sensibilité du patient face aux actions du médecin.

- $\overrightarrow{DActEff}$

Chaque action du médecin est caractérisée par ce vecteur qui représente l'effet de l'action sur l'état actuel du patient. Il est spécifié à partir du vecteur $\overrightarrow{DActCarac}$ qui reprend la modélisation des actions telle que définie dans le modèle MCPM de notre ontologie.

- $\overrightarrow{PStatus}$

Ce vecteur représente l'état actuel du patient.

- $\overrightarrow{PActCarac}$

Ce vecteur est l'équivalent pour le patient du vecteur $\overrightarrow{DActCarac}$. Il représente donc les caractéristiques des actions du patient

La Figure 7.7 présente le cycle des interactions entre ces différentes valeurs.

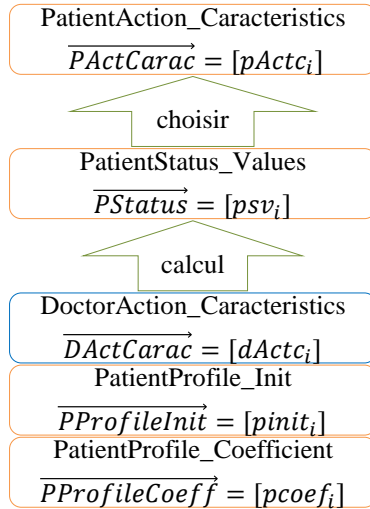


Figure 7.7 : Interactions et influence des paramètres utilisés par le moteur

7.2.5.1. Nature et valeurs des paramètres dans le cas d'AgileDoctor

Dans le cas d'AgileDoctor, les expérimentations menées nous ont conduits à instancier les vecteurs de paramètres du moteur de jeu de la façon suivante :

- $\overrightarrow{PProfileInit} = [init_{tr}, init_{dist}, init_{aggr}, init_{talk}]$

$init_{tr}$ représente le niveau de confiance initial du patient envers son médecin. $init_{dist}$ évalue son niveau de perturbation, $init_{aggr}$ son agressivité et enfin $init_{talk}$ sa loquacité.

- $\overrightarrow{PProfileCoeff} = [coeff_{talk}, coeff_{aggr}, coeff_{dist}, Prob_{DU}, Prob_Q]$

Ces trois propriétés désignent les caractéristiques du profil initial du patient qui correspondent aux propriétés du concept « PatientType » de l'ontologie « Profil du patient ».

La première, $coeff_{talk}$ (*talkative*), indique la propension du patient à donner plus ou moins d'information pendant ses actions. Elle est utilisée par le moteur pour savoir

lesquels, parmi les nœuds d'information cibles de l'action du médecin, seront révélés par l'action du patient. Plus cette propriété est élevée, plus le nombre de nœuds révélés sera important.

La deuxième, $coeff_{aggr}$ (*aggressive*), mesure la faculté du patient à bien s'entendre avec son médecin. Elle influence les choix du moteur en ce qui concerne la forme des phrases utilisées par le patient mais joue aussi un rôle dans le fait que la session de dialogue puisse sortir de l'état normal.

La troisième, $coeff_{dist}$ (*chaotic*), représente la capacité du patient à énoncer clairement ses problèmes et à comprendre les questions et les explications du médecin. Là encore cette caractéristique est utilisée par le moteur pour calculer si la session reste dans l'état normal ou en sort et pour sélectionner la forme des phrases utilisées par le patient.

Enfin $Prob_{DU}$ et $Prob_Q$ spécifient la probabilité du patient d'entrer dans les états de session « DU » (*Don't Understand*) ou Q (*Questionning*). Pour chaque action du médecin, cette probabilité sera corrélée au niveau de clarté de la phrase utilisée pour calculer le nouvel état de la session.

- $\overrightarrow{DActEff} = [dActEffTr, dActEffDist, dActEffAggr]$ avec

$$\overrightarrow{DActCarac} = [dActClear, dActRespect, dActReassurance, dActEmpathy, dActSupport]$$

La composition du vecteur $\overrightarrow{DActCarac}$ détermine les critères considérés comme important dans la construction de la relation médecin-patient. Le choix d'implémentation fait ici met en avant les notions de clarté ($dActClear$), de respect ($dActRespect$), de rassurance ($dActReassurance$), d'empathie ($dActEmpathy$) et de soutien ($dActSupport$). A partir de la caractérisation des actions selon ces critères, l'ontologie permet de définir le vecteur $\overrightarrow{DActEff}$ qui spécifie l'effet de l'action sur respectivement la confiance du patient ($dActEffTr$), sa confusion ($dActEffDist$), et son agressivité ($dActEffAggr$).

- $\overrightarrow{PStatus} = [pt_{tr}, pt_{dist}, status_{dist}, pt_{aggr}, pt_{talk}]$

Ce vecteur qui représente l'état actuel du patient (par opposition à son état au début de la consultation) est composé de pt_{tr} qui représente la confiance actuelle du patient envers son médecin, de pt_{dist} qui désigne son état de confusion, de pt_{aggr} pour son degré d'agressivité et enfin de pt_{talk} pour sa loquacité.

- $\overrightarrow{PActCarac} = [pActLong, pActAggr, pActClear]$

Nous avons choisi de quantifier les phrases utilisés par le patient de la façon suivante : $pActLong$ quantifie la longueur de la phrase utilisée par le patient, $pActAggr$ donne sa valeur d'agressivité et enfin $pActClear$ son niveau de clarté. .

Le Table 7.3 synthétise ces choix.

Table 7.3: Synthèse de la composition des vecteurs utilisés par le moteur de dialogue.

	Confiance	Confusion	Agressivité	Loquacité	Prob. DU	Prob. Q
$\overrightarrow{PProfileInit}$	init _{tr}	init _{dist}	init _{aggr}	init _{talk}		
$\overrightarrow{PProfileCoeff}$		coeff _{dist}	coeff _{aggr}	coeff _{talk}	Prob _{DU}	Prob _Q
$\overrightarrow{DActEff}$	dActEffTr	dActEffDist	dActEffAggr			
$\overrightarrow{PStatus}$	pt _{tr}	pt _{dist}	pt _{aggr}	pt _{talk}		
$\overrightarrow{PActCarac}$		pActClear	pActAggr	pActLong		

La Figure 7.8 présente une vision globale de l'influence des vecteurs les uns sur les autres.

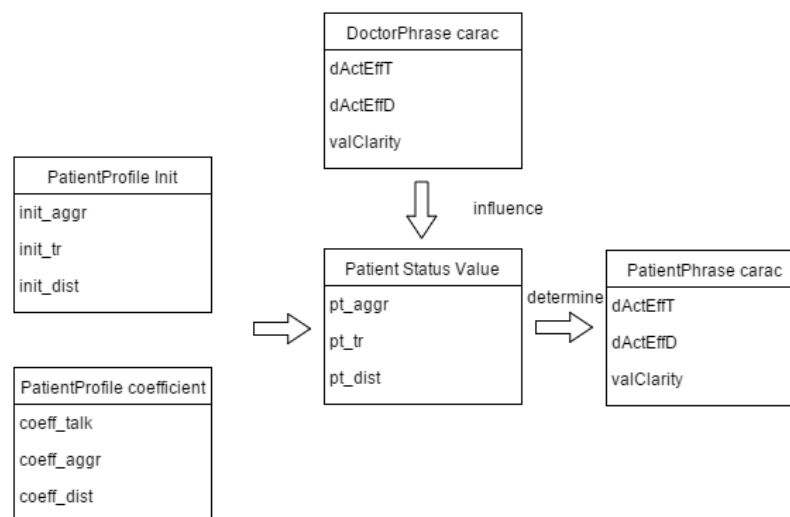


Figure 7.8: Circuit de l'influence des paramètres dans le cas d'AgileDoctor.

Le Table 7.4 présente une vue récapitulative de l'implémentation proposée en précisant les plages de valeur possibles pour les paramètres ainsi que leurs valeurs par défaut, ces dernières étant calculée en prenant pour base un jeu d'un niveau de difficulté relativement facile où le degré d'agressivité et de confusion du patient est relativement faible.

Table 7.4: Plages de valeur et valeurs par défaut des vecteurs du moteur dans le cas d'AgileDoctor.

Paramètre	Plage de valeur	Exemple de valeur pour un niveau de difficulté simple
$init_{dist}$	$init_{dist} \in [0,100]$	$init_{dist} = 10$
$init_{tr}$	$init_{tr} \in [0,100]$	$init_{tr} = 80$
$init_{aggr}$	$init_{aggr} \in [0,100]$	$init_{aggr} = 10$
$init_{talk}$	$init_{talk} \in [0,100]$	$init_{talk} = 50$
$coeff_{talk}$	$coeff_{talk} \in [0,1]$	$coeff_{talk} = 0.5$
$coeff_{aggr}$	$coeff_{aggr} \in [0,1]$	$coeff_{aggr} = 0.2$
$coeff_{dist}$	$coeff_{dist} \in [0,1]$	$coeff_{dist} = 0.2$
$thres_{dist}$	$thres_{dist} \in [0,100]$	$thres_{dist} = 70$
$thres_{aggr}$	$thres_{aggr} \in [0,100]$	$thres_{aggr} = 70$
$Prob_{DU}$	$Prob_{DU} \in [0,1]$	$Prob_{DU} = 0.1$
$Prob_Q$	$Prob_Q \in [0,1]$	$Prob_Q = 0.5$
$pActLong$	$pActLong \in [0,100]$	Défini pour chaque action du patient
$pActAggr$	$pActAggr \in [0,100]$	Défini pour chaque action du patient
$pActClear$	$pActClear \in [0,100]$	Défini pour chaque action du patient
$dActEffTr$	$dActEffTr \in [-10,10]$	Défini pour chaque action du médecin
$dActEffDist$	$dActEffDist \in [-10,10]$	Défini pour chaque action du médecin
$dActEffAggr$	$dActEffAggr \in [-10,10]$	Défini pour chaque action du médecin

7.3.Algorithme

Au cours de son exécution, le moteur de dialogue effectue une boucle en cinq étapes présentée ci-après. Les détails de chacune des étapes sont donnés juste après.

Etape 1 : Parmi l'ensemble des actions possibles du médecin, le joueur en choisit une. En fonction de l'action choisie caractérisée par $\overrightarrow{DActEff}$ le moteur calcule deux valeurs :

- le nouveau vecteur $\overrightarrow{PStatus}$ qui représente l'état du patient suite à l'action.
- le nouvel état de la session.

Etape 2 : En fonction du nouvel état de session, le système identifie l'ensemble des actions possibles du patient.

Etape 3 : Le moteur choisit l'action du patient à partir de la valeur des vecteurs $\overrightarrow{PStatus}$, $\overrightarrow{PProfileInt}$ et $\overrightarrow{PProfileCoeff}$.

Etape 4 : Le moteur calcule à partir de l'état et du niveau de la session, l'ensemble des actions possibles du médecin.

Etape 5 : Si la condition de fin n'est pas atteinte, le moteur boucle à l'étape 1.

7.3.1. Etape 1

Dans cette étape, le moteur doit d'abord calculer le nouvel état du patient suite à l'action du joueur. Rappelons que l'action du joueur se caractérise par la sélection d'une Phrase caractérisée par un vecteur de caractéristiques indiquant l'influence de la phrase sur l'état du patient, et que le calcul consiste à associer les valeurs de ce vecteur avec $\overrightarrow{PProfileInit}$ et $\overrightarrow{PProfileCoeff}$, la façon dont ce calcul est exécuté dépendant des choix de l'implémentation.

La Table 7.5 présente les choix de calcul que nous avons retenu dans le cas d'*AgileDoctor* avec un vecteur $\overrightarrow{PStatus} = [pt_{tr}, pt_{dist}, pt_{aggr}, pt_{talk}]$, un vecteur $\overrightarrow{DActEff} = [dActEffTr, dActEffDist, dActEffAggr]$ et un vecteur $\overrightarrow{PProfileCoeff} = [coeff_{talk}, coeff_{aggr}, coeff_{dist}, Prob_{DU}, Prob_Q]$.

Table 7.5: Calcul des nouvelles valeurs de l'état du patient dans le cas d'*AgileDoctor*.

Paramètre	Calcul	Explication
pt_{tr}	$pt_{tr} = init_{tr} + \sum_{x \in X} dActEffTr(x)$	où X est l'ensemble des actions effectuées par le médecin, $dActEffTr(x)$ étant l'influence de l'action x sur l'état de confiance.
pt_{aggr}	$pt_{aggr} = init_{aggr} + (1 + coeff_{aggr}) \sum_{x \in X} dActEffAggr(x)$	où X est l'ensemble des actions effectuées par le médecin, $dActEffAggr(x)$ étant l'influence de l'action x sur l'état d'agressivité.
pt_{dist}	$pt_{dist} = init_{dist} + (1 + coeff_{dist}) \sum_{x \in X} dActEffDist(x)$	où X est l'ensemble des actions x effectuées par le médecin, et $dActEffDist(x)$ l'influence de l'action x sur la perturbation du patient.
pt_{talk}	$pt_{talk} = init_{talk}$	Dans la version actuelle d' <i>AgileDoctor</i> , nous ne faisons pas varier cette valeur.

Le moteur doit ensuite calculer le nouvel état de la session de dialogue en considérant (dans cet ordre) les états « DU » (*Don't Understand*), « Q » (*Questionnement*) et « R » (*Refus*). Ces trois états sont considérés comme des états anormaux dans le sens où ils font sortir le dialogue du flot normal de la conversation. Si la session n'évolue dans aucun de ces trois états, elle reste (ou revient) dans l'état « N » (*Normal*).

Pour savoir si la session passe dans un certain état, le moteur commence par calculer la probabilité d'entrer dans cet état. Il tire ensuite un nombre au sort et le résultat du tirage comparé à la probabilité calculée décide du passage ou non dans le nouvel état.

Dans *AgileDoctor*, les probabilités pour chaque état sont calculées comme suit :

- Pour l'état DU, la probabilité $P(s_{DU})$ de passer dans l'état se calcule ainsi :

$$P(s_{DU}) = \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ if } dActEffDist > 0 \\ \left(\frac{pt_{dist}}{50} \times \frac{2}{3} + \frac{1}{3} \right) Prob_{DU}, \text{ if } dActEffDist \leq 0 \text{ and } pt_{dist} < 50 \\ \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{pt_{dist} - 50}{50} \right) \right) Prob_{DU} + \frac{1}{3} \times \left(\frac{pt_{dist} - 50}{50} \right), \text{ if } dActEffDist \leq 0 \text{ and } pt_{dist} \geq 50 \end{array} \right\}$$

L'idée derrière cette formule est d'augmenter la probabilité d'entrer dans l'état DU quand la caractéristique de clarté de la phrase du médecin est faible et de la baisser dans le cas inverse. Quant au contraire la phrase est claire, c'est le degré de confusion du patient qui détermine la valeur de cette probabilité.

La Figure 7.9 présente graphiquement les variations de $P(s_{DU})$ en fonction de $dActEffDist$ et pour cinq valeurs différentes de pt_{dist} : 0, 25, 50, 75 et 100 (réalisée sur le site fooplot²⁶). Nous pouvons constater à partir de cette figure, que le coefficient $Prob_{DU}$ baisse avec une valeur de confusion basse inférieure à 50 et qu'il augmente quand cette valeur est supérieure.

²⁶ <http://fooplot.com/>

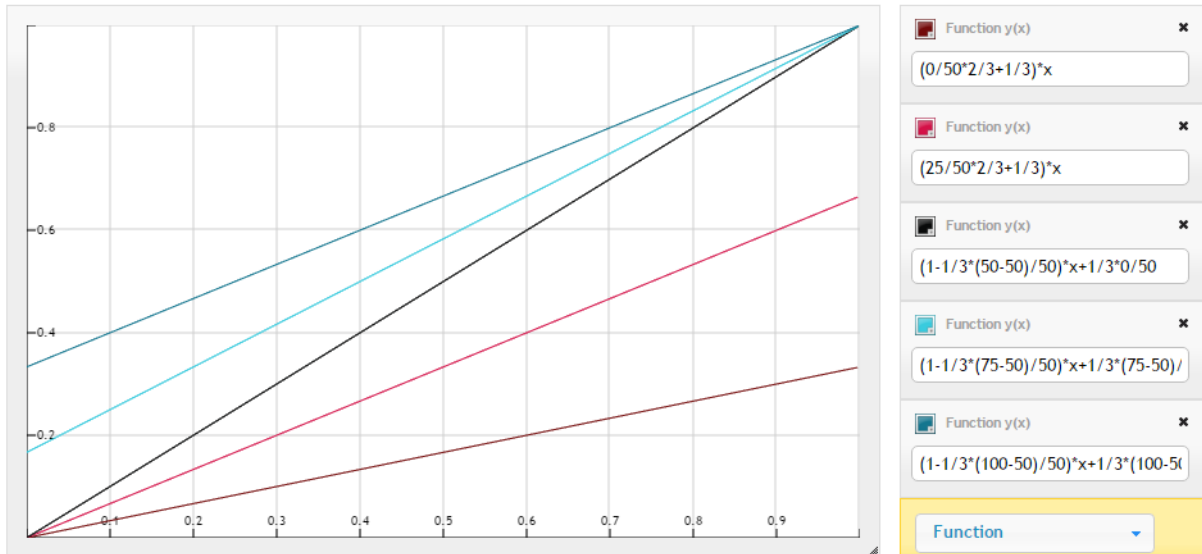


Figure 7.9: Variation de $P(s_{DU})$ en fonction de la clarté de la phrase du médecin pour les valeurs de confusion pt_{dist} 0, 25, 50, 75 et 100, représentée respectivement par les fonctions à droit.

- Pour les états Q et R que nous désignerons sous la notation *anormal*, la probabilité $P(s_{anormal})$ se calcule selon une courbe de Béziers cubique :

$$B(t) = P_0(1 - t)^3 + 3P_1t(1 - t)^2 + 3P_2t^2(1 - t) + P_3t^3 \quad \text{avec } t = \frac{pt_{trust}}{100}$$

Le choix des coefficients P_0 , P_1 , P_2 , et P_3 permet en effet d’ajuster la variation en fonction des résultats donnés par les expérimentations.

La Figure 7.10 (réalisée sur le site *desmos*²⁷) illustre la courbe obtenue avec les valeurs de $P_0 = (x_0, y_0)$, $P_1 = (x_1, y_1)$, $P_2 = (x_2, y_2)$, $P_3 = (x_3, y_3)$, où $x_0 = 1, y_0 = 0$, $x_1 = 0.03, y_1 = 0.05, x_2 = 0.05, y_2 = 0.08, x_3 = 0, y_3 = 1$

²⁷ <https://www.desmos.com/calculator/>

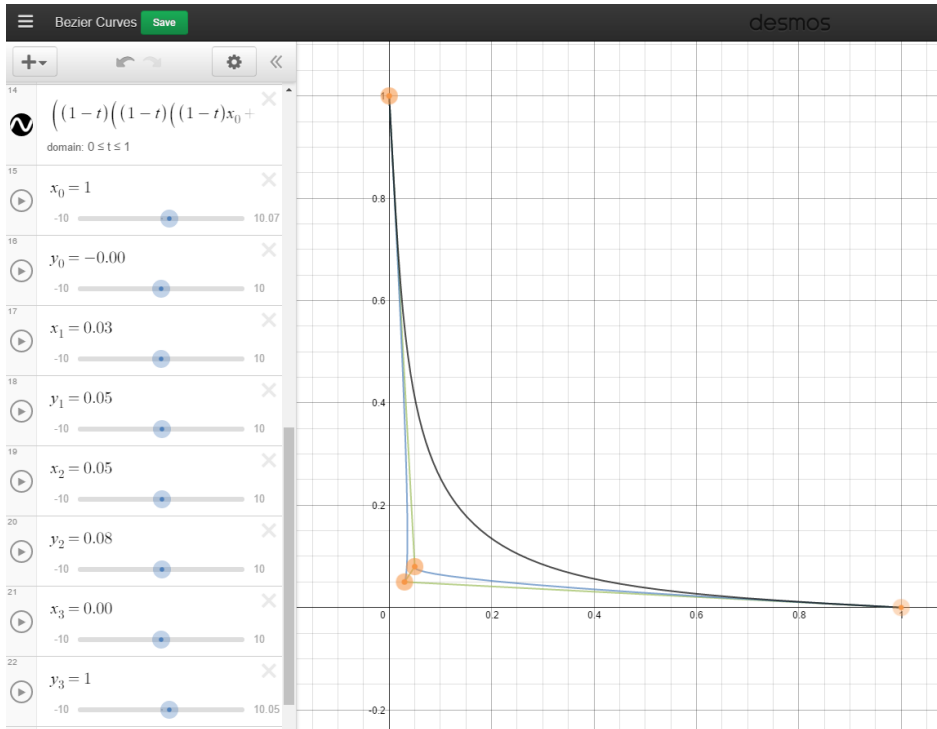


Figure 7.10: Variation de $B(t)$ en fonction de l'état de confiance du patient.

En intégrant le facteur d'agressivité, on détermine $P(s_{anormal})$ de la façon suivante :

$$P(s_{anormal}) = \frac{pt_{aggr}}{100} \left(B(t) + \frac{100}{pt_{aggr}} - 1 \right)$$

7.3.2. Etape 2

Cette étape a pour objet de calculer l'ensemble des actions possibles du patient en réaction à celle du médecin. La méthode de calcul est différente selon que la session de dialogue concerne le recueil d'informations (par exemple lors des micro-séquences de l'anamnèse) ou pas.

- **Session de dialogue ne concernant pas le recueil d'information**

Rappelons que pour une session, à chaque action du médecin correspond une action du patient de façon à former des paires $\langle a_i^s, b_i^s \rangle$ à chaque niveau i et pour chaque état s de cette session. Les sessions ne ciblant aucune unité d'information utilisent tout simplement l'identifiant de la session, son niveau et son état pour déterminer l'ensemble des actions possibles du patient.

- **Session de dialogue concernant le recueil d'information**

Ces sessions sont liées à des arbres d'information que le médecin doit récupérer en dialoguant avec le patient. Il utilise alors une action « Phrase » qui peut être de deux types : Les questions ouvertes (« *Open Question* ») ou les questions fermées (« *Closed Question* »).

L'algorithme de calcul de l'ensemble des actions possibles du patient dépend de l'état de la session :

▪ **Etat Normal**

Dans le cas où la session est dans l'état « Normal », le patient répondra avec une action de type primitif « *AnswerWithInfo* ».

Nous avons vu que les actions « Phrase » avaient pour cible un ensemble de nœuds de l'arbre d'information. Soit N cet ensemble. Nous notons cela :

$$a \xrightarrow{\text{target}} N$$

En utilisant l'attribut $info_{trust}$ des nœuds d'information, le moteur de dialogue vérifie que la condition $info_{trust} \leq pt_{tr}$ (seuil de confiance pour dévoiler l'information) est respectée pour filtrer les nœuds accessibles. Il calcule ensuite le nombre d'unités d'information qui sera dévoilé en fonction des attributs $coeff_{talk}$ et $info_{trust}$ (autrement dit le patient est-il confiant et loquace ?) Enfin, l'attribut $info_{prio}$ est utilisé pour déterminer les nœuds effectivement sélectionnés.

Plus formellement, soit N l'ensemble désigné par l'action du médecin :

Nous calculons N' de la façon suivante :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Card}(N') = (coeff_{talk} + 1) \frac{pt_{tr}}{100} \times \text{Card}(N) \\ n' \in N', n'(info_{trust}) \leq pt_{tr} \\ n'(info_{prio}) \geq \hat{n}(info_{prio}) \text{ where } \hat{n} \in N - N' \end{array} \right\}$$

L'ensemble possible des actions du patient est alors constitué des phrases liées aux nœuds N'. Soit B cet ensemble on a $N' \xrightarrow{\text{linked}} B$.

▪ **Etat DU**

Dans le cas où l'état de session est « *Don't Understand* », le patient répondra au moyen d'une action de type « *DUnderstand* ». Les Phrases générées sont de deux catégories, des phrases traduisant une incompréhension générale par exemple « Je n'ai pas compris », et d'autres plus spécifiques venant questionner l'action du médecin.

Plus formellement, Soit G l'ensemble des Phrases du patient exprimant une incompréhension et soit $B_S^i(DU)$ l'ensemble des Phrases du patient possibles à ce niveau de la session pour l'état DU. Alors le patient choisira une action parmi l'ensemble $G \cup B_S^i(DU)$.

▪ **Etat Q, Etat R**

On applique ici le même algorithme que pour l'état DU. On retrouve des actions générales et spécifiques qui permettent au patient d'exprimer un refus ou un questionnement. Chaque Phrase se voit attribuer un numéro de session de dialogue.

7.3.3. Etape 3

L'ensemble des actions possibles du patient ayant été calculé, le moteur doit à cette étape en choisir une. Ce choix se fait en considérant le profil actuel du patient, que l'on croise avec les caractéristiques des phrases composant l'ensemble des choix possibles.

Rappelons la composition des vecteurs caractérisant respectivement le profil du patient et les actions du patient :

$$\begin{aligned} \overrightarrow{PStatus} &= [pt_{tr}, pt_{dist}, pt_{aggr}, pt_{talk}] \\ \overrightarrow{PActCarac} &= [pActLong, pActAggr, pActClear] \end{aligned}$$

En réalité le moteur utilise à cette étape une version un peu modifiée du vecteur $\overrightarrow{PStatus}$, que nous appellerons $\overrightarrow{PStatus'}$ et qui est calculé de la façon suivante :

$$\overrightarrow{PStatus'} = [pStatLong, pStatAggr, pStatClear]$$

Et où

$$pStatLong = 100 \times \text{coeff}_{talk}, pStatAggr = pt_{aggr}, pActClear = 100 - pt_{dist}$$

Soit $State_s$ l'état actuel de la session de dialogue et i le niveau en cours. Le moteur calcule alors l'action retour du patient b_i qui minimise le calcul suivant :

$$\| \overrightarrow{PActCarac} - \overrightarrow{PStatus'} \|$$

$$b_i \in B_i^s(State_s)$$

L'objet de ce calcul est de sélectionner la phrase dont les caractéristiques se rapprochent le plus de l'état actuel du patient. Pour cela on cherche à minimiser la distance entre le vecteur d'état du patient $\overrightarrow{PStatus'}$ et le vecteur $\overrightarrow{PActCarac}$ de caractéristiques de la phrase.

7.3.4. Etape 4

Cette étape a pour but de calculer les actions possibles du médecin, autrement dit les choix qui seront proposés au joueur.

En ce qui concerne les sessions de dialogue qui ne sont pas des sessions de recueil d'informations, les propositions d'actions du médecin sont directement modélisées dans la session en fonction de son état et de son niveau. Pour les autres en revanche ces actions dépendent en plus des informations déjà acquises.

Soit $N^{(+)}$ l'ensemble des nœuds d'information déjà obtenu et soit $n^{(+)}$ un de ces nœuds. Les actions possibles du médecin concernant un nœud n seront disponibles si et seulement si n est fils du nœud $n^{(+)}$.

7.3.5. Etape 5

Si la session est dans l'état normal :

- si on est au niveau maximal du dialogue, alors la session se termine par le point de sortie atteint ;
- sinon, on incrémente le niveau de la session et on boucle sur

Sinon, on reste au même niveau de dialogue et le moteur propose au joueur un ensemble d'actions caractérisées par l'union des phrases de l'état $State_s$ avec celles de l'état normal.

$$A_i^{s'} = \{ x \in (A_i^s(State_s) \cup A_i^s(N)) \}$$

Cette union permet au moteur de proposer trois types de choix au joueur : Répéter la phrase ayant conduit au déraillement de la session, changer de sujet (aller dans une autre micro-séquence ou un autre nœud d'information), ou adopter une action spécifique de nature

à remettre la session dans l'état normal (par exemple en posant la question différemment ou en répondant à la question du patient).

Quand toutes les micro-séquences sont déjà explorées, la simulation se termine.

Le workflow de cet algorithme est illustré Figure 7.11.

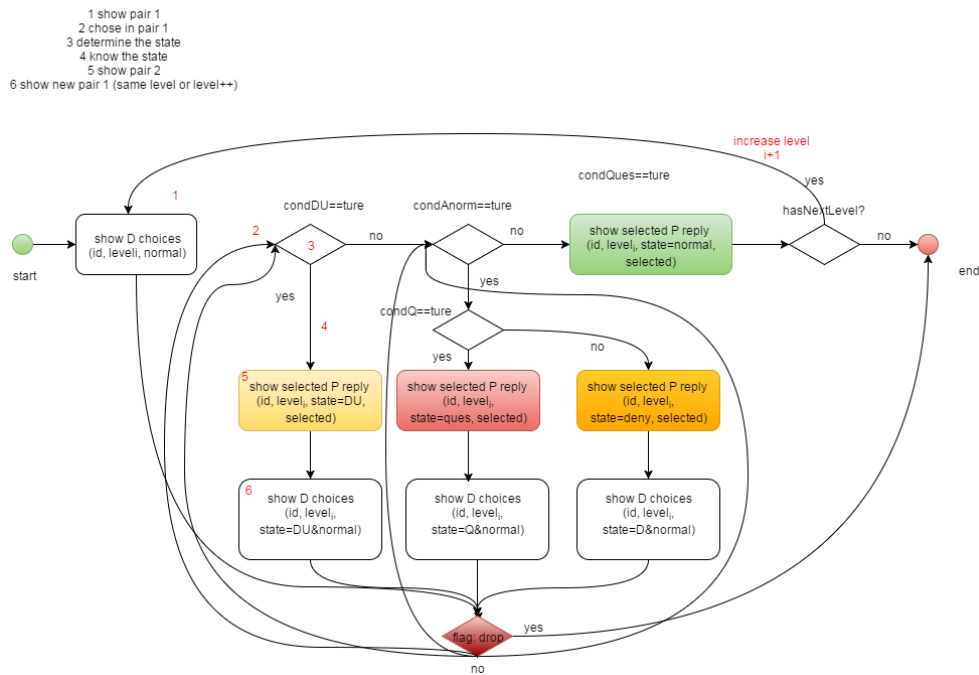


Figure 7.11: Workflow de l'algorithme

7.4. Illustration

Dans cette partie, nous illustrons nos choix d'implémentation à travers quelques exemples d'association de paires d'actions <a, b>.

7.4.1. Micro-séquence d'anamnèse sur les habitudes de vie

Reprenons l'arbre d'information illustré section 7.2.4.3 (page 132).

Soient les actions du médecin a_1 et a_2 avec :

$$a_1 \xrightarrow{\text{target}} N_1,$$

$$N_1 = \{n_1 \text{ et ses descendants}, n_2 \text{ et ses descendants}, n_3 \text{ et ses descendants} \}$$

$$a_2 \xrightarrow{\text{target}} N_2, N_2 = \{n_1 \text{ et ses descendants}\}$$

Comme le définit la page 136, une action a est représentée par :

$$a: (PHrase, s, n_i) = ((\rho, \mathfrak{f}, \chi)^\alpha, s, n_i)$$

Représentons donc une action a_1 sous ce format avec les éléments constitutifs de la partie Phrase suivants :

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{"Parlez – moi de vos habitudes de vie "} \\ \mathfrak{f} = \text{"Open Question"} \\ \chi = \overrightarrow{DActEff} = [dActEffTr: 0, dActEffDist: 5, dActEffAggr: 0] \end{array} \right\}$$

Faisons de même avec une action a_2 interrogeant la même thématique :

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{"Maintenant , que j'ai une bonne idée de votre état de santé général,} \\ \text{j'aimerais vous poser quelques question sur vos habitude de vie.} \\ \text{Vous pouvez m'en dire quelques mots ? " } \\ \mathfrak{f} = \text{"Open Question"} \\ \chi = \overrightarrow{DActEff} = [dActEffTr: 5, dActEffDist: -5, dActEffAggr: -5] \end{array} \right\}$$

Considérons que suite à ces actions, la session de dialogue reste dans l'état normal. L'ensemble des réponses possibles du patient pour l'action a_1 est la combinaison des phrases associées aux nœuds cibles de l'action. Voici des exemples de telles phrases :

$$b_1: \left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{"Je fume."}, \quad \mathfrak{f} = \text{AnswerWithInfo}, \\ \overrightarrow{PActCarac} = [pActLong: concise, pActAggr: nomal, \quad pActClear: clear] \\ N' = \{n_1\} \end{array} \right\}$$

$$b_2: \left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{"Je fume beaucoup."}, \quad \mathfrak{f} = \text{AnswerWithInfo}, \\ \overrightarrow{PActCarac} = [pActLong: concise, pActAggr: nomal, \quad pActClear: unclear] \\ \mathfrak{f} = \text{AnswerWithInfo} \\ N' = \{n_1, n_{12}\} \end{array} \right\}$$

$$b_3: \left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{"Je fais pas trop de sport. Vraiment pas grand chose."}, \quad \mathfrak{f} = \text{AnswerWithInfo}, \\ \overrightarrow{PActCarac} = [pActLong: long, pActAggr: nomal, \quad pActClear: unclear] \\ \mathfrak{f} = \text{AnswerWithInfo} \\ N' = \{n_3\} \end{array} \right\}$$

$$b_4: \left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{“Je fume depuis 15 ans. Je prends 3 verres de vin par jour.”} \\ \text{f} = \text{AnswerWithInfo}, \\ \overrightarrow{PActCarac} = [pActLong: normal, pActAggr: nomal, pActClear: clear] \\ \text{f} = \text{AnswerWithInfo} \\ N' = \{n_1, n_{11}, n_2, n_{21}, n_{221}\} \end{array} \right\}$$

Considérons à présent que la session soit passée dans l'état DU. Voici un exemple d'action générale du patient dans cet état :

$$b_1^{DU}: \left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{“Je n'ai pas compris.”} \\ \text{f} = \text{DontUnderstand} \\ \overrightarrow{PActCarac} = [pActLong: normal, pActAggr: nomal, pActClear: clear]. \end{array} \right\}$$

En voici un autre exemple, cette fois spécifique à l'action ayant conduit au changement d'état :

$$b_2^{DU}: \left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{“Mon mode de vie? Vous voulez dire quoi ?”} \\ \text{f} = \text{DontUnderstand} \\ \overrightarrow{PActCarac} = [pActLong: long, pActAggr: aggressive, pActClear: clear]. \end{array} \right\}$$

Illustrons également un exemple d'action modélisée lorsque la session est dans l'état Q :

$$b_1^Q: \left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{“Pourquoi? C'est... pertinent?”} \\ \text{f} = \text{Questionning} \\ \overrightarrow{PActCarac} = [pActLong: normal, pActAggr: nomal, pActClear: clear] \end{array} \right\}$$

Considérons maintenant l'étape suivante de la session et considérons que la réponse du patient était la b3. Suite à cette action du patient, le moteur calcule les choix possibles du médecin et les propose au joueur. Ces choix pourraient par exemple être modélisés comme :

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{“Et le tabac ? ”} \\ \text{f} = \text{“Closed Question”} \\ \chi = \overrightarrow{DActEff} = [dActEffTr: 0, dActEffDist: 5, dActEffAggr: 0] \end{array} \right\}$$

et

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{“Combien de cigarette fumez – vous ? ”} \\ \text{f} = \text{“Closed Question”} \\ \chi = \overrightarrow{DActEff} = [dActEffTr: 0, dActEffDist: -5, dActEffAggr: 0] \end{array} \right\}$$

Suite à l'un de ces choix, le moteur peut alors calculer que la réponse du patient serait par exemple l'action b_2 , etc.

7.4.2. Micro-séquence d'explication du diagnostic

Nous présentons ici deux exemples de sessions de dialogue prenant place dans la micro-séquence « Enseignement du résultat ». Cet exemple est inspiré d'un cas décrit dans (Richard & Lussier, 2005).

- **Session 1 :**

L'objectif de la première session de dialogue est de communiquer un diagnostic. Dans l'état normal de la session, l'action du médecin a_1^N et les deux actions du patient y répondant b_1^N , b_2^N sont :

$$a_1^N : \left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{"Donc c'est un bouton acné, c'est très commun chez les adolescents. "} \\ \text{f} = \text{"Statement"} \\ \chi = \overrightarrow{DActEff} = [dActEffTr: 5, dActEffDist: 5, dActEffAggr: 0] \end{array} \right\}$$

$$b_1^N : \left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{"D'accord."} \\ \text{f} = \text{Agree} \\ \overrightarrow{PActCarac} = [pActLong: normal, pActAggr: nomal, pActClear: clear]. \end{array} \right\}$$

$$b_2^N : \left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{"Ok, merci."} \\ \text{f} = \text{Agree} \\ \overrightarrow{PActCarac} = [pActLong: concise, pActAggr: polite, pActClear: clear]. \end{array} \right\}$$

Dans l'état Q, la réponse b_1^Q du patient est par contre :

$$b_1^Q : \left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{"D'accord ... Donc c'est pas dangereux?"} \\ \text{f} = \text{Questionning} \\ \overrightarrow{PActCarac} = [pActLong: normal, pActAggr: nomal, pActClear: clear]. \end{array} \right\}$$

Et le médecin réagit à son tour avec une action a_1^Q qui est :

$$a_1^Q : \left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{"Non, c'est pas dangereux, il suffit de mettre un peu de crème} \\ \text{et tu n'auras pas de souci"} \\ \text{f} = \text{"Explanation"} \\ \chi = \overrightarrow{DActEff} = [dActEffTr: 5, dActEffDist: 5, dActEffAggr: 0] \end{array} \right\}$$

- **Session 2 :**

Dans la deuxième session de dialogue, le moteur utilise l'arbre d'information pour que le médecin puisse sonder le patient sur ce qu'il pense de son état. Le nœud concerné (notons le n) spécifie la croyance du patient sur le symptôme « bouton rouge au visage ». Dans l'état normal, l'action du médecin a_1^N et la réaction du patient b_1^N sont :

$$a_1^N : \left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{"Qu'est-ce que tu penses de ce bouton ? As-tu pensé} \\ \text{que ça pouvait être autre chose que de l'acné ?"} \\ \mathfrak{f} = \text{"Open Question"} \\ \chi = \overrightarrow{DActEff} = [dActEffTr: 10, dActEffDist: -5, dActEffAggr: 0] \\ a_1^N \xrightarrow{\text{target}} \{n\} \end{array} \right\}$$

$$b_1^N : \left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{"Une amie m'a dit que ça pouvait être un début de cancer de la peau} \\ \text{parce que je me fais bronzer souvent"} \\ \mathfrak{f} = \text{AnswerWithInfo} \\ \overrightarrow{PActCarac} = [pActLong: normal, pActAggr: normal, pActClear: clear]. \\ b_1^N \xrightarrow{\text{linked}} \{n\} \end{array} \right\}$$

Dans cette session, le médecin agit de façon à comprendre la globalité médico-psycho-sociale du patient. Cette approche centrée sur le patient augmente la confiance du patient envers son médecin.

7.4.3. Session de dialogue initialisée par le patient

Nous illustrons ici une situation où c'est le patient qui initialise la session de dialogue. Dans ce cas, l'action du médecin dans la première paire est vide. Ce type de session passe directement au niveau suivant au lieu de commencer par proposer au joueur les actions du médecin. Prenons pour exemple, une session de dialogue basée sur l'accueil du patient.

La paire d'action constituant le niveau 1 de la session se note (nous illustrons uniquement le contenu du texte de la phrase ρ pour des raisons de simplicités) :

$$a_1^N : \rho = \text{"Asseyez – vous, monsieur Dupont. "}$$

$$b_1^N : \rho = \text{"Ah merci. "}$$

Au niveau 2 de cette même session nous avons :

a_2^N : *null*.

b_2^N : $\rho =$ "C'est que j'attends depuis plus d'une heure ... "

Et au niveau suivant :

a_3^N : $\rho =$ "Et oui j'ai dû passer plus de temps que prévu avec le patient précédent, et en plus j'ai eu une urgence en début d'après-midi."

b_3^N : $\rho =$ "Oui, oui, bien sûr, je comprends. "

Cette méthode permet de conserver l'ordonnancement des actions dans les paires d'actions (d'abord le médecin, puis le patient) tout en gérant le cas où c'est le patient qui initie la séquence.

7.5.Synthèse du chapitre

Dans ce chapitre nous avons présenté l'élément central de notre projet, à savoir le moteur de dialogue permettant de simuler un processus de consultation médicale entre deux participants. Ce moteur est alimenté par notre modèle ontologique MCSOnto.

Dans un premier temps, nous avons présenté les grandes lignes de ce moteur et ses mécanismes principaux. Notre approche est basée sur les trois fonctions d'une consultation médicale identifiées par (Richard & Lussier, 2005) (page 6). Elle divise ainsi l'information en deux catégories et permet de mettre en œuvre les différentes méthodes de communication permettant d'établir une relation avec son patient.

Dans un deuxième temps, nous avons introduit des éléments complémentaires au modèle MCPM. Ces éléments sont constitués :

- d'un arbre d'information qui sert à organiser les informations concernant le patient ;
- d'un certain nombre d'entités actions dédiées au médecin et au patient qui permettent de dérouler le processus de simulation.

Les autres éléments utilisés par le moteur de dialogue sont dérivés des éléments de MCSOnto.

Finalement, nous avons spécifié le fonctionnement du moteur sous la forme d'un algorithme utilisant les éléments définis. En particulier nous avons montré comment les informations étaient associées à des entités actions, soit en tant que cible, soit en tant que source. Nous avons également expliqué comment le moteur propose au joueur un certain nombre d'actions à chaque étape des sessions de dialogue et comment la réponse du patient est générée.

Cet algorithme est suffisamment générique pour s'adapter aux besoins pédagogiques et aux connaissances des experts du métier. Il peut en effet être paramétré en fonction des décisions prises pour caractériser le profil du patient et les effets des phrases. Nous avons par conséquent présenté le paramétrage que nous avons retenu pour notre projet *AgileDoctor*.

Dans la partie qui suit, nous précisons l'implémentation du moteur de dialogue en insistant sur le stockage des données et notamment sur celui des entités actions. Les différents choix d'implémentation décrits dans ce chapitre sont testés et justifiés. Nous analysons également les résultats globaux de notre implémentation.

Partie 4 : Implémentation du système et analyse des résultats

Chapitre 8 Implémentation du modèle MCPM et de son moteur de dialogue

8.1.Introduction

Ce chapitre est structuré en deux parties. La première présente les éléments techniques utilisés pour la réalisation informatique du moteur de dialogue. La deuxième explique comment nous avons réglé le moteur pour qu'il corresponde à la fois aux attentes métiers de la consultation médicale et présente au joueur un défi ludique où ses actions sont importantes. Pour cela nous avons mené des sessions d'expérimentations en faisant varier les paramètres du moteur pour simuler plusieurs profils de patient.

8.2.Implémentation du moteur

8.2.1. Vue générale

Comme nous l'avons présenté Chapitre 7 (page 125), le moteur de dialogue utilise une base de données pour déterminer les actions du patient et les choix offerts au joueur au cours d'une consultation médicale. La nature de ces données est définie par notre modèle MCPM complété par certains éléments nécessaires à l'algorithme du moteur de simulation. Chaque consultation à simuler se spécifie ainsi comme une instance de ce modèle. Afin de répondre aux besoins de conception pluridisciplinaires du jeu sérieux, nous avons également besoin d'un outil auteur qui permette de modifier et d'ajouter facilement des connaissances métiers liées au domaine de la consultation médicale. Ces connaissances ont été identifiées et présentées Chapitre 5.

La Figure 8.1 présente l'architecture du code implémentant le système. Elle repose sur quatre modules : Une base de données relationnelle qui implémente le modèle ontologique MCSOnto, un outil auteur qui permet d'alimenter la base de données au moyen d'une interface graphique, le moteur de dialogue qui utilise la base de donnée pour récupérer les

actions dialogiques et enfin un service web proposant l'API (*Application Programming Interface*) nécessaire à la construction de la partie cliente du jeu. L'ensemble de ces modules a été réalisé en java.

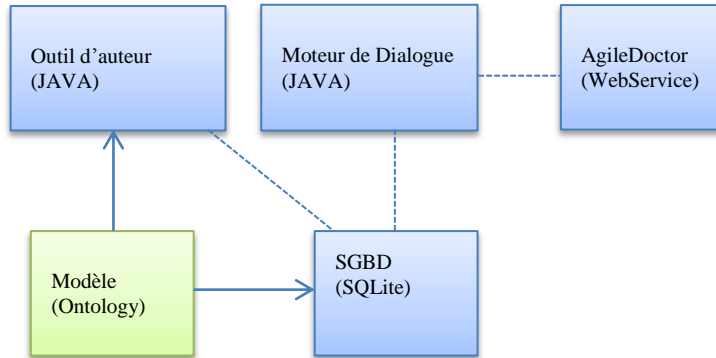


Figure 8.1: Architecture du code d'AgileDotor.

Java est le langage principal de programmation de notre système et nous avons essentiellement utilisé l'IDE (*Integrated Development Environment*) Eclipse pour nos développements. Les liaisons avec la base de données sont réalisées avec le protocole de *mapping* objet-relationnel JPA (*Java Persistence API*) 2.0 et son implémentation *EclipseLink*.

L'architecture générale est conforme au modèle MVC (*Model-View-Controller*) :

- La partie modèle (M) implémente les éléments définis dans MCSOnto. Pour cela nous avons utilisé les générateurs de classe fournis par le logiciel *Protégé* et ce sont ces classes Java qui constituent la partie du M de l'architecture MVC.
- Les classes du contrôleur (C) réalisent le traitement des données et le *routing* (avancement) de la partie.
- Enfin la partie vue (V) utilise l'API fournie par le service web pour présenter au joueur une représentation graphique du jeu.

8.2.2. Implémentation des modèles MCPM et MSCOnto

Nous avons étudié deux principales méthodes concernant l'utilisation informatique des modèles ontologiques.

L'une consiste à employer directement l'ontologie comme moyen de stockage des données. Comme présenté Chapitre 3 (page 56), la TBox de l'ontologie peut être utilisée

comme le schéma d'une base de données décrivant la structure et les contraintes de la base alors que la ABox de l'ontologie (qui en définit les individus) peut être utilisée pour générer les instances du schéma et former au final les enregistrements de la base. L'avantage de cette méthode est de pouvoir utiliser les capacités d'inférence de l'ontologie dans l'implémentation.

Nous avons néanmoins écarté cette méthode pour les raisons suivantes :

- Le langage DL-Query a été défini pour spécifier des requêtes permettant d'automatiser les inférences basées sur une ontologie. Cependant, il n'existe pas d'API faisant le lien entre DL-Query et un langage de programmation.
- Dans une ontologie, les assomptions sont du type « monde ouvert » alors que dans une base de données elles sont du type « monde fermé ». Or les requêtes nécessaires au fonctionnement de notre système ne nécessitent pas un monde ouvert. Au contraire l'objectif du moteur de dialogue est de trouver des données exactes excluant tout facteur d'incertitude.
- Notre moteur a besoin d'être efficace et performant afin de s'appliquer à un jeu en temps réel. Les requêtes ciblant les ontologies sont relativement moins performantes en raison des mécanismes complexes de déduction et d'inférence. Par exemple, (Kang, Li, & Krishnaswamy, 2012) ont mené des tests comparant plusieurs raisonneurs sur un corpus de 358 ontologies. Globalement, le nombre d'ontologies résolvant leur classification en moins d'une seconde est de seulement 70. On constate généralement que les ontologies volumineuses ne sont pas gérables directement. Dans le cas par exemple de (Sesen, 2012), le grand nombre d'individus à classifier (plus de 700,000 individus avec une taille approximative de stockage de l'ordre de 1 giga-octets) a nécessité la construction d'une base de données classique afin de stocker les résultats d'exécution et de finaliser le traitement de la classification.
- Les outils d'édition d'ontologies sont peu adaptés à la spécification et à la gestion d'un grand nombre d'instances. Avec Protégé²⁸ par exemple, pour définir une relation entre deux individus, il faut d'abord localiser ces deux individus dans l'ontologie sans avoir

²⁸ 5.0.0 Beta 23 est la version plus récente de Protégé à jour de 25/03/2016

la possibilité de les chercher automatiquement. Tous les individus sont en effet listés sans être catégorisés par des classes (Figure 8.2).

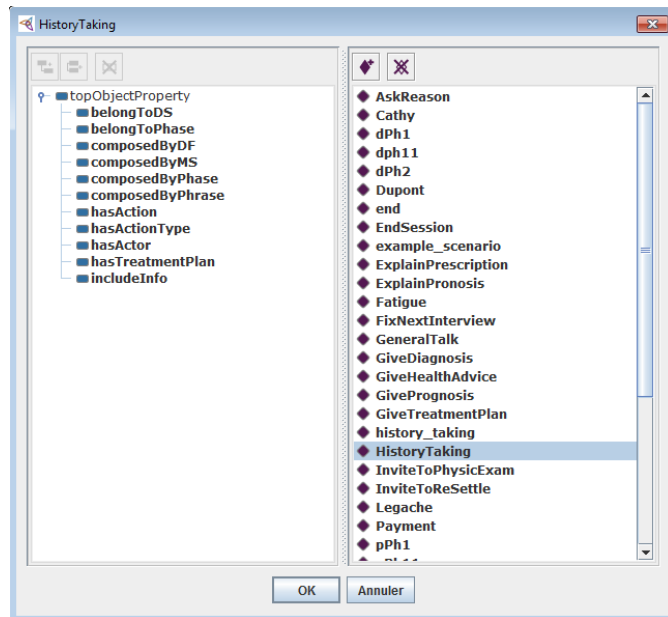


Figure 8.2 : Définition d'une relation entre deux individus avec Protégé.

Au final nous avons donc choisi de transformer le modèle ontologique vers une base de données relationnelle.

Cette option est disponible dans Protégé sous la forme d'une action permettant de générer les classes Java correspondant au modèle (Figure 8.3).

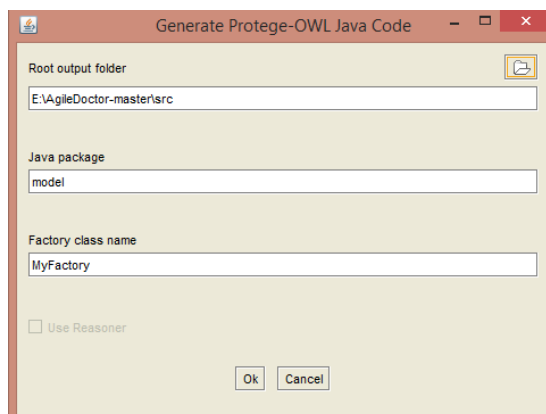


Figure 8.3: Capture d'écran de générateur de classe Java dans Protégé 5

L'intérêt de cette démarche réside dans la possibilité qu'elle offre de faire appel à l'API OWL dans un code écrit en Java. Cette API est une interface mature qui donne accès à l'interface des raisonneurs de FaCT++, JFact, HermiT, Pellet et RacerPro (via OWLLink). Via les libraires appropriées, ces raisonneurs sont donc utilisables dans un programme Java.

Un extrait du schéma de la base de données générée est illustré dans la Figure 8.4. Nous ne rentrerons pas plus dans les détails techniques concernant la construction de la base dans ce chapitre. Son schéma complet et les liens entre ce schéma et l'ontologie sont donnés dans la documentation de la base de données annexe v.

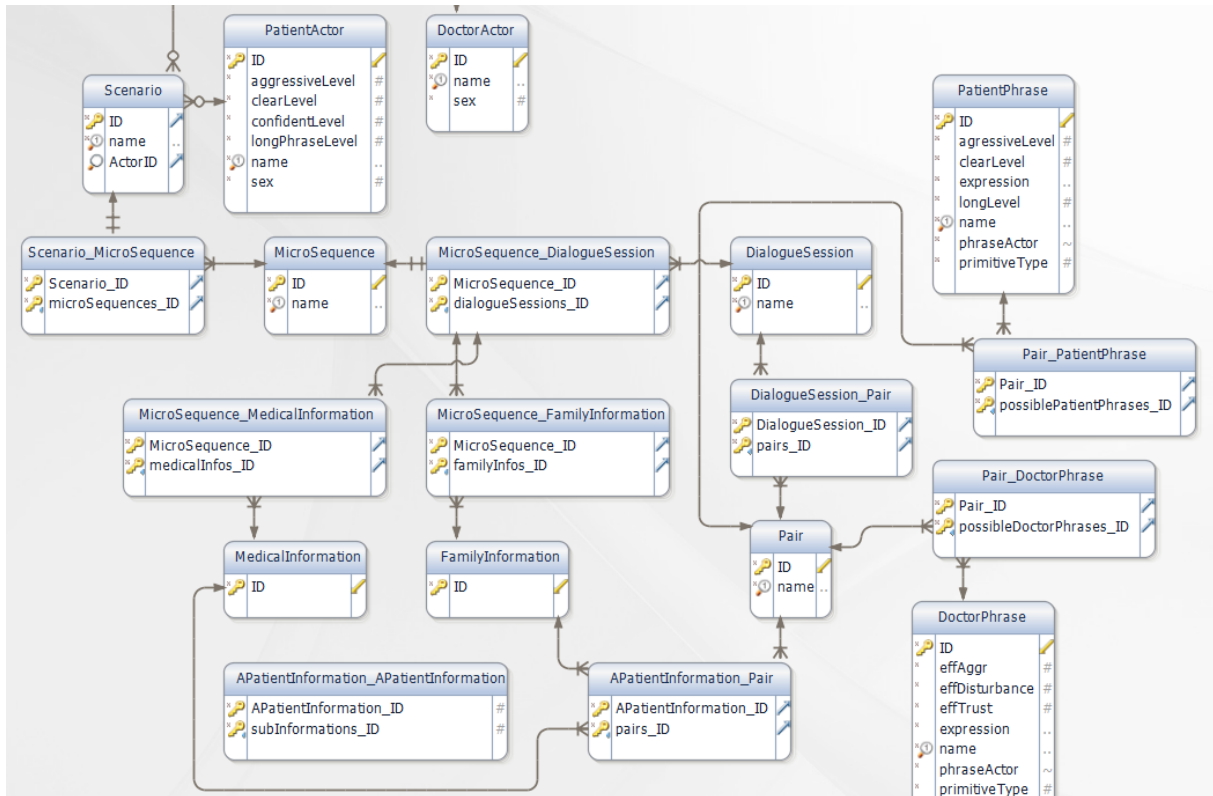
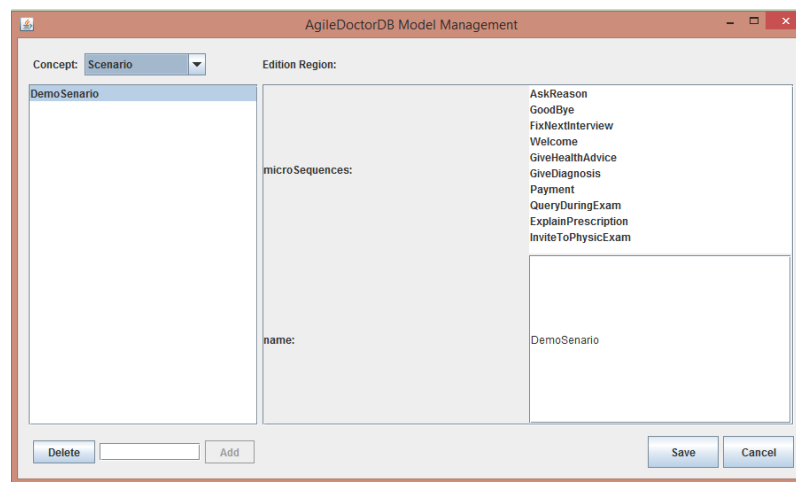


Figure 8.4 : Extrait du schéma de la base de données issue de l'ontologie

Nous avons également développé un programme de gestion qui permet de visualiser et d'alimenter en contenu la base de données. La Figure 8.5 présente quelques captures d'écran de ce programme.



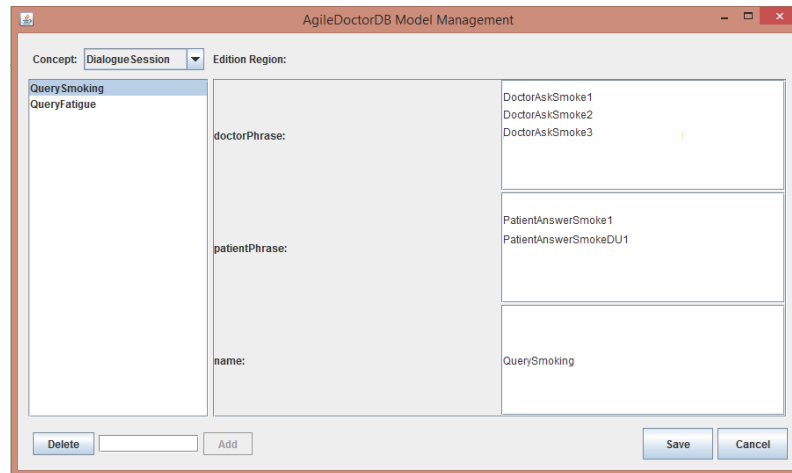


Figure 8.5: Captures d'écran du programme de gestion de la base de données.

8.2.3. Structure du code

Le code est structuré en quatre packages présentés Figure 8.6: *Model*, *Control*, *View* et *Engine*.

Le package *Engine* implémente le moteur de dialogue proposé Chapitre 7. Deux classes définissent les paramètres de la simulation et les méthodes de calcul des valeurs de variables. Elles spécifient notamment les caractéristiques des phrases et l'état du patient tel que décrit par le modèle.

Un point important à noter et que le package *Engine* contient une partie *méta* permettant d'analyser et de tester les performances du moteur en fonction des choix réalisés sur les paramétrages. Cette partie modélisée dans la classe « *GameEngine* » permet de lancer une simulation autonome où le rôle du joueur est tenu par l'ordinateur.

Dans ce mode, patient et médecin sont donc tous deux « joués » par l'ordinateur, toutes les actions étant choisies par un algorithme. Trois modes sont néanmoins paramétrables en ce qui concerne les choix du médecin : choix de la meilleure stratégie, choix de la pire stratégie, choix aléatoire. Selon le mode, les algorithmes détermineront l'action du médecin qui influence positivement, négativement ou aléatoirement l'état du patient.

La partie *méta* propose également un mode manuel dans lequel il est possible de choisir le participant qui sera « joué » par l'ordinateur, l'autre l'étant par le joueur. Durant la simulation, l'interface donne accès aux valeurs des variables en temps réel.

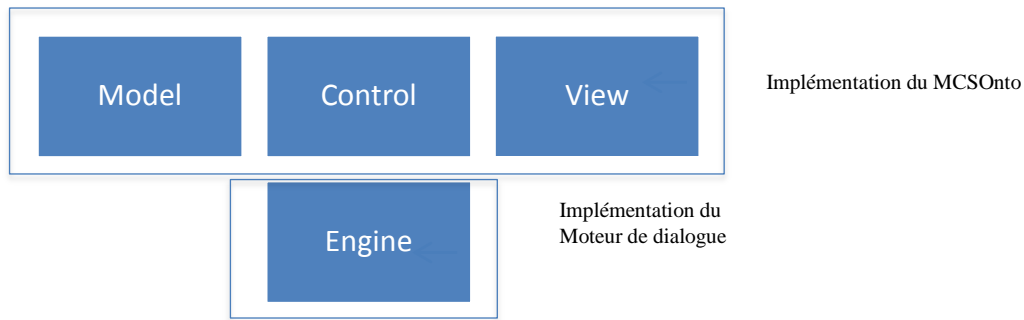


Figure 8.6 : Structure du système

8.3. Expérimentations destinées au paramétrage du moteur

Dans la suite de ce chapitre nous présentons les résultats issus de simulations qui nous ont permis de préciser les paramétrages « raisonnables » de fonctionnement du moteur de dialogue. Les sections qui suivent présentent plus précisément le cadre de ces expérimentations.

8.3.1. Scénario des expérimentations

Le scénario met en scène un patient diabétique d'une soixantaine d'années qui se rend régulièrement chez son médecin traitant. Cette fois, le patient a pris rendez-vous pour mettre à jour son traitement régulier du diabète et dès le début de la consultation se plaint d'avoir attendu trop longtemps dans la salle d'attente. Le médecin veut faire un point sur l'état du patient mais ce dernier a oublié son carnet de glycémie. Le patient se plaint également de se sentir fatigué et de devoir se lever plusieurs fois par nuit.

Ce scénario a été retenu car il met en scène un patient et un médecin n'ayant pas les mêmes agendas. Le médecin va devoir gérer la contrariété initiale du patient et lui réexpliquer l'importance de tenir à jour son carnet de glycémie, tout en prenant en compte les informations données par le patient. C'est donc un cas intéressant pour tester le joueur sur sa capacité à déployer certaines compétences communicationnelles jouant sur son relationnel avec le patient.

8.3.2. Arbre d'information et jeux de données

L'arbre d'information lié au scénario s'organise en cinq catégories modélisées dans MCSOnto:

- Les informations administratives
- Le motif principal de la consultation du point de vue du patient
- Les symptômes
- Les signes
- les questions générales

Un extrait de l'arbre est donné Figure 8.7. Les cercles représentent les catégories d'information, tandis que les rectangles représentent leurs nœuds.

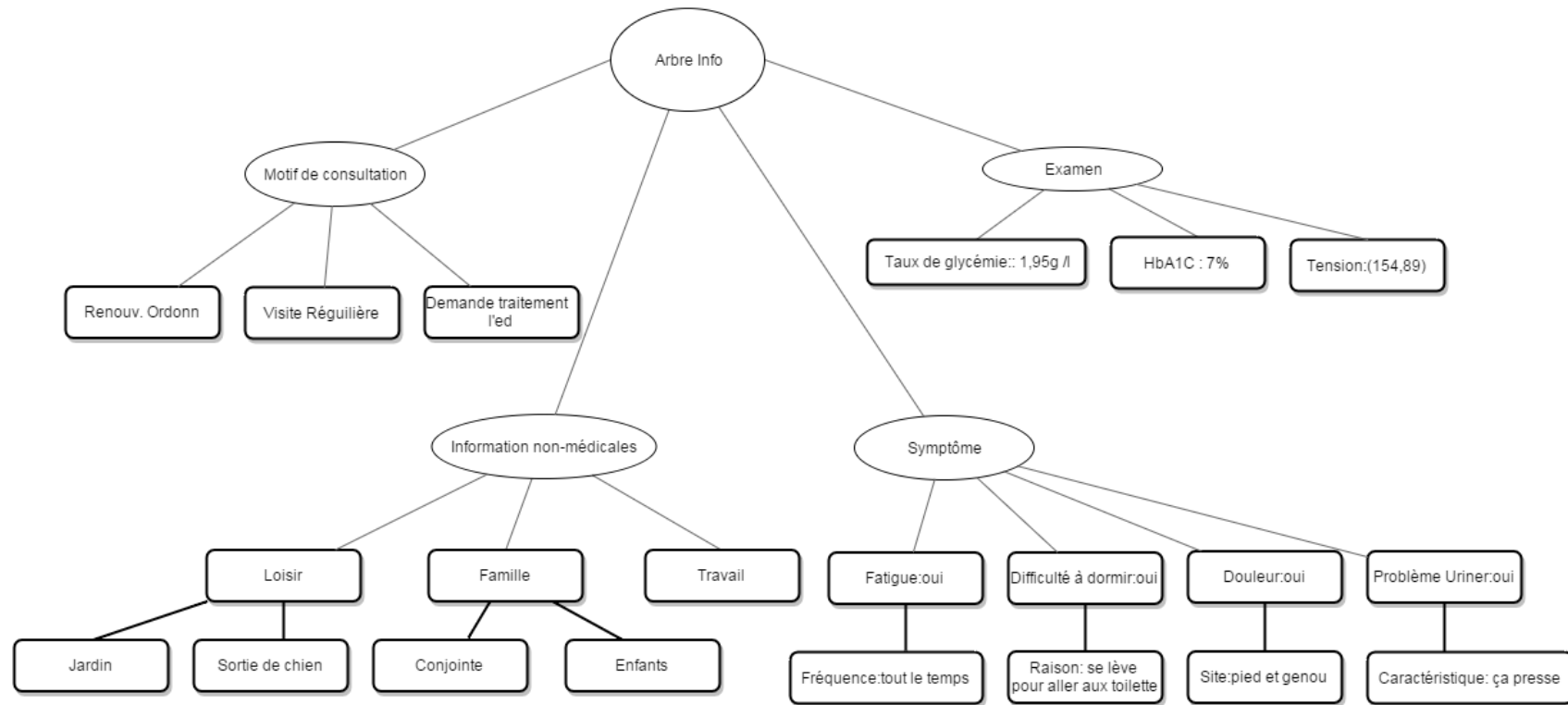


Figure 8.7: Extrait de l'arbre d'information représentant les micro-séquences simulées dans nos expérimentations

Remarquons que dans ce scénario, les catégories « motif de la consultation » et « symptômes du patient » ne sont pas liées. Or dans certaines situations, la venue du patient est motivée par ses symptômes. Dans ce cas, les phrases/actions de la partie « motif de la consultation » contiennent des nœuds d'information qui, une fois mentionnés par le patient, seront notés comme acquis dans la partie « symptômes ».

Les jeux de données que nous avons construits correspondent aux sessions de dialogues s'appuyant sur cet arbre d'information.

Le premier jeu de donnée modélise la micro-séquence « *Accueil* » et est composé de trois sessions de dialogue que nous avons appelé : « Dire Bonjour », « Inviter à s'asseoir » et « Se plaindre du temps d'attente », cette dernière session étant initiée par le patient.

Le deuxième jeu de données modélise une conversation autour de questions générales (micro-séquence « *Questions Générales* ») que nous avons ciblées sur la catégorie « Loisir ». Il contient deux sessions de dialogue concernant respectivement la sortie du chien et le jardinage.

Enfin un troisième jeu de données modélise les micro-séquences « *Anamnèse* » et « *Motif de la consultation* ». Dans l'arbre d'information deux nœuds sont concernés par la séquence « motif de la consultation » et dix par celle d'« Anamnèse » : trois liés à la fatigue, deux au sommeil, trois à la douleur et deux aux difficultés à uriner. Ces micro-séquences visant à recueillir de l'information de la part du patient contiennent un nombre de sessions de dialogues qui n'est pas fixé à l'avance. En effet, comme nous l'avons expliqué Chapitre 7, l'algorithme de recherche des actions possibles est plus complexe quand la session de dialogue est une session de recueil d'information.

Pour présenter plus en détail chacune des micro-séquences ayant fait l'objet d'expérimentations, nous donnons dans les parties qui suivent certaines valeurs possibles de leurs instances de phrases, ainsi que quelques exemples de réactions du patient.

8.3.2.1. *Micro-séquence « Accueil »*

Les phrases de la session de dialogue « Dire Bonjour » sont réparties en deux niveaux, en voici quelques exemples :

Niveau 1 :

Phrase du médecin (Etat N)	Phrase du patient (Etat N)
Bonjour	Bonjour
Bonjour + [titre du patient] + [nom du patient]	Bonjour Docteur
Bonjour + [titre du patient] + [nom du patient], je suis le docteur + [nom du docteur].	
Option : (serrer la main)	

Niveau 2 :

Phrase du médecin (Etat N)	Phrase du patient (Etat N)
Vous allez bien ?	(souriant) Ça va, merci.
Comment vas-tu ?	Ben le train-train quoi.
Ça va ?	(indifférent) Ça va.
Comment allez-vous + [titre du patient] + [nom du patient] ?	Oh, rien de particulier.

Phrase du patient (Etat Q)
(fâché) Vous voyez bien que ça ne va pas, non ?

La session de dialogue « Inviter à s'asseoir » ne contient qu'une seule paire:

Niveau 1 :

Phrase du médecin (Etat N)	Phrase du patient (Etat N)
Suivez-moi. Veuillez-vous asseoir.	Ah merci. (s'asseoir)
Vous pouvez vous asseoir.	(s'asseoir)
Asseyez-vous, [titre] + [nom du patient]	D'accord. (s'asseoir)

Enfin la session de dialogue « se plaindre du temps d'attente » contient deux niveaux:

Niveau 1 :

Phrase du médecin (Etat N)	Phrase du patient (Etat N)
	Vous savez ça fait plus d'une heure que j'attends et... Enfin... bon maintenant que je suis là...
	C'est que j'attends depuis plus d'une heure....

Niveau 2 :

Phrase du médecin (Etat N)	Phrase du patient (Etat N)
Et oui j'ai dû passer plus de temps que prévu avec le patient précédent et en plus j'ai eu une urgence en début d'après-midi...	Oui bien sûr, je comprends...
Certains patients ont besoin qu'on leur consacre plus de temps que d'autres...	Bon d'accord.

Je m'excuse de vous avoir fait attendre	
---	--

Phrase du patient (Etat R)
C'est comme à chaque fois ! A quoi ça sert de prendre rendez-vous ?
Oui, mais bon c'est quand même pénible.

Phrase du médecin (Etat R)
Je suis trop chargé. Vous serez content d'apprendre que quand c'est nécessaire on prend le temps qu'il faut.
Je m'excuse de vous avoir fait attendre mais je suis vraiment trop chargé.

Les caractéristiques et les critères associés à ces phrases sont illustrés Figure 8.8 par quelques captures d'écran du programme de gestion de la base de données.

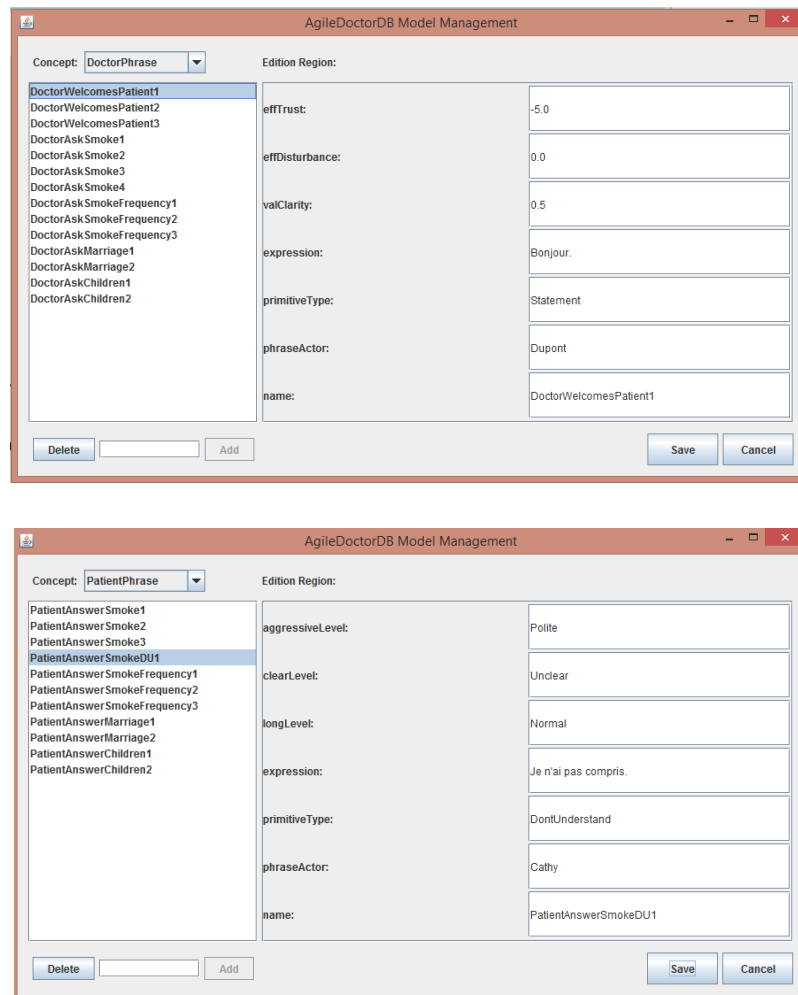


Figure 8.8 : Exemple de caractérisation de phrases du médecin (en haut) et du patient (en bas)

8.3.2.2. *Micro-séquence « Questions Générales »*

La catégorie « Sortie du chien » définit deux sessions de dialogue. La première contient deux niveaux :

Niveau 1 :

Phrase du médecin (Etat N)	Phrase du patient (Etat N)
Vous vous promenez toujours avec votre chien ? C'est un caniche, non ?	(triste) Il est mort il y a quelques mois.
	(Fâché) Vous ne savez pas qu'il est mort ?

Niveau 2 :

Phrase du médecin (Etat N)	Phrase du patient (Etat N)
Ah je suis désolé.	(triste) Ça va.
Ah bon ?	

La deuxième également :

Niveau 1 :

Phrase du médecin (Etat N)	Phrase du patient (Etat N)
Comment ça ?	(triste) Ca s'est passé très vite... (explications)
Qu'est ce qui s'est passé ?	

Phrase du patient (Etat R)
(Fâché) Bon franchement docteur, je préférerais qu'on parle de mes problèmes au lieu de mon chien.
(triste) Je ne vois pas trop le rapport avec la raison de ma venue.

Niveau 2 :

Phrase du médecin (Etat N)	Phrase du patient (Etat N)
C'est triste pour votre chien, mais il faut quand même continuer à sortir et à vous promener.	(triste) Ouais, je sais, mais c'est dur..
Ah oui. C'est dommage.	

Phrase du patient (Etat R)
(Fâché) Alors docteur, on peut commencer à traiter mes problèmes au lieu de parler mon pauvre chien ?
(triste) Je ne veux plus parler de ça.

La catégorie « Jardinage » ne définit qu'une seule session de dialogue qui contient deux niveaux :

Niveau 1 :

Phrase du médecin (Etat N)	Phrase du patient (Etat N)
Sinon vous continuez à jardiner ? Vous jardinez, c'est bien ça ?	Oui, autant que possible...
	Oui.

Niveau 2 :

Phrase du médecin (Etat N)	Phrase du patient (Etat N)
(Hochement de la tête)	J'ai des tomates à planter, vous comprenez. Je dois me pencher et franchement, c'est dur...
Vous pouvez m'en dire plus ?	Ben je plante des trucs. C'est dur.

8.3.2.3. Micro-séquence « Motif de la consultation »

Cette micro-séquence est de type recueil d'information. Ces informations sont définies par le nœud « Raison de la venue » disposant des deux sous-nœuds « renouvellement de l'ordonnance » et « faire un bilan ».

Voici les phrases du médecin de type « *Open Question* » concernant le nœud parent « Raison de la venue » :

Phrase du médecin (Etat N, Open question)
Je vous écoute.
Dites-moi pourquoi vous êtes venu.

Voici les phrases du médecin de type « *Closed Question* » concernant le nœud « Renouvellement de l'ordonnance » :

Phrase du médecin (Etat N, Closed question)
Je vois que vous avez des ordonnances qui arrivent à expiration, il faut peut-être les renouveler...
Vous ne devriez pas renouveler votre ordonnance par hasard ?

Voici celles de type « *Closed Question* » concernant le nœud « faire un bilan » :

Phrase du médecin (Etat N, Closed question)
Donc on fait juste un petit bilan ?

En réponse, les phrases possibles du patient sont :

Pour le nœud « Renouvellement de l'ordonnance » :

Phrase du patient (Etat N)
C'est pour renouveler l'ordonnance pour mon diabète.
Alors, j'ai mon ordonnance qui va expirer bientôt.

Pour le nœud « Faire un bilan » :

Phrase du patient (Etat N)
J'aimerais que vous m'examiniez un peu...
C'est pour faire un contrôle ; Vous m'avez dit de revenir régulièrement.

Et enfin pour les questions ouvertes portant sur le nœud « Motif de consultation » :

Phrase du patient (Etat R)
Non pas grand-chose, attendez que je me souviene....
Bon... euh.... je me suis dit que ça faisait longtemps que j'étais pas venu....
Bah non rien de spécial, le train-train quoi.

8.3.2.4. *Micro-séquence « Anamnèse » sur les symptômes*

Cette micro-séquence est aussi de type recueil d'information. Les informations sont définies par le nœud « Symptômes » qui dispose de plusieurs sous-nœuds concernant la fatigue, le sommeil, la douleur et les difficultés du patient à uriner.

- Phrase du médecin de type « *Open Question* » concernant le nœud « Symptôme » :

Phrase du médecin (Etat N, Open question)
Tout va bien ? Rien de particulier ?
Vous avez des difficultés particulières ?
Comment le vivez-vous ce diabète en ce moment ?
Vous pouvez m'en dire plus ?

- Phrases du médecin de type « *Closed Question* » concernant le nœud « fatigue » :

Niveau 1 :

Phrase du médecin (Etat N, Closed question)
Et sinon, vous êtes fatigué ?
Vous vous sentez fatigué ?

Phrases du patient concernant le nœud « fatigue » :

Phrase du patient (Etat N)
Ah je me sens fatigué tout le temps ! Tenez, quand je suis au jardin, je commence à peine que je suis déjà essoufflé.
Je me sens fatigué.

Niveau 2 :

Phrase du médecin (Etat N)
Ah c'est gênant ça, je comprends.

- Phrases du médecin de type « *Closed Question* » concernant le nœud « fréquence de la fatigue », ainsi que les réponses possibles du patient :

Phrase du médecin (Etat N, Closed question)
Vous êtes fatigué de la journée au soir ?
Quand ça ?

Réponses du patient :

Phrase du patient (Etat N)
Oui, la journée, la soirée, la nuit, tout le temps, tout le temps je me sens fatigué...
Ben presque tout le temps.

- Même chose pour le nœud « sommeil » :

Phrase du médecin (Etat N, Closed question)
Comment décririez-vous votre sommeil ?
Sinon, vous dormez bien ?

Et les réponses possibles du patient :

Phrase du patient (Etat N)
Ben... Mon sommeil... Je dors pas trop mal mais...
Pas très bien.

- Idem pour le nœud « Raison du mauvais sommeil » :

Phrase du médecin (Etat N)
Pourquoi ?
C'est-à-dire vous n'arrivez pas à bien dormir?
Pourquoi ?

Réponses possibles du patient :

Phrase du patient (Etat N)
Je me lève plusieurs fois.
Je me lève souvent.

- En ce qui concerne le nœud « Détail des raisons du mauvais sommeil » :

Phrase du patient (Etat N)
Pour aller faire pipi.
Pour aller aux toilettes.

- Pour le nœud « fréquence des levers » :

Phrase du médecin (Etat N)
Combien de fois y allez-vous par nuit ?
Combien de fois ?

Réponses du patient :

Phrase du patient (Etat N)
3 fois, parfois 4.
Ben, beaucoup, je ne le compte pas, c'est un peu gênant, mais je pense que 3 fois ? parfois beaucoup plus.

- Pour le nœud « douleur » :

Phrase du médecin (Etat N)
Vous avez mal quelque part ?
Ça vous fait mal quelque part ?

Réponses du patient :

Phrase du patient (Etat N)
C'est aux pieds que j'ai mal et au genou un peu aussi, surtout quand je monte les escaliers.
J'ai mal aux pieds et au genou.

- Pour le nœud « uriner » :

Phrase du médecin (Etat N)
Vous avez des difficultés à uriner ?
Quand vous allez aux toilettes, tout se passe bien ?

Réponses du patient :

Phrase du patient (Etat N)
Ben faut que je pousse quand même.
C'est beaucoup d'efforts...

8.3.3. Méthodes de tests : les stratégies « Best », « Worst » et « Random »

Afin de régler le moteur, nous avons utilisés trois algorithmes différents pour simuler les actions du joueur. Ces algorithmes représentent respectivement un joueur faisant systématiquement les meilleurs choix, les pires ou un joueur au comportement aléatoire. Ils existent dans une version différente selon que l'objectif de la session de dialogue est de recueillir ou non des informations. Voici ces algorithmes :

- Algorithme de meilleure stratégie pour les micro-séquences non basées sur l'arbre d'information :

Le moteur parcourt les sessions de dialogue et calcule la valeur d'influence totale de chaque paire de phrases. Si cette valeur d'influence est inférieure à 0, cela signifie que la paire n'a pas d'effet positif sur l'état du patient. Cette paire est alors rejetée et on passe à la session de dialogue suivante. Sinon, le moteur choisi la phrase du médecin qui maximise la valeur d'influence et calcule la réaction du patient pour former la paire. Le pseudo code de l'algorithme de meilleure stratégie est présenté ci-dessous.

```

For all dialogue sessions in the micro-sequence:
  For all pairs in each dialogue session:
    For all doctor's phrases in each pair:
      higher_effect = max (doctor_phrase.trust-doctor_phrase.dist-
doctor_phrase.aggr)
      If higher_effect > 0:
        x = doctor_phrase
        Calculate y = response of the patient
        Select the pair <x,y>
      Else:
        Go to next dialogue session
    
```

- Algorithme de pire stratégie pour les micro-séquences non basées sur l'arbre d'information :

Dans cet algorithme, s'il existe une phrase du médecin ayant une influence négative, alors cette paire est conservée. Sinon la session de dialogue se termine :

```

For all dialogue sessions in the micro-sequence:
  For all pairs in each dialogue session:
    For all doctor's phrases in each pair:
      Lowest_effect = min(doctor_phrase.trust-doctor_phrase.dist-
doctor_phrase.aggr)
      If lowest_effect <= 0 :
        x = doctor_phrase
        Calculate y = response of the patient
        Select the pair <x,y>
      Else:
        Go to next dialogue session

```

- Algorithme de stratégie aléatoire pour les micro-séquences non basées sur l'arbre d'information :

Dans ce cas, le moteur choisi au hasard la première phrase de la paire parmi tous les possibles.

- Algorithme de meilleure stratégie pour les micro-séquences basées sur l'arbre d'information :

Ici, la meilleure stratégie consiste à trouver les nœuds accessibles ayant la plus grande valeur d'importance, les nœuds accessibles étant ceux dont le seuil d'obtention est inférieur à la valeur de confiance du patient. Si tous les nœuds accessibles ont déjà été récupérés, le moteur passe à la micro-séquence de « Questions Générales » pour tenter d'augmenter la valeur de confiance du patient et reconsidère les nœuds accessibles. L'algorithme est présenté ci-dessous.

```

For all information trees in the session
While(true) :
  Random decide open_mode or closed_mode
  If(open_mode) :
    For all super-root node (category):
      For all doctor's phrases of type open_question in the pair:
        high_effect = doctor_phrase.trust-doctor_phrase.dist- doctor_phrase.aggr
        x = phrase with highest value for effect
        Calculate y = response of patient
        Select the pair <x,y>
        If there is a next level and doctor_phrase.trust > 0:
          Repeat select the pair
        continue
  if(closed_mode):
    For all accessible and not visited nodes:
      x = doctor's phrase of type closed_question targeted on the node with highest
value of importance and trust

```

Calculate $y = \text{response of patient}$
 Select the pair $\langle x, y \rangle$
 If there is a next level and $\text{doctor_phrase.trust} > 0$:
 Repeat select the pair
 Continue
 If not all nodes gotten and no available nodes:
 Change to General Question ms
 If all nodes gotten:
 break

La Figure 8.9 spécifie l'application des différentes stratégies par le moteur de dialogue pour les micro-séquences basées sur un arbre d'information.

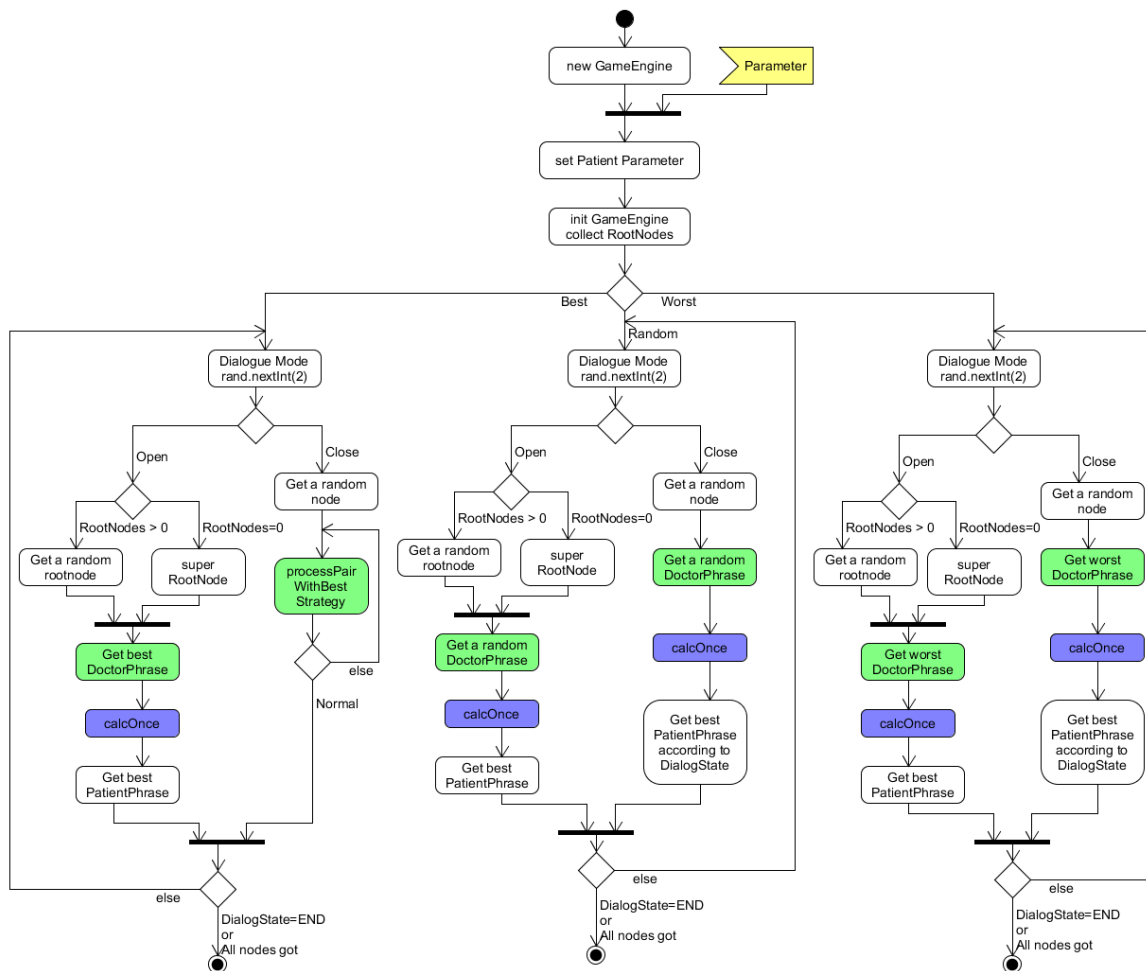


Figure 8.9 : Diagramme d'activité du moteur de dialogue pour les trois stratégies.

8.3.4. Paramétrage des patients pour l'expérimentation

Les algorithmes décrits ci-dessus ont été appliqués à des parties de difficultés différentes. Pour faire varier ces difficultés nous avons défini trois profils de patients qui représentent respectivement un patient difficile, moyennement facile et facile à gérer.

Un patient « difficile » est représenté par la règle de l'ontologie :

(Aggressive **value only** High and Chaotic **value only** High or Medium) or (Chaotic **value only** High and Aggressive **value only** Medium)

En considérant les vecteurs

$$\overrightarrow{PProfileInit} = [init_{tr}, init_{dist}, init_{aggr}, init_{talk}]$$

$$\text{Et } \overrightarrow{PProfileCoeff} = [coeff_{talk}, coeff_{aggr}, coeff_{dist}, Prob_{DU}, Prob_Q]$$

définis section 7.2.5 et qui définissent le profil du patient, un patient difficile se verra doté des valeurs données Table 8.1.

Table 8.1: Valeurs des vecteurs du profil patient pour un patient « difficile ».

Paramètre	Valeur
init _{tr}	20
init _{dist}	80
init _{aggr}	80
init _{talk}	80
coeff _{talk}	0.8
coeff _{aggr}	0.8
coeff _{dist}	0.8
prob _{DU}	0.2
prob _Q	0.3

En baissant le niveau de difficulté, nous spécifions un patient moyennement agressif, aux idées relativement claires et ayant une confiance toute relative en son médecin. Ce paramétrage est donné Table 8.2 :

Table 8.2: Valeurs des vecteurs du profil patient pour un patient « moyen ».

Paramètre	Valeur
init _{tr}	50
init _{dist}	50
init _{aggr}	50
init _{talk}	50
coeff _{talk}	0.5

coeff _{aggr}	0.5
coeff _{dist}	0.5
prob_DU	0.5
prob_Q	0.5

Enfin pour un patient facile à gérer, nous réalisons le paramétrage présenté Table 8.3 .

Table 8.3 : Valeurs des vecteurs du profil patient pour un patient « facile ».

Paramètre	Valeur
init _{tr}	80
init _{dist}	10
init _{aggr}	10
init _{talk}	80
coeff _{talk}	0.8
coeff _{aggr}	0.1
coeff _{dist}	0.1
prob_DU	0.1
prob_Q	0.3

8.4. Résultats des expérimentations

Nous pouvons considérer que le résultat des expérimentations est concluant quand la qualité des simulations est correctement corrélée à la difficulté des parties (choix du profil du patient) et aux choix du joueur (algorithmes de meilleures ou pire stratégie et choix aléatoires).

Le succès (ou l'échec) d'une simulation de consultation a été évalué en considérant trois critères :

- L'état du patient à la fin de la consultation, état représenté par le vecteur $\overrightarrow{PStatus}$ et ses valeurs pt_{tr} , pt_{dist} , et pt_{aggr}
- Les différents états des sessions de dialogue tout au long de la consultation
- Le nombre de niveaux parcourus au cours des dialogues.

Les graphiques qui suivent présentent pour chacun de ces critères, les résultats obtenus en fonction de la difficulté de la partie et cela pour les trois algorithmes de simulation du joueur. A chaque fois la consultation a été simulée cent fois.

8.4.1. Etat du patient à la fin de la consultation

Les trois graphiques ci-dessous présentent respectivement les valeurs finales des états pt_{tr} (confiance), pt_{dist} (confusion), pt_{aggr} (agressivité) du patient lors de cent simulations de consultation avec un paramétrage de partie difficile, et cela pour trois types de joueurs (bon joueur, joueur aléatoire et mauvais joueur). Nous illustrons seulement les résultats pour la

micro-séquence « Accueil ». Les résultats pour les trois autres jeux de données sont présentés dans l'annexe vi.

Paramétrage de partie difficile :

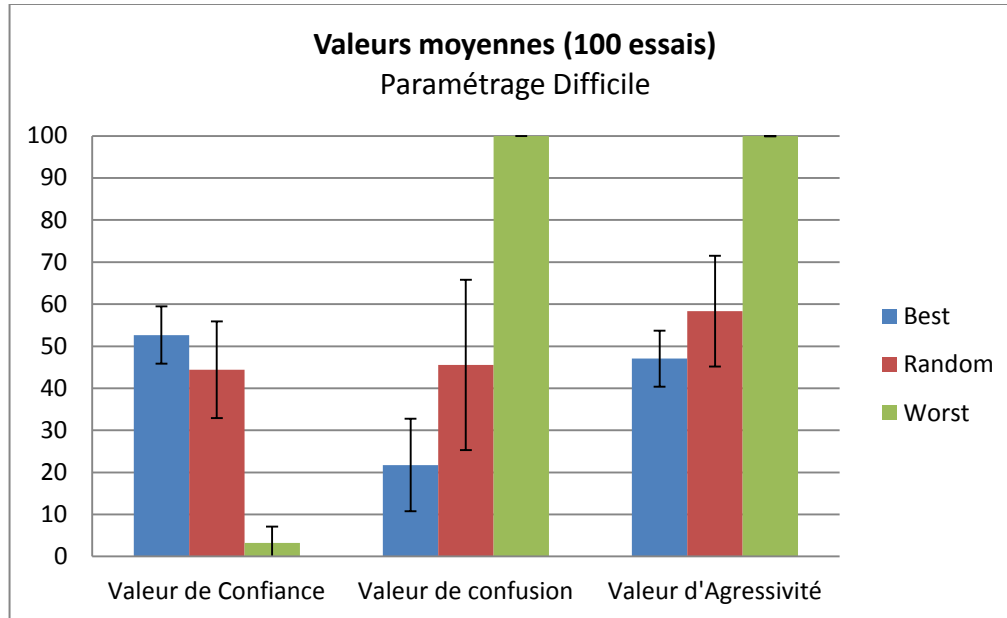


Figure 8.10 : Valeurs de l'état du patient à la fin de la consultation avec paramétrage de partie difficile

Le tableau Table 8.4 donne les valeurs moyennes obtenues lors des cents simulations ainsi que leur variation par rapport à leur valeur initiale.

Table 8.4 : Variation de l'état du patient et nombre de phrases utilisées en fonction de la stratégie du joueur pour une partie difficile.

Valeur Moyenne	Confiance	Confusion	Agressivité	Nb. Paires
val_init	20	80	80	5
Best	52,65	21,74	47,042	5
Random	44,4	45,57	58,328	5,87
Worst	3,25	100	99,982	7,34
Ecart Best	6,80	10,99	6,65	1,03
Ecart Random	11,52	20,24	13,19	1,47
Ecart Worst	1,97	3,90	0,00	0,06

Même analyse pour un paramétrage de partie moyennement difficile :

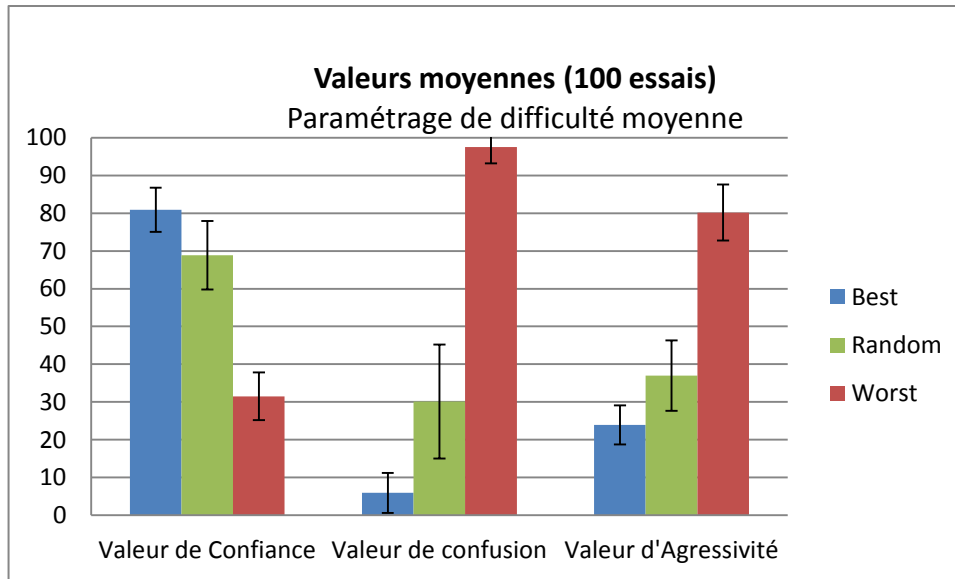


Figure 8.11 : Valeurs de l'état du patient à la fin de la consultation avec un paramétrage de partie de difficulté moyenne

Table 8.5 : Variation de l'état du patient et nombre de phrases utilisées en fonction de la stratégie du joueur pour une partie de difficulté moyenne.

Valeur Moyenne	Confiance	Confusion	Agressivité	Nb. Paires
val_init	50	50	50	5
Best	80,9	5,95	23,94	4,96
Random	68,85	30,1	36,98	5,42
Worst	31,5	97,5	80,15	7,43
Ecart Best	5,85	5,30	5,17	0,94
Ecart Random	6,30	4,32	7,41	1,83
Ecart Worst	9,05	15,12	9,35	1,11

Et enfin un paramétrage de partie facile :

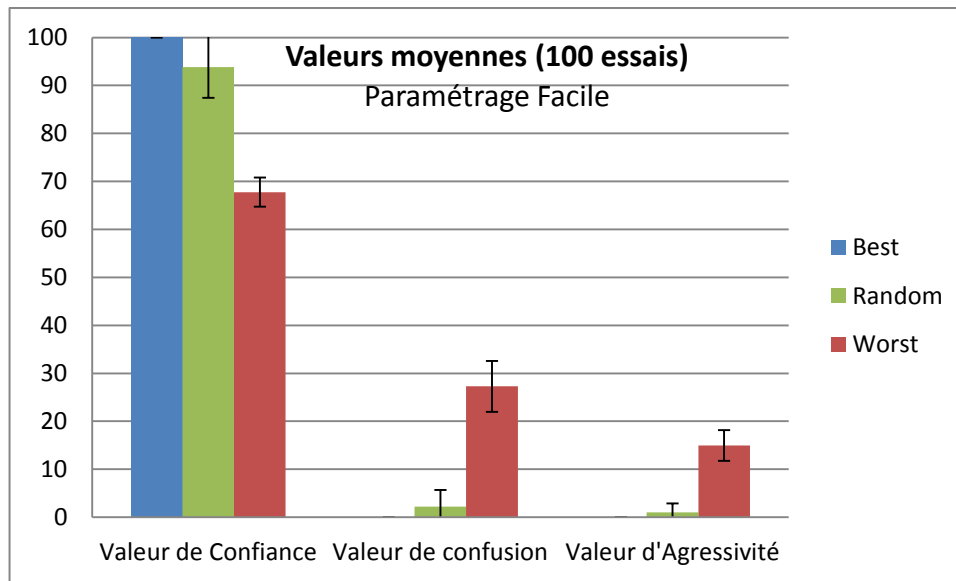


Figure 8.12 : Valeurs de l'état du patient à la fin de la consultation avec un paramétrage de partie facile.

Table 8.6 : Variation de l'état du patient et nombre de phrases utilisées en fonction de la stratégie du joueur pour une partie facile.

Valeur Moyenne	Confiance	Confusion	Agressivité	Nb. Paires
val_init	80	0	0	5
Best	100	0	0	4,79
Random	93,85	2,2	1,034	4,73
Worst	67,75	27,28	14,96	4,96
Ecart Best	0	0	0	0,96
Ecart Random	6,44	3,48	1,88	0,78
Ecart Worst	3,03	5,33	3,20	0,97

8.4.2. Nombre de niveaux des sessions de dialogue

Le graphique ci-après présente le nombre moyen de niveaux atteints au cours des sessions de dialogue en fonction du comportement simulé du joueur (meilleure stratégie, pire stratégie, choix aléatoires) et de la difficulté de la partie (difficile, moyenne, facile). Le nombre total de paires pour la micro-séquence *Accueil* étant égal 5, le dépassement de ce nombre signale un certain nombre d'états de sessions anormaux.

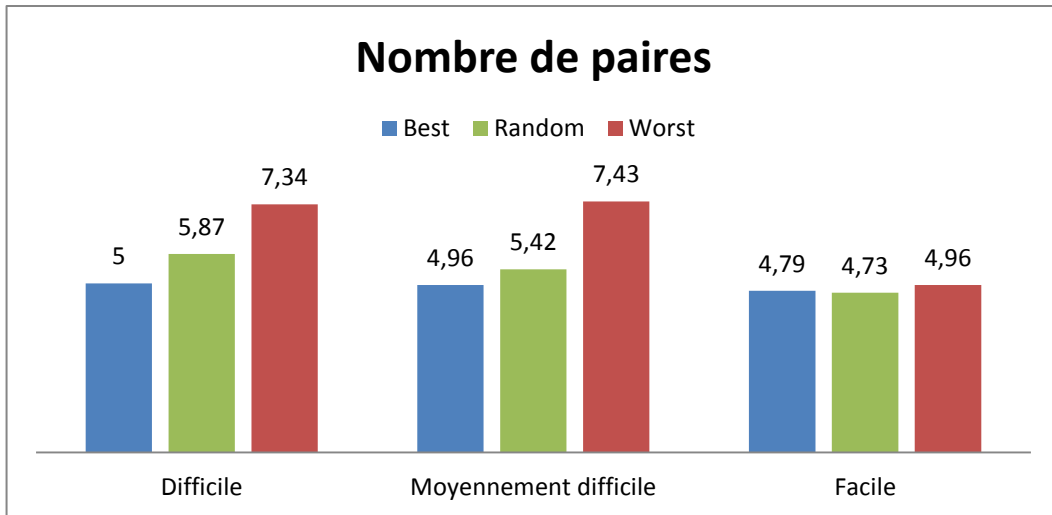


Figure 8.13: Nombre de paires moyen par session au cours de cents simulations.

8.4.3. Etats des sessions de dialogue

Les graphiques ci-après présentent le nombre de fois où les sessions ont été dans les états Q, R, DU et N au cours des simulations. La valeur représente le nombre moyen au cours des cents simulations. Nous avons testé notre moteur selon trois niveaux de difficulté et une seule et même stratégie, puis avec trois stratégies et un même niveau de difficulté.

Le Table 8.7 présente une vue récapitulative des résultats obtenus :

Table 8.7 : Etat des sessions en fonction des trois différentes stratégies et des trois niveaux de difficultés.

Algo		Etat de session				Sortie de session	
		N	DU	Q	R	END	Anormal
Best	Difficile	74,10%	7,81%	5,90%	10,10%	2,10%	18,10%
	Moyen	78,83%	12,10%	4,44%	2,82%	1,81%	9,07%
	Facile	82,46%	8,14%	2,30%	6,05%	1,04%	9,39%
Worst	Difficile	40,60%	23,43%	6,95%	15,12%	13,90%	35,97%
	Moyen	32,30%	36,88%	4,71%	4,58%	21,53%	30,82%
	Facile	78,43%	10,89%	3,23%	5,24%	2,22%	10,69%
Random	Difficile	64,91%	13,46%	5,28%	13,12%	3,24%	21,64%
	Moyen	71,22%	17,53%	4,80%	3,87%	2,58%	11,25%
	Facile	84,36%	7,40%	3,17%	4,86%	0,21%	8,25%

Voici les détails pour la stratégie du meilleur choix et les trois niveaux de difficulté possibles:

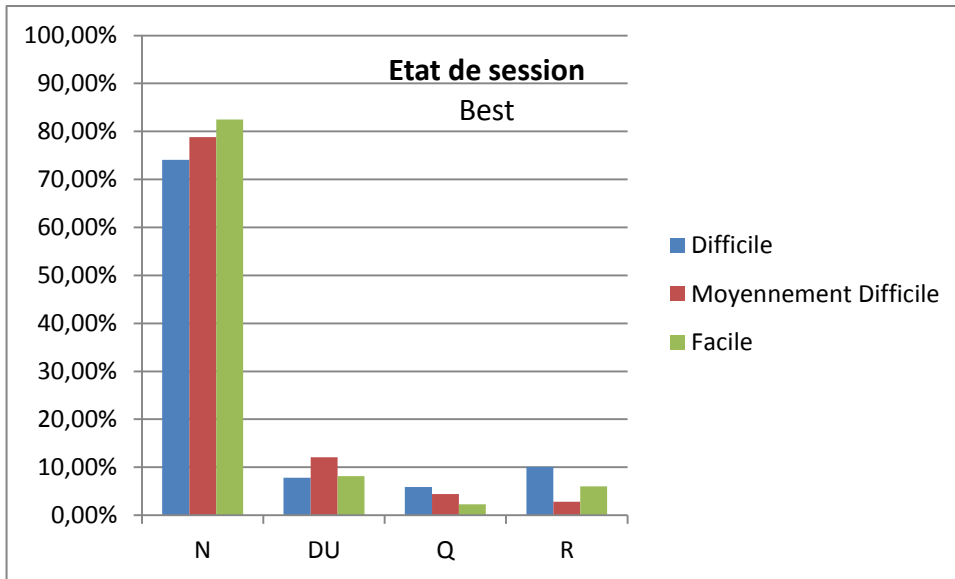


Figure 8.14 : Répartition des quatre états de session avec la stratégie du meilleur choix

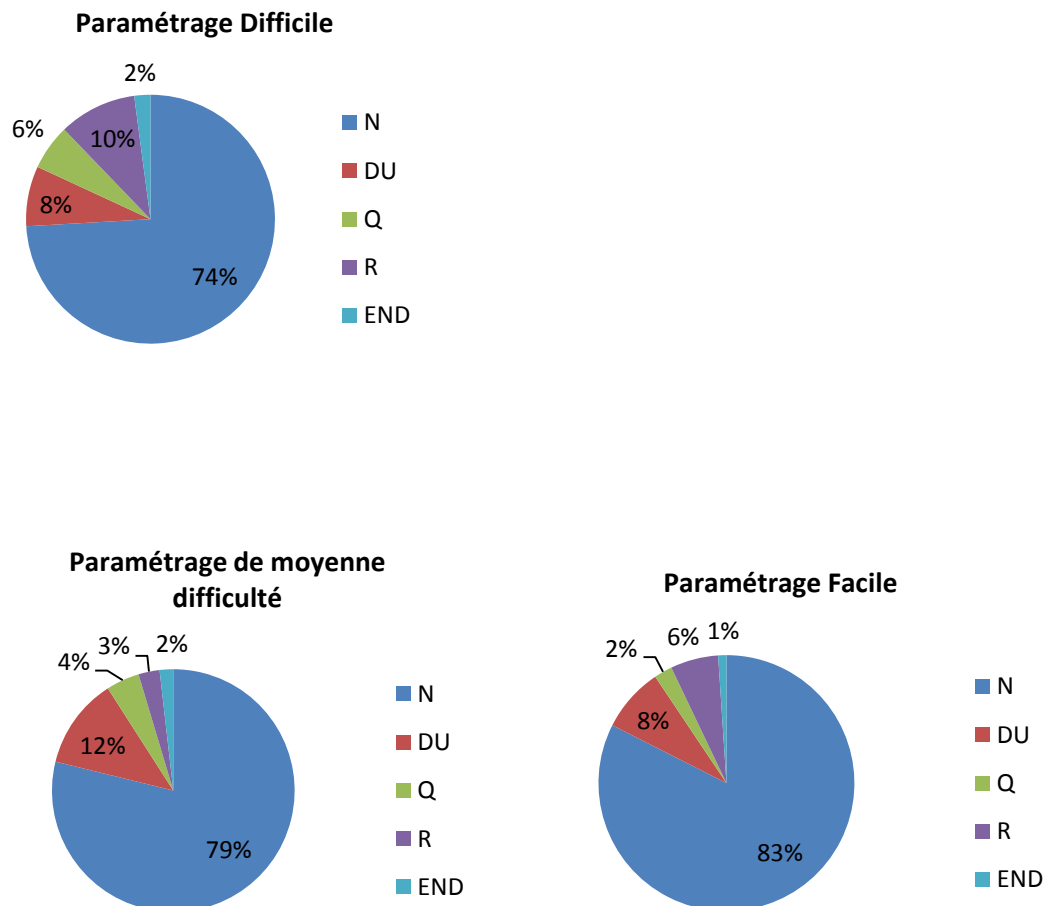


Figure 8.15 : Répartition des quatre états de session et du cas de sortie avec la stratégie du meilleur choix pour les trois niveaux de difficulté.

Même chose pour la stratégie de choix aléatoire :

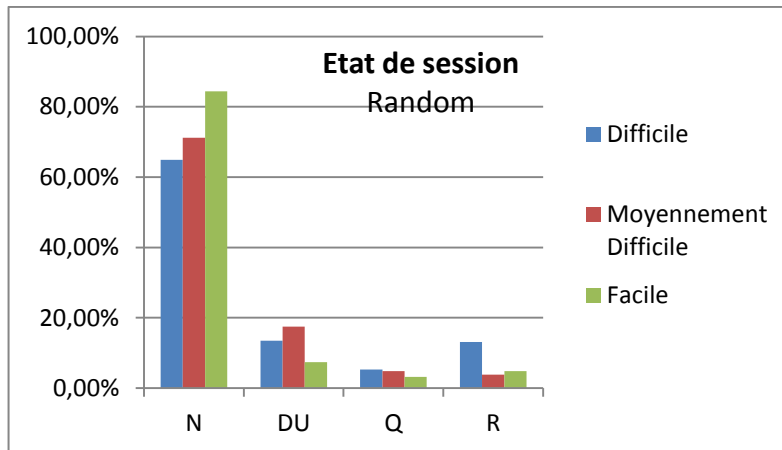


Figure 8.16 : Répartition des quatre états de session avec la stratégie du choix aléatoire

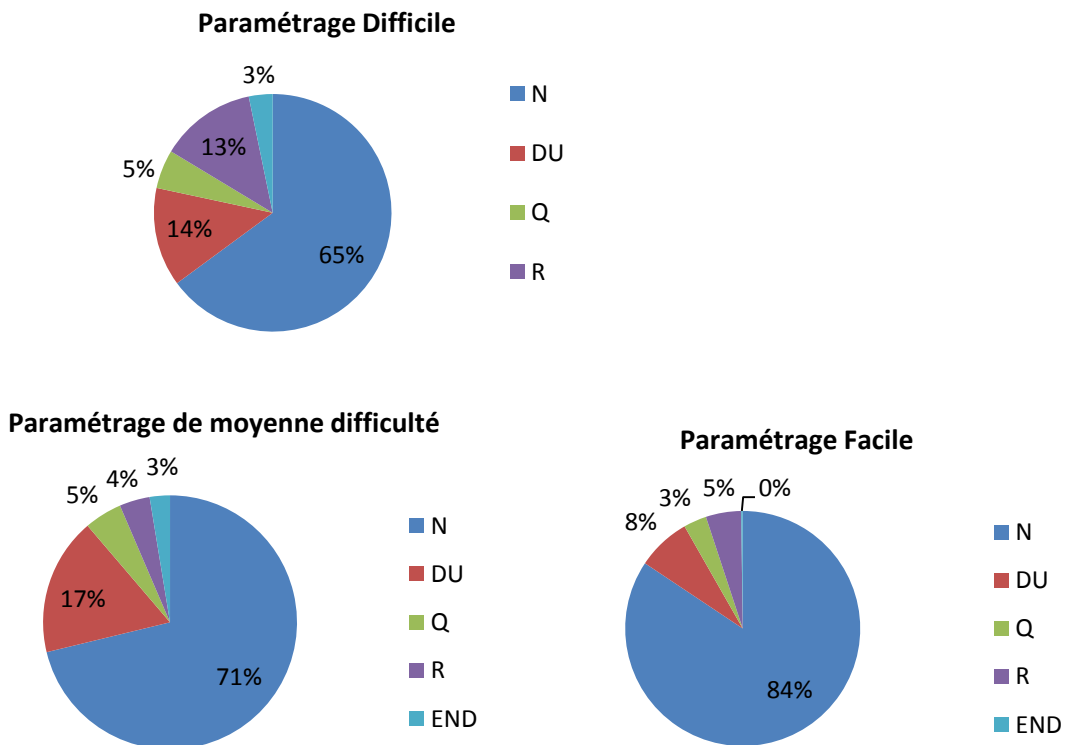


Figure 8.17 : Répartition des quatre états de session et du cas de sortie avec la stratégie du choix aléatoire pour les trois niveaux de difficulté.

Et enfin pour ce qui est de la stratégie du pire choix :

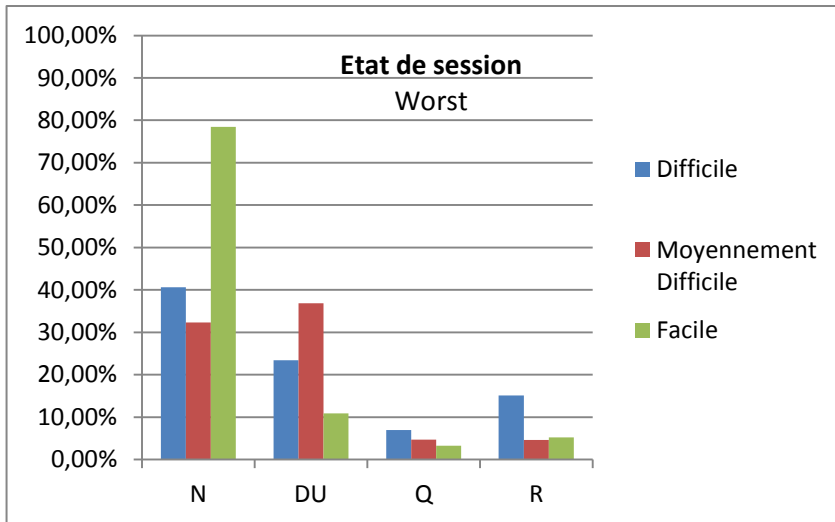


Figure 8.18 : Répartition des quatre états de session avec la stratégie du pire choix

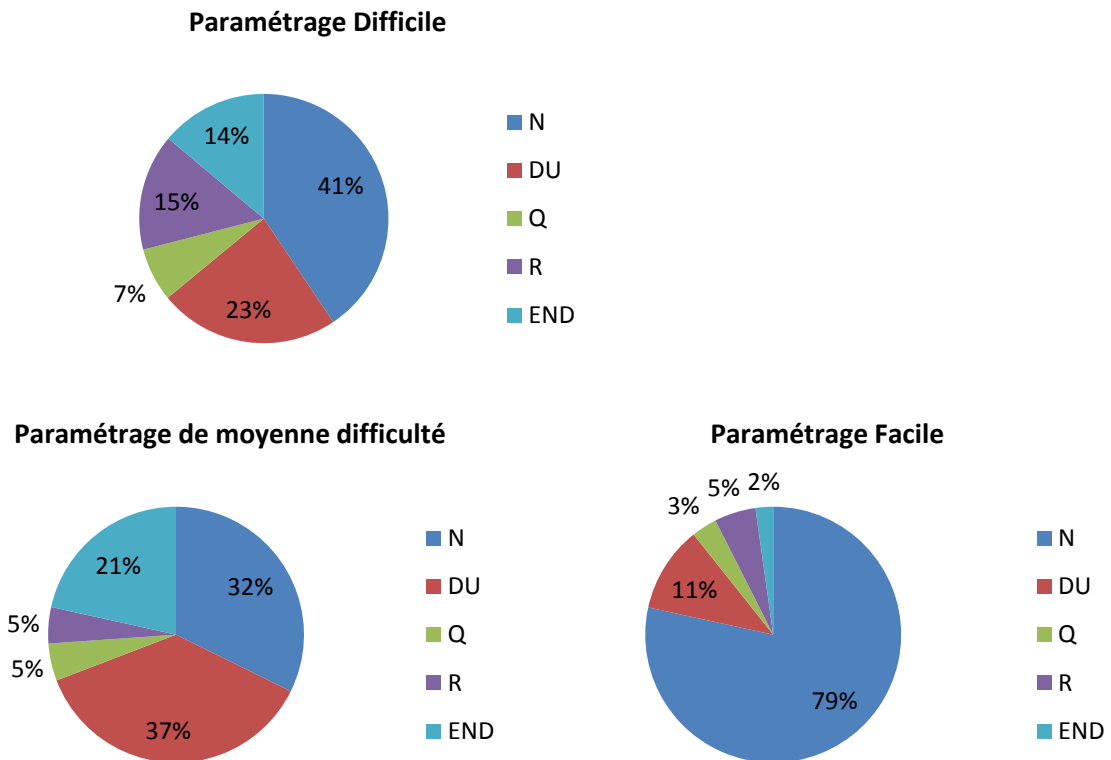
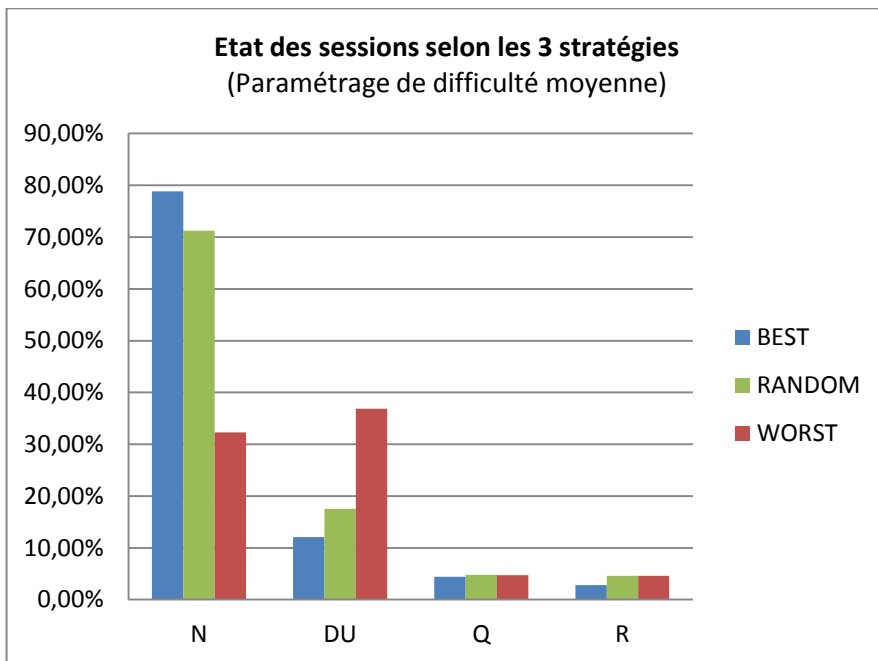
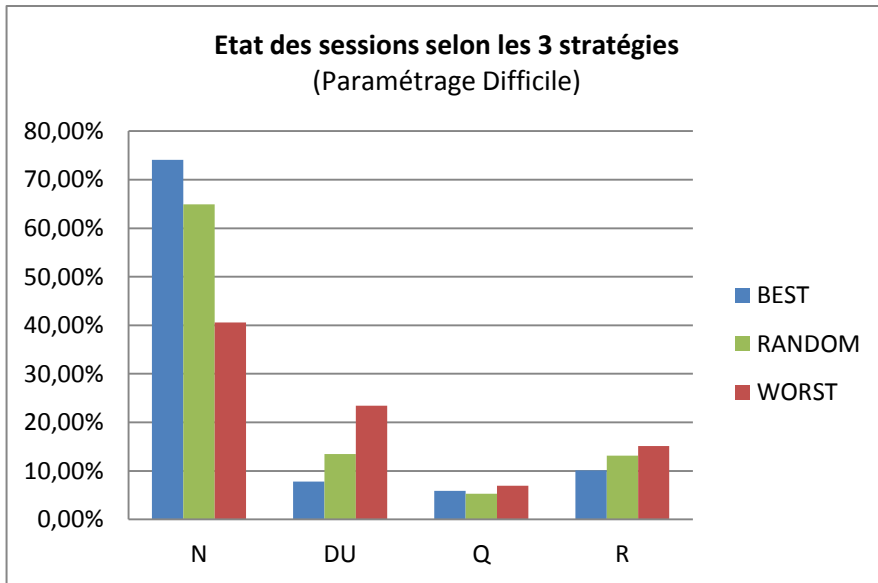


Figure 8.19 : Répartition des quatre états de session et du cas de sortie avec la stratégie du pire choix pour les trois niveaux de parties

Si on fixe à présent la difficulté, voici comment se comparent les différentes stratégies :



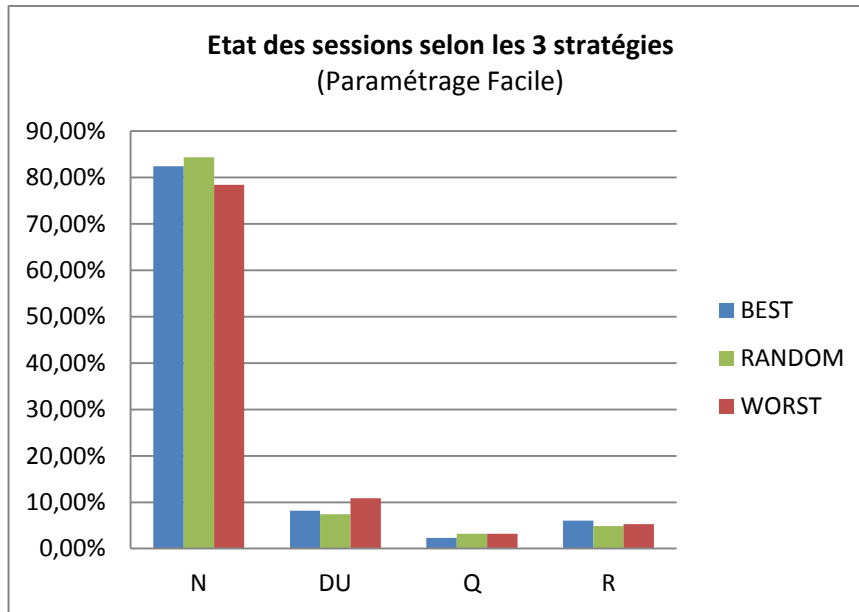


Figure 8.20 : Comparaison de la répartition des quatre états de session selon la stratégie suivie par le joueur.

8.5.Analyse des résultats

Conclusion 1 : Quelle que soit la stratégie du joueur, il y a bien corrélation entre nos choix de paramètre sensés rendre compte du niveau de difficulté de la partie et la valeur des trois indicateurs retenus (état du patient, niveaux atteints dans les sessions, état des sessions).

Pour l'état du patient, on observe par exemple que la valeur finale des propriétés pt_{tr} , pt_{dist} , et pt_{aggr} est toujours liée à la difficulté de la partie. Plus la partie est difficile, plus la valeur moyenne de pt_{tr} est faible et plus celle de pt_{dist} , et pt_{aggr} est élevée. L'inverse se produit pour le niveau de difficulté facile.

Cette corrélation apparaît aussi en ce qui concerne le nombre de niveaux atteints dans les sessions. Ce nombre est en effet toujours plus haut dans les simulations de difficultés élevées.

En ce qui concerne l'état des sessions, les proportions de sessions dans les états normaux et « anormaux » suivent elles aussi le niveau de difficulté. Cette proportion est par exemple de 74,10% de sessions dans l'état normal au cours des parties difficiles contre 82,41% pour les parties faciles.

Ce comportement nous permet de conclure que les paramètres proposés permettent effectivement de régler le niveau de difficulté de la partie.

Conclusion 2 : Pour une difficulté donnée, les choix du joueur influencent significativement le résultat de la partie.

Si l'on considère par exemple une partie de niveau difficile, on constate qu'un joueur faisant les meilleurs choix obtient un état du patient bien meilleur que quand il fait les plus mauvais. Comme le montre la table 8.8, on constate également une telle variation à propos du nombre de niveaux atteints et des états de sessions.

Table 8.8 : Résultats pour la micro-séquence accueil : vue récapitulative

		pt_{tr}	pt_{dist}	pt_{aggr}
Difficile	B	52,65	21,74	47,042
	varié	+163.25%	-72.825%	-41.1975%
	W	3,25	100	99,982
	varié	-83.75%	+25%	+24.9775%
	Init	20	80	80
Moyennement Difficile	B	80,9	5,95	23,94
	varié	61.8%	-88.1%	-52.12%
	W	31,5	97,5	80,15
	varié	-37%	95%	60.3%
	Init	50	50	50
Facile	B	100	0	0
	varié	0%	0%	0%
	W	67,75	27,28	14,96
	varié	-32.25%	∞	∞
	Init	100	0	0

Cette observation est très importante car elle permet d'affirmer que le paramétrage réalisé permet aux choix du joueur d'agir sur le résultat de la consultation, quel que soit le niveau de difficulté. Ce dernier agit néanmoins sur le résultat final, proposant ainsi au joueur une courbe d'apprentissage pouvant l'amener d'un niveau novice à un niveau confirmé.

Conclusion 3 : Le paramétrage du moteur est conforme quelle que soit la micro-séquence.

Comme le montre la table 8.9, si on compare les résultats obtenus pour la micro-séquence « Accueil » à ceux des autres micro-séquences, nous pouvons constater des différences dans les résultats. Par exemple pour la micro-séquence « Question Générale », les

écarts entre les valeurs du vecteur profil du patient sont plus importants que dans la micro-séquence « Anamnèse » ou « Motif Consultation ».

Néanmoins, ces différences ne remettent pas en cause la cohérence des résultats. Comme on peut le voir annexe vi, on constate en effet que l'ordre des résultats obtenus en fonction de la difficulté de la partie et de la stratégie suivie par le joueur garde sa logique.

Table 8.9 : Evolution de l'état du patient en fonction des micro-séquences pour un paramétrage de partie difficile et en suivant la meilleure stratégie.

	Ecart entre la valeur initiale et la valeur finale (paramétrage difficile, meilleur stratégie)		
	pt_{tr}	pt_{dist}	pt_{aggr}
Accueil	32,65	-58,26	-32,958
Motif Consultation	2,55	-9,9	0
Question générale	20,5	-24,57	-24,57
Anamnèse	6,7	-17,55	0

8.6.Dialogues obtenus

Il nous a paru opportun de donner ici une trace complète des dialogues obtenus au cours des expérimentations que nous avons menées. Cette trace vient compléter les évaluations quantitatives en permettant au lecteur de juger de la différence qualitative entre les dialogues obtenus. Nous prenons pour exemple la micro-séquence « Accueil » que nous déroulons deux fois, une fois avec un patient difficile, une autre fois avec un patient plus facile à gérer.

Trace 1 : Patient bavard, agressif et confus, avec un niveau faible de compréhension.

Paramètres du scenario :

* coefficient : talktive, agrressive, chaotic : 0.8, 0.8, 0.8

* valeur initiale : talktive, aggressive, chaotic, trust : 80.0, 80.0, 80.0, 20.0

* probability DU: 0.2

* probability Refuse: 0.3

* total pairs: 5

***** Algorithme du meilleur choix *****

Docteur : Bonjour madame Rousseau , je suis le docteur Dupont.

Patient : Bonjour.

Docteur : Comment allez-vous madame Rousseau ?

Patient : Oh, rien de particulier.

Docteur : Suivez-moi. Veuillez-vous asseoir.

Patient : (s'asseyant)

Patient : Vous savez, ça fait plus d'une heure que j'attends et... enfin... bon... maintenant que je suis là...

Docteur : Et oui j'ai dû passer plus de temps que prévu avec le patient précédent et en plus j'ai eu une urgence en début d'après-midi...

Patient : Bon d'accord

***** Algorithme du pire choix *****

Docteur : Bonjour.

Patient : Bonjour.

Docteur : Comment vas-tu ?

Patient : Oh, rien de particulier.

Docteur : Vous pouvez vous asseoir.

Patient Cathy : Je n'ai pas compris...

Docteur : Ben je veux dire que Vous pouvez vous asseoir.

Patient : (s'asseyant)

Patient : Vous savez ça fait plus d'une heure que j'attends et... enfin... bon... maintenant que je suis là...

Docteur : Certains patients ont besoin qu'on leur consacre plus de temps que d'autres...

Patient : Bon d'accord

Trace 2 : Patient facile et confiant en son médecin et bavard.

* coefficient : talktive, agrressive, chaotic : 0.8, 0.1, 0.1

* valeur initiale : talktive, aggressive, chaotic, trust : 80.0, 10.0, 10.0, 80.0

* probability DU: 0.1

* probability Refuse: 0.3

* total pairs: 5

***** Algorithme du meilleur choix *****

Docteur : Bonjour madame Rousseau, je suis le docteur Dupont.

Patient : Bonjour Docteur.

Docteur : Comment allez-vous madame Rousseau ?

Patient : (souriant) Ça va, merci.

Docteur : Suivez-moi. Veuillez-vous asseoir.

Patient : Ah merci (s'asseyant)

Patient : Vous savez ça fait plus d'une heure que j'attends et... enfin... bon... maintenant que je suis là...

Docteur : Et oui j'ai dû passer plus de temps que prévu avec le patient précédent et en plus j'ai eu une urgence en début d'après-midi...

Patient : Oui bien sûr, je comprends...

***** Algorithme du pire choix *****

Docteur : Bonjour.

Patient : Bonjour Docteur.

Docteur : Comment-va tu ?

Patient : Je n'ai pas compris...

Docteur : Ben je veux dire que Comment-va tu ?

Patient : (souriant) Ça va, merci.

Docteur : Vous pouvez vous asseoir.

Patient : Ah merci (s'asseyant).

Patient : Vous savez ça fait plus d'une heure que j'attends et... enfin... bon... maintenant que je suis là...

Docteur : Certains patients ont besoin qu'on leur consacre plus de temps que d'autres...

Patient : Oui bien sûr, je comprends...

8.7.Synthèse du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons décrit comment nous avons implémenté le modèle MCPM pour la réalisation du moteur de dialogue de la consultation médicale. Le code est architecturé sous la forme de plusieurs modules qui appliquent l'architecture MVC. L'indépendance des modules facilite leur maintenance en séparant clairement l'interface, les données et leur traitement. Cette implémentation reprend les propositions de recherche faites pendant la thèse, en particulier celles concernant :

- La méthodologie de conception et de création du jeu qui doit permettre la collaboration des différents acteurs du processus (Chapitre 3).
- La flexibilité du système pour répondre aux différents objectifs pédagogiques adaptés aux besoins de la formation et aux profils des joueurs (Chapitre 4)

Nos choix d'implémentation nous ont conduits à utiliser une base de données relationnelle en tant qu'interface entre notre programme et l'ontologie MCSOnto. Pour des raisons de rapidité de réponses aux requêtes mais aussi d'efficacité d'alimentation de la base, cette solution a été préférée à l'utilisation d'outils basés directement sur l'ontologie au format

RDF. Nous avons donc expliqué comment nous avons transformé le modèle ontologique en classes Java.

Dans la deuxième partie du chapitre, nous avons présenté les expérimentations menées qui nous ont permis de paramétrer le moteur de dialogue, de manière à nous assurer qu'il respecte les attendus du jeu et de l'apprentissage du joueur. Nous avons présenté le contexte de ces expérimentations en spécifiant un scénario complet avec son arbre d'information et ses micro-séquences. Nous avons également expliqué comment nous avons menés ces expérimentations en simulant différents types de joueurs qui permettent de tester différents niveaux de difficulté des parties.

Nous nous sommes assurés au cours de ces expérimentations que :

- La performance du joueur peut être évaluée par certaines variables du modèle proposé, en particulier celles qui représentent l'état de patient et l'état de la session.
- Les choix du joueur influencent le résultat de la simulation avec une corrélation correcte entre la qualité des choix et la qualité finale de la consultation.
- Les différents choix de profil des patients caractérisent effectivement le niveau de difficulté de la partie.

Sous certains paramètres, les résultats obtenus, tant quantitatifs que qualitatifs (scripts des dialogues obtenus) ont montré une grande diversité de situations générées par les simulations, ainsi que des corrélations satisfaisantes entre les niveaux de difficultés spécifiés, les actions du joueur et la qualité générale des consultations.

Ce résultat indique qu'il est possible de régler le moteur de dialogue pour qu'il propose des défis intéressants aussi bien à des joueurs novices qu'expérimentés.

Egalement intéressant, notre paramétrage du moteur fait apparaître des temps de consultation réduits quand le joueur utilise les meilleures stratégies, ce qui correspond aux résultats de certaines recherches menées en médecine sur la consultation médicale (Richard & Lussier, 2005)

Au final, ces résultats montrent que notre moteur de dialogue est suffisamment paramétrable pour permettre à ses concepteurs d'élaborer un scénario dont le niveau de difficulté est réglable et qui permet de valider les compétences attendues par l'apprentissage.

Conclusion et perspectives

Dans le cadre de cette thèse, nous nous sommes focalisés sur la conception de jeux sérieux pour l'apprentissage des compétences communicationnelles au cours d'une consultation médicale.

Notre étude préliminaire sur le domaine de la consultation médicale et sur celui des jeux sérieux nous a permis d'identifier les critères requis pour la conception d'un jeu sérieux réussi :

- l'architecture de conception doit faciliter la coopération d'acteurs pluridisciplinaires ;
- les caractéristiques ludiques ne doivent pas s'effacer devant les objectifs sérieux ;
- les objectifs pédagogiques doivent s'adapter au profil de l'apprenant et ses actions doivent faire l'objet d'un retour évaluatif.

Cette étude nous a permis également d'identifier deux grands types de travaux à réaliser pour répondre à ces besoins : une partie de « *Serious Game Design* », qui s'attèle à la conception du jeu avec les parties ludiques et métiers, et une partie portant sur la « *Conception du moteur de dialogue* », qui consiste à modéliser et à représenter les connaissances du domaine, afin d'assurer la délivrance du contenu pédagogique de façon modulaire et flexible, ce qui permet d'alimenter ce moteur.

Notre travail de recherche s'est donc articulé selon ces deux axes et principalement autour de ces questions :

1. Pendant la phase de « *Serious Game Design* », comment équilibrer le côté ludique et le côté sérieux pour une bonne délivrance de contenu pédagogique dans le jeu tout en conservant la motivation du joueur ?
2. Dans la phase de « *Conception du moteur de dialogue* », comment concevoir un moteur de dialogue qui interprète des connaissances issues du domaine médical et qui propose au joueur de s'exercer à l'usage de compétences communicationnelles ?

Serious Game Design

Dans cette partie nous avons analysé les côtés ludiques et pédagogiques en nous appuyant sur plusieurs études bibliographiques et l'expertise de DUMG de Toulouse. Nous

avons présenté les principales connaissances métier sur lesquelles s'appuie notre thèse, à savoir le processus de la consultation médicale et les compétences communicationnelles qu'il nécessite de mettre en œuvre. Nous avons également étudié les essentielles sources de motivation dans les jeux vidéo et les jeux sérieux et identifié les *design patterns* qui permettent de les implémenter correctement, tout en assurant la délivrance et l'acquisition des connaissances. Cette étude a mis en avant l'absence de méthodologies génériques permettant de mettre en scène de façon ludique des activités pédagogiques.

En ce qui concerne la consultation médicale, nos observations et discussions avec les équipes de médecins nous ont permis de réaliser une analyse générale sur son apprentissage et les points à mettre en avant pouvant susciter la motivation du joueur. Elles nous ont permis également de proposer une modélisation du processus de l'entrevue médicale ainsi qu'une modélisation des objectifs pédagogiques qui permet aux experts du domaine de spécifier les objectifs pédagogiques à atteindre par l'apprenant.

Ces études ont mené à la définition d'une procédure de conception en trois étapes que nous avons utilisée pour créer un jeu que nous avons nommé *AgileDoctor*. La méthode proposée permet l'interopérabilité des travaux effectués par les différents acteurs impliqués dans la création du jeu. Les éléments ludiques forment le *gameplay* qui correspond à notre analyse générique sur la motivation du joueur, tandis que les tâches et missions à accomplir sont en lien avec les objectifs pédagogiques définis par les experts. Le suivi de ces trois étapes participe au respect de l'équilibre entre les côtés ludiques et sérieux et permet de s'assurer que le message pédagogique est bien présent dans le jeu.

Conception du moteur de dialogue

Dans cette partie, nous avons exposé la conception d'un simulateur de dialogue entre un médecin et un patient, qui met en avant l'utilisation de certaines compétences communicationnelles.

Pour cela, nous avons proposé un modèle nommé MCPM qui permet de décrire le processus de la consultation médicale en y intégrant les objectifs pédagogiques spécifiés. Ce modèle permet en particulier de représenter le profil du patient, les types d'actions possibles et les informations présentes dans les expressions verbales et non verbales utilisées par les acteurs d'une consultation. En nous appuyant sur le travail de (Richard & Lussier, 2005), l'identification des principaux concepts de ce domaine nous a permis de construire une

ontologie appelée MCSOnto qui décrit formellement les concepts à l'œuvre dans la communication professionnelle pendant la consultation médicale. MCSOnto consiste en quatre niveaux reprenant la structure du modèle MCPM. Les niveaux *Profil du Patient* et *Résultat d'une session de consultation* décrivent les informations obtenues lors de la consultation ou présentes à son début, le niveau *Scenario* exprime une vue globale du processus alors que le niveau *Phrase* décrit l'unité la plus petite du modèle. La modélisation des actions, notamment des phrases prononcées et du profil du patient, offrent la possibilité de faire varier le scénario ainsi que de transmettre et d'évaluer les connaissances du métier. En outre, l'ontologie spécifie des règles qui permettent de définir les concepts correspondant à certains objectifs, ce qui permet de vérifier la validité de notre modèle en utilisant des raisonneurs.

Ce travail nous a permis, dans un deuxième temps, de proposer une implémentation du moteur de dialogue qui permet de simuler le processus de la consultation médicale entre deux participants. Pour cela, nous avons proposé des éléments complémentaires au modèle MCPM, comme le concept d'arbre d'informations qui permet de structurer les informations qui doivent être découvertes lors d'une consultation et qui sont définies par son scénario. Nous avons introduit également le concept d'état d'une session qui permet de représenter différentes situations pouvant intervenir dans le dialogue comme des incompréhensions ou des refus du patient. Enfin, différentes variables et paramètres permettent l'enchaînement des actions au cours de la simulation. Les algorithmes permettant ces enchaînements ont été précisés, en particulier comment les actions du patient étaient déterminées en fonction des actions du joueur/médecin. Notons que cette implémentation permet d'organiser les actions possibles pour les deux participants parmi un éventail des données conçu par des experts.

Nous avons également exposé les principales technologies et méthodes informatiques utilisées pour réaliser le moteur. Le modèle ontologique a par exemple été implémenté sous la forme de classes Java et d'une base de données relationnelle pour héberger les instances de ses concepts. Ce choix facilite l'intégration des contenus métier et rend l'exécution des requêtes plus efficace.

Enfin, nous avons testé et justifié le moteur de dialogue proposé. Pour cela, nous avons conduit plusieurs expérimentations afin de calibrer les paramétrages du moteur de dialogue à travers un scénario construit autour d'un patient diabétique venant consulter son médecin traitant. En utilisant trois ensembles de paramétrages représentant différents niveaux

de difficulté, nous avons analysé les résultats de simulations réalisées avec trois algorithmes représentant respectivement un mauvais joueur, un bon joueur et un joueur au comportement aléatoire. Nos analyses ont porté sur trois critères : l'état final du patient, les différents états de session obtenus pendant la consultation et le nombre de phrases échangées entre les participants. Leurs résultats ont montré que l'implémentation de notre moteur de dialogue permettait aux concepteurs d'élaborer des scénarios intégrant des objectifs de formation bien définis. Le fonctionnement du moteur produit en effet une variété de dialogues dépendant du niveau de difficulté de la partie et qui s'adaptent aux actions et au niveau du joueur/apprenant.

Limites

La simulation de la consultation médicale et du comportement possible de ces participants est basée sur la prédéfinition d'instances d'éléments du modèle MCPM stockées dans une base de données. Ces instances listent les différentes possibilités d'actions à un instant donné, actions qui dans le cas du simulateur de dialogue sont essentiellement des phrases. La qualité du dialogue généré dépend donc de ces phrases prédéfinies, une mauvaise construction pouvant donner des dialogues peu naturels voire incorrects du point de vue du langage. De plus, si la base de phrases et d'actions n'est pas assez grande du point de vue du nombre d'instances enregistrées, la diversité des scripts générés sera limitée. La construction d'une bonne base d'instances nécessite donc une certaine réflexion pour spécifier des phrases qui permettent au dialogue de se dérouler naturellement et qui reflètent bien les compétences à développer chez l'apprenant. Ce travail qui doit être réalisé par les experts du domaine est assez complexe et chronophage.

Une autre approche aurait été de ne pas prédéfinir ces phrases mais d'utiliser des algorithmes de traitement et de reconnaissance du langage naturel pour à la fois laisser le joueur s'exprimer librement et également pour générer automatiquement les phrases prononcées par le patient. Cette solution n'a pas été retenue car les travaux dans ce domaine ne nous ont pas paru suffisamment avancés pour qualifier automatiquement une phrase reconnue ou générée en fonction par exemple de sa clarté, de son agressivité, de sa politesse, etc. Or ce dernier point est central pour la partie apprentissage du jeu.

Une autre limite de notre conception est précisément dans le point que nous venons d'évoquer, à savoir la modélisation des caractéristiques des phrases et du profil du patient virtuel. Pour établir ces caractéristiques dans notre prototype de jeu, nous avons proposé

plusieurs dimensions qui sont indépendantes les unes des autres. Ces dimensions devraient faire l'objet d'études plus approfondies par des linguistes, des psychologues et des médecins, car leur définition est cruciale en ce qui concerne la validation des compétences déployées par le joueur. L'intérêt de notre architecture est que ces dimensions font partie des paramètres du moteur et qu'elles peuvent être modifiées lors de la définition des scénarios.

Enfin dans la conception du jeu sérieux *AgileDoctor*, nous n'avons pas analysé les différences de motivation possibles liées aux profils de joueurs : il est par exemple possible que de jeunes étudiants en médecine ne perçoivent pas le jeu de la même façon que des médecins confirmés.

Perspectives

Dans l'état final de cette thèse, une première version du jeu *AgileDoctor* basé sur notre moteur de dialogue est développée. En parallèle, et en lien avec un autre sujet de recherche, un autre produit avec les mêmes objectifs a également été conçu dans le cadre du projet *Medicom*. Ce produit a le même objectif qu'*AgileDoctor*, à savoir la formation aux compétences communicationnelles pendant la consultation médicale. Il est cependant basé sur des séquences filmées et préenregistrées qui lui donne un aspect réaliste et visuel. Nous comptons mener une étude comparative auprès des joueurs de la perception de ces deux jeux aux objectifs similaires mais à la forme différente. Il sera intéressant d'évaluer les aspects ludiques et pédagogiques de chacun, afin de dégager des critères supplémentaires permettant d'évaluer la qualité et l'intérêt d'un jeu sérieux.

Nos prochains travaux prévoient également d'enrichir les cas cliniques disponibles, ainsi que de modéliser des types supplémentaires de patients comme des enfants, des adolescents et des patients pouvant avoir des difficultés à communiquer comme des patients ne maîtrisant pas ou peu la langue du médecin. Il reste également à adapter le moteur pour qu'il puisse gérer des dialogues à plus de deux participants afin de pouvoir traiter par exemple le cas de la relation triadique faisant intervenir un médecin, son interne et un patient. A priori l'architecture actuelle devrait permettre cette fonctionnalité en utilisant la commutation de session.

Pour aller au-delà de l'aspect dialogue, *AgileDoctor* vise d'autres buts qui sont tous liés à l'amélioration de la qualité des soins. Sa conception prévoit l'implémentation de différents modules pédagogiques parmi lesquels celui lié au développement des aspects

communicationnels est le seul réalisé. Parmi les autres modules prévus, citons par exemple celui destiné à former les médecins à l'utilisation des technologies liées à la e-santé, comme la télémédecine, la télé-prescription, l'usage des réseaux sociaux, etc.

Enfin, notre processus de conception et les modèles proposés pourraient être utilisés dans d'autres contextes que celui de la consultation médicale. L'ensemble des paramètres du moteur de dialogue et la définition des instances sur lequel il agit, lui permettent en effet de s'adapter à d'autres situations de type dialogique comme un entretien d'embauche, un processus de vente, une gestion de situation managériale, etc. Le travail à réaliser consistera alors à adapter les modèles aux connaissances du domaine cible et à déterminer les critères intéressants pour qualifier les phrases et le profil des intervenants virtuels.

Bibliographie

- voracyFish*. (2013). Consulté le 15, 2014, sur voracy: <http://www.voracy.com/>
- Abburu, S. (2012). A survey on ontology reasoners and comparison. *International Journal of Computer Applications*, 57(17).
- Abt, C. (1987). *Serious games*. University Press of America.
- ALFONSE, M., AREF M., M., & M. SALEM, A.-B. (2013). An Ontology-Based Cancer Diseases Diagnostic Methodology. *Recent Advances in Information Science: proceeding of the 7th European Computing Conference*, (pp. 95-99).
- Allen, J. F., Byron, D. K., Dzikovska, M., Ferguson, G., Galescu, L., & Stent, A. (2011). Toward conversational human-computer interaction. *AI magazine*, 22(4), 27-37.
- Alvarez, J., Rampnoux, O., Jessel, J.-P., & Methel, G. (2007). Serious Game: just a question of posture? *Artificial & Ambient Intelligence*, 7, pp. 420-423.
- Amory, A., Naicker, K., Vincent, J., & Adams, C. (1999). The use of computer games as an educational tool: identification of appropriate game types and game elements. *British Journal of Educational Technology*, 30(4), 311-321.
- Anderson, L., Krathwohl, D., Airasian, P., Cruikshank, K., Mayer, R., Pintrich, P., et al. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Addison Wesley Longmann.
- Anderson-Hanley, C., Arciero, P. J., Brickman, A. M., & al., e. (2012). Exergaming and older adult cognition: a cluster randomized clinical trial. *American Journal of Preventive Medicine*, 42(2), 109-119.
- Arnab, S., de Freitas, S., Bellotti, F., Lim, T., Louchart, S., Suttie, N., et al. (2015). Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. " *British Journal of Educational Technology*, 46(2), 391-411.
- Aspegren, K. (1999). BEME Guide No. 2: Teaching and learning communication skills in medicine-a review with quality grading of articles. *Medical teacher*, 21(6), 563-570.
- Bartle, R. (1996). Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit MUDs. *Journal of MUD research*, 1(1), 19.
- Bateman, C., & Boon, R. (2005). *21st Century Game Design (Game Development Series)*. Charles River Media, Inc.
- Bates, B., & Lamothe, A. (2001). *The game design: The art and business of creating games*. Premier Press.
- Bellotti, F., Berta, R., De Gloria, A., & Primavera, L. (2009). A task annotation model for Sandbox Serious Games. *Symposium on Computational Intelligence and Games* (pp. 233-240). IEEE.

- Ben Sawyer, P. S. (2008). Serious games taxonomy. *Serious Games Summit at the Game Developers Conference*. San Francisco.
- Bergeron, B. (2006). *Developing serious games (game development series)*. Charles River Media.
- Bergeron, H. (2007). Les transformations du colloque singulier médecin-patient: quelques perspectives sociologiques. *Les droits des malades et des usagers du système de santé, une législation plus tard*, (pp. 39-51).
- Betker, A. L., Desai, A., Nett, C., & al., e. (2007). Game-based exercises for dynamic short-sitting balance rehabilitation of people with chronic spinal cord and traumatic brain injuries. *Physical therapy*, 87(10), 1389-1398.
- Billings, J. A., & Stoeckle, J. D. (1998). *The clinical encounter. A guide to the medical interview and case presentation* (éd. 2nd). Mosby.
- Bittanti, M. (2005). Civilization: Virtual history, real fantasies.
- Björk, S. (2010). On Making Good Games-Using Player Virtue Ethics and Gameplay Design Patterns to Identify Generally Desirable Gameplay Features. *Nordic DiGRA*. Stockholm.
- Bjork, S., & Holopainen, J. (2004). *Patterns in game design* (éd. 1). Charles River Media.
- Bosch, T. (2012, 1 31). *A Virtual-Reality Game To Distract Burn Victims From Pain*. (T. Bosch, Éditeur) Consulté le 1 20, 2014, sur Slate:
http://www.slate.com/blogs/future_tense/2012/01/31/snowworld_a_experimental_virtual_reality_game_to_distract_burn_victims_from_pain_.html
- Boudier, F., Bensebaa, F., & Jablanczy, A. (2012). L'émergence du patient-expert: une perturbation innovante. *Innovations*, 39(3), 13-25.
- Boulos, M. N., Hetherington, L., & Steve, W. (2007). Second Life: an overview of the potential of 3-D virtual worlds in medical and health education. *Health Information & Libraries Journal*, 233-245.
- Bracegirdle, L., & Chapman, S. (2010). Programmable patients: simulation of consultation skills in a virtual environment. *Bio-algorithms and med-systems*, 6(11), 111-115.
- BreakawayGames. (s.d.). *Breakaway Games*. Consulté le 1 16, 2014, sur Breakaway Games:
www.breakawaygames.com
- Broeren, J., Sunnerhagen, K. S., & Rydmark, M. (2009). Haptic virtual rehabilitation in stroke: transferring research into clinical practice. *Physical Therapy Reviews*, 14(5), 322-335.
- Broin, D. Ó. (2011). Using a criteria-based user model for facilitating flow in serious games. *Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES), Third International Conference on* (pp. 63-69). IEEE.
- Brusilovsky, P., & Millán, E. (2007). User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems. *The adaptive web*.

- Brusk, J., & Björk, S. (2009). Gameplay design patterns for game dialogues. *Breaking New Ground: Innovation in Games, Play, Practice and Theory: Digital Games Research Association Conference*. London.
- Burke, J. W., McNeill, M., Charles, D. K., Morrow, P. J., A Crosbie, J. H., & McDonough, S. M. (2009, August 27). Optimising Engagement for Stroke Rehabilitation Using Serious Games. *The Visual Computer*, 25(12), 1085–1099.
- Byrne, E. (2005). *Game level design*. Boston: Charles River Media.
- Caillois, R., & Barash, M. (1961). *Man, play, and games*. University of Illinois Press.
- Callaghan, M. J., Savin-Baden, M., McShane, N., & Gómez Eguíluz, A. (2015). Mapping Learning and Game Mechanics for Serious Games Analysis in Engineering Education. *Transactions on Emerging Topics in Computing*.
- Cardinu, M., Maass, A., Rosabianca, A., & al., e. (2005). Why do women underperform under stereotype threat? Evidence for the role of negative thinking. *Psychological Science*, 16(7), 572-578.
- Cargnin, D. J., Cordeiro d'Ornellas, M., & Cervi Prado, A. L. (2015). A Serious Game for Upper Limb Stroke Rehabilitation Using Biofeedback and Mirror-Neurons Based Training. *Studies in Health Technology and Informatics*, 348-352.
- Champavère, J. (2010). *De la représentation des connaissances au Web sémantique*.
- Chandrasekaran, B., Josephson, J. R., & Benjamins, V. R. (1999). What are ontologies, and why do we need them? *IEEE Intelligent systems*, 20-26.
- Chanel, G., Rebetez, C., Bétrancourt, M., & al., e. (2011). Emotion Assessment From Physiological Signals for Adaptation of Game Difficulty. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, (pp. 1052–1063).
- Chen, D. R. (2005). *Serious games: Games that educate, train, and inform*. Muska & Lipman/Premier-Trade.
- Chuah, J. H., Lok, B., & Black, E. (2013). Applying mixed reality to simulate vulnerable populations for practicing clinical communication skills. *Transactions on visualization and computer graphics*, 19(4), 539-546.
- Coden, A., Savova, G., Sominsky, I., Tanenblatt, M., Masanzb, J., Schulerb, K., et al. (2009). Automatically extracting cancer disease characteristics from pathology reports into a Disease Knowledge Representation Model. *Journal of biomedical informatics*, 42(5), 937-949.
- Cole, S. A., & Bird, J. (2013). *The medical interview: the three function approach*. Elsevier Health Sciences.
- Committee of College and University Examiners. (1956). *Taxonomy of educational objectives* (Vol. 1). New York: David McKay.
- Corcho, O., Fernandez-Lopez, M., & Gomez-Pérez, A. (2003). Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point? *Data and Knowledge Engineering*, 41-64.

- Corti, K. (2006). *Games-based Learning; a serious business application* (Vol. 34). PIXELearning Limited.
- Courteille, O., Josephson, A., & Larsson, L.-O. (2014). Interpersonal behaviors and socioemotional interaction of medical students in a virtual clinical encounter. *BMC medical education*, 64-74.
- Cowan, B., & Kapralos, B. (2014). A Survey of Frameworks and Game Engines for Serious Game Development. *Advanced Learning Technologies, 2014 IEEE 14th International Conference on*.
- Cowley, B., Charles, D., Black, M., & Hickey, R. (2008). Toward an understanding of flow in video games. *Computers in Entertainment*.
- Crawford, C. (1984). *The art of computer game design*.
- Croizet, J.-C., Despres, G., Gauzins, M.-E., & al., e. (2004). Stereotype threat undermines intellectual performance by triggering a disruptive mental load. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 30(6), 721-731.
- Csikszentmihalyi, M. (1975). *Beyond Boredom and Anxiety: Experiencing Flow in Work and Play*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Csikszentmihalyi, M. (1991). *Flow: The psychology of optimal experience*. New York: Harper Perennial.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience* (Vol. 41). New York: Harper and Row.
- Damien Djaouti, J. A.-P. (2011). Classifying serious games: the G/P/S model. *Handbook of research on improving learning and motivation through educational games: Multidisciplinary approaches*, 118-136.
- Danforth, D. R., Procter, M., Chen, R., Johnson, M., & Heller, R. (2009). Development of virtual patient simulations for medical education. *Journal For Virtual Worlds Research*, 2(2).
- Davis, R., Shrobe, H., & Szolovits, P. (1993). What is a knowledge representation? *AI magazine*, 14(1).
- De Gloria, A., Bellotti, F., & Berta, R. (2014). Serious Games for education and training. *International Journal of Serious Games*, 1(1).
- De Prato, G., Feijoo, C., Nepelski, D., Bogdanowicz, M., & Simon, J. P. (2010). *Born Digital/Grown Digital: Assessing the future competitiveness of the EU video games software industry*. JRC Scientific and Technical Report.
- Denis, G., & Jouvelot, P. (2005). Motivation-driven educational game design: applying best practices to music. *SIGCHI International Conference on Advances in computer entertainment technology* (pp. 462-465). ACM.
- Dentler, K., Cornet, R., Ten Teije, A., & De Keizer, N. (2011). Comparison of reasoners for large ontologies in the OWL 2 EL profile. *Semantic Web*, 2(2), 71-87.
- Despont. (2008, 2 15). *Serious Games et intention sérieuse : typologie*. Consulté le 1 10, 2014, sur Symetrix eLearning: <http://www.elearning->

symetrix.fr/blog/index.php?post/2008/02/15/Serious-Games- et-intention-serieuse-%3A-typologie

- Dickerson, R., Johnsen, K., Raij, A., Lok, B., Hernandez, J., Stevens, A., et al. (2005). Evaluating a script-based approach for simulating patient-doctor interaction. *International Conference of Human-Computer Interface Advances for Modeling and Simulation*, (pp. 79-84).
- Dickey, M. D. (2005). Engaging by design: How engagement strategies in popular computer and video games can inform instructional design. *Educational Technology Research and Development*, 53(2), 67-83.
- Dickey, M. D. (2006). Game design narrative for learning: Appropriating adventure game design narrative devices and techniques for the design of interactive learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 54(3), 245-263.
- Dickey, M. D. (2011). Murder on Grimm Isle: The impact of game narrative design in an educational game-based learning environment. *British Journal of Educational Technology*, 42(3), 456-469.
- Dix-Galloway, M. L. (2005). *Non-medical Skills and Competencies Needed by Paraprofessional Caregivers*. University of Central Arkansas.
- Djaouti. (2011). *Serious Game Design : Considérations théoriques et techniques sur la création de jeux vidéo à vocation utilitaire*.
- Djaouti, D. (2011). *Serious Game Design-Considérations théoriques et techniques sur la création de jeux vidéo à vocation utilitaire*. Phd Thesis, Toulouse.
- Dondlinger, M. J. (2007). Educational Video Game Design: A Review of the Literature. *Journal of Applied Educational Technology*, 4(1), 21-31.
- Dziorny, M. (2007). Digital Game-based Learning and dyslexia in higher education. *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference, 2007*, pp. 1189-1197.
- Eck, R. V. (2006). Digital Game-Based Learning: It's Not Just the Digital Natives Who Are Restless. *EDUCAUSE Review*, 41(2), 16-30.
- Edwards, R. (2001). *GNS and other matters of roleplaying theory*. The Forge.
- Ellaway, R. H., & Davies, D. (2011). Design for learning: deconstructing virtual patient activities. *Medical teacher*, 33(4), 303-310.
- Emanuel, E. J., & Emanuel, L. L. (1992). Four Models of the Physician-Patient Relationship. *JAMA(the Journal of the American Medical Association)*, 267(16), 2221-2226.
- Eurosis. (s.d.). *Simulation and Gaming Software Development Tools and Languages*. Récupéré sur Eurosis: <http://www.eurosis.org/cms/?q=node/61>
- Fisch, S. M. (2005). Making educational computer games educational. *Conference on Interaction design and children* (pp. 56-61). ACM.
- Fisch, S. M. (2005). Making educational computer games educational. *Conference on Interaction design and children* (pp. 56-61). ACM.

- Fourcaud, E. (2013, 6 6). *E-virtuoses 2013 : NaturalPad signe un Serious Game thérapeutique avec « Hammer & Planks »*. Consulté le 1 15, 2014, sur LudoMag: <http://www.ludovia.com/2013/06/naturalpad-signe-un-serious-game-therapeutique-avec-hammer-planks/>
- Gardiner, T., Horrocks, I., & Tsarkov, D. (2006). Automated benchmarking of description logic reasoners. *International Workshop on Description Logics*, (pp. 167-174). Lake District, UK.
- Garris, R., Ahlers, R., & Driskel, J. E. (2002). Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & gaming*, 33(4), 441-467.
- Gee, J. P. (2009). Deep learning properties of good digital games: How far can they go. *Serious games: Mechanisms and effects*, 67-82.
- Gee, J. P. (2014). *What video games have to teach us about learning and literacy*. Macmillan.
- genious-healthcare.com. (s.d.). *ehpad-panic*. Consulté le 3 1, 2014, sur ehpad-panic: <http://www.ehpad-panic.com/fr/accueil/>
- Georgia State University. (2015). *National Center for Biomedical Ontology*. Consulté le may 8th, 2016, sur National Center for Biomedical Ontology: <http://www.bioontology.org/>
- Gonçalves, A. C., Dos Santos, W. M., Consoni, L. J., & Siqueira, A. (2014). Serious games for assessment and rehabilitation of ankle movements. *IEEE 3rd International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, (pp. 1-6).
- Goyet, S. (2014). *Modélisation du processus d'application des connaissances entre recherche et santé publique*. . Montpellier.
- Graafland, M., Schraagen, J. M., & Schijven, M. P. (2012). Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training. *British Journal of Surgery*, 1322-1330.
- Grösser, M. (2007). Effective teaching: linking teaching to learning functions. *South African Journal of Education*, 27(1), 37-52.
- Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, 5(2), 199-220.
- Gubbels, B. L. (s.d.). *Interactive Dialogue Mechanics*. Récupéré sur bentelee: <http://www.bentelee.com/>
- Gunter, G. A., Kenny, R. F., & Vick, E. H. (2008). Taking educational games seriously: using the RETAIN model to design endogenous fantasy into standalone educational games. *Educational Technology Research and Development*, 56(5-6), 511-537.
- Ha, J. F., & Longnecker, N. (2010). Doctor-patient communication: a review. *The Ochsner Journal*, 10(1), 38-43.
- Haq, C., Steele, D. J., Marchand, L., Seibert, C., & Brody, D. (2004). Integrating the art and science of medical practice: innovations in teaching medical communication skills. *FAMILY MEDICINE-KANSAS CITY*, 36(1), S43-S50.

- Haux, R. (2006). Health information systems - past, present, future. *International Journal of Medical Informatics*, 75(3), 268–281.
- Heeter, C., Lee, Y.-H., Magerko, B., & Medler, B. (2011). Impacts of Forced Serious Game Play on Vulnerable Subgroups. *International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations*, 3(3), 34-53.
- HITLab, H. H., & Psychology, A. F. (2004). *fMRI Research on Virtual Reality Analgesia*. Récupéré sur HITLab: <http://www.hitl.washington.edu/projects/magnet/>
- Huang, G., Reynolds, R., & Candler, C. (2007). Virtual patient simulation at US and Canadian medical schools. *Academic Medicine*, 82(5), 446-451.
- Hubal, R. C., Kizakevich, P. N., Guinn, C. I., Merino, K. D., & West, S. L. (2000). The virtual standardized patient. *Stud Health Technol Inform*, 70, 133-138.
- Hunicke, R., LeBlanc, M., & Zubek, R. (2004). MDA: A formal approach to game design and game research. *AAAI Workshop on Challenges in Game AI*.
- Hussaan, A. M., Sehaba, K., & Mille, A. (2011). Tailoring serious games with adaptive pedagogical scenarios: A serious game for persons with cognitive disabilities. *Advanced Learning Technologies (ICALT) 11th IEEE International Conference on* (pp. 486-490). IEEE.
- Hussainy, S. Y., Styles, K., & Duncan, G. (2012). A virtual practice environment to develop communication skills in pharmacy students. *American journal of pharmaceutical education*, 76(10).
- Huynh-Kim-Bang, B., Wisdom, J., & Labat, J.-M. (2010). *Design patterns in serious games: A blue print for combining fun and learning*. Project SE-SG.
- IDATE. (2010, 9 7). *Serious Games Market Report*. Récupéré sur http://www.idate.org/en/News/Serious-Games_643.html
- Ihler, E. (2003). Patient-physician communication. *JAMA:Journal of the American Medical Association*, 289(1).
- IJsselsteijn, W., De Kort, Y., Poels, K., Jurgelionis, A., & Bellotti, F. (2007). Characterising and measuring user experiences in digital games . *International conference on advances in computer entertainment technology*, (p. 27).
- Institute for Genome Sciences - University of Maryland . (s.d.). *Disease Ontology*. Récupéré sur Disease Ontology: <http://disease-ontology.org/>
- Jansiewicz, D. R. (1973). *The New Alexandria simulation: a serious game of state and local politics*. Canfield Press.
- Jennings, M. (2001). Best practices in corporate training and the role of aesthetics: Interviews with eight. *ACM SIGCPR conference on Computer personnel research* (pp. 215-219). San Diego: ACM.
- Jones, M. G. (1998). *Creating Electronic Learning Environments: Games, Flow, and the User Interface*.

- Jones, M. G. (1998). Creating Electronic Learning Environments: Games, Flow, and the User Interface. *Selected Research and Development Presentations at the National Convention of the Association for Educational Communications and Technology*. ERIC.
- Jovanovic, M., Starcevic, D., Stavljanin, V., & Minovic, M. (2008). Educational games design issues: motivation and multimodal interaction. In *Emerging Technologies and Information Systems for the Knowledge Society*, 215-224.
- Jovic, A., Prcela, M., & Gamberger, D. (2007). Ontologies in medical knowledge representation. *Information Technology Interfaces, International Conference on. IEEE*, (pp. 535-540).
- Julian Alvarez, D. D. (2010). *Introduction au Serious Game*. Questions théoriques.
- Kang, Y.-B., Li, Y.-F., & Krishnaswamy, S. (2012). A Rigorous Characterization of Classification Performance-A Tale of Four Reasoners. *ORE(OWL Reasoner Evaluation Workshop)*.
- Kelle, S., Klemke, R., & Specht, M. (2011). Design patterns for learning games. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 3(6), 555-569.
- Keller, J. M. (1983). Motivational design of instruction. *Instructional design theories and models: An overview of their current status*, 383-434.
- Keller, J. M. (1987). Development and use of the ARCS model of instructional design. *Journal of instructional development*, 10(3), 2-10.
- Keller, J. M. (1998). Using the ARCS process in CBI and distance education. *Motivation in teaching and learning: New directions for teaching and learning*.
- Kelly, H., Howel, K., Glinert, E., & al., e. (2007). How to build serious games., 50, pp. 44-49.
- Kenny, P., Parsons, T. D., Gratch, J., Leuski, A., & Rizzo, A. A. (2007). Virtual patients for clinical therapist skills training. *Intelligent Virtual Agents*, 197-210.
- Kinti, I., Lloyd, S., Simpson, A., & Hayward, G. (2005). Managing collaborative expertise: Issues and challenges. *Proceedings of the Sixth European Organizational Knowledge and Learning Conference*.
- Klaila, D. (2001). Game-based e-learning gets real. *Learning Circuits*.
- Knight, J. F., Carley, S., Tregunna, B., & al., e. (2010). Serious gaming technology in major incident triage training: a pragmatic controlled trial. *Resuscitation*, 81(9), 1175-1179.
- Knudson, M. M., Khaw, L., Bullard, M. K., & al., e. (2008). Trauma training in simulation: translating skills from SIM time to real time. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 64(2), 255-264.
- Kolb, D. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Kolb, D. A., Boyatzis, R. E., & Mainemelis, C. (2001). Experiential learning theory: Previous research and new directions. *Perspectives on thinking, learning, and cognitive styles*, 227-247.
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into practice*, 41(4), 212-218.

- Kronegg, J., Chanel, G., Voloshynovskiy, S., & Pun, T. (2007). EEG-based synchronized brain-computer interfaces: a model for optimizing the number of mental tasks. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, 15(1), 50-58.
- Kurtz, S. M. (2002). Doctor-patient communication: principles and practices. *The Canadian Journal of Neurological Sciences*, 29(S2), S23-S29.
- Kurtz, S. M., Silverman, J. D., Benson, J., & Draper, J. (s.d.). *Guide Calgary-Cambridge de l'entrevue médicale—les processus de communication*.
- Kurtz, S., Silverman, J., Benson, J., & Draper, J. (2003). Marrying content and process in clinical method teaching: enhancing the Calgary–Cambridge guides. *Academic Medicine*, 78(8), 802-809.
- Lacombe, M. (2013). *Utilisation d'un serious game en classe : le jeu vidéo au service de l'apprentissage ?* Toulouse.
- Lankoski, P. (2011). *Character-driven game design: A design approach and its foundations in character engagement*. Taik Books.
- Lazzaro, N. (2004). Why we play games: Four keys to more emotion without story. *Game Developers Conference*.
- Lipkin Jr, M., Frankel, R. M., Beckman, H. B., & Fein, O. (1995). Performing the interview. (pp. 65-82). *The medical interview*, 65-82.
- Lomas, D., Patel, K., Forlizzi, J. L., & Koedinger, K. R. (2013). Optimizing challenge in an educational game using large-scale design experiments. *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 89-98). ACM.
- L'Oréal. (2010, 1 25). *L'ORÉAL LANCE UN CONCEPT INÉDIT : REVEAL BY L'ORÉAL, LE PREMIER BUSINESS GAME MULTI-MÉTIERS RÉVÉLATEUR DE TALENTS*. Récupéré sur <http://www.loreal.fr/media/press-releases/2006/mar/1%E2%80%99or%C3%A9al-lance-un-concept-in%C3%A9dit---lt-i-gt-reveal-by-1%E2%80%99or%C3%A9al-lt-i-gt---le-premier-business-game-multi-m%C3%A9tiers-r%C3%A9v%C3%A9lateur-de-talents>
- Ma, M., & Bechkoum, K. (2008). Serious games for movement therapy after stroke. *Systems, Man and Cybernetics, SMC 2008. IEEE International Conference on* (pp. 1872-1877). IEEE.
- Ma, M., & Zheng, H. (2011). Virtual reality and serious games in healthcare. *Advanced Computational Intelligence Paradigms in Healthcare 6. Virtual Reality in Psychotherapy, Rehabilitation, and Assessment*. (pp. 169-192). Springer Berlin Heidelberg.
- Maguire, P., Fairbairn, S., & Fletcher, C. (1986). Consultation skills of young doctors: I--Benefits of feedback training in interviewing as students persist. *British Medical Journal*, 292, 1573-1576.
- Makoul, G. (2003). Communication skills education in medical school and beyond. *JAMA*, 289(1), 93-93.
- Malone, T. W. (1981). Toward a theory of intrinsically motivating instruction. *Cognitive science*, 5(4), 333-369.

- Marchibroda, J. M. (2008). The impact of health information technology on collaborative chronic care management. *Journal of managed care pharmacy*, 14(2), S3-11.
- Marfisi-Schottman, I. (2012). *Méthodologie modèles et outils pour la conception de Learning Games*. Phd Thesis, Lyon.
- Marfisi-Schottman, I., Sghaier, A., Georges, S., Patrick, P., & Tarpin-Bernard, F. (2009). Vers une industrialisation de la conception et de la production de Serious Games. *Atelier Jeux sérieux: conception et usages in EIAH-Environnements Informatiques pour l'Apprentis*, (pp. 75-84).
- Mariais, C. (2010). Des ressorts de jeu pour une assistance à la conception de scénarios Learning Role-Playing Games. *Rencontre Jeune Chercheur – d'Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain RCJ-EIAH*, (pp. 41-46). Lyon.
- marketsandmarkets.com. (2015). *Serious Game Market by Vertical (Education, Corporate, Healthcare, Retail, Media and Advertising), Application (Training, Sales, Human Resource, Marketing), Platform, End-User (Enterprise, Consumer), and Region - Forecast to 2020*.
- Marne, B., Wisdom, J., Huynh-Kim-Bang, B., & Labat, J. M. (2012). . (2012). The six facets of serious game design: a methodology enhanced by our design pattern library. In (pp.). . *21st Century Learning for 21st Century Skills*, 208-221.
- Martens, A., Diener, H., & Malo, S. (2008). Game-Based Learning with Computers – Learning, Simulations, and Games. *Transactions on Edutainment I*, 172-190.
- McDonnell, R., Breidt, M., & Bühlhoff, H. H. (2012). Render me real?: investigating the effect of render style on the perception of animated virtual humans." 31.4 (2012): 91. *ACM Transactions on Graphics*, 31(4), 91:1-91:11.
- Michaud, J. A. (2008). Serious games. Advergaming, edugaming, training and more. *IDATE*. Montpellier.
- Mishra, P., & Foste, A. N. (2007). The Claims of Games: A Comprehensive Review and Directions for Future Research. *Annual International Conference of the Society for Information Technology & Teacher Education*. San Antonio.
- Mitchell, A., & Savill-Smith, C. (2004). *The use of computer and video games for learning: A review of the literature*. Learning and Skills Development Agency.
- Molnar, A., & Kostkova, P. (2013). On effective integration of educational content in serious games: Text vs. game mechanics. *Advanced Learning Technologies (ICALT) IEEE 13th International Conference on*. IEEE.
- Moreno-Ger, P., Martinez-Ortiz, I., & Fernández-Manjón, B. (2005). The < e-Game > project: Facilitating the development of educational adventure games. *Cognition and Exploratory Learning in the Digital age (CELDA 2005)*, (pp. 353-358).
- Natkin, S., & Vega, L. (2004). A petri net model for computer games analysis. *International Journal of Intelligent Games & Simulation*, 1.
- OBO Foundry. (s.d.). *Ontology Table*. Consulté le May 8th, 2016, sur The Open Biological and Biomedical Ontologies (OBO) Foundry: <http://www.obofoundry.org/>

- Orvis, K. A., Horn, D. B., & Belanich, J. (2008). The roles of task difficulty and prior videogame experience on performance and motivation in instructional videogames. *Computers in Human behavior*, 24(5), 2415-2433.
- Papert, S. (1998). Does Easy Do It? Children, Games, and Learning. *Game Developer*, 88.
- Paquette, G. (2002). *Modélisation des connaissances et des compétences: un langage graphique pour concevoir et apprendre*.
- Patton, E. W., & McGuinness, D. L. (2014). A power consumption benchmark for reasoners on mobile devices. *The Semantic Web* (pp. 409-424). Springer International Publishing.
- Pernin, J.-P., Michau, F., Mandran, N., & Mariais, C. (2012). ScenLRPG, a board game for the collaborative design of GBL scenarios: qualitative analysis of an experiment. *6th European Conference on Games Based Learning*, (pp. 384-392).
- Prensky, M. (2001). *Digital-game-based learning*. New York: McGraw Hill.
- Prensky, M. (2002). The motivation of gameplay: The real twenty-first century learning revolution. *On the horizon*, 10(1), 5-11.
- Prensky, M. (2003). Digital game-based learning. *Computers in Entertainment*.
- Prensky, M. (2005). Computer games and learning: Digital game-based learning. *Handbook of computer game studies*, 18, 97-122.
- Przybylski, A. K., Rigby, C. S., & Ryan, R. M. (2010). A motivational model of video game engagement. *Review of general psychology*, 14(2), 154.
- Raij, A. B., Johnsen, K., Dickerson, R. F., Lok, B. C., Cohen, M. S., Duerson, M., et al. (2007). Comparing interpersonal interactions with a virtual human to those with a real human. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, 13(3), 443-457.
- Ramirez, C., & Valdes, B. (2012). *A general knowledge representation model of concepts*. INTECH Open Access Publisher.
- Randall W. Hill, J., Gratch, J., Marsella, S., Rickel, J., Swartout, W., & Traum, D. (2003). Virtual Humans in the Mission Rehearsal Exercise System. *KI*, 17(4).
- Rego, P., Moreira, P. M., & Reis, L. P. (2010). Serious games for rehabilitation: A survey and a classification towards a taxonomy. *5th Iberian Conference on. IEEE* (pp. 1-6). IEEE.
- Reijers, H. A., Russell, N., van der Geer, S., & Krekels, G. A. (2010). Workflow for Healthcare: A Methodology for Realizing Flexible Medical Treatment Processes. *Lecture Notes in Business Process Management Workshops* (pp. 593-604). Springer Berlin Heidelberg.
- Re-mission. (s.d.). *re-mission2*. Récupéré sur re-mission2: www.re-mission2.org/
- Resnick, M. (2004). Edutainment? No Thanks.I Prefer Playful Learning. *Associazione Civita Report on Edutainment*, 14.
- Richard, C., & Lussier, M.-T. (2005). *La communication professionnelle en santé*. Pearson ERPI.

- Robinson, S., Brooks, R., Kotiadis, K., & Van Der Zee, D. J. (2010). *Conceptual modeling for discrete-event simulation*. CRC Press.
- Rouse III, R. (2010). *Game design: Theory and practice*. Jones & Bartlett Learning.
- Russell, S., & Norvig, P. (2010). *Intelligence artificielle: Avec plus de 500 exercices*. Pearson Education.
- Saleh, N. (2010). The value of virtual patients in medical education. *Annals of Behavioral Science and Medical Education*, 16(2), 29-31.
- Saleh, N. (2012). The value of virtual patients in medical education. *Annals of Behavioral Science and Medical Education*, 16(2), 29-31.
- Salen, K., & Zimmerman, E. (2004). *Rules of play: Game design fundamentals*. MIT Press.
- Salen, K., & Zimmerman, E. (2004). *Rules of play: Game design fundamentals*. MIT Press.
- Sampalli, T., Shepherd, M., & Duffy, J. (2011). A patient profile ontology in the heterogeneous domain of complex and chronic health conditions. *System Sciences (HICSS), 2011 44th Hawaii International Conference on. IEEE* (pp. 1-10). IEEE.
- Sawyer, B. (2004). The serious games summit: emergent use of interactive games for solving problems is serious effort. *Computers in Entertainment*, 2, pp. 5-5.
- Sawyer, B. (2007). The "Serious Games" Landscape. *The Instructional & Research Technology Symposium for Arts, Humanities and Social Sciences*. Camden, USA.
- Sawyer, B., & Rejeski, D. (2002). Serious games: Improving public policy through game-based learning and simulation.
- Schoen, C., Osborn, R., How, S. K., Doty, M. M., & Peugh, J. (2009). In chronic condition: experiences of patients with complex health care needs, in eight countries, 2008. *Health affairs*, w1-w16.
- Sesen, M. B.-A. (2012). Lung Cancer Assistant: An ontology-driven, online decision support prototype for lung cancer treatment selection. *OWL: Experiences and Directions Workshop*.
- Shuell, T. J., & Moran, K. A. (1994). Learning theories: historical overview and trends. Dans *The International Encyclopedia of Education* (éd. 2, pp. 3340-3345). Pergamon.
- Sijstermans, R., Jaspers, M. W., Bloemendaal, P. M., & Schoonderwaldt, E. M. (2007). Training inter-physician communication using the Dynamic Patient Simulator. *International journal of medical informatics*, 76(5), 336-343.
- Silverman, J., Kurtz, S. M., & Draper, J. (2013). *Skills for communicating with patients* (éd. 3rd). Oxford, UK: Radcliffe Pub.
- Smith, R. W., & Hipp, D. R. (1997). *Spoken natural language dialog systems: A practical approach*. Oxford.
- Squire, K. (2010). Video game-based learning: An emerging paradigm for instruction. *Handbook of Improving Performance in the Workplace*, 50.

- Squire, K., & Barab, S. (2004). Replaying history: Engaging urban underserved students in learning world history through. *6th international conference on Learning sciences. International Society of the Learning Sciences*, (pp. 505-512).
- Starr, P. (1994). Seductions of sim. *The American Prospect*, 19-29.
- Stevens, A. H., Johnsen, J., Dickerson Kyle, Raj, R., Harrison Andrew, DiPietro, C., et al. (2006). The use of virtual patients to teach medical students history taking and communication skills. *American journal of surgery*, 191(6), 806-811.
- Stewart, B. (2011, 9 1). *Personality And Play Styles: A Unified Model*. Récupéré sur Gamasutra: http://www.gamasutra.com/view/feature/6474/personality_and_play_styles_a_.php?print=1
- Stewart, M. A. (1995). Effective physician-patient communication and health outcomes: a review. *Canadian Medical Association Journal*, 152(9), 1423-1433.
- Studer, R., Benjamins, V. R., & Fensel, D. (1998). Knowledge engineering: principles and methods. *Data & knowledge engineering*, 25(1), 161-197.
- Suarez-Almazor, M. E. (2004). Patient-physician communication. *Curr Opin Rheumatol*, 16(2), 91-95.
- Sweetser, P., & Wyeth, P. (2005). GameFlow: a model for evaluating player enjoyment in games. *Computers in Entertainment*, 3(3), 24.
- Syufagi, M. A., Hariadi, M., & Purnomo, M. H. (2013). Petri net model for serious games based on motivation behavior classification. *International Journal of Computer Games Technology*.
- Tang, S., & Hanneghan, M. (2010). A model-driven framework to support development of serious games for game-based learning. *Developments in E-systems Engineering*. IEEE.
- Tang, S., Hanneghan, M., & El Rhalibi, A. (2009). Introduction to games-based learning. *Games Based Learning Advancements for Multi-Sensory Human Computer Interfaces*. New York: IGI Global.
- Teed, R. (s.d.). *Game-based Learning*. Consulté le 1 10, 2014, sur Starting Point-Teaching Entry Level Geoscience: <http://serc.carleton.edu/introgeo/games/index.html>
- Tekofsky, S. (s.d.). *Theory of Gaming Motivation*. Récupéré sur Think Feel Play: <http://www.thinkfeelplay.com/theory-of-gaming-motivation/>
- Thomas, P., Yessad, A., & Labat, J.-M. (2011). Petri Nets and Ontologies: Tools for the " Learning Player" Assessment in Serious Games. *Advanced Learning Technologies, 11th IEEE International Conference on* (pp. 415-419). IEEE.
- Torrente, J., Moreno-Ger, P., Martínez-Ortiz, I., & Fernandez-Manjon, B. (2009). Integration and deployment of educational games in e-learning environments: the learning object model meets educational gaming. *Journal of Educational Technology & Society*, 12(4), 359-371.
- Tran, M. Q., & Biddle, R. (2008). Collaboration in serious game development: a case study. *Conference on Future Play: Research, Play, Share* (pp. 49-56). ACM.

- Triola, M., Feldman, H., Kalet, A. L., Zabar, S., Kachur, E. K., Gillespie, C., et al. (2006). A randomized trial of teaching clinical skills using virtual and live standardized patients. *Journal of general internal medicine*, 21(5), 424-429.
- Turner-Strokes, L. e. (2003). *Rehabilitation following acquired brain injury: national clinical guidelines*. Royal College of Physicians.
- UNT;LIP6. (2012). *GENERIC-SG: Plateforme d'édition générique de serious games pour les Universités Numériques Thématiques et l'enseignement supérieur*.
- Uschold, M., & Gruninger, M. (1996). Ontologies: Principles, methods and applications. *The knowledge engineering review*, 11(2), 93-136.
- Van Der Zee, D.-J., Holkenborg, B., & Robinson, S. (2012). Conceptual modeling for simulation-based serious gaming. *Decision Support Systems*, 54(1), 33-45.
- W3C. (s.d.). *Vocabularies*. Récupéré sur W3C Ontology: <http://www.w3.org/standards/semanticweb/ontology>
- Wallin, C.-J., Meurling, L., Hedman, L., Hedegård, J., & Felländer-Tsai, L. (2007). Target-focused medical emergency team training using a human patient simulator: effects on behaviour and attitude. *Medical education*, 41(2), 173-180.
- Wang, Q., Sourina, O., & Nguyen, M. K. (2010). Eeg-based" serious" games design for medical applications. *Cyberworlds (CW), 2010 International Conference on* (pp. 270-276). IEEE.
- Waraich, A. (2004). Using narrative as a motivating device to teach binary arithmetic and logic gates. *9th annual SIGCSE Conference on Innovation and Technology in Computer Science*. 36, pp. 97-101. Leeds: ACM.
- Warburton, S. (2009). Second Life in higher education: Assessing the potential for and the barriers to deploying virtual worlds in learning and teaching. *British Journal of Educational Technology*, 414-426.
- Wattanasoontorn, V., Boada, I., García, R., & Sbert, M. (2013). Serious games for health. *Entertainment Computing*, 4(4), 231-247.
- Weitze, C. L., & Ørngreen, R. (2012). Concept Model For Designing Engaging And Motivating Games For Learning-The Smiley-Model. *Meaningful play*.
- WHO. (2016). *Classifications*. Récupéré sur Classifications: <http://www.who.int/classifications/icd/en/>
- Wind, L. A., Van Dalen, J., Muijtjens, Arno, M., & Rethans, J. J. (2004). Assessing simulated patients in an educational setting: the MaSP (Maastricht Assessment of Simulated Patients). *Medical Education*, 38(1), 39-44.
- Yessad, A., & Labat, J.-M. (2011). Approche Ontologique pour la Détection de la Pertinence d'une Action dans un Jeu Sérieux . *22èmes Journées francophones d'Ingénierie des Connaissances*.
- Yusoff, A., Crowder, R., Gilbert, L., & Wills, G. (2009). A conceptual framework for serious games. *Advanced Learning Technologies, Ninth IEEE International Conference on* (pp. 21-23). IEEE.
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 25-32.

Abréviations

A

API. *Application Programming Interface*

AVC. *Accident vasculaire cérébral*

B

BPMN. *Business Process Model and Notation, Business Process Model and Notation*

C

CHL. *Connected Health Lab*

CIM. *Classification Statistique Internationale des Maladies et des problèmes de santé connexes*

CNGE. *Collège National des Généralistes Enseignants*

D

DES. *Diplôme D'études Spécialisées*

DF. *flux de dialogue*

DGBL. *Digital Game Based Learning*

DL. *Description Logic*

DMP. *Dossier médical personnel*

DS. *Session de dialogue*

DUMG. *département universitaire de Médecine Générale*

E

EEG. *Électroencéphalographie*

EHPAD. *établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes*

G

GBL. *Game Based Learning*

I

IA. *Intelligence Artificielle*

IDE. *Integrated Development Environment*

ITS. *Intelligent Tutoring System*

Abréviations

L

LM-GM. *Mécanique-apprentissage et Mécanique-jeu*

M

MCPM. *Medical Consultation Process Model*

MCSOnto. *Medical Consultation Session Ontology*

MS. *micro-séquence*

MVC. *Model-View-Controller*

N

NPC. *Non-Player Character*

O

OMS. *l'Organisation Mondiale de la Santé*

OWL. *Web Ontology Language*

R

RDF. *Resource Description Framework*

RDFS. *Resource Description Framework Schema*

RDQL. *RDF Data Query Language*

S

SL. *SecondLife*

SP. *Simulated Patient/Standardized Patient*

SPARQL. *SPARQL Protocol and RDF Query Language, Simple Protocol and RDF Query Language*

T

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

V

VR. *Virtual Reality(Réalité Virtuelle)*

VSP. *Virtual Standardized Patient*

W

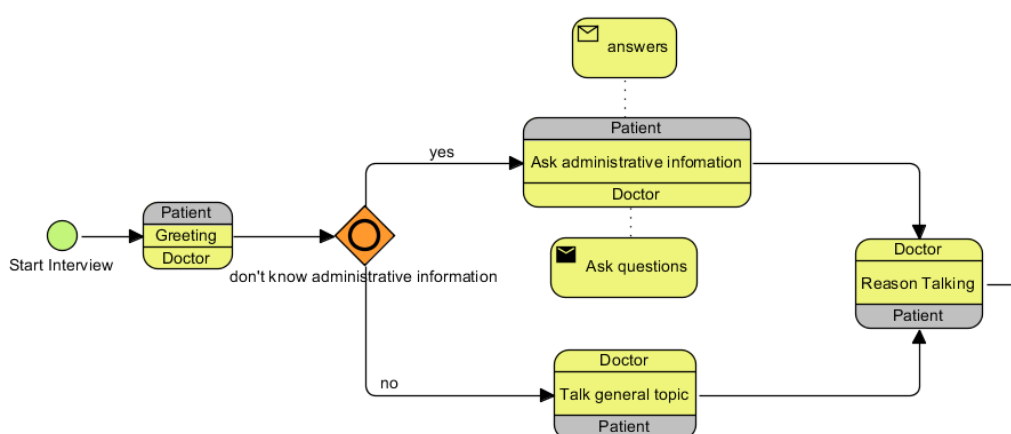
W3C. *World Wide Web Consortium*

Annexe

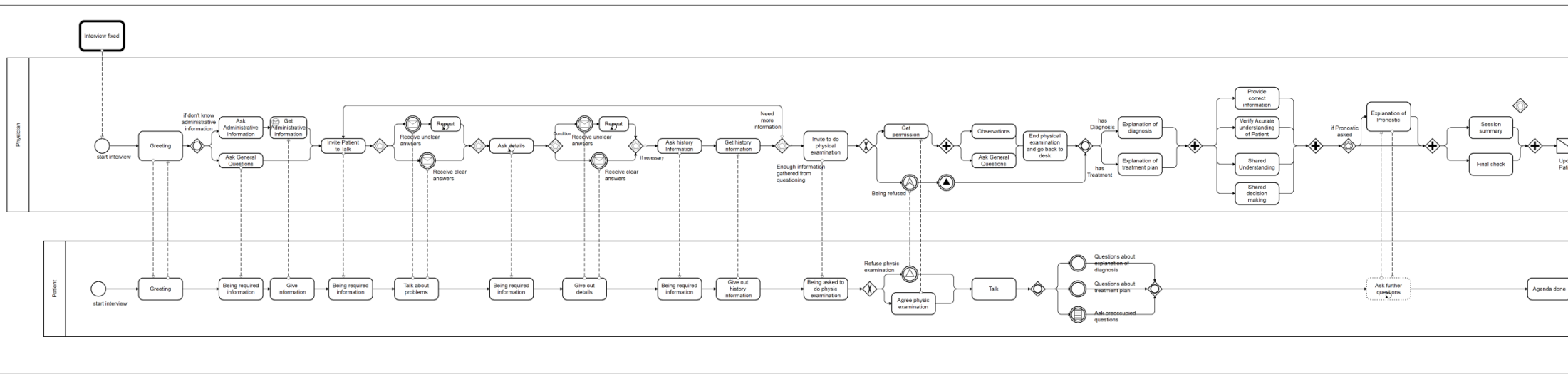
i. BPMN du processus de la consultation médicale entre un médecin et un patient

Le diagramme de processus BPMN (*Business Process Model and Notation*) illustre les activités qui se produisent au cours d'une visite de consultation en médecine générale. Les activités de ce processus sont effectuées par un médecin et un patient et soulignent les étapes considérées comme de bonnes compétences en communication. Par exemple, la tâche « poser des questions générales » et la tâche « vérifier la compréhension précise du patient » sont des pratiques appropriées afin de comprendre le patient. Il convient de noter que, outre que les activités générales indiquées dans le schéma ci-dessous, les médecins peuvent interagir non seulement avec leurs patients, mais aussi avec d'autres participants. Ils peuvent aussi faire face à l'interruption des activités telles que répondre à un appel téléphonique pour mener une brève consultation avec un patient à distance ou prendre un rendez-vous d'urgence.

Notons que le diagramme de chorégraphie ci-dessous est une nouveauté introduite dans BPMN 2.0 qui permet d'exprimer les interactions « *between-processes* » et les flux de messages, ce qui correspond au type de messages échangés lors d'une consultation médicale.



Annexe-Figure 1: extrait du diagramme de chorégraphie du processus de consultation médicale



Annexe-Figure 2 : BPMN 1.0 du processus de la consultation médicale.

ii. AgileDoctor : éléments ludiques et *gameplay*.

1. Scores du joueur

- Score total : **ptTotal**
 - somme des scores **ptFinal** de chaque session de jeu effectuée.
- Score finale de charme pour cet utilisateur : **charmValue**
 - pourcentage du nombre d'actions effectuées ayant l'effet d'agressivité le plus bas par rapport au nombre total d'actions effectuées.
 - Ou pourcentage de session effectuée ayant un score supérieur à 80 (sur cent points possibles) par rapport au nombre total de sessions effectuées.
- Score finale de réputation : **reputationValue**
 - pourcentage du nombre d'actions effectuées ayant l'effet total le plus haut par rapport au nombre total d'actions effectuées.
- Score finale en compétences de e-santé : **ehealthValue**
 - $ehealthValue = \sum eHealthElemGot_i * e_i$, chaque module de e-santé ayant pour score e_i .
- Score finale pour une session : **ptFinal**
 - somme des scores **commskillValue** et $eHealthElemGot_i * e_i$ d'une session de jeu.
- Score finale aux compétences communicationnelles d'une session : **commskillValue**
 - somme des valeurs $(init_{dist} - pt_{dist})$, $(pt_{tr} - init_{tr})$, $(init_{aggr} - pt_{aggr})$
- module de e-santé effectué et obtenu : **eHealthElemGot_i**
 - Pour une session de jeu, les modules de e-santé sont jugés obtenus par la réalisation d'un quiz.

2. Récompense¹:

Items	Valeurs	Règle d'obtention
Agicoin	Un entier	<ul style="list-style-type: none"> • +10 pour chaque premier login d'un jour. • +100 si l'utilisateur est classé dans les premiers 20% du palmarès. • +50 quand l'utilisateur réussit une session de consultation. • Quand l'utilisateur obtient une médaille, il gagne la somme correspondante • +50 Quand l'utilisateur réussit un quiz dans une session e-santé.

¹ Ces propositions ne sont pas définitives pour AgileDoctor.

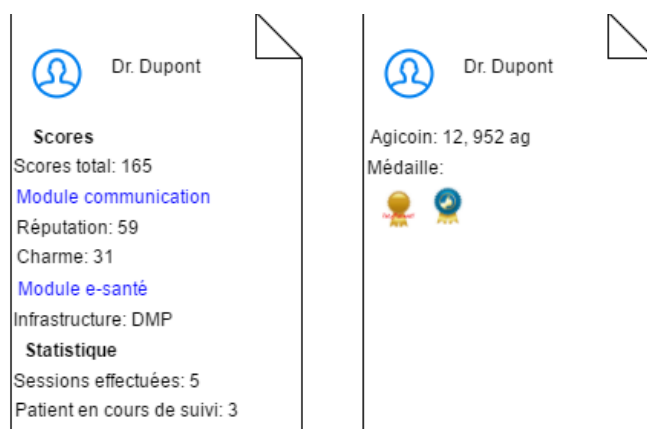
Médaille	« First Patient! » +100 agicoïn	<ul style="list-style-type: none"> • Si l'utilisateur a fini la première session de consultation avec un score final de charme supérieur à 60%.
	« Beginner » +300 agicoïn	<ul style="list-style-type: none"> • Si l'utilisateur termine trois sessions de consultation avec un point de sortie de réussite.
	« On the way » +500 agicoïn	<ul style="list-style-type: none"> • Si l'utilisateur a fini trois sessions de consultation avec un score final de charme supérieur à 60%.
	« Your patients like you! » +800 agicoïn	<ul style="list-style-type: none"> • Si l'utilisateur a fini trois sessions de consultation avec trois patients différents et un score final de charme supérieur à 60%.
	« eHealth Pioneer » +200 agicoïn	<ul style="list-style-type: none"> • Si l'utilisateur a réussi une session dans un module e-santé.
	« eHealth Expert » +1000 agicoïn	<ul style="list-style-type: none"> • Si l'utilisateur a réussi toutes les sessions d'un module e-santé.
	« Master e-Health : [Element i] » +100 agicoïn	<ul style="list-style-type: none"> • Quand l'utilisateur a réussi à apprendre un item dans le module e-santé, [Element i] étant le nom de l'item.
	« E-Tech prize » +200 agicoïn	<ul style="list-style-type: none"> • Si l'utilisateur a utilisé un élément appris dans un module de e-santé au cours d'une session de consultation.
Titre	Niveau 1 : « Just Graduated » +300 agicoïn	<ul style="list-style-type: none"> • Si l'utilisateur termine une session de consultation avec un score total supérieur à 60% du score maximum possible.
	Niveau 2 : « Good Doc » +1000 agicoïn	<ul style="list-style-type: none"> • Si l'utilisateur termine trois sessions de consultation avec un score total supérieur à 60% du score maximum possible.
	Niveau 3 : « Popular Doc » +1500 agicoïn	<ul style="list-style-type: none"> • Si l'utilisateur a fini une session de consultation avec 3 patients différents et un score final de charme supérieur à 60%.
	Niveau 4 : « Well-known Doc » +2000 agicoïn	<ul style="list-style-type: none"> • Si l'utilisateur a fini une session de consultation avec 5 patients différents patients et un score final de charme supérieur à 60%.
	Niveau 5 : « Star Doc » +3000 agicoïn	<ul style="list-style-type: none"> • Si l'utilisateur a fini une session de consultation avec 8 patients différents et un score final de charme supérieur à 60% .

- Magasin

	Description	Coût
itemsESanté	Accès au DMP	500 agicoïn
	Equipement de téléconsultation	1000 agicoïn
	Système de télésurveillance	500 agicoïn
decorationPlan	Nombre de décoration du cabinet au choix	De 200 à 2000 agicoïn

- Statistiques d'utilisateur

Statistiques	Description
Nombre de Sessions effectuées	Nombre de sessions de consultation menées à leur terme.
Nombre de patients	Nombre de patient en cours de suivi.
Temps total joué	Temps total passé en jeu.



Annexe-Figure 3 : Exemple d'information sur le profil d'un joueur.

iii. Contenus pédagogiques d'AgileDoctor

1. Module 1 : compétences communicationnelles

Pedagogic list [Module communication skills training]

1.1 Essential communication skill

- 1.1.1 Politeness
- 1.1.2 Clear expressions
- 1.1.3 Suggestions
- 1.1.4 Organized phrases
- 1.1.5 Non-jargon and explanations
- 1.1.6 Frequent summaries

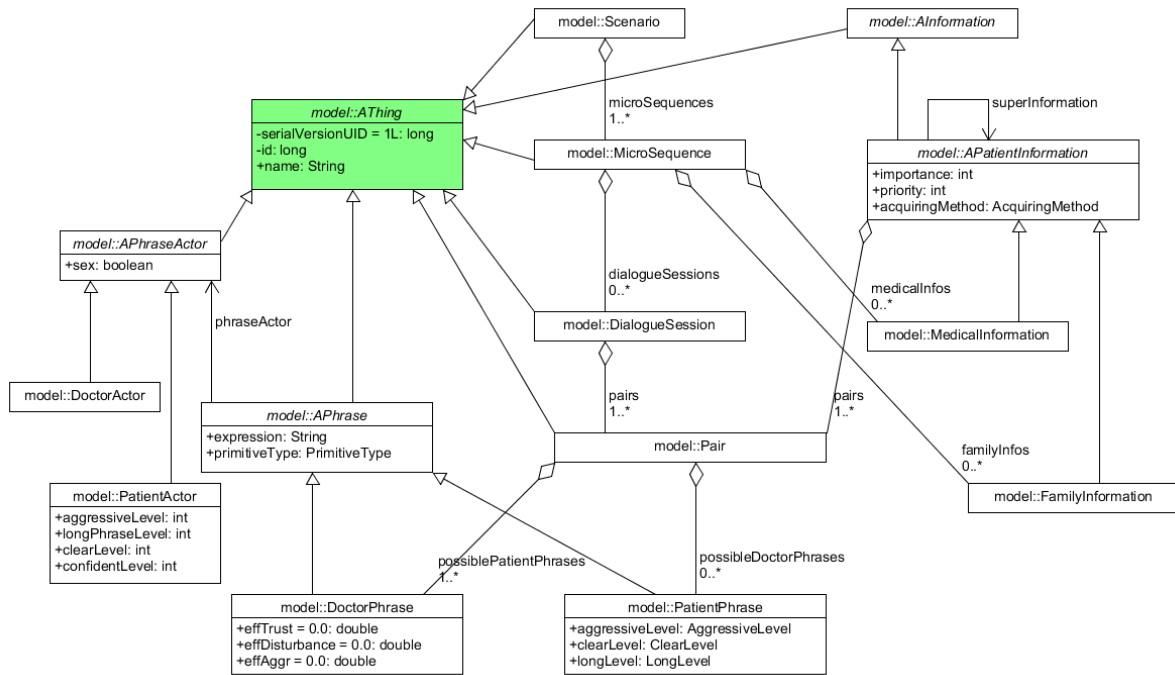
- 1.1.7 Encourage the patient to talk
- 1.2 Consultation with problematic patient
 - 1.2.1 Communication with hearing impaired patient
 - 1.2.2 Communication with speech impaired patient
 - 1.2.3 Communication with vision impaired patient
 - 1.2.4 Communication with memory deficit patient
 - 1.2.5 Communication with difficult patient
 - 1.2.5.1 Angry and defensive patient
 - 1.2.5.2 Frightened patient
 - 1.2.6 Communication with cultural/ethnic and spiritual/religious-sensitive patient
- 1.3 Consultation with abnormal situational factors
 - 1.3.1 Communication with multiple people in the examination room
 - 1.3.1.1 Presence of an intern
 - 1.3.1.2 Presence of a companion for an adult patient
 - 1.3.1.3 Presence of a companion for a teenager patient
 - 1.3.1.4 Presence of a parent for a child patient
 - 1.3.2 Announce a breaking bad news
 - 1.3.3 Interruption by an environment issue (telephone, alarm, disturbing noise)
- 1.4 *Confidentiality training*
 - 1.4.1 Appropriate use of health history
 - 1.4.2 Appropriate use of protected health information

2. Module 2 : e-Santé

Pedagogic list: [Module E-Health: introduction]

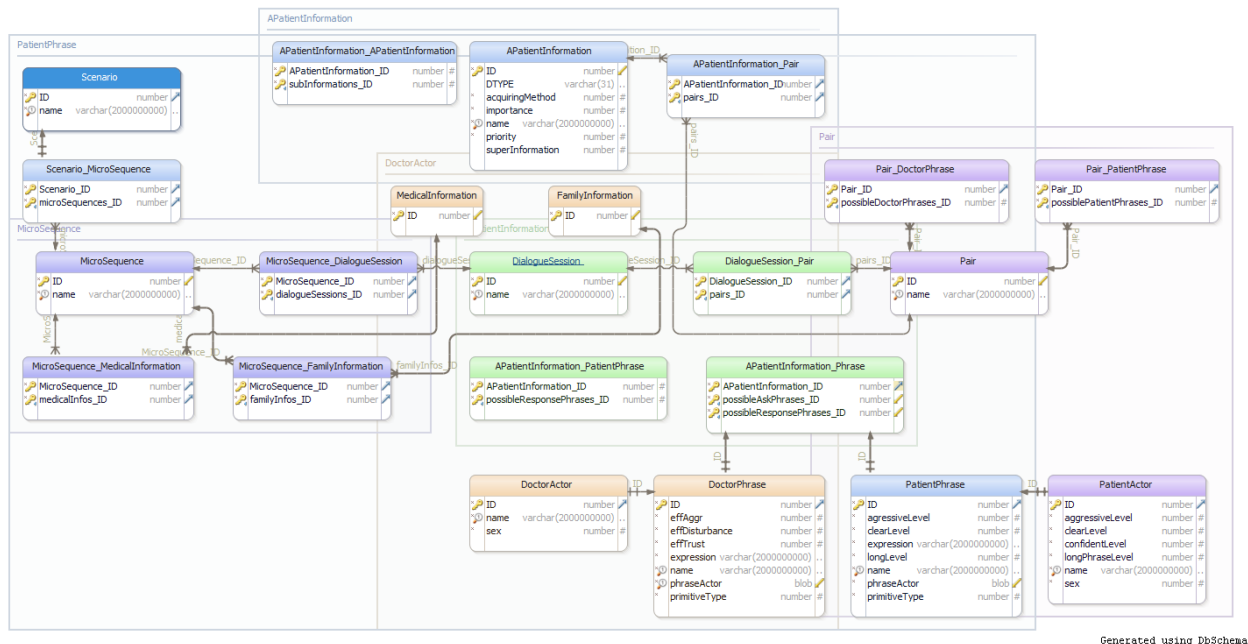
Five objectives to introduce EHR (electronic health record), teleconsultation, : what's, why, how to request access to this system, (how to install the system, people to be addressed), how to use (including legacy issues as get consent from patient).

iv. Diagramme de classe



Annexe-Figure 4 : Diagramme de classe de partie «model » dans l’implémentation de moteur de dialogue

v. Schéma de base de données

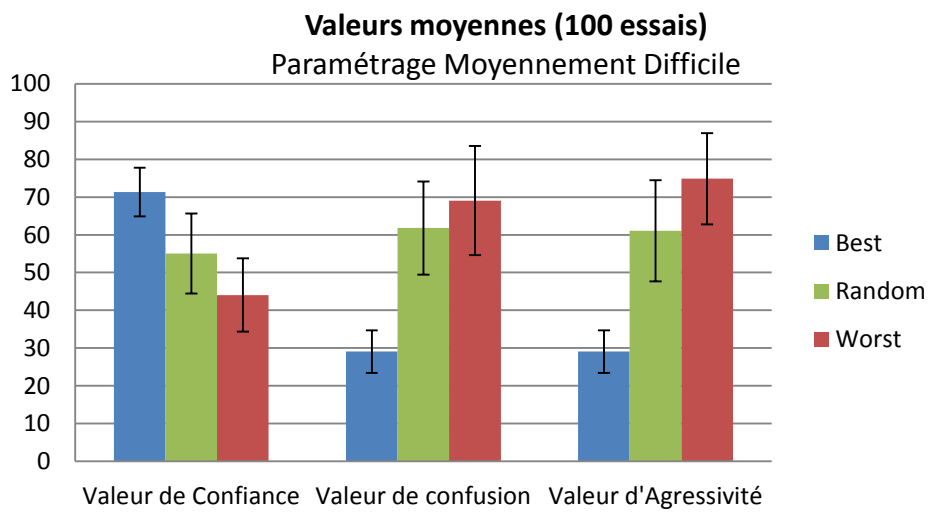
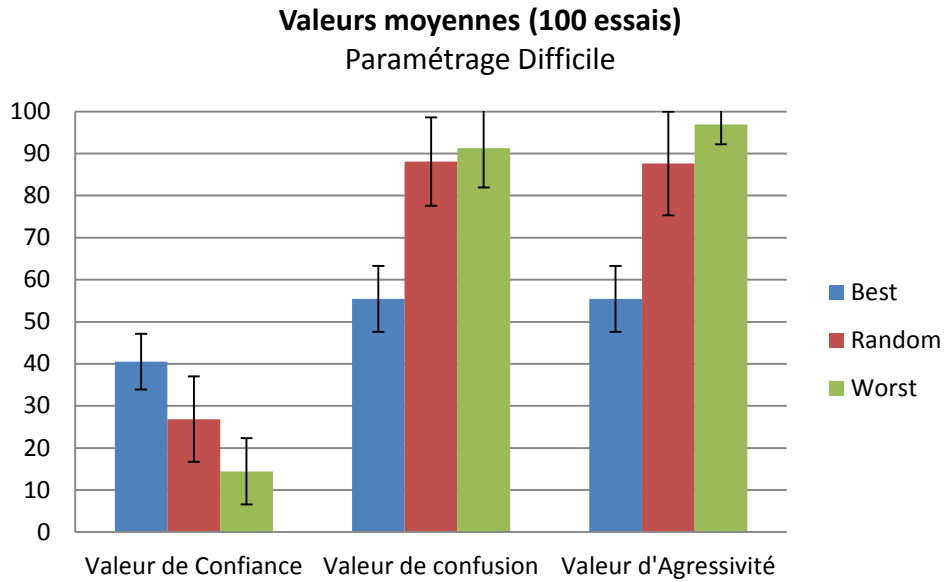


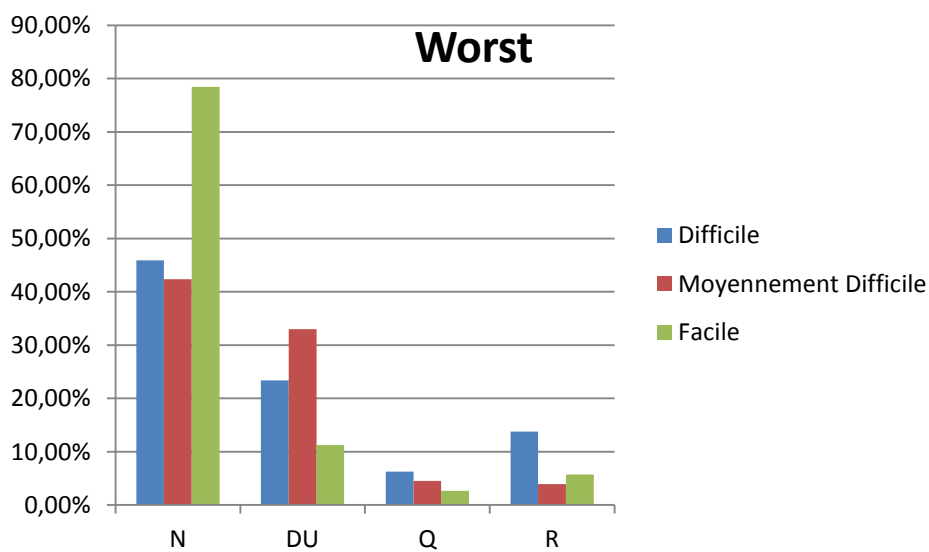
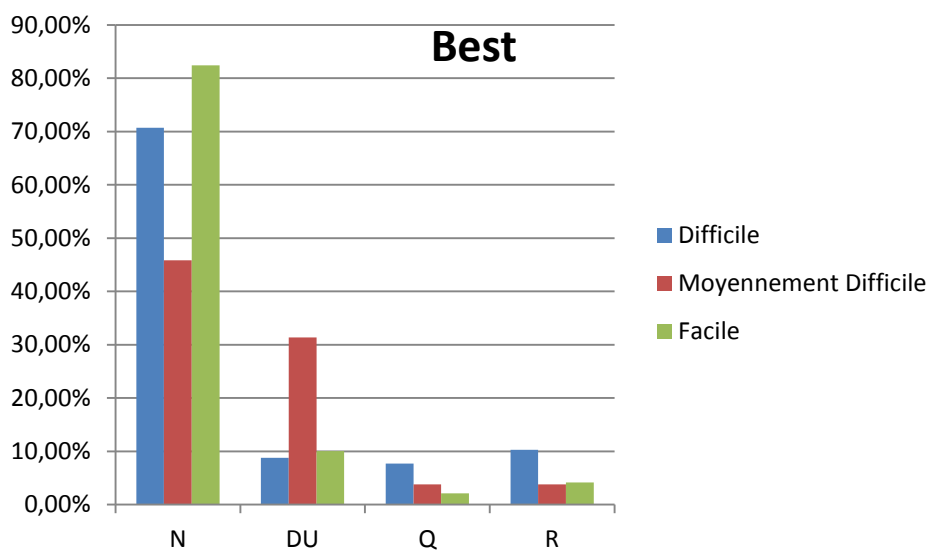
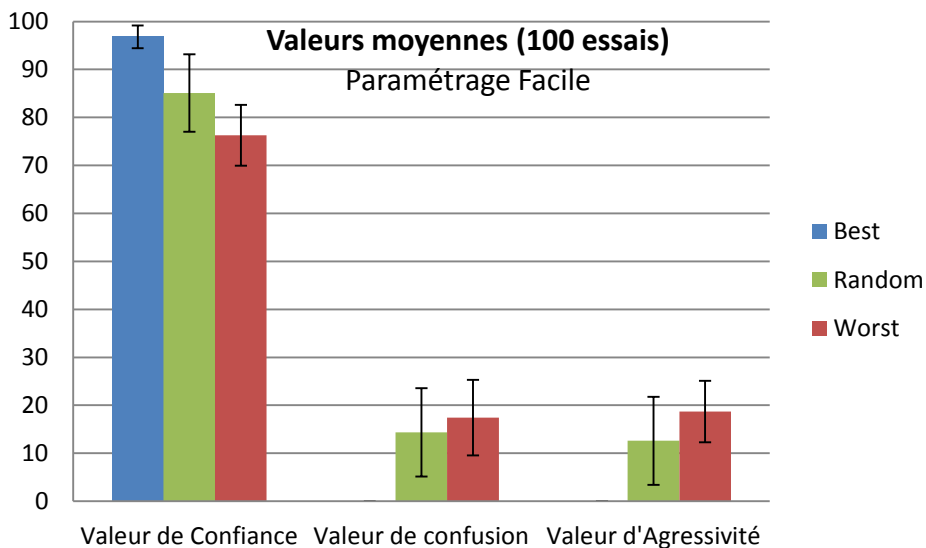
Generated using DBSchema

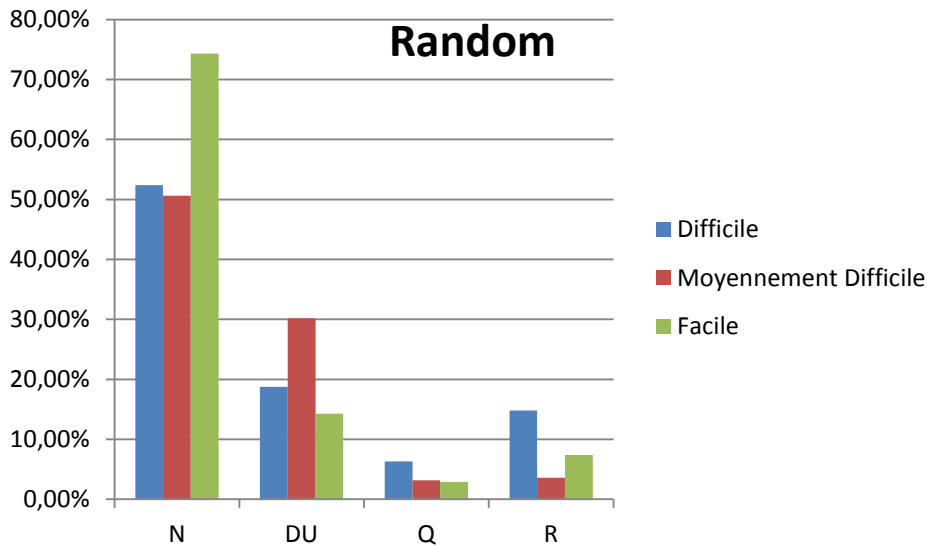
Annexe-Figure 5 : Schéma de base de données (SGDB :SQLite)

vi. Résultats complets des expérimentations sur le moteur de dialogue

- Questions Générales :







SET 1 : A patient talkative, aggressive and chaotic, low on comprehension .

*****trail 4: Question Générale*****

Scenario Parameter:

* Patient talktive: 80.0
 * Patient aggressive: 0.8
 * Patient chaotic: 0.8
 * Initial disturbance: 80.0
 * probability DU: 0.2
 * probability Refuse: 0.3

*****Best Choice*****

Doctor Dupont: Sinon vous continuez à jardiner ? Vous jardinez, c'est bien ça ?

Patient Cathy: Oui, autant que possible...

Doctor Dupont: (Hochement de la tête) en hein

Patient Cathy: J'ai des tomates à planter, vous comprenez. Je dois me pencher et franchement, c'est dur...

*****Random Choice*****

Doctor Dupont: Sinon vous continuez à jardiner ? Vous jardinez, c'est bien ça ?

Patient Cathy: Oui, autant que possible...

Doctor Dupont: (Hochement de la tête) en hein

Patient Cathy: Je ne veux plus parler de ça...

Doctor Dupont: Vous baladez toujours avec votre chien ? C'est un caniche, non ?

Patient Cathy: (Fâché) Vous ne savez pas qu'il est mort ?!

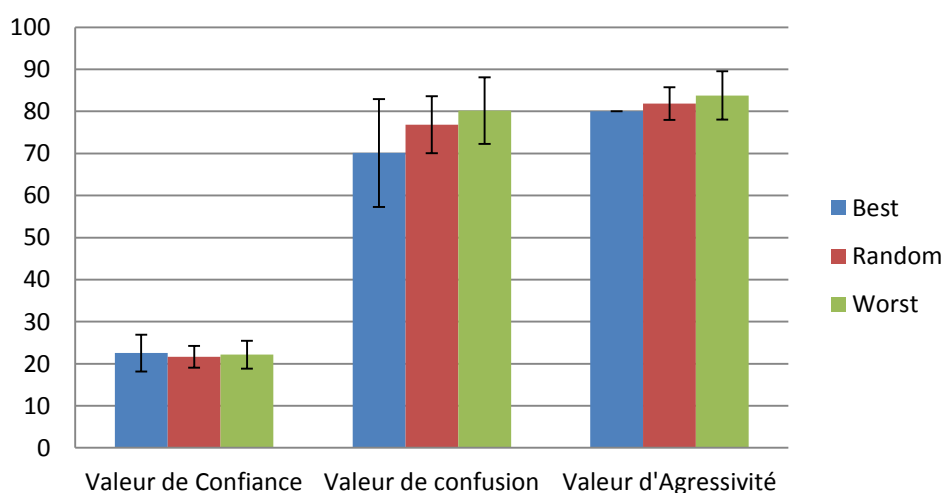
Doctor Dupont: Ah je suis désolé.
 Patient Cathy: Je ne veux plus parler de ça...
 Doctor Dupont: Comment ça ?
 Patient Cathy: (triste) C'était brusque. Blablabla...
 Doctor Dupont: Ah oui? Dommage
 Patient Cathy: (fâché) Alors docteur, on peut commencer à traiter mes problèmes au lieu de parler de mon ancien chien ?

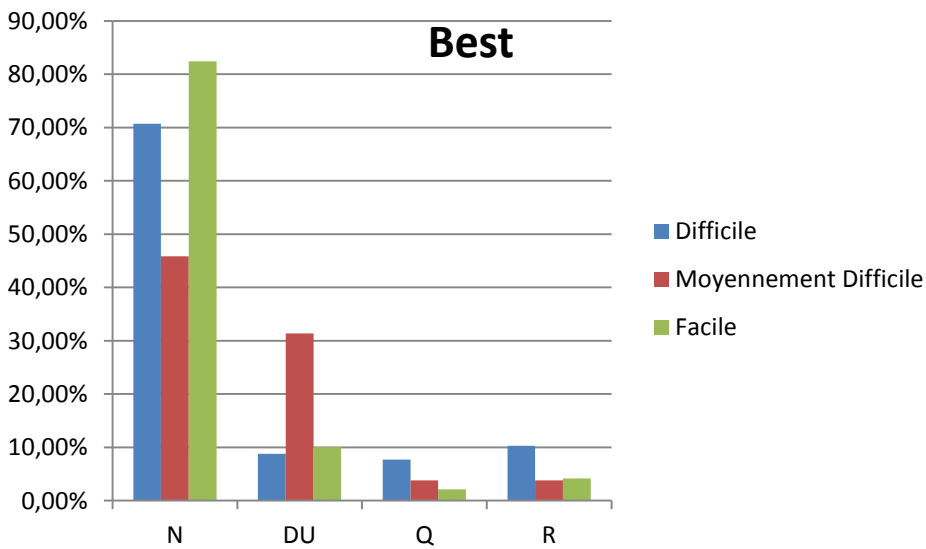
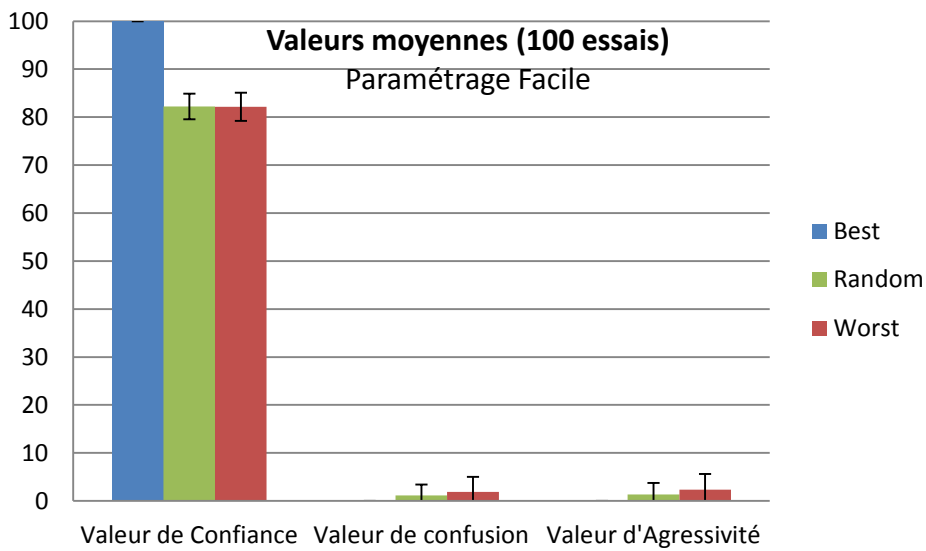
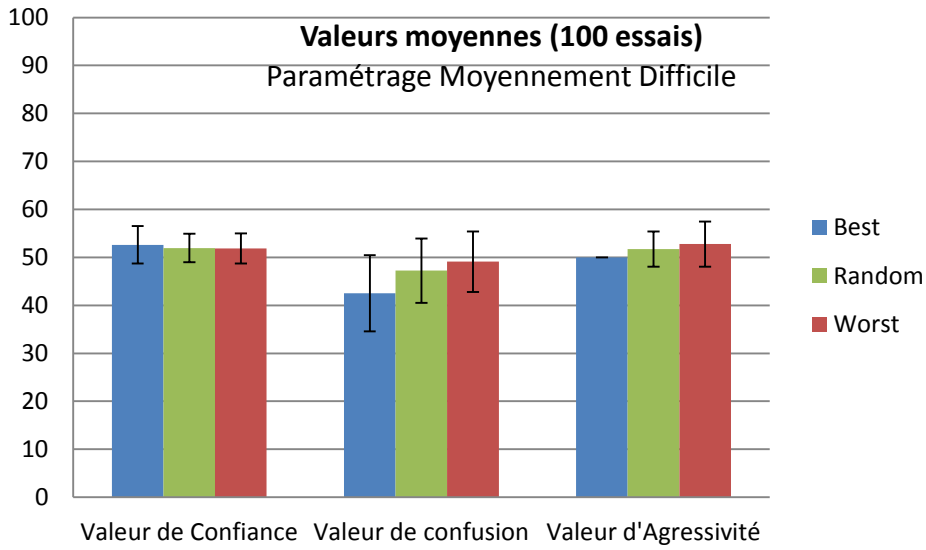
*****Worst Choice*****

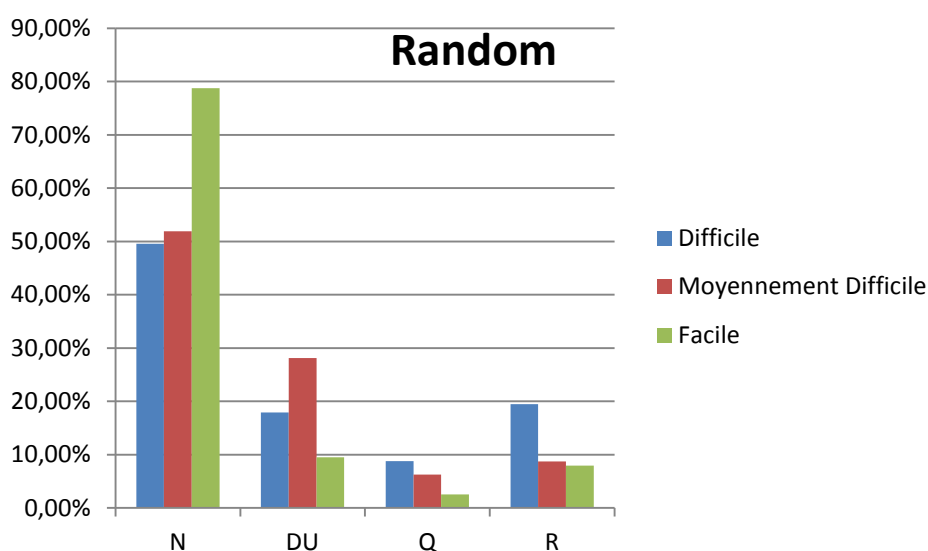
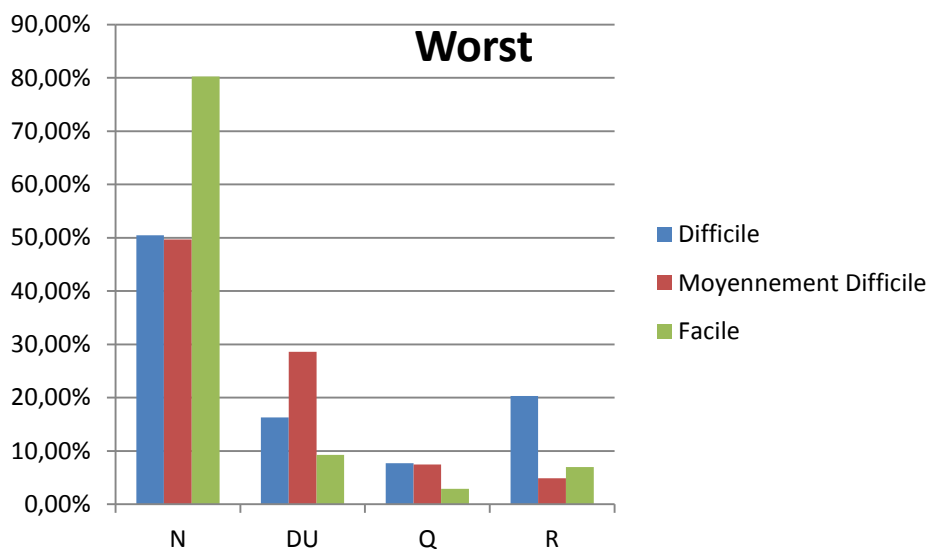
Doctor Dupont: Vous baladez toujours avec votre chien ? C'est un caniche, non ?
 Patient Cathy: (Fâché) Vous ne savez pas qu'il est mort ?!
 Doctor Dupont: Ah bon ?
 Patient Cathy: Je n'ai pas compris...
 Doctor Dupont: Oui, je voulais juste vous dire qu'il faut quand même faire un peu plus de la marche, ou quoi que soit.
 Patient Cathy: Pourquoi vous me demandez ça?
 Doctor Dupont: Ah oui? Dommage
 Patient Cathy: (triste) Ouais, je sais, mais c'est dur...
 Doctor Dupont: Sinon vous continuez à jardiner ? Vous jardinez, c'est bien ça ?
 Patient Cathy: Oui, autant que possible...
 Doctor Dupont: Vous pouvez me dire plus ?
 Patient Cathy: J'ai des tomates à planter, vous comprenez. Je dois me pencher et franchement, c'est dur...
 *****end trail 4*****

- Motif consultation

Valeurs moyennes (100 essais)
 Paramétrage Difficile







SET 1 :A patient talkative, aggressive and chaotic, low on comprehension .

*****trail 5: Ask Reason of Coming*****

Scenario Parameter:

* Patient talktive: 80.0

* Patient aggressive: 0.8

* Patient chaotic: 0.8

* Initial disturbance: 80.0

* probability DU: 0.2

* probability Refuse: 0.3

*****Best Choice*****

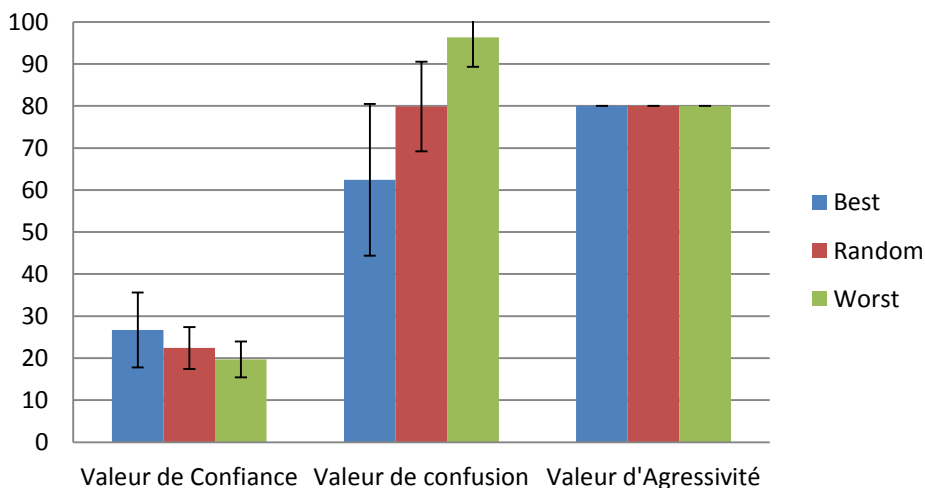
Doctor Dupont: Je vous écoute.

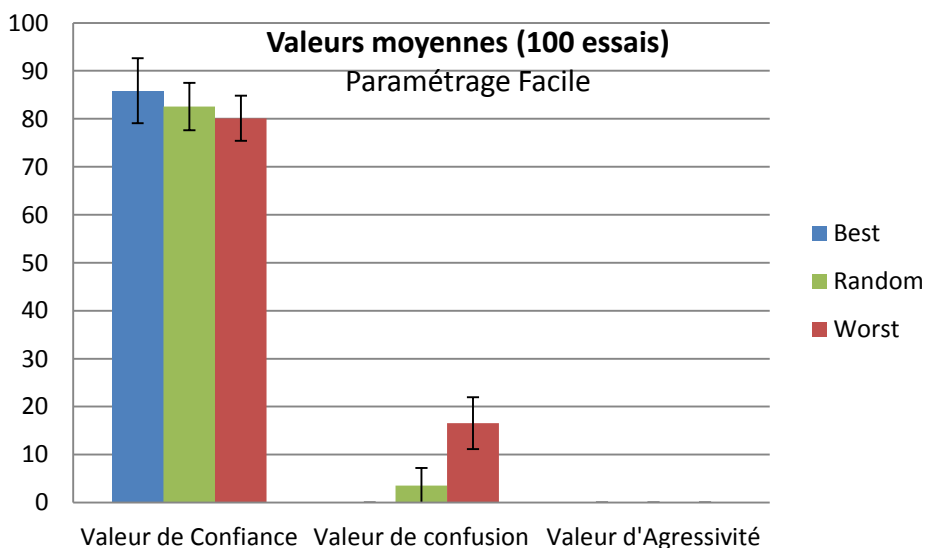
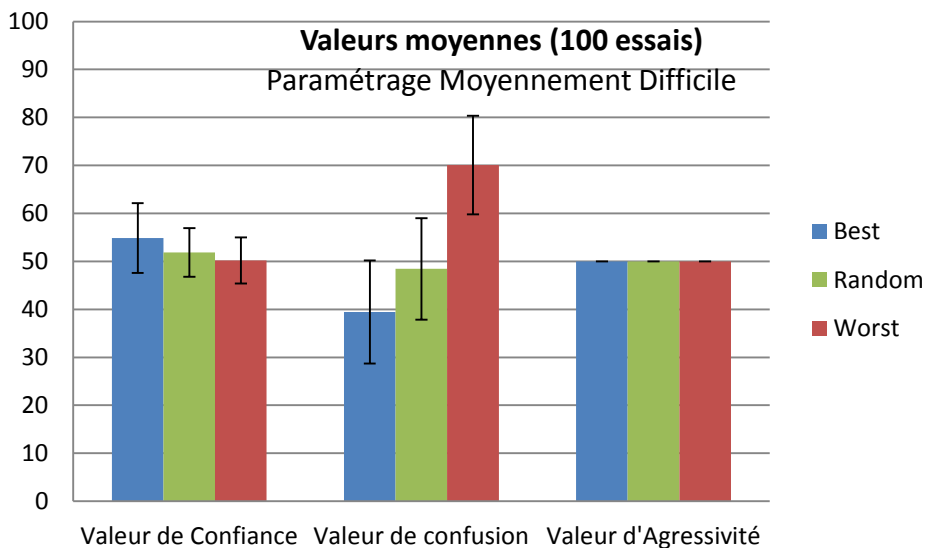
Patient Cathy: Alors j'ai mon ordonnance qui sera expirée bientôt.

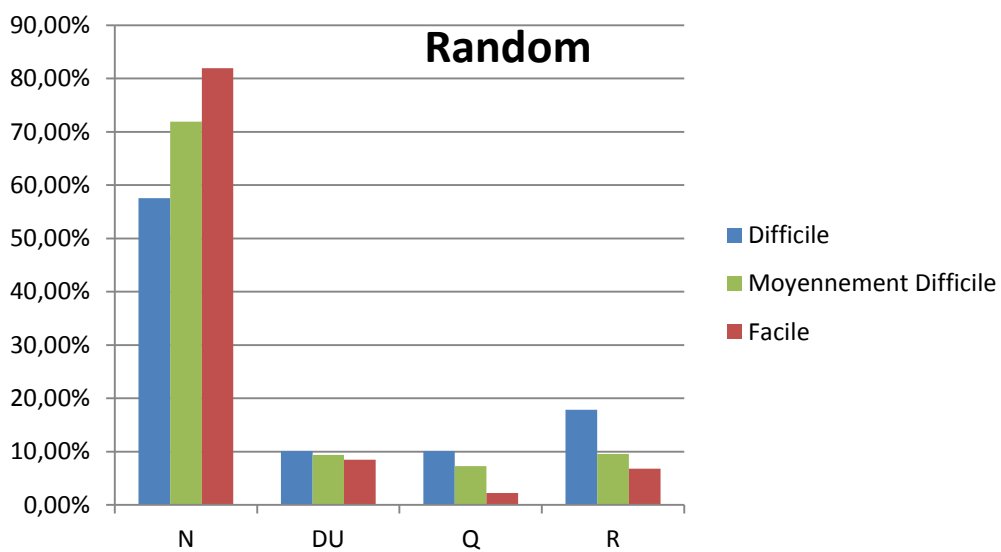
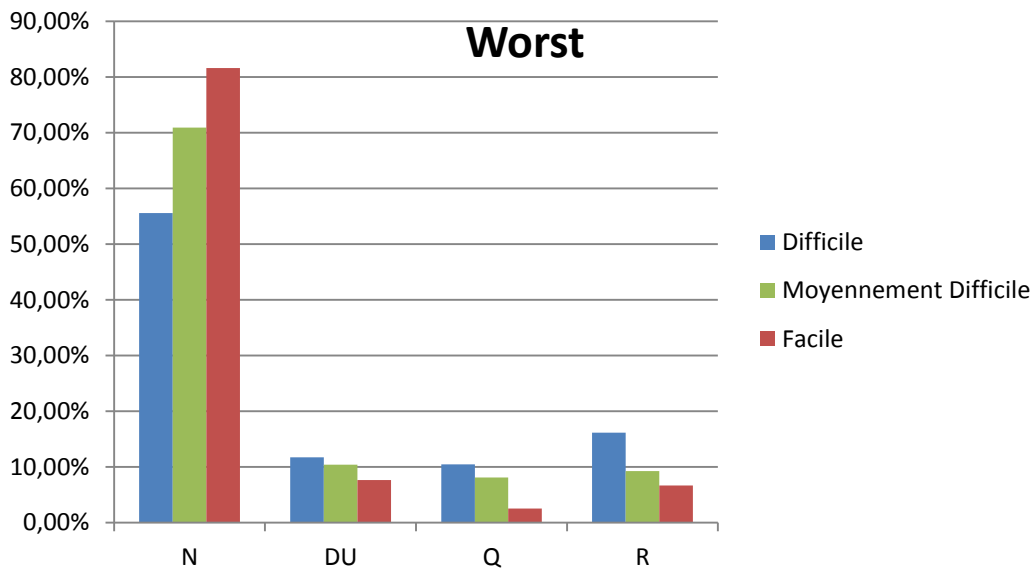
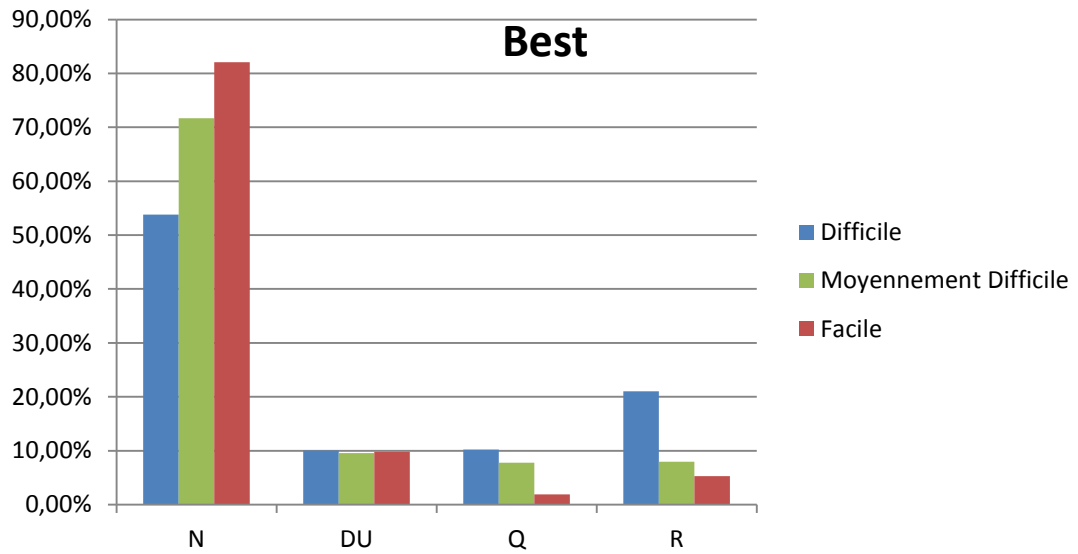
Doctor Dupont: Je vous écoute.
 Patient Cathy: Pour faire un contrôle ? Vous me dites de revenir de temps en temps..
 *****Random Choice*****
 Doctor Dupont: Je vous écoute.
 Patient Cathy: Pour faire un contrôle ? Vous me dites de revenir de temps en temps..
 Doctor Dupont: Vous ne devrez pas renouveler votre ordonnance par hasard ?
 Patient Cathy: Je n'ai pas compris...
 Doctor Dupont: Dites-moi pourquoi vous êtes venu.
 Patient Cathy: Alors j'ai mon ordonnance qui sera expirée bientôt.
 Doctor Dupont: Dites-moi pourquoi vous êtes venu.
 Patient Cathy: Je n'ai pas d'autre chose à vous dire.
 *****Worst Choice*****
 Doctor Dupont: Je vous écoute.
 Patient Cathy: Pour faire un contrôle ? Vous me dites de revenir de temps en temps..
 Doctor Dupont: Ok. Je vous écoute.
 Patient Cathy: Alors j'ai mon ordonnance qui sera expirée bientôt.
 Doctor Dupont: Ok. Je vous écoute.
 Patient Cathy: Je pense que j'ai tout dit.
 *****end trail 5*****

- Anamnèse :

Valeurs moyennes (100 essais)
 Paramétrage Difficile







Scripts :

*****trail 6: History taking*****

 Scenario Parameter:

* Patient talktive: 80.0
 * Patient aggressive: 0.8
 * Patient chaotic: 0.8
 * Initial disturbance: 80.0
 * probability DU: 0.05
 * probability Refuse: 0.3

*****Best Choice*****

Doctor Dupont: Comment décririez-vous votre sommeil ?

Patient Cathy: Ben.... Mon sommeil.... Je dors pas trop mal mais..

Doctor Dupont: Et sinon, vous êtes fatigué ?

Patient Cathy: Ah je me sens fatigué tout le temps ! Tenez, quand je suis au jardin, je commence à peine que je suis déjà essoufflé.

Doctor Dupont: Ah c'est gênant ça, je comprends.

Patient Cathy: (hochement de tête)

Doctor Dupont: Tout va bien ? Rien de particulier ?

Patient Cathy: C'est aux pieds que j'ai mal et au genou un peu aussi, surtout quand je monte les escaliers.

Doctor Dupont: C'est-à-dire vous n'arrivez pas à bien dormir? Pourquoi ?

Patient Cathy: Je me lève souvent.

Doctor Dupont: Combien de fois?

Patient Cathy: Ben, beaucoup, je ne le compte pas, c'est un peu gênant, mais je pense que 3 fois ? parfois beaucoup plus.

Doctor Dupont: Pourquoi ?

Patient Cathy: Je n'ai pas compris...

Doctor Dupont: Je veux dire que Pourquoi ?

Patient Cathy: Pour aller faire pipi.

Doctor Dupont: Tout va bien ? Rien de particulier ?

Patient Cathy: Je pense que j'ai tout dit.

*****Random Choice*****

Doctor Dupont: Tout va bien ? Rien de particulier ?

Patient Cathy: Ah je me sens fatigué tout le temps ! Tenez, quand je suis au jardin, je commence à peine que je suis déjà essoufflé.

Doctor Dupont: Ça vous fait mal quelque part ?

Patient Cathy: C'est aux pieds que j'ai mal et au genou un peu aussi, surtout quand je monte les escaliers.

Doctor Dupont: Quand vous allez aux toilettes, tout se passe bien ?

Patient Cathy: Je ne veux plus parler de ça...

Doctor Dupont: Comment le vivez-vous ce diabète en ce moment?

Patient Cathy: Ben.... Mon sommeil.... Je dors pas trop mal mais..

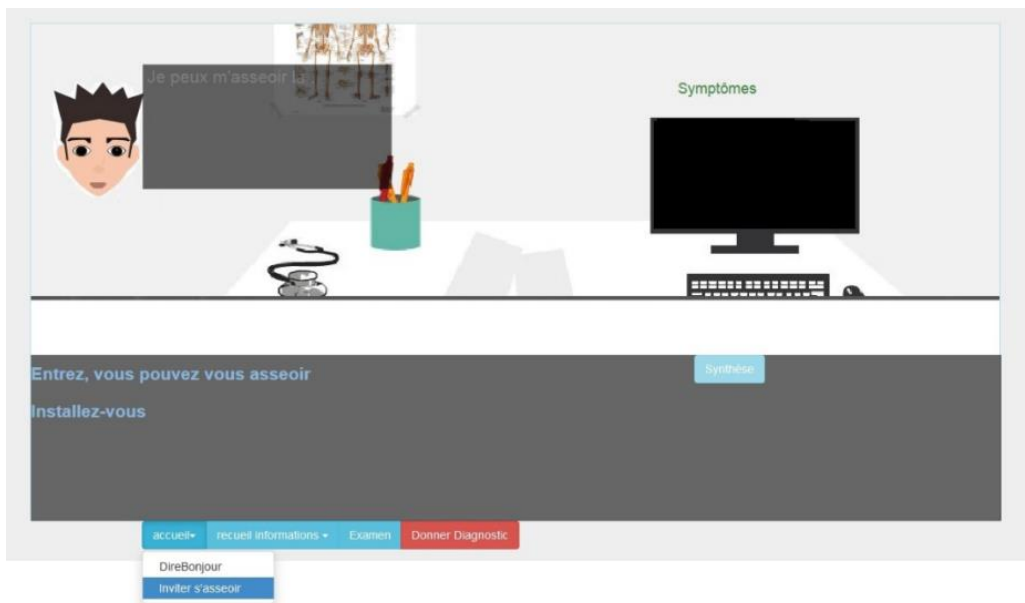
Doctor Dupont: Vous êtes fatigué de la journée au soir ?

Patient Cathy: Oui, la journée, la soirée, la nuit, tout le temps, tout le temps je me sens fatigué..

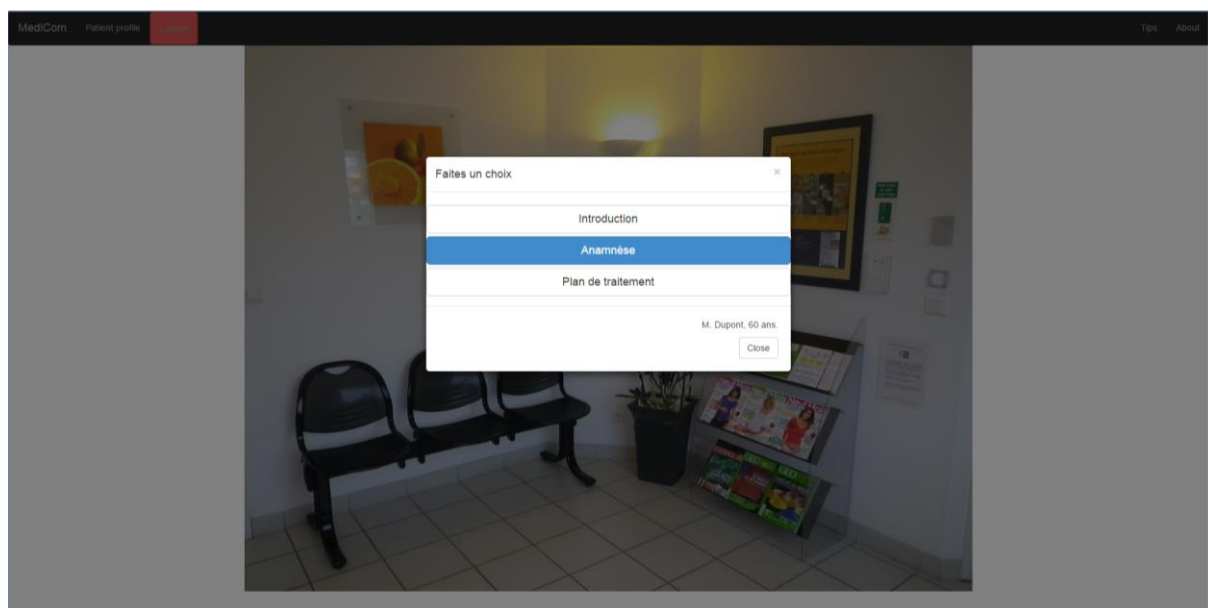
Doctor Dupont: Comment le vivez-vous ce diabète en ce moment?

```
Patient Cathy: Je pense que j'ai tout dit.  
*****Worst Choice*****  
Doctor Dupont: Comment le vivez-vous ce diabète en ce moment?  
Patient Cathy: Ah je me sens fatigué tout le temps ! Tenez, quand je  
suis au jardin, je commence à peine que je suis déjà essoufflé.  
Doctor Dupont: Comment le vivez-vous ce diabète en ce moment?  
Patient Cathy: C'est aux pieds que j'ai mal et au genou un peu  
aussi, surtout quand je monte les escaliers.  
Doctor Dupont: Comment le vivez-vous ce diabète en ce moment?  
Patient Cathy: Ben.... Mon sommeil.... Je dors pas trop mal mais..  
Doctor Dupont: Comment le vivez-vous ce diabète en ce moment?  
Patient Cathy: Je pense que j'ai tout dit.  
*****end trail 6*****
```

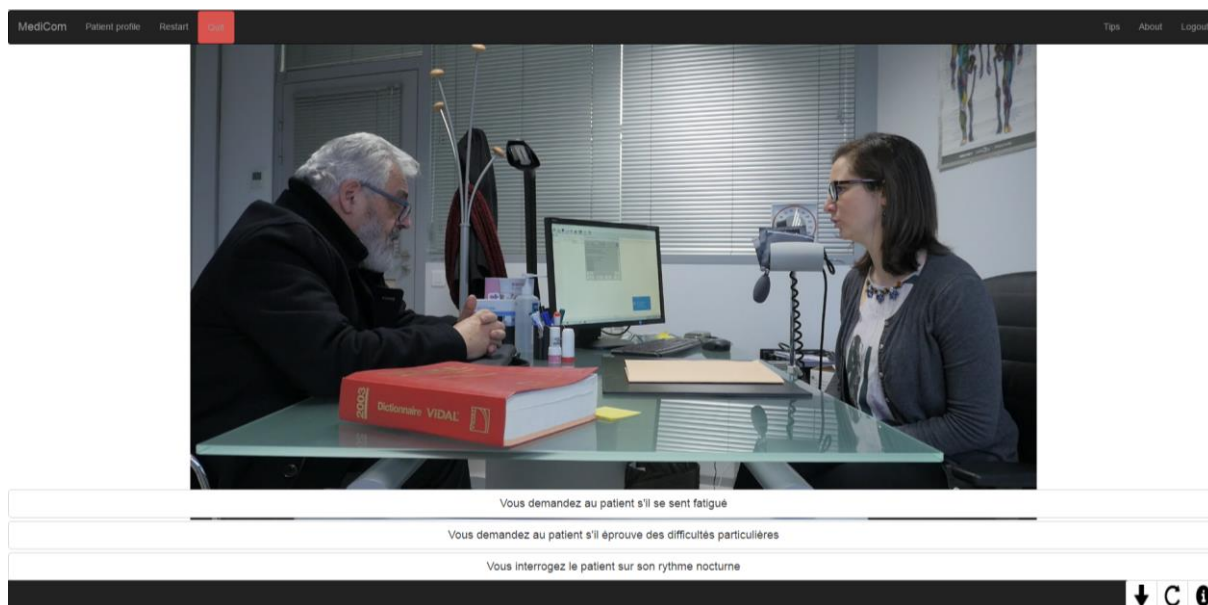
vii. Prototype



Annexe-Figure 6 : Capture d'écran de la version textuelle d'AgileDoctor



Annexe-Figure 7 : Capture d'écran du démarrage du jeu en version vidéo.



Annexe-Figure 8 : Capture d'écran en cours de partie de la version vidéo.