Modèle d'interaction sociale pour des agents conversationnels animés : Application à la rééducation de patients cérébro-lésés

Maria Lucila Morales-Rodríguez

▶ **To cite this version:**

Maria Lucila Morales-Rodríguez. Modèle d'interaction sociale pour des agents conversationnels animés : Application à la rééducation de patients cérébro-lésés. Informatique. Université Paul Sabatier - Toulouse III, 2007. Français. NNT : . tel-00660114

HAL Id: tel-00660114

https://theses.hal.science/tel-00660114

Submitted on 16 Jan 2012

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

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

THÈSE

présentée devant

L'UNIVERSITE TOULOUSE III : PAUL SABATIER

pour obtenir le grade de :

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE PAUL SABATIER
Spécialité : INFORMATIQUE

Par

MARIA LUCILA MORALES RODRIGUEZ

Titre de la thèse :

Modèle d'interaction sociale pour des agents conversationnels animés

Application à la rééducation de patients cérébro-lésés

A soutenir le 4 Juillet 2007 devant la commission d'examen

Marie-Pierre GLEIZES	Professeur à l'Université Paul Sabatier, Toulouse. Examinateur
Christian LICOPPE	Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, Paris. Rapporteur
Isabelle LOUBINOUX	Chargé de Recherches à l'INSERM U825, Toulouse. Examinateur
Bernard PAVARD	Directeur de recherche CNRS-IRIT, Toulouse. Directeur de thèse
Catherine PELACHAUD	Professeur à IUT de Montreuil, l'Université de Paris 8, Paris. Rapporteur

Remerciements

Je voudrais remercier Madame Catherine Pelachaud professeur à IUT de Montreuil, l'Université de Paris 8 à Paris et Monsieur Christian Licoppe, professeur à l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications à Paris (ENST) pour avoir accepté d'être les rapporteurs de ce travail et pour leurs remarques pertinentes.

Je tiens également à remercier Mesdames Marie-Pierre Gleizes, Professeur à l'Université Paul Sabatier à Toulouse et Isabelle Loubinoux Chargé de Recherches à l'INSERM U825 à Toulouse pour avoir accepté de participer à mon jury de thèse.

Je souhaite remercier Bernard Pavard, directeur de recherche au CNRS, pour m'avoir accueilli dans l'équipe GRIC et m'avoir initié à la question de l'interaction sociale pour les personnages virtuels. Je lui suis très reconnaissance de sa gentillesse, sa sagacité et ses conseils pendant mon séjour au GRIC.

Je voudrais remercier vivement l'équipe GRIC à l'IRIT pour leur accueil chaleureux et la bonne ambiance : Sandrine Darcy, Nico Pallamin, Mehdi Eljed, Guillaume Calvet, Cécile Demazeu, Colin Lalouette et Chantal Morand. Nico, merci pour tes conseils lors de la modélisation et l'animation des personnages virtuels, ainsi que pour l'aide précieuse lors des expérimentations. Sandrine, merci pour les conseils et le soutien permanent.

Mes remerciements s'adressent également à Philipe Marque, Yann Quidè, et à une nouvelle fois à Isabelle Loubinoux pour leur disponibilité ainsi que pour le matériel et les vidéos de rééducation fonctionnelle qui m'ont permis d'appliquer mon travail.

J'en profite pour remercier l'Instituto Tecnológico de Ciudad Madero et à la Dirección General de Educación Superior Tecnológica au Mexique qui m'a offert l'opportunité organisationnelle et financière de réaliser ce doctorat.

Un grand merci à Sandrine Cazabat, Chantal Morand et Ehsan Alavi pour l'aide précieuse lors de la rédaction. Merci aussi à Nadhem et Elixabete pour leurs encouragements.

Merci aussi à ma famille.

Enfin, je tiens à remercier Carmen, Fernando et Oscar pour avoir constitué ma seconde famille à Toulouse et leur soutien constant.

Résumé

L'interaction sociale en univers virtuel ouvre de nouveaux horizons dans le domaine des technologies de l'information et en particulier de l'usage des jeux vidéo à des fins professionnelles (« *serious game* »). En introduisant la possibilité de gérer avec un certain niveau de réalisme des interactions sociales et émotionnelles entre les agents conversationnels animés (ACA) représentant des acteurs humains, cette approche permet d'envisager de nombreuses applications professionnelles qui jusqu'alors ne pouvaient être envisagées que dans le cadre domaine de l'interaction homme-homme.

La difficulté principale de cette approche est de produire une dynamique des interactions humaines qui ait un sens dans le cadre des taches et des actions qui doivent être accomplies par les acteurs. Afin d'ancrer théoriquement cette question, nous avons fait référence aux approches de la cognition située (afin de prendre en compte le rôle médiateur des objets de l'environnement) et aux approches représentationnelles pour la production des actes de langage.

Le contexte applicatif de ce travail de recherche concerne la rééducation de patients cérébro-lésés.

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés à la description de la dynamique des interactions visuelles, gestuelles, verbales entre un patient et un véritable thérapeute. Cette étude nous a permis de catégoriser les différentes phases de dialogue et d'élaborer un modèle de la dynamique de l'interaction prenant en compte la personnalité des acteurs, leurs intentions, leurs comportements gestuels et verbal.

A partir de ce modèle, nous avons élaboré une architecture informatique générique qui s'articule autour d'un modèle comportemental et d'un modèle kinésique. Le modèle comportemental sélectionne les actes de langage et l'attitude du personnage (empathique, neutre, etc.). Le modèle kinésique gère les expressions faciales, corporelles et gestuelles résultant du modèle comportemental.

D'un point de vue théorique, nous nous sommes intéressés à la notion de présence afin d'identifier quelle était la nature des couplages pertinents permettant de produire un sentiment de présence sociale (sentiment pour les acteurs humains qui animent leurs avatars de vivre une interaction sociale non médiatisée par les éléments du dispositif technique).

Enfin, le dispositif a été utilisé dans le cadre d'un programme de recherche sur le concept de neurone miroir. L'hypothèse étant que la présentation au patient d'une image virtuelle de son membre handicapé lui permettrait de mieux récupérer. Des tests IRMf associés à chaque expérience devrait permettait de confirmer ou d'infirmer le rôle de ces neurones miroir dans le processus de récupération.

Abstract

Social interaction in virtual universe opens new horizons in the field of information technologies, and particularly, in the use of video games for professional purposes (a.k.a. serious game). Introducing a certain level of realism in the social and emotional interactions of virtual characters makes it possible to consider many professional applications, which could have only been developed until now in the field of human-human interaction.

The main difficulty of this approach is to produce a human interaction dynamic that makes sense for the tasks and actions that must be achieved by the characters. In order to develop this kind of dynamics, we have referred to (i) the approaches of situated cognition (so as to take into account the role of the objects of the environment), and (ii) representational approaches for the production of speech acts.

We focus on the production of verbal, nonverbal and paraverbal interactions between a human and a virtual character in the context of virtual therapy[1].

Initially, we were interested in the description of the dynamics of the visual, gesture and verbal interactions between a patient and a real therapist. This study enabled us to categorize the phases of dialogue and to elaborate a model of the dynamics of the interaction, taking into account the personality of the actors, their intentions, and their verbal and gesture behaviours.

From this model, we have elaborated a generic architecture, which is articulated around a behavioural model and a kinesics model. The behavioural model selects the speech acts and the attitude of the character (empathic, neutral, etc). The kinesics model selects and integrates the facial, posture and gesture expressions related to the results of the behavioural model.

From a theoretical point of view, we were interested in the concept of presence in order to identify which was the nature of the relevant couplings making it possible to produce a feeling of social presence (i.e. a feeling of living a social interaction not mediated by the elements of the technical device for the human actors which animate their characters).

Finally, the device was used within the framework of a research program on the concept of mirror neurons. The assumption is that the presentation of a virtual image of its handicapped member to the patient would enable him to better recover. For this purpose, IRMf tests associated with each experiment would allow to confirm or to invalidate the role of these mirror neurons in the process of recovery.

[1] This work is done in collaboration with the INSERM research center (French National Institute of Health and Medical Research) in the context of a joint PHRC (Hospital Clinical Research Program) dedicated to the improvement of therapeutic paradigms.

Table des Matières

1 Introduction 13

1.1 Objectif de la thèse ... 13

1.2 Motivations et enjeux ... 13

1.3 Contexte applicatif : rééducation de patients cérébro-lésés ... 15

1.4 Organisation du mémoire ... 15

2 Les challenges de l'interaction sociale en univers virtuel 17

2.1 La communication inter-individuelle ... 17
- 2.1.1 Communication et intentions ... 18
- 2.1.2 Gestion du dialogue ... 19
  - 2.1.2.1 Les jeux dans le dialogue ... 19
  - 2.1.2.2 Jeux d'interaction (communication et dialogue) ... 19
  - 2.1.2.3 Les coups ... 20
  - 2.1.2.4 Les actes de langage ... 20
  - 2.1.2.5 Les tours de parole ... 21
- 2.1.3 Rites d'interaction et ligne de conduite ... 22

2.2 Interaction cognitivement et socialement située ... 23
- 2.2.1 Rôle du contexte ... 23
- 2.2.2 Contexte sociale : la culture et le rôle de l'identité sociale ... 24

2.3 Les couplages entre acteurs au cours d'une interaction sociale ... 25
- 2.3.1 Multimodalité dans l'interaction ... 25
  - 2.3.1.1 Comportement non verbal ... 25
  - 2.3.1.2 Communication gestuelle ... 26
- 2.3.2 Dimension constructiviste de l'interaction ... 27

2.4 Prise en compte de l'émotion ... 27
- 2.4.1 Théories de l'émotion ... 28
- 2.4.2 Évaluation cognitive et modèles d'activation de l'émotion ... 29
- 2.4.3 Théories de la personnalité ... 30
- 2.4.4 Intelligence émotionnelle ... 32
- 2.4.5 Couplage entre comportement et culture. ... 33

3 État de l'art : Interactions sociales en univers virtuel 35

3.1 Simulation des interactions sociales en univers virtuel ... 35
- 3.1.1 Personnages virtuels : avatars et agents conversationnels animés ... 35
- 3.1.2 Agents conversationnels animés crédibles ... 36
  - 3.1.2.1 Agents émotionnels crédibles ... 37
  - 3.1.2.2 Agents sociaux crédibles ... 38

3.2 Réalité et univers virtuels ... 39

3.2.1 Réalité virtuelle ... 39
3.2.2 Univers virtuels ... 40
3.2.3 L'immersion sociale et émotionnelle ... 40

4 Problématique expérimentale 44

4.1 Neuropsychologie ... 44
4.1.1 Accidents vasculaires cérébraux ... 44
4.1.2 Paradigme des neurones miroir ... 45

4.2 Rééducation fonctionnelle ... 45
4.2.1 Les interactions en milieu soignant ... 46
4.2.2 Réalité virtuelle et kinésithérapie. ... 46
4.2.3 Évaluation par IRM fonctionnelle de la réalité virtuelle comme outil de rééducation chez des sujets cérébro-lésés ... 47
4.2.4 Paradigme thérapeutique. ... 48
4.2.5 Contributions de la plateforme de réalité virtuelle au domaine de la rééducation fonctionnelle. ... 48

4.3 Méthodologie de l'analyse des interactions ... 49
4.3.1 Analyse de la communication ... 49
4.3.2 Méthodologie ... 50

4.4 Analyses vidéo des interactions ... 50
4.4.1 Définitions ... 51
4.4.2 Structure du dialogue ... 52
4.4.3 Dynamique des actes de communication ... 52
4.4.4 Dynamique des interactions ... 54

5 Paradigme d'interaction sociale et émotionnelle 57

5.1 Modélisation ... 57
5.1.1 Comportement interactionnel ... 57

5.2 Architecture de l'animation comportementale ... 58
5.2.1 Architecture du moteur d'interaction sociale et émotionnelle ... 58
5.2.2 L'attitude et la personnalité dans le comportement ... 59
5.2.3 Les influences du modèle comportemental ... 61
5.2.4 Algorithmique de l'architecture d'animation ... 62
5.2.5 Évaluation cognitive du contexte ... 63

5.3 Modèle d'interactions sociales et émotionnelles ... 64
5.3.1 Modèle émotionnel ... 64
5.3.1.1 Représentation de l'émotion ... 65
5.3.1.2 Mise à jour de l'émotion ... 66
5.3.1.3 Intensité de l'émotion et mise à jour de l'humeur et du stress ... 67
5.3.2 Modèle d'empathie ... 68
5.3.3 Modèle cognitif ... 70
5.3.4 Modélisation des interactions socioculturelles ... 70
5.3.4.1 Niveau de respect ... 71
5.3.4.2 Niveau de tolérance ... 71
5.3.5 Mise à jour de l'attitude ... 72

5.4 Modèle de la gestion du dialogue ... 72
5.4.1 Gestion de tour de parole ... 73
5.4.1.1 Etats de tour de parole ... 73
5.4.1.2 Règles de transition ... 73
5.4.2 Gestion des jeux de communications ... 75
5.4.2.1 Mise à jour des jeux de communication ... 75
5.4.2.2 Changement de phase ... 75
5.4.3 Gestion des jeux de dialogue ... 75
5.4.3.1 Caractérisation de jeu de dialogue ... 76
5.4.3.2 Règles de passage d'un jeu de dialogue à un autre ... 77
5.4.3.3 Mise à jours de l'acte illocutoire ... 79
5.4.4 Gestion des « coups à jouer » ... 79
5.4.4.1 Sélection des « coups » ... 80

5.5 Modèle kinésique ... 81
5.5.1 Modélisation ... 81
5.5.2 Processus de sélection des expressions ... 84

6 Dispositif expérimental 86

6.1 Objectifs ... 86

6.2 Protocole de rééducation ... 87

6.3 Séance de rééducation virtuelle ... 90

6.4 Architecture de la plateforme de simulation ... 91
6.4.1 Moteur comportemental ... 91
6.4.2 Moteur d'animation ... 92

6.5 Extrait de la session virtuelle ... 92

6.6 Résultats et interprétations ... 95
6.6.1 Évolution de l'état émotionnel et dynamique du dialogue ... 95
6.6.2 Analyse des indices de couplage et de crédibilité ... 97

7 Conclusion générale 99

7.1 Synthèse ... 99

7.2 Conclusions ... 100

7.3 Perspectives ... 101

Références Bibliographiques 103

Table des figures

Figure 1. Illustration des jeux de dialogues issus de l'analyse vidéo de séances de rééducation. 55
Figure 2. Schéma des concepts et des théories utilisés dans la conception du modèle comportemental. 58
Figure 3. Architecture de l'animation comportementale 59
Figure 4. Exemples d'attitude émotionnelle en termes des traits de la personnalité. 60
Figure 5. Exemples de définitions des attitudes émotionnelles. 61
Figure 6. Classification de l'émotion selon quatre dimensions. 65
Figure 7. Exemples d'attitude cognitive en termes des traits de la personnalité (modèle OCEAN) 70
Figure 8. Diagramme d'état illustrant les différentes phases lors de la gestion de tour de parole 74
Figure 9. Dynamique d'échanges des jeux de dialogue du thérapeute virtuel 76
Figure 10. Mécanisme de sélection d'un coup à jouer 80
Figure 11. Structure générale du module de comportement interactionnel. 81
Figure 12. Résultats de l'activation cérébrale (IRMf) lors d'une session de rééducation. 89
Figure 13. (Image droite) Le patient voit en vue subjective ses deux avant bras virtuels et son thérapeute. Les mouvements de la main qu'il effectue (image gauche) sont reproduits dans l'univers virtuel (Image droite). 90
Figure 14. Interface d'enregistrement des actes de langage dans la base de données. 91
Figure 15. Aperçu de l'atelier graphique Virtools 92
Figure 16. Exemple de l'évolution des dimensions de l'état émotionnel pendant une interaction 96
Figure 17. Dynamique des jeux de dialogue au cours de l'interaction 96

Liste de tableaux

Tableau 1. Les différents niveaux de la gestion du dialogue tels que nous les avons modélisés. 20
Tableau 2. Définition des éléments constitutifs du contexte. 25
Tableau 3. Principaux axes du modèle « circumplex » utilisé dans cette étude. 29
Tableau 4. Description des traits de la personnalité utilisé par le modèle à « cinq-facteurs ». 31
Tableau 5. Critères du codage des actes de langage lors de l'analyse vidéo des interactions.. 51
Tableau 6. Exemple d'une séquence de jeux de communication au cours d'une session de rééducation. 52
Tableau 7. Caractérisation des objectifs par rapport aux intentions, phase du jeu et évaluation cognitive. 53
Tableau 8. Intentions communicatives associées aux objectifs et à l'évaluation 53
Tableau 9. Relation entre les composantes du modèle comportemental 62
Tableau 10. Types d'évaluation proposés par Scherer et notre proposition de modélisation. .. 64
Tableau 11. Axes associés au calcul de l'intensité de l'émotion 68
Tableau 12. Détermination de variations des axes du modèle circulaire des émotions en fonction des traits de la personnalité et du niveau d'évaluation cognitive. 69
Tableau 13. Règles utilisées pour gérer les transitions pendant tours de parole 74
Tableau 14. Poids des traits de la personnalité dans la définition des actes perlocutoires. 77
Tableau 15. Définition des relations entre actes illocutoires et traits de la personnalité. 77
Tableau 16. Règles de passage d'un jeu de dialogue à un autre pour le thérapeute virtuel. 78
Tableau 17. Affectation des actes illocutoires aux jeux de dialogue. 79
Tableau 18. Structure de coups à jouer 79
Tableau 19. Influence des signifiés exprimée au cours d'une expression non verbale 82
Tableau 20. Composantes des expressions non verbales 83
Tableau 21. Pondération de la pertinence de l'animation des sourcils par rapport à l'attitude du locuteur 83
Tableau 22. Extrait des actes de langage exprimés par le thérapeute virtuel lors d'une session de rééducation virtuelle 94

Chapitre

1 Introduction

L'évolution des technologies de la réalité virtuelle a, ces dernières années, ouvert la voie à de nouvelles perspectives applicatives. Alors que cette technologie s'était principalement cantonnée à la reproduction réaliste d'univers physiques (simulateurs de vol, exploration d'univers architecturaux, etc.), il devient possible aujourd'hui d'envisager des interactions sociales où la dimension émotionnelle puisse être prise en compte en temps réel. Cette évolution constitue selon nous une véritable rupture technologique et culturelle car elle ouvre la porte à une multitude de nouvelles applications dans le domaine professionnel, de l'éducation et de la formation.

1.1 Objectif de la thèse

L'objectif de cette thèse est d'explorer les conditions de réalisation d'une véritable interaction sociale en univers virtuel. Nous nous intéresserons particulièrement au concept d'immersion (ou de présence) qui par ailleurs a été l'objet de nombreuses réflexions quant à ses différentes formes d'émergence (immersion tactique, stratégique, narrative, etc.).

Nous reprendrons ce concept en l'adaptant à l'interaction sociale entre plusieurs acteurs évoluant en univers virtuel.

Comme nous le verrons les conditions de réalisation d'une immersion sociale ne peuvent se résumer à la production d'un univers physiquement réaliste mais implique la mise en œuvre de nombreux couplages entre les inter actants qui ait un sens dans le contexte de l'échange (expressions émotionnelles, gestes d'accompagnement du discours, etc.).

Notre recherche fera référence à deux approches épistémologiquement complémentaires : une approche **représentationnelle** qui s'inspire de la théorie des actes de langage et qui a pour objectif de produire des actes de communication adaptés au contexte et une approche plus **constructiviste** (cognitivement et socialement située en référence aux approches interactionnistes) qui prend en charge la dynamique de l'interaction et en particulier les processus de co-construction du dialogue entre les inter actants.

Ces deux approches serviront de cadre théorique à notre réflexion sur la notion d'immersion et ses conditions d'émergence.

1.2 Motivations et enjeux

L'exigence de modélisation du comportement humain en situation naturelle (ou professionnelle) a fait évoluer les cadres théoriques et épistémologiques vers une prise en compte de plus en plus forte des dimensions émotionnelles et contextuelles.

Cette évolution s'est notamment traduite, au niveau des modèles comportementaux, par l'apparition de modèles émotionnels (Bécheiraz & Thalmann 1998; De Rosis, Pelachaud et al. 2003; Egges, Kshirsagar et al. 2004). Ces modèles sont néanmoins insuffisants pour traiter des dimensions sociales, culturelles ou cognitives ; une approche pluridisciplinaire est nécessaire pour intégrer ces dimensions. Nous pensons que cette approche pluridisciplinaire

peut aider à répondre aux questions qui résument les challenges associés à l'animation comportementale des personnages virtuels :

1. Comment représenter et produire des actes de langage, gestes, mouvements du corps et expressions faciales significatifs dans le contexte professionnel ?
2. Comment modéliser les changements dynamiques des états mentaux et émotionnels des personnages ?
3. Comment s'adapter à la dynamique du contexte : changement de scène provoqué par l'écoulement du temps, par les actions effectuées par les autres personnages ou par les actions effectuées par les utilisateurs eux-mêmes, sachant que ces actions sont difficiles à prédire ?

Comme nous venons de l'évoquer, ces problématiques seront traitées dans cette thèse à travers une approche à la fois constructiviste et située de l'interaction humaine.

Ces deux approches répondent à deux besoins distincts : celui de pouvoir produire des actes de communication (verbaux et non verbaux) signifiants dans le contexte de l'interaction et celui de la gestion des processus de co-construction du sens lors des conversations entre inter actants.

En ce qui concerne ce dernier point (modéliser la co-construction du sens des interactions), nous référerons aux approches interactionnistes Goffman (1974), à la théorie inférentielle de la communication de Sperber et Wilson (Sperber & Wilson 1989) ainsi qu'aux concepts de la cognition située (Garfinkel 1967; Suchman 1987; Salembier & Decortis 1996). Selon cette approche, c'est la « force » et la dynamique des couplages (verbaux, gestuels, etc.) entre inter actants qui détermine le réalisme de l'interaction sociale.

Nous instancieront ces concepts par la notion de **couplage** sociaux et cognitifs entre acteurs. Nous entendrons cette notion de couplage du point de vue de la théorie des systèmes : il s'agit de boucles de régulations qui s'établissent entre les inter actants et qui concernent les expressions émotionnelles, verbales, para verbales, posturales, etc.

Pour modéliser ces boucles de régulation, nous avons développé une architecture informatique qui sert de support à deux modèles : un **modèle comportemental** qui spécifie les actes de langage et l'attitude des personnages (intentions, caractère, registres comportementaux, etc.), et un **modèle kinésique** qui est chargé de sélectionner au cours de l'interaction des actes de langage, les expressions non verbales qui instancient les intentions du locuteur.

L'attitude des personnages est déterminée en prenant en compte leur personnalité (empathique, neutre, etc.), leur perception de l'état de l'interlocuteur, les objectifs de la tâche à accomplir.

Le modèle comportemental est lui même composé de deux sous-modèles gérant la relation entre interlocuteurs au cours de l'interaction :

1. Un modèle de la gestion du dialogue qui exprime, par des actes de langage, les objectifs et intentions du personnage. Dans ce modèle nous prenons en compte deux facteurs : la perception que le personnage a de son interlocuteur (attitude et comportement par rapport à l'acte illocutoire) et ses caractéristiques internes qui lui appartiennent : sa personnalité, son état émotionnel et son niveau de respect et tolérance.
2. Un modèle cognitif d'interaction sociale et émotionnelle qui détermine l'attitude du personnage. Ce modèle propose un processus d'évaluation cognitif qui prend en compte la personnalité du personnage pour mettre à jour les composantes de l'attitude.

Le modèle kinésique gère le couplage entre l'état émotionnel du personnage et ses intentions.

Afin de tester l'architecture, nous avons développé un applicatif pour la rééducation de patients handicapés (patients cérébro-lésés). Cet applicatif est actuellement exploité par l'INSERM pour l'évaluation des nouveaux paradigmes thérapeutiques.

1.3 Contexte applicatif : rééducation de patients cérébro-lésés

Le contexte de ce travail de recherche concerne la rééducation de patients cérébro-lésés.

Ce travail est effectué en collaboration avec l'INSERM dans le contexte d'un PHRC (Programme Hospitalier de Recherche Clinique) consacré à l'amélioration des paradigmes thérapeutiques[2].

La réalité virtuelle est exploitée afin de présenter au patient une vue subjective de son bras handicapé qui corresponde à ce qu'il doit réalise et non à ce qu'il peut réaliser (« feedback » amélioré). Dans le cadre d'une séance de rééducation virtuelle, le patient visualise donc une représentation virtuelle de ses mains handicapées alors qu'un thérapeute lui aussi virtuel le guide dans cet exercice. Le thérapeute virtuel le corrige et l'encourage en fonction de ses progrès, de ses difficultés. Cette interaction sociale est au cœur de notre projet car elle prend en compte les intentions pédagogiques et les profils de personnalité des personnages.

L'originalité du projet repose sur trois points :

1. L'évaluation du paradigme thérapeutique en vue d'améliorer la récupération des capacités motrices du patient.
2. L'apport de la réalité virtuelle qui a pour objectif de créer une situation subjective «améliorée», cette dernière a pour rôle d'amplifier le feedback visuel pendant la production volontaire du mouvement. Ce feed-back visuel amélioré a pour objectif d'activer les couplages perceptivo-moteur du patient.
3. L'usage de la dimension émotionnelle dans le protocole expérimental afin de produire un engagement entre patient et son thérapeute virtuel via l'immersion sociale et émotionnelle.

1.4 Organisation du mémoire

Ce mémoire est organisé en deux parties.

La première est composée de trois chapitres qui traitent des concepts issus des champs disciplinaires autour desquels notre travail s'articule :

- Le chapitre 1 introduit la problématique théorique et empirique de la recherche.
- Le chapitre 2 aborde les concepts liés aux difficultés rencontrées pour simuler l'interaction sociale en univers virtuel : l'interaction cognitivement et socialement située, les couplages entre acteurs au cours d'une interaction et la prise en compte de l'émotion.
- Le chapitre 3 présente un état de l'art du contexte informatique dans lequel s'insère notre recherche : la simulation des interactions humaines par

[2] Projet : Évaluation par IRM fonctionnelle d'une séance de rééducation de l'extension du poignet par technique de Réalité Virtuelle chez des sujets cérébro-lésés.

l'intermédiaire des agents conversationnels animés ainsi que la réalité et l'univers virtuel.

- Le chapitre 4 présente le sujet de notre problématique expérimentale et la méthodologie utilisée pour l'analyse de cette problématique.

La deuxième partie est également constituée de trois chapitres qui précisent les modèles de l'architecture d'animation que nous mettons en œuvre :

- Le chapitre 5 décrit les approches et les modèles d'interaction sociale et émotionnelle proposés pour l'architecture d'animation.
- Le chapitre 6 décrit le dispositif expérimental développé, des résultats et des interprétations des expérimentations.
- Le chapitre 7 présente les conclusions de notre travail.

Chapitre

2 Les challenges de l'interaction sociale en univers virtuel

L'enjeu des simulations faisant appel à la réalité virtuelle est de développer des environnements crédibles et réalistes qui permettent à l'utilisateur d'agir et d'interagir dans cet univers virtuel comme il le ferait en situation réelle. Le réalisme des interactions sociales impose évidemment des contraintes spécifiques qui vont au delà des exigences liées au réalisme physique.

Nous nous intéresserons en particulier aux couplages cognitifs entre acteurs en situation de co-présence. Ces couplages sont (dans le cadre des approches ethnométhodologiques) dits socialement et émotionnellement situés (Garfinkel 1967; Goffman 1974; Sperber & Wilson 1989; Cahour 2006). Nous tenterons dans le cadre de cette thèse, d'opérationnaliser cette notion en spécifiant sa signification du point de vue des couplages comportementaux entre personnages virtuels. Dans cette perspective, nous prendrons en considération, dans le processus de construction de l'interaction, l'influence du contexte, des dimensions émotionnelles et multimodales de la communication (expression verbale, paraverbale et non verbale).

La base théorique de notre approche se réfère au concept de l'interaction située (développé dans une perspective de description des interactions sociales en situation réelle) qui souligne le rôle du contexte physique, social et culturel (perception de l'univers aussi bien que l'expertise et l'histoire interpersonnelle des acteurs) dans l'interprétation du comportement et le fait que la partie significative de la communication est co-construite par les acteurs pendant l'interaction (El Jed, Pallamin et al. 2006).

Dans les paragraphes suivants, nous présentons successivement les quatre aspects de l'interaction sociale que nous avons pris en considération pour le développement de notre modèle :

- La communication inter-individuelle.
- L'interaction cognitivement et socialement située.
- Les couplages entre acteurs au cours d'une interaction sociale.
- La prise en compte de l'influence de l'émotion.

2.1 La communication inter-individuelle

La communication inter-individuelle est faite d'échanges entre interlocuteurs. Ces échanges s'accompagnent de productions verbales et non-verbales qui sont co-produites par les inter actants : elles sont le résultat des activités conjointes de l'émetteur et du récepteur (Cosnier 1996; Cosnier & Vaysse 1997).

Le terme communication provient du latin « communicare » qui signifie « mettre en commun ». Communiquer consiste transmettre un « signifié » (contenu) par l'intermédiaire d'un « signifiant ».

Dans la perspective de la cognition socialement située, la communication ne peut pas être réduite à une simple transmission d'information, elle ne se limite pas à une séquence qui commence par le codage par un émetteur d'un message pour finir par un décodage par le récepteur. La communication se produit chaque fois qu'un émetteur tente d'échanger des informations et/ou d'influencer un destinataire au moyen de signaux (Kerbrat-Orecchioni 1980; Cosnier 1982; Livet 1994). La communication vise également à obtenir, chez le destinataire, des effets autres que ceux fournis par un simple décodage d'information comme par exemple, transformer la situation du récepteur et modifier son système de croyances et/ou son attitude comportementale (Kerbrat-Orecchioni 1980). La communication est dynamique et sa nature est complexe. L'information transmise est généralement insuffisante pour que le destinataire puisse saisir de façon déterministe l'effet poursuivi par le locuteur. Ce dernier doit souvent utiliser le contexte de l'énonciation pour reconstituer le sens de ce qui lui est communiqué. Il lui faut donc mettre en œuvre des processus interprétatifs qui ne se restreignent pas à un simple décodage et qui peuvent même aboutir à une interprétation opposée à celle du sens « littéral » du message (Livet 1994).

Selon Cosnier : « quand deux personnes sont en présence, quel que soit leurs intentions, leurs volontés, la communication a toujours lieu » (Cosnier 1977). Cet auteur voit chaque interlocuteur comme une unité de communication qui fonctionne simultanément ou alternativement comme des émetteurs-récepteurs avec une communication toujours présente.

Ces différents points de vue soulignent donc l'importance de la notion de contexte ainsi que celle de co-construction de la signification du dialogue dans les situations réelles.

2.1.1 Communication et intentions

Les approches interactionnistes ont changé la façon de considérer les mécanismes de production du langage : le langage n'est plus uniquement lié à une production verbale ; il est multi-canal, multimodal et plurifonctionnel. Donc, plus qu'un instrument de représentation ou d'information, le langage est vu comme un instrument d'action (Cosnier 1977; Cosnier 1982; Cosnier 1996).

La conception de la communication a donc évoluée ; elle est passée d'un modèle de codage-décodage à un modèle de communication ostensif inférentiel (Sperber & Wilson 1989).

Alors que le modèle du « code » considère la communication comme un processus de transfert de l'information où les interlocuteurs doivent posséder les mêmes règles de décodage de l'information que celles utilisées par le locuteur pour échanger, le modèle ostensif inférentiel prend en compte le fait que les interlocuteurs font un usage intensif du contexte et de leurs connaissances personnelles pour interpréter les messages. Selon cette approche, il est donc difficile d'adopter une approche réductionniste du contexte (comme par exemple en le réduisant à un nombre limité de facteurs). Les acteurs font des hypothèses interprétatives et c'est sur la base de ces hypothèses qu'ils déterminent leur comportement.

En résumé, ces auteurs proposent l'idée que le locuteur fournit par son énoncé une *interprétation* de sa pensée et que l'auditeur construit, sur la base de cet énoncé, une *hypothèse interprétative* portant sur l'intention informative du locuteur.

Puisque la communication peut réussir sans que l'intention initiale ait été reconnue; nous dirons que c'est plutôt l'*intention informative* qui a été communiquée. La véritable *intention communicative* est l'intention du locuteur.

Pour rendre plus manifeste une intention communicative, le locuteur peut adopter des comportements « ostensifs » qui la renforce.

Sperber et Wilson définissent la communication ostensive-inférentielle de la manière suivante : « Le communicateur produit un stimulus qui rend mutuellement manifeste au communicateur et au destinataire ce que le communicateur veut, au moyen de ce stimulus, rendre manifeste ou plus manifeste au destinataire un ensemble d'hypothèses ».

Dans notre modèle, nous reprendrons les concepts d'*intention informative* et d'*intention communicative* développés par Sperber et Wilson afin de mieux gérer la distinction entre actes illocutoires (liés à l'intention du locuteur) et effets perlocutoires (effets de l'acte de communication sur le récepteur).

2.1.2 Gestion du dialogue

Le dialogue est la forme la plus simple d'interaction humaine (dans les situations de coopération). Caelen définit le dialogue à partir du concept de jeu : « un dialogue est un jeu au cours duquel chaque participant joue des coups à l'aide d'actes de dialogue afin d'atteindre son but (Caelen 2006). Le dialogue se présente comme une suite d'échanges (actions et transactions) visant à résoudre des sous-buts ou des pré-conditions.

Les dialogues sont généralement décrits en trois phases : la première correspond au début de la conversation, la seconde est la phase des échanges de tours de parole et la troisième phase s'apparente à la fin de la conversation. Dans chaque phase les participants jouent des actes de langage.

2.1.2.1 Les jeux dans le dialogue

Caelen utilise la théorie des jeux pour modéliser le dialogue, il attache la notion de but à celle d'utilité et applique la théorie des jeux pour formaliser des stratégies générales de dialogue et la prise de tour de parole. Il définit la gestion du jeu de dialogue par des règles de déclenchement de stratégies, des règles de comportement, un mécanisme de contrôle, des règles de reprise par des sous-dialogues.

Cet auteur identifie deux sortes de buts, le « but de dialogue » et le « but de jeu ». Le but du dialogue est associé à la réussite de la communication de l'intention informative et le but du jeu est associé à la réussite de l'objectif même de la communication (Caelen 2006).

Les jeux sont conceptualisés à partir de la notion d'engagement des interlocuteurs (Maudet 2001) : « en jouant des jeux, les interlocuteurs s'engagent sur différents aspects liés à l'interaction, d'une manière qui va contraindre leurs contributions futures dans le dialogue ».

Maudet propose une vision schématique d'un dialogue selon deux axes : « l'axe informationnel » qui correspond au but discursif et « l'axe interactionnel » qui correspond à la gestion de l'interaction dialogale. Il distingue deux types de jeux : les « jeux de dialogue » et les « jeux de communication ». Les premiers concernent l'axe informationnel ; ils sont explicitement introduits au cours du dialogue. Les seconds portent sur l'axe interactionnel ; ils sont généraux et activés implicitement lors de toute communication ; ils traduisent des conventions implicites supposées valables dans toute conversation (Maudet 2001).

2.1.2.2 Jeux d'interaction (communication et dialogue)

Nous utiliserons la notion de « jeux » comme structure linguistique pour modéliser le comportement des acteurs en situation de dialogue (tableau. 1). Dans cette perspective, il nous sera également nécessaire de spécifier les notions de tour de parole, de passage d'un jeu à un autre, de choix stratégiques de sélection des coups à l'aide d'actes de langage, d'états émotionnels et mentaux.

Le comportement langagier des personnages virtuels sera construit à partir de plusieurs jeux : les « jeux de communication » qui définissent le protocole à suivre et les « jeux de dialogue » qui expriment les objectifs et intentions du locuteur. Une fois un jeu de dialogue choisi, il sera instancié au moyen d'actes de langage (« coups ») choisis en fonction du contexte.

NIVEAUX DE DIALOGUE	MECANISMES MIS EN JEU
Gestion des jeux d'interaction	« Jeux de communication » - Passage d'un jeu à un autre jeu (protocoles) « Jeux de dialogue » - Passage d'un jeu à un autre jeu : mise à jour de l'objectif du jeu (intentions, effets perlocutoires, etc.) - Spécification de l'intention de l'acte de langage (acte illocutoire)
Gestion des « coups »	- Perception du contexte - Mise à jour des états émotionnels et mentaux - Sélection des actes de langage
Gestion des tours de parole	- Perception du contexte - Sélection de locuteur
Expression de l'interaction	« Expression verbale » - Via des actes de langage (locutoire, illocutoire et perlocutoire) « Expression non verbale » - Via le canal paraverbal (voix) - Via le canal kinésique (visage, gestes et corps)

Tableau 1. Les différents niveaux de la gestion du dialogue tels que nous les avons modélisés.

Ce modèle permet également la gestion des tours de parole. En fonction du contexte (dans notre cas les mouvements du bras du patient par exemple), il va pouvoir déclencher une prise de parole.

Les expressions non verbales sont déclenchées en fonction de l'état émotionnel du locuteur de façon à renforcer l'acte locutoire.

2.1.2.3 Les coups

Les « coups » sont définis par le contenu littéral des échanges entre les acteurs du dialogue (Delord 1998). Les coups sont utilisés pour exprimer les actes de langage. Les expressions non verbales qui accompagnent les coups permettent de renforcer l'objectif et l'intention sous-jacente de l'acte de langage.

2.1.2.4 Les actes de langage

Les actes de langage offrent un moyen de structurer les échanges lors d'un processus de communication, ce sont les unités de la conversation.

Un acte de langage est un moyen mis en œuvre par un locuteur pour agir verbalement sur son environnement. Selon la théorie des actes de langage, les énoncés ne sont ni vrai ni faux, un individu s'adresse à un autre dans l'idée de faire quelque chose, il cherche à informer, inciter, demander, convaincre, etc. L'acte de langage désigne donc aussi l'objectif du locuteur au moment où il formule son propos.

Austin est à l'origine de la théorie des actes de langage (Austin 1962). Il propose l'idée que tout énoncé verbal a des conséquences directes sur le monde. C'est dans ce contexte qu'il a pu proposer l'idée que « dire, c'est faire ». Ce nouveau postulat remplacerait la proposition « dire, c'est se représenter ». Austin distingue trois différents types d'actes qui se réalisent lorsqu'on produit un énoncé : l'acte locutoire, l'acte illocutoire et l'acte perlocutoire :

- L'acte locutoire correspond au fait de dire quelque chose, indépendamment du sens que l'on communique.
- L'acte illocutoire représente ce que l'on accomplit en s'exprimant. Par exemple, informer quelqu'un de quelque chose, etc. Il s'agit d'actes qu'on ne peut commettre qu'en prononçant des mots.
- L'acte perlocutoire se réfère aux effets produits sur le(s) destinataire(s) par ce qui a été dit, par exemple persuader, etc.

Searle a prolongé les travaux d'Austin sur les actes illocutoires (Searle 1969). Il a identifié cinq catégories d'actes de langage :

1) Les actes « assertifs » qui engagent la responsabilité du locuteur sur l'existence d'un état du monde ; 2) les actes « directifs » qui mettent l'interlocuteur dans l'obligation de réaliser une certaine action ; 3) les actes « promissifs » qui se réfèrent à l'obligation pour le locuteur de réaliser une action ; 4) les actes « expressifs » qui expriment un état psychologique associé à l'acte et 5) les actes « déclaratifs » qui provoquent un changement par une déclaration.

Les actes illocutoires ne sont pas toujours explicites ou directs. Ils peuvent être caractérisés par une « force illocutoire » qui spécifie le type d'action (par exemple informer, demander), et un contenu propositionnel qui spécifie le contenu de l'acte. Dans un soucis de détailler ce type d'interaction, Vanderveken décompose quant à lui la « force illocutoire » en : (i) but poursuivi par le locuteur, (ii) mode d'accomplissement (iii) conditions de contenu propositionnel (iv) conditions préparatoires liées au contexte, (v) conditions de sincérité et (vi) degré de force (Vanderveken 1988).

Nous utiliserons les concepts de la théorie des actes de langage pour caractériser les phrases constituantes du corpus du dialogue. Cette approche nous permettra de sélectionner le « coup » le plus pertinent pour le jeu de dialogue qui est joué.

Nous définissons la pertinence du « coup » en fonction des actes illocutoires et perlocutoires que l'on cherche à produire.

2.1.2.5 Les tours de parole

Toute interaction verbale se présente comme une succession de tours de parole. Le tour de parole est le mécanisme d'alternance de prises de parole. Les points de transition des tours de parole sont des endroits dans la conversation où le changement de locuteur se produit.

Kerbrat-Orecchioni (1998) regroupe les « signaux de fin de tour » en trois catégories :

(1) *Signaux de nature verbale* comme la complétude syntactico-sémantique de l'énoncé, le statut illocutoire de l'énoncé, morphèmes connotant la clôture, les expressions phatiques ou des formules métadiscursives.

(2) Signaux de nature phonétique et prosodique comme la courbe intonative, la pause de la voix ou le ralentissement du débit.

(3) Signaux de nature mimo-gestuelle : tels que le regard soutenu porté en fin de tour sur le destinataire, l'achèvement de la gesticulation en cours et le relâchement général de la tension musculaire.

En ce qui concerne l'alternance du tour de parole, Kerbrat-Orecchioni souligne que la durée minimale et maximale de la pause inter-tours varie d'une culture à l'autre, ce qui peut impliquer dans les interactions interculturelles des échecs de tentative de prise de parole ainsi que la perception de silences embarrassants (Kerbrat-Orecchioni 1998). Elle identifie trois situations possibles :

1) Le successeur prend la parole trop tard, soit parce que le signal de tour a été mal perçu ou soit parce que le successeur potentiel n'a pas le désir ou les moyens de produire l'enchaînement requis, ce qui donne lieu à un silence.
2) Le successeur fait une interruption; il prend la parole trop tôt, soit parce qu'il a cru percevoir une fin de tour ou soit parce qu'il s'empare de la parole en connaissance de cause.
3) Le successeur fait une intrusion, c'est-à-dire, qu'il prend la parole sans y être invité.

Notre modèle de tour de parole se concentre sur la seconde problématique. Sous l'influence de la personnalité et de la culture du personnage nous envisageons deux cas d'interruption : la manifestation du souhait de prendre la parole et la prise de parole elle-même (figure 8).

2.1.3 Rites d'interaction et ligne de conduite

L'aspect dynamique des interactions en face-à-face est mis en œuvre dans les ritualisations du comportement. Ces ritualisations peuvent avoir des expressions comportementales différentes selon l'identité sociale des locuteurs.

Les phases de dialogue les plus manifestement ritualisées sont l'ouverture et clôture. Elles sont assurées par une association de productions verbales, mimiques, gestuelles et posturales qui peut prendre des formes variables selon les cultures, les situations et les relations entre inter actants.

Les mécanismes de ritualisation sont utilisés pour organiser le comportement, ils évitent d'avoir à innover constamment, et permettent d'anticiper les réactions d'autrui.

Pour Goffman (1974), l'individu tend à extérioriser ce qu'il nomme une « ligne de conduite ». Celle-ci sert à exprimer un point de vue sur la situation, et l'appréciation que l'individu porte sur les participants, et en particulier sur lui-même. Selon Goffman bien souvent, celui qui participe à une conversation s'aperçoit que ses interlocuteurs et lui-même sont liés par une obligation d'engagement mutuel. Il pressent que les convenances veulent qu'il doit accorder spontanément une partie de son attention à ce qui se dit, tout en comprenant que la même obligation s'applique à chacun des autres participants.

Nous exprimerons la « ligne de conduite » du personnage par la notion d'attitude (neutre, empathique ou directif). Cette ligne de conduite pourra s'exprimer par des actes de langage particulier et les expressions non verbales qui lui seront associées.

2.2 Interaction cognitivement et socialement située

Les interactions sociales dépendent fortement du contexte de la situation (Cosnier 1993; Cosnier 1996). Pour cet auteur, l'interaction de face-à-face se réalise par la synergie de deux modalités : l'une discursive par laquelle est acheminé l'aspect signifiant de l'énoncé et l'autre pragmatique qui assure la maintenance et la régulation de l'interaction. La voie pragmatique est également appelée processus de co-pilotage.

La communication interactive se caractérise par des couplages cognitifs entre acteurs. De ces couplages émerge la signification de ce qui est communiqué. Ces couplages sont dits socialement et émotionnellement situés (Garfinkel 1967; Goffman 1974; Sperber & Wilson 1989; Cahour 2006).

Le fait que l'interaction sociale soit « située » signifie que toutes les activités sont fortement couplées au contexte social et culturel. Donc, toutes les fois que le contexte pragmatique change, la signification de l'expression peut changer, parce que chaque contexte réfère à différents objets de l'environnement (Lecerf 1985).

Dans le même ordre d'idée, Suchman affirme que l'organisation de l'action est une propriété émergente des interactions entre les acteurs et entre les acteurs et leur environnement d'action.

L'approche de la cognition située reprend les principes de l'action située et les applique à la cognition sociale et culturelle. La cognition située s'intéresse aux comportements humains en situation écologique ; c'est-à-dire qui ont lieu dans des situations naturelles.

2.2.1 Rôle du contexte

Le contexte contribue à donner un sens aux interactions. Il existe de nombreuses définitions du contexte, mais de façon générale, il est accepté qu'il sert à préciser une interprétation des actes de communication (Garfinkel & Sacks 1970; Sperber & Wilson 1989; Giunchiglia & Bouquet 1997; Bouquet, Ghidini et al. 2003).

Giunchiglia et Bouquet (1997) définissent le contexte comme une collection d'éléments : (paramètres, prétentions, présuppositions...) qui permet de se créer une représentation de la situation. Ces auteurs proposent deux dimensions au contexte : une dimension «pragmatique» quand ce dernier réfère à un élément de la structure du monde et une dimension «cognitive» quand il réfère à un élément de la représentation de l'individu.

Alors qu'en sociologie, la notion de contexte réfère souvent aux éléments invariants d'une situation qui servent de cadre aux évènements, l'approche ethnométhodologique (Garfinkel & Sacks 1970; Lecerf 1994; Keel 1999; Poor 2000) associe au contexte les éléments déterminant de la sémantique de la situation. Selon cette approche, le contexte est construit par les acteurs au cours de leurs actions (un environnement localement et socialement organisé d'actions concertées).

Pour Sperber et Wilson le contexte est une construction psychologique comportant des faits et des hypothèses que l'auditeur fait sur le monde et qui lui permettent d'interpréter un énoncé (Sperber & Wilson 1989).

Cosnier identifie quatre grands éléments au contexte : le cadre, les participants, la relation et la plateforme communicative commune. Pour lui, toute étude d'interaction concrète doit s'appuyer sur une analyse contextuelle ; un énoncé ne peut être interprété que par une mise en rapport avec son contexte (Cosnier 1993).

La première composante du contexte, le « cadre », est caractérisée par l'aménagement spatial et temporel (la proxémique) du site, par les scripts (rôles sociaux prévus dans le cadre qui s'organisent selon les règles de cadrage) et par sa finalité.

La seconde composante réfère aux « participants » de l'interaction avec ses caractères personnels (sexe, âge, etc.) et sociaux (marqueurs de fonction et hiérarchie) ainsi que le type de relation qui sous-tend sa rencontre.

La composante « relation » définit la finalité de ce que l'on cherche à obtenir par l'interaction, par exemple une « relation de service ».

La composante « plateforme communicative commune » est constituée par les savoirs partagés; c'est elle qui fournit les présupposés nécessaires à une bonne finalisation de l'interaction.

Notre approche du contexte reste proche de celle de l'ethnométhodologie. Nous ferons en sorte qu'il soit construit par les acteurs au cours de leurs interactions. Notre contexte est défini pour trois objets : « l'émetteur », « le récepteur » et « l'objectif de l'interaction » (tableau 2). Ces composantes influencent la structure de la représentation d'un individu du monde.

2.2.2 Contexte sociale : la culture et le rôle de l'identité sociale

La culture est typiquement représentée comme un système complexe de symboles, de significations, de catégories, de modèles, ou de schémas qui structurent l'expérience et l'action (Lyon, 1995).

Les acteurs ne réagissent pas simplement à un événement, ils réagissent également aux variations du contexte social dans lequel l'événement se produit. Nous considérons que le contexte social est influencé par la culture ; il est définie par les normes et les règles de la culture (par exemple la prise en compte du genre et le statut).

Dans ce cadre, Kerbrat-Orecchioni affirme que les comportements communicatifs sont influencés par la façon selon laquelle différentes cultures conçoivent et expriment la relation interpersonnelle (Kerbrat-Orecchioni 1998).

Elle l'envisage cette relation sous trois angles :

1) Une relation « horizontale », caractérisée par des marqueurs proxémiques et kinésiques ainsi que par les modalités d'adressage (tu / vous, appellatifs, etc.)
2) Une relation « verticale », liée au facteur de pouvoir (par exemple, le respect de la hiérarchie).
3) L'axe du consensus / conflit : les cultures se différentient par leur adhésion plus ou moins forte aux notions de consensus ou de conflit.

L'identité sociale est un des facteurs qui influence la relation interpersonnelle. Elle est définie par Tajfel comme « la force avec laquelle un individu se réfère à des normes sociales pour se positionner dans la société » (Tajfel 1972).

Quand cette force est importante, les situations sont évaluées au regard de leurs conséquences pour le groupe ; il y a alors alignement consensuel.

Garcia-Prieto Sol Chevalier (2003) affirme que la prépondérance de l'identité sociale est un des mécanismes psychologiques par lequel les aspects sociaux et culturels du contexte peuvent systématiquement influencer l'évaluation cognitive et l'émotion d'un individu.

Nous reprendrons ce concept pour modéliser la gestion des tours de parole et mettre à jour l'état émotionnel et le niveau d'empathie de nos personnages (tableau 2).

Composantes du contexte		Éléments
Émetteur	Contexte interne	État émotionnel, humeur, niveau d'empathie et de stress
	Profil	Personnalité, genre, culture et statut
L'objectif de l'interaction		Protocole, but de l'interaction et du jeu de dialogue en cours
Récepteur		Profil socio-démographique et interprétation du comportement du locuteur (état interne et actions) par l'émetteur

Tableau 2. Définition des éléments constitutifs du contexte.

2.3 Les couplages entre acteurs au cours d'une interaction sociale

La communication interindividuelle requiert des couplages interactionnels qui prennent fortement en considération les caractéristiques du contexte.

Dans une conversation, le choix des mots, des expressions faciales, des postures et des gestes dépendent de trois facteurs : 1) l'interlocuteur (ses actions et notre interprétation de son esprit), 2) la situation dans laquelle la conversation a lieu et 3) son état affectif.

Si l'on reprend les concepts de l'interaction sociale située (Garfinkel 1967; Amiel 2004), c'est la « force » et la dynamique des couplages (verbaux, gestuels, etc.) entre inter actants qui donnent consistance aux échanges sociaux dans une interaction humaine.

Nous nous intéressons dans cette section à deux aspects qui mettent en évidence les couplages de l'interaction : l'expression multimodale et le processus de co-construction de l'interaction.

2.3.1 Multimodalité dans l'interaction

Les énoncés qui s'échangent dans les conversations sont composés de mots, d'intonations, de mimiques et de gestes dotés de certaines significations conventionnelles (Kerbrat-Orecchioni 1998). La communication dans une interaction est donc « multicanal » et « multimodale ». Elle est construite à parts variables via le « canal verbal », le « canal kinésique » et le « canal paraverbal ».

Le « canal verbal » transmet le contenu du message par les mots énoncés, les canaux « kinésiques » et « paraverbaux » modulent par l'intermédiaire du corps et des expressions non verbales la signification de l'acte de communication (Cosnier 1977; Cosnier 1982; Cosnier 1996).

2.3.1.1 Comportement non verbal

Le comportement humain s'exprime par un ensemble de manifestations cognitives, affectives et motrices, observables de façon externe. Les expressions non verbales constituent un élément clef de ce comportement ; elles peuvent influencer la crédibilité ou la force des actes de parole (Feyereisen & Lannoy 1991).

La façon de se déplacer dans l'espace, les expressions de son visage fournissent également des indices importants sur l'état émotionnels des inter actants (Siegman & Feldstein 1985; Feldman & Rimé 1991; Ting-Toomey 1999).

Au cours dialogue les expressions non verbales sont porteuses d'informations; elles transmettent des messages et des intentions qui peuvent être explicites ou implicites, conscientes ou inconscientes. Par exemple, un mouvement de main peut correspondre à une requête consciente de déplacement. A l'inverse, l'inclination de la tête peut inconsciemment transmettre une attitude empathique vis-à-vis de l'interlocuteur.

Les émotions sont en particulier exprimées par la communication non verbale ; la voix et le corps peuvent produire beaucoup plus d'information que les mots. Même si à l'origine, l'expression de l'état émotionnel est inconsciente, elle peut aussi être produite ou supprimée sciemment pour atteindre un objectif conscient (comportements ostensifs) (Sperber & Wilson 1989). Par exemple, exprimer de la tristesse ou de la peur pour obtenir de l'aide.

Bien que les expressions faciales comme celles de la colère, de la crainte, du bonheur, de la tristesse ou de la surprise aient une base universelle, les cultures diffèrent dans les règles qui régissent l'emploi des comportements non verbaux et son interprétation (Matsumoto, Leroux et al. 2005).

La culture peut influencer l'expression non verbale et les comportements paraverbaux. L'abondance des gestes est extrêmement variable d'une société à l'autre. Aussi, le lexique gestuel, les divergences sont-elles nombreuses : un même signifié s'exprime par des signifiants différents et un même signifiant peut recevoir des significations différentes selon la culture (Morris 1994).

Les règles régissant les comportements paraverbaux comme le débit (la vitesse d'élocution), l'intensité vocale (parler plus ou moins fort), le « pitch » ou hauteur de la voix et les intonations (courbes mélodiques obtenues par variation de la hauteur de la voix) varient considérablement d'une société à l'autre (Kerbrat-Orecchioni 1998).

Nous pensons que le fait qu'un personnage virtuel puisse exprimer un comportement social et émotionnel vis-à-vis de son interlocuteur peut améliorer sensiblement à l'établissement d'un couplage pertinent et induire un sentiment d'immersion sociale et émotionnel.

2.3.1.2 Communication gestuelle

Les expressions non verbales permettent de renforcer l'expression des idées, de la pensée (état cognitif, intentions) et des sentiments (émotions, humeur, empathie). Elles peuvent avoir une valeur de langage autonome, être substitutives du langage parlé ou lui être associées (Cosnier 1977).

Lorsqu'elle accompagne la communication, l'expression non verbale a un effet significatif sur ce qui est communiqué. Cosnier nomme « gestes syllinguistiques » ou « coverbaux » les gestes et mimiques associés au discours verbal pour l'illustrer, le connoter, le renforcer et/ ou le souligner (Cosnier 1977).

L'expression gestuelle, pour être interprétée, nécessite une référence permanente au contexte (Lecerf 1985). Les expressions gestuelles et corporelles sont donc des éléments essentiels dans la coordination de l'interaction.

Cosnier définit la « coordination interactionnelle » comme un système qui règle les tours d'intervention de parole et la maintenance de l'interaction. Parallèlement au discours explicite, ces signaux permettent de poser quatre questions : « m'entends-tu ? », «m'écoutes-tu ? », « me comprends-tu ? », « qu'en penses-tu ? ». Ils permettent aussi d'y répondre et de signaler : « à toi de parler », « c'est à mon tour de parler », « je t'écoute : continue » (Cosnier 1993).

Les regards, les mouvements de tête ainsi que les brèves émissions vocales et verbales sont les principaux signaux coordinateurs. La « synchronie interactionnelle » qui en résulte permet de « co-construire » progressivement le dialogue. Elle assure l'efficacité de la communication informationnelle et optimise l'intercompréhension.

Cosnier signale l'importance du regard dans la stratégie communicative. Il avance qu'un « regard-phatique » émis en cours d'émission verbale déclenche chez le récepteur l'émission d'un message de « régulation ». Il s'ensuit une synchronisation interactionnelle. En fait tout ce qui entrave ou modifie cette synchronisation va perturber rapidement l'interaction (Cosnier 1977).

Dans notre modèle d'expression non verbale, nous nous intéressons à l'usage des gestes pour illustrer et connoter le discours. De plus, nous utilisions les regards comme moyen de couplage entre le personnage et les mouvements faits par l'utilisateur dans l'environnement virtuel.

2.3.2 Dimension constructiviste de l'interaction

Les approches interactionnistes de la communication issues de l'ethnométhodologie voient la communication comme une « co-construction » entre les inter actants. Les productions verbales et non-verbales sont co-produites par les participants au dialogue pendant la construction de l'interaction (Cosnier 1996; Cosnier 1997; Bressolle 2000).

Selon ces approches, le sens se construit au cours du déroulement de l'interaction ; la dimension non verbale de la communication intervient fortement dans ce processus (Kerbrat-Orecchioni 1998).

Selon Sperber et Wilson (1989), avec une vision plus cognitiviste, à mesure que le discours se déroule, l'auditeur se remémore ou construit un certain nombre d'hypothèses qui participeront au traitement de l'information. Ces nouvelles hypothèses vont produire des effets contextuels qui vont, en partie, déterminer les processus de compréhension ultérieurs.

Pour Sperber et Wilson la façon de comprendre un énoncé est liée au contexte et à la pertinence de l'information transmise.

Cette idée nous renvoie au concept de « réflexivité » développé en ethnométhodologie. La réflexivité est basée sur l'idée que les actions humaines modifient le contexte de l'interaction et que, réflexivement, ce nouveau contexte va modifier le processus décisionnel de tous les acteurs en co-présence dans cette même interaction. C'est la force de ce couplage dynamique entre les actions produites et le contexte partagé qui donne consistance aux échanges sociaux dans une interaction humaine.

Nous nous intéresserons au concept de réflexivité pour mettre en évidence le couplage dans l'interaction. Nous produirons des actes de langage verbaux et non verbaux qui sont le résultat de la réflexivité des interactions. Pour ce faire, nous appliquerons notre définition de contexte dans le modèle comportemental qui est proposé.

2.4 Prise en compte de l'émotion

L'émotion est une composante indiscutable du comportement humain qui peut s'exprimer par voie verbale, vocale ou kinésique. Les émotions sont souvent déclenchées dans un contexte d'interactions sociales. Elles sont en particulier exprimées par la communication non verbale, où la voix et le corps peuvent indiquer l'état émotionnel de l'acteur (Cosnier 2004).

Aujourd'hui, l'ensemble des chercheurs s'accorde sur le fait qu'émotion et cognition interagissent étroitement. En effet, l'émotion peut se répercuter sur l'activité cognitive d'un individu et la cognition peut également être à l'origine de la production d'émotions (Salovey & Mayer 1990; Palmero 1999; Mayer, Salovey et al. 2000; Scherer, Schorr et al. 2001; Russell 2003; Cosnier 2004; Matsumoto, Leroux et al. 2005; Cahour 2006)

L'expression émotionnelle est influencée par le contexte socioculturel. Cette influence agit sur les conditions d'apparition de l'expression émotionnelle et sur les règles qui en régissent l'emploi et l'interprétation. Cette influence explique, d'une part, qu'au sein d'une même société ces expressions ne sont pas les mêmes selon l'âge, le sexe, le groupe social et, d'autre part, que dans les interactions interculturelles sa compréhension peut être une cause déterminante du succès ou d'échec de la communication (Cosnier 2004; Matsumoto, Leroux et al. 2005).

La ritualisation des expressions émotionnelles sert à la régulation de la vie sociale. Dans ce cadre, sont ritualisées les prises de contact, les négociations des rapports de dominance et de soumission, etc. (Cosnier 2004). Pour Goffman (1974) des règles de civilité sont mises en place dans toute rencontre et permettent de réguler les échanges entre interlocuteurs.

Dans le cadre de l'interaction coopérative, Cahour affirme que les affects influent sur les processus cognitifs comme l'attention, l'action et la décision. Cahour assure qu'au cours des interactions les interlocuteurs masquent des affects. Ils sont en partie conscients de les masquer, et attribuent par conséquent aussi des affects masqués aux autres participants. Ils font des hypothèses sur les affects censurés de l'autre, même si ces hypothèses ne sont pas fondées sur des comportements observables (Cahour 2006).

2.4.1 Théories de l'émotion

Les notions liées au rôle de l'émotion ont fortement évoluées. L'émotion n'est plus considérée comme une manifestation inutile, irrationnelle et parasite mais comme une réaction adaptative à des états cognitifs d'évaluation (Cosnier 2004).

L'émotion est une réaction soudaine de tout notre organisme, avec des composantes physiologiques (liées au corps), cognitives (à l'esprit) et comportementales (aux actions) (Lelord et André 2003).

Les émotions basales ou primaires sont, selon Cosnier, caractérisées par des états mentaux spécifiques, des comportements spécifiques et des manifestations physiologiques tout aussi spécifiques. Certaines sont admises par tous, d'autres sont plus discutées. En 1979, suite à un séminaire sur les émotions, un groupe de chercheurs européens[3] a retenu quatre types d'émotions : la joie, la tristesse, la peur et la colère (Cosnier 2004).

Les différentes théories de l'émotion tentent d'expliquer l'origine des émotions et s'attachent en particulier à la relation entre la réponse corporelle et la sensation psychologique. Lelord et André distinguent quatre approches de l'origine des émotions (Lelord & André 2003).

(1) L'approche « évolutionniste » pour qui les émotions nous ont permis de mieux survivre et de mieux nous reproduire dans notre environnement naturel.
(2) L'approche « physiologiques » qui explique que nous sommes émus parce que notre corps est ému, c'est-à-dire que notre réaction physique se déclenche avant que nous ayons une expérience émotionnelle complète.
(3) L'approche « cognitiviste » qui considère les émotions comme des réactions adaptatives à des états cognitifs. Ainsi, nous sommes émus parce que nous pensons.

[3] Ces chercheurs représentaient: la Grande Bretagne (B. A. Summerfield), la Belgique (B. Rimé), l'Italie (D. Giovanni et P. Ricci-Bitti), l'Espagne (J. M. F. Dols et A. J. Fernandez), la France (V. Aebischer et J. Cosnier), la Suisse (E. Bänninger-Huber), l'Allemagne (K. Sherer et H. G. Wallbott).

(4) L'approche « culturaliste » pour laquelle nous sommes émus parce que c'est culturel; une émotion est avant tout le produit d'une interaction sociale.

Certaines recherches se sont intéressées au caractère multidimensionnel des émotions. Selon ces approches, une émotion peut être représentée par un ensemble de concepts psychologiques qui permettent de l'identifier et de la classifier.

Une façon de représenter ce caractère multidimensionnel est d'utiliser une représentation circulaire (modèle dit « circumplex ») qui consiste à positionner sur un cercle continu des axes où sont représentés les concepts psychologiques au sein desquels sont positionnées les émotions (Posner, Russell et al. 2005). Les concepts utilisés par le modèle circumplex sont, par exemple, l'éveil, la valence, la tension-la relaxation, l'évitement - l'approche, l'agréable-le désagréable et le rejet-l'attraction (tableau 3).

Selon cette approche, une émotion fait suite à un stimulus. Elle est générée par la prise en compte de plusieurs concepts psychologiques et aboutie à ce qui est défini par Russell comme le noyau des affects (Russell 2003).

Dans (Russell & Carroll 1997; Russell 2003) le modèle classifie les émotions selon deux axes : l'un mesurant le degré d'« éveil », l'autre étant défini comme le degré de « valence ».

AUTEURS	EVEIL– DETENTE	AGREABLE – DESAGREABLE	REJET – ATTENTION	TENSION – RELAXATION
Russell	X	X		
Schlosberg		X	X	
Bloch			X	X
Morales	X	X	X	X

Tableau 3. Principaux axes du modèle « circumplex » utilisé dans cette étude.

Dans la littérature d'autres modèles sont proposés. Par exemple, Schlosberg caractérise les émotions par rapport à un axe « agréable – désagréable », sur lequel « amour - gaieté et joie » s'opposent diamétralement à « colère », et un axe « rejet – attention » distinguant le «mépris – dégoût » de la « surprise – souffrance » (Schlosberg 1952). Le modèle de Bloch permet de positionner la peur, la tristesse, la colère, la joie, l'érotisme et la tendresse sur un axe « tension – relaxation » et un axe « évitement – approche » (Bloch, Orthous et al. 1987).

Notre modèle émotionnel utilise une représentation circulaire des affects pour identifier l'émotion que le personnage ressent. Nous proposons un modèle qui se décline sur quatre axes résultant de l'intégration des modèles de Russell, Schlosberg et Bloch. Nous classifions les émotions selon la valeur des axes « tension–relaxation », « éveil–détente », « rejet–attention » et « agréable–désagréable » (voir section 5.3.1 pour détail).

2.4.2 Évaluation cognitive et modèles d'activation de l'émotion

Les recherches qui se sont intéressées au rapport entre processus affectifs et cognitifs, ont souvent considéré les émotions comme des réactions adaptatives à des états cognitifs.

L'approche cognitive des émotions fait souvent appel à deux fonctions comportementales : la préparation à la réponse et la capacité d'adaptation de cette réponse comportementale (théories de « l'appraisal ») (Palmero 2003).

Cette théorie suggère que nos émotions sont déterminées par la valorisation et l'évaluation cognitive d'un événement qui nous est personnellement approprié. Le résultat de l'évaluation et de ses conséquences potentielles détermine l'émotion ressentie (Scherer 1987; Scherer & Sangsue 1996; Scherer, Schorr et al. 2001; Garcia-Prieto Sol Chevalier 2003; Palmero 2003).

Plusieurs théoriciens de l'approche cognitive ont pris en compte le contexte social et culturel pour évaluer le rôle des normes sociales (par exemple, en prenant en compte l'événement à l'origine de l'émotion) (Scherer 1987; Garcia-Prieto Sol Chevalier 2003; Mesquita, Masuda et al. 2004).

Palmero (1999) défend l'idée qu'il existe une interaction entre les affects et la cognition. Il insiste sur la nécessité de prendre en considération les facteurs cognitifs pour expliquer la production d'une émotion, mais il pense également qu'il est nécessaire de souligner l'importance de l'état affectif du sujet au moment ou il éprouve cette émotion. En effet, que le processus émotionnel soit conscient ou pas, la perception, la valorisation et l'évaluation sont influencées par cet état affectif.

Une des approches les plus mentionnées est celle de Scherer. Selon ce modèle, l'organisme évalue les événements sur la base d'une série d'opérations qui se déroulent de façon séquentielle (Scherer 1987 ; Scherer 1993) :

(1) Évaluation de la nouveauté (soudaineté, familiarité, prévisibilité).

(2) De l'agrément intrinsèque.

(3) Rapports aux buts (pertinence, degré de certitude dans la prédiction des conséquences, attente, opportunité, urgence).

(4) Potentiel de maîtrise (causalité interne, causalité externe, contrôle, puissance, ajustement).

(5) Accord avec les standards (standards externes, standards internes).

Notre modèle comportemental se réfère aux approches cognitives pour modéliser l'émotion. Selon nous, l'évaluation cognitive met à jour les valeurs des quatre axes qui définissent l'émotion.

Notre modèle d'évaluation cognitive est conçu à partir de trois facteurs : 1) la théorie de l'évaluation cognitive de Scherer, 2) le concept d'intelligence émotionnelle et 3) les traits de la personnalité.

Nous ajouterons le concept d'intelligence émotionnelle comme un sixième niveau d'évaluation pour prendre en compte l'attitude de l'interlocuteur. Nous utilisons les traits de la personnalité pour réguler l'influence de chacun des six niveaux d'évaluation sur la mise à jour des axes qui déterminent l'émotion (voir section 5.3.1 pour détail).

2.4.3 Théories de la personnalité

Notre personnalité influence une grande patrie de nos comportements. La personnalité est souvent vue comme l'ensemble des comportements qui constituent l'individualité d'une personne.

Les approches les plus répandues pour la conceptualisation de la personnalité prennent en compte les « traits » caractéristiques des personnages (McCrae & John 1992; Benet & Waller 1995; Popkins 1998; Markey & Markey 2006).

Un consensus semble établi pour identifier une liste de traits de personnalité (tableau 4). Ces traits sont 1) l'ouverture à l'expérience, 2) le caractère consciencieux, 3) l'extraversion

ou surgence[4], 4) le caractère agréable et 5) la stabilité émotionnelle. Ce modèle est connu comme le modèle à « cinq-facteurs » (FFM) (McCrae & John 1992; Revelle 1995; Sweeney & Brandom 2006).

Le FFM est un modèle dérivé d'une analyse des facteurs à partir des questionnaires, et d'analyse des adjectifs (McCrae & John 1992).

On distingue deux versions différentes de ce modèle : le modèle OCEAN de Costa et McCrae, et le « big five » de Goldberg. OCEAN (acronyme des cinq facteurs) est un modèle hiérarchique basé le résultat d'enquêtes alors que le modèle de Goldberg est basé principalement sur une analyse linguistique (McCrae & John 1992; Benet & Waller 1995; Popkins 1998).

Une alternative à ces approches est proposée par le modèle circumplex (IPC) qui vient d'un travail de psychométrie sur l'évaluation de la personnalité et des émotions. Le modèle IPC est applicable à la personnalité et à l'émotion parce qu'il utilise la même terminologie. Ce modèle représente le comportement interpersonnel sur deux axes : celui des facteurs d'extraversion et celui du caractère agréable/désagréable de l'inter actant (Sweeney & Brandom 2006).

Traits	Description
Extraversion	Lié au degré de sociabilité d'un individu. Les individus extravertis ont par exemple tendance à être plus actifs physiquement et verbalement tandis que les individus introvertis sont plus indépendants, réservés.
Calme/anxieux	Tendance à rester serein, à avoir confiance en soi, à avoir de l'assurance, et prêt à faire face aux conflits sans trop d'anxiété. Les niveaux bas d'anxiété indiquent la stabilité émotionnelle tandis que les niveaux élevés augmentent la probabilité d'éprouver des émotions négatives. Les personnes avec un niveau élevé d'anxiété sont réactives et plus facilement troublées par des stimuli dans leur environnement.
Conscience	Degré auquel un individu est fiable, responsable, méticuleux, minutieux, organisé, persévérant.
Agréable	Degré auquel un individu est bienveillant, courtois, flexible, confiant, accommodant ou conciliant, facile à vivre, altruiste, coopératif. Les personnes agréables ont également une vue optimiste des événements.
Ouverture	Degré auquel un individu est curieux, original, ouvert aux autres, à l'imagination. Les personnes ouvertes sont réceptives aux changements de l'environnement alors que les personnes peu ouvertes sont plus conventionnelles, conservatrices.

Tableau 4. Description des traits de la personnalité utilisé par le modèle à « cinq-facteurs ».

Dernièrement Markey a présenté une nouvelle conceptualisation des traits de personnalité (Markey & Markey 2006). Ils utilisent la structure géométrique du modèle circumplex et ajoutent une dimension « conscience » du modèle de cinq-facteurs (FFM) pour créer un modèle tridimensionnel de personnalité.

[4] Degré auquel un individu est sociable, a besoin de compagnie, de stimulation et d'activités, manifeste de l'audace

La personnalité est pour nous le facteur clé qui servira à mettre à jour le comportement émotionnel des acteurs. Nous utilisons le concept de traits de personnalité pour trois fonctions : caractériser, déterminer et influencer les éléments de notre modèle comportemental (voir section 5.2.3 pour détail).

Nous utilisons les traits du FFM pour définir le profil de personnalité des personnages et caractériser ses objectifs et ses intentions. Il sera également utilisé pour évaluer le niveau d'identité sociale ainsi que l'évaluation cognitive qui met à jour les axes qui déterminent l'émotion. Finalement la valence des traits détermine l'attitude cognitive et émotionnelle qui sera exprimée.

2.4.4 Intelligence émotionnelle

L'intelligence émotionnelle caractérise le rôle de l'empathie et des affects ostensifs dans l'interaction. Selon Cosnier, en situation d'interaction, les locuteurs vont, selon des règles de cadrage affectif, gérer leurs propres sentiments, gérer l'expression de ces sentiments réels ou affichés et s'efforcer de percevoir les mouvements analogues en cours chez leur partenaire (Cosnier 1996).

Cahour (2006) affirme que les interlocuteurs peuvent masquer leurs affects au cours des interactions ; ils sont en partie conscients de les masquer et peuvent attribuer des affects aux autres participants. Ils font des hypothèses sur les affects censurés de l'autre, même si ces hypothèses ne sont pas fondées sur des comportements observables.

Dans les années 1990, le concept d' « intelligence émotionnelle » a été introduit par Salovey et Mayer. Ces auteurs définissent l'intelligence émotionnelle comme un type d'intelligence sociale qui suppose la capacité à contrôler ses sentiments et émotions et ceux des autres et à utiliser cette information pour orienter ses pensées et ses gestes (Salovey & Mayer 1990).

Ces auteurs conceptualisent l'intelligence émotionnelle en identifiant trois types de processus mentaux impliquant l'information émotionnelle : 1) l'évaluation et l'expression de l'émotion personnelle et chez les autres, 2) la régulation de l'émotion personnelle et chez les autres et 3) l'emploi de l'émotion de façon adaptatives (Salovey & Mayer 1990).

Ils soutiennent que les individus manifestent dans certains comportements adaptatifs leurs capacités à traiter l'information émotionnelle et leur capacité à établir un lien entre ce traitement émotionnel et la cognition générale. Ces capacités ou méta-habiletés peuvent être utilisées pour mieux gérer leurs émotions et adapter leur comportement, afin d'être plus efficaces socialement (Salovey & Mayer 1990; Mayer et al. 2000). Ils ont proposé un modèle à quatre dimensions pour décrire l'intelligence émotionnelle (Mayer et al. 2000).

La première dimension de ce modèle est celle de la perception émotionnelle. Elle correspond à la capacité des acteurs à conscientiser leurs émotions et à les exprimer.

La seconde dimension est celle de l'assimilation émotionnelle. Elle renvoie à l'aptitude à faire la distinction entre différentes émotions que l'on ressent et à reconnaître celles qui influent sur les processus de pensée.

La troisième dimension est celle de la compréhension émotionnelle. Elle correspond à la capacité de compréhension des émotions complexes (comme le fait d'éprouver deux émotions en même temps) et celle de reconnaître les transitions d'une émotion à une autre.

Enfin, la quatrième dimension est celle de la gestion des émotions. Elle correspond à la capacité de l'individu à vivre ou à abandonner une émotion selon son utilité dans une situation donnée.

C'est le journaliste Daniel Goleman, qui, en 1995, a popularisé ce concept dans un livre intitulé « L'intelligence émotionnelle ». Pour Goleman, l'intelligence émotionnelle détermine la capacité d'une personne, à réussir dans ses relations interpersonnelles. Il identifie deux composantes à cette capacité : la « compétence personnelle » qui définit la capacité à orienter notre propre personne et la « compétence sociale » qui définit la capacité à orienter les rapports d'autrui avec nous-mêmes (Goleman 1995).

La compétence personnelle se divise selon lui en trois axes :

1) la « conscience de soi » : capacité à comprendre ses émotions, à reconnaître leur influence à les utiliser pour guider nos décisions,
2) la « maîtrise de soi » : capacité à maîtriser ses émotions et impulsions et à s'adapter à l'évolution de la situation,
3) la « motivation de soi » : capacité de commander les émotions au service d'un but.

La compétence sociale se fonde quant à elle sur l'empathie (capacité à détecter et à comprendre les émotions d'autrui et à y réagir) et la gestion des relations qui correspond à la capacité à inspirer et à influencer les autres tout en favorisant leur développement et à gérer les conflits.

Nous pouvons dire que le concept d'intelligence émotionnelle (Salovey & Mayer 1990; Goleman 1995; Mayer, Salovey et al. 2000; Lelord & André 2003) regroupe les notions d'expression émotionnelle et d'interaction sociale. Ce concept donne une importance particulière à l'expression, l'identification et à la discrimination des émotions propres et de celles des autres pour guider le comportement. Nous intégrons ces idées dans notre modèle comportemental afin de créer un personnage émotionnellement intelligent.

Nous pensons que si un personnage virtuel peut exprimer dans son interaction avec l'utilisateur des « compétences sociales », un couplage peut être établi qui facilitera un sentiment d'immersion sociale et émotionnelle.

Nous utilisons le concept d'intelligence émotionnelle en considérant les cinq dimensions proposées par Goleman. Nous ajoutons ces dimensions au profil du personnage. Ainsi nous définirons l'intelligence émotionnelle comme un type d'intelligence qui exprime la capacité d'une personne à réussir dans ses relations interpersonnelles grâce à, d'une part, ses compétences de gestion de soi et d'autre part à ses compétences sociales qui le permettent de comprendre et d'influencer les autres.

Quand le personnage possède un niveau d'intelligence émotionnelle élevé, le sixième niveau d'évaluation cognitive de notre modèle prend en compte l'attitude qu'exprime l'interlocuteur afin d'adapter son état émotionnel. Ainsi, si le personnage possède un haut niveau de compétence sociale nous considérons que la dimension valence peut être modifiée.

Nous utiliserons le concept d'intelligence émotionnelle pour sélectionner les actes de langage qui vont être exprimés, ainsi que pour mettre à jour l'état émotionnel et le niveau d'empathie du personnage virtuel.

2.4.5 Couplage entre comportement et culture.

Matsumoto propose trois sources principales d'influence sur le comportement : la nature humaine de base (par l'intermédiaire des processus psychologiques universels), la culture (par l'intermédiaire des rôles sociaux) et la personnalité (par l'intermédiaire de différentes identités) (Matsumoto in Press).

Cet auteur considère que les différents comportements sont le produit de l'interaction entre ces trois éléments. Il propose que le comportement individuel est le produit de l'interaction entre les rôles sociaux culturellement dépendants et les identités individuelles.

La culture influence des processus psychologiques qui eux mêmes ont une action sur cette culture. De façon similaire, les normes et pratiques culturelles influencent les pensées et les actions des individus. Ces différentes pensées et actions influencent des normes et des pratiques culturelles pendant qu'elles évoluent avec le temps.

Le comportement humain s'exprime par un ensemble de manifestations cognitives, affectives et motrices, observables de façon externe. La communication dans une interaction est donc « multimodale » et « multicanal ».

La culture peut influencer les expressions non verbales et les comportements paraverbaux qui varient considérablement d'une société à l'autre (Morris 1994 ; Kerbrat-Orecchioni 1998). Les productions verbales et non-verbales sont co-produites pendant la construction de l'interaction par les participants au dialogue (Cosnier 1996; Cosnier 1997).

Le contexte socioculturel influence l'expression émotionnelle. Cette influence agit sur les conditions d'apparition de l'expression émotionnelle et sur les règles qui en régissent l'emploi et l'interprétation (Cosnier 2004; Matsumoto, Leroux et al. 2005).

Chapitre

3 État de l'art : Interactions sociales en univers virtuel

3.1 Simulation des interactions sociales en univers virtuel

Dans son livre « Affective computing » Picard engage une réflexion sur la notion d'ordinateur émotionnel (Picard 1997). Cet auteur suggère que les ordinateurs véritablement intelligents doivent avoir la capacité de reconnaître, comprendre, et exprimer des émotions.

En suivant cette idée, la recherche sur les personnages virtuels essaye de capturer la richesse et la dynamique du comportement humain. Ces recherches s'appuient fortement sur des théories psychologiques, sociologiques et de la communication pour transmettre correctement la personnalité, les émotions et comportements non verbaux des personnages (Gratch et al. 2002).

Ces dernières années ont été caractérisées par une croissance du nombre de projets et de groupes de recherche travaillant sur les personnages virtuels et l'animation comportementale (Bates 1994; Reilly 1996; Loyall 1997; Allbeck & Badler 2002; Gratch et al. 2002; Bickmore 2003; De Rosis et al. 2003; Nijholt 2003; Vilhjálmsson 2003; Bailenson et al. 2004; Chittaro et Serra 2004; Fabri 2006).

Cette croissance concerne en particulier la création d'outils de simulation dans des domaines tels que l'éducation, la formation, la thérapie, la collaboration à distance ou le divertissement. Dans le domaine de l'éducation et de la formation, des personnages ayant des comportements socialement crédibles sont employés comme tuteurs ou présentateurs virtuels. Buisine propose de considérer le caractère multimodal du comportement des utilisateurs comme un indice de la qualité du système et de l'interaction entre utilisateur et personnage virtuel (Buisine 2004).

Selon André et Nijholt l'usage de personnages virtuels comme outils pour l'interaction peut enrichir cette dernière tout en la rendant plus agréable, plus intuitif et plus crédible (André et al. 1999; Nijholt 2003).

3.1.1 Personnages virtuels : avatars et agents conversationnels animés

Différents types de personnages virtuels peuvent co-exister dans les univers virtuels. Leur apparence peut aller des humanoïdes à des êtres imaginaires, qui peuvent avoir une représentation 2D ou 3D.

Bailenson & Blascovich (2004) proposent une taxonomie en fonction du type de pilotage.

Ces auteurs définissent un « avatar » comme une représentation numérique perceptible dont les comportements sont exécutés en temps réel par un être humain. Par contre, ils définissent un « agent animé » comme un type de représentation numérique perceptible dont les comportements sont exécutés par un agent (une entité qui perçoit son environnement et agit sur celui-ci de façon autonome pour atteindre les buts pour lesquels il a été conçu).

Buisine définit les « Agents Conversationnels Animés » (ACA) comme des personnages virtuels interactifs, qui se définissent à minima par une présence animée au sein d'un dispositif visuel qui a un rôle communicatif quel qu'en soit son degré d'élaboration et la modalité d'expression (Buisine 2004).

Pour (Cassell, Bickmore et al. 1999) les ACA correspondent à un type d'humain virtuel qui possède des capacités sociales et linguistiques permettant d'entretenir une conversation en face-à-face avec les mêmes caractéristiques que les humains.

Ces auteurs identifient quatre caractéristiques importantes pour les ACA : 1) leur capacité à reconnaître et répondre à des entrées verbales et non verbales, 2) leur capacité à produire des expressions verbales et non verbales, 3) leur utilisation des fonctions conversationnelles telles que la prise de tour de parole, le feedback, et les mécanismes de réparation et enfin 4) l'exploitation d'un modèle de performance qui permet la négociation du processus conversationnel ainsi que l'ajout de nouvelles propositions au discours.

3.1.2 Agents conversationnels animés crédibles

Il existe plusieurs conceptions sur ce qui peut donner de la crédibilité aux agents animés. Pour Bates (1994) les personnages crédibles, sont des personnages qui donnent l'illusion de la vie et provoquent la suspension de l'incrédulité de l'auditoire. Cette approche est issue des medias artistiques comme la télévision et les films, particulièrement sur les travaux des animateurs de Disney.

Selon (Bates 1994; Reilly 1996; Loyall 1997) les « agents crédibles » sont des modèles informatiques de personnages « interactifs » qui semblent être vivants et pour qui l'utilisateur peut avoir des émotions.

Pour Reilly (1996) la crédibilité ne signifie pas honnêteté ou réalisme. Cet auteur propose que les agents crédibles peuvent ne pas être intelligents ou ne pas être réalistes, mais ils doivent au moins montrer des émotions et avoir des « personnalités fortes ». Il considère que des facteurs sociaux sont très importants dans la détermination des émotions et que les rapports entre les agents sont plus crédibles en raison de l'intégration des émotions et des rapports interpersonnels.

Pour (De Rosis, Pelachaud et al. 2003) l'agent devrait agir conformément à ses buts et selon son état d'esprit et sa personnalité. Il devrait répondre de la même manière face à un même stimulus qui se produit à différents moments. Pour ces auteurs, les ACA doivent respecter des exigences de modération dans leurs expressions et leurs états émotionnels. Ils doivent s'exprimer en accord avec le contenu sémantique et émotionnel de l'interaction.

D'après (Gratch, Rickel et al. 2002) il y a trois domaines importants à prendre en considération dans l'élaboration d'agents conversationnels animés : 1) la conversation face-à-face, 2) l'expression émotionnelle et la personnalité, et 3) l'animation des personnages. L'intégration de ces domaines permet de produire de façon crédible les différents comportements verbaux et non verbaux.

Cette même idée est développée dans Nijholt (2003), pour qui les agents animés doivent considérer la combinaison et l'intégration de la parole, des expressions faciales, des gestes, des postures et des actions corporelles ; ces expressions doivent découler d'un état émotionnel qui a été calculé par l'évaluation des comportements des inter actants humains, mais également de l'évaluation des événements qui se produisent ou qui se sont produits simultanément ou récemment dans l'univers virtuel.

Nous pensons que si le personnage s'exprime de façon cohérente dans ses rapports avec l'utilisateur et manifeste des « compétences sociales », un couplage peut être établi entre eux qui facilite l'immersion sociale et émotionnelle dans l'interaction vis-à-vis du personnage. Pour aboutir à cet objectif, il est important que l'expression des compétences sociales du

personnage manifeste des états émotionnels et cognitifs par des actes de communication verbaux, paraverbaux et non verbaux.

3.1.2.1 Agents émotionnels crédibles

Pour créer des agents émotionnels crédibles, les recherches se sont souvent inspirées du modèle OCC (Ortony, Clore et al. 1988).

Le modèle OCC classe les émotions sur la base de réactions positives ou négatives aux événements, aux actions, et aux objets. Des premières implémentations de ce modèle se trouvent dans les travaux de (Elliott 1992; Reilly 1996; Bécheiraz & Thalmann 1998) où sont modélisées des réactions à des objets, des personnes (sensation d'attirance ou de répulsion) et des événements soit impliquant la personne elle-même (sentiment de joie ou de tristesse, de satisfaction, de désolation, etc.) ou encore à cause d'événements potentiels et aléatoires qui peuvent se produire ou non.

Dans son objectif de rendre des personnages crédibles, les collaborateurs de « OZ Projet » à Carnegie Mellon, Reilly (1996) et Loyall (1997) proposent des outils à des personnes pour permettre la construction de personnages qui expriment dans leur comportement des attitudes émotionnelles ainsi que des personnalités différentes.

D'autres travaux comme ceux de Velasquez (1997) modélisent la nature dynamique de différents phénomènes affectifs, tels que des émotions et des humeurs. Selon Velasquez, les humeurs et les émotions sont seulement différenciées en termes de niveaux d'éveil. Dans son modèle émotionnel l'état émotionnel de l'agent est déterminé par des activateurs cognitifs et non cognitifs des émotions.

Dans une évolution de ces premiers travaux, d'autres approches intègrent les concepts d'humeur et de personnalité. En ce qui concerne la prise en compte de la personnalité, les modèles les plus utilisés sont ceux qui sont basés sur l'idée des traits de personnalité, en particulier celui des cinq-facteurs (FFM) (Goldberg 1990; McCrae & John 1992).

André et collaborateurs présentent trois modèles de personnages qui disposent de comportements émotionnels. Ces auteurs utilisent le modèle OCC pour générer des émotions tout en prenant en compte le modèle de personnalité FFM pour contrôler l'influence des émotions et l'expression non verbale du personnage (André, Klesen et al. 1999).

Différentes propositions de modèles génériques de simulation d'émotions, humeur et personnalité ont été faites pour donner des personnalités aux humains virtuels.

Pour Kshirsagar et Magnenat-Thalmann (2002), la valence de l'humeur est un facteur important pour établir une relation entre la personnalité et des émotions ressenties. Ils utilisent les dimensions d'anxiété, de caractère agréable et d'extraversion du modèle FFM pour déterminer l'humeur du personnage, ensuite la valence est prise en compte pour identifier l'émotion selon la catégorisation du modèle OCC.

Certaines recherches se sont intéressées au caractère dimensionnel des émotions (voir section 2.4.1). Breazeal (2003) utilise trois dimensions (éveil, valence et disposition) afin de déterminer l'émotion ressentie par son robot « kismet ». Raouzaiou, Karpouzis et al. (2004) déterminent l'émotion des personnages virtuels par un modèle circumplex basé sur les axes valence et éveil.

D'autres approches (Egges, Kshirsagar et al. 2004; El Jed, Pallamin et al. 2004) considèrent que l'état émotionnel peut être caractérisé par plusieurs émotions simultanées ayant différents degrés d'intensité et où les différentes dimensions de la personnalité ont une influence.

L'intégration des aspects émotionnels dans l'animation comportementale permet la création de personnages ayant des comportements plus proches des comportements humains. On trouvera quelques exemples d'applications dans les travaux sur les agents émotionnels pour la formation (Gratch & Marsella 2001; El Jed, Pallamin et al. 2004) et dans les agents conseillers comme « Greta » (Pelachaud & Bilvi 2002; De Rosis, Pelachaud et al. 2003) et « Laura » (Bickmore 2003).

Dans notre modèle émotionnel nous proposons un modèle de type circumplex qui spécifie l'émotion sur la base de quatre dimensions qui sont influencées par les traits de personnalité du modèle FFM et la théorie de l'évaluation cognitive de Scherer (voir section 5.3.1 pour détail).

3.1.2.2 Agents sociaux crédibles

Concevoir des agents sociaux crédibles est un challenge parce que les comportements à reproduire sont très complexes et exigent une approche pluridisciplinaire qui considère la dynamique du contexte ainsi que les couplages interactionnels de la communication humaine. Ces couplages doivent être exprimés à travers des expressions faciales, vocales et gestuelles.

(Gratch, Rickel et al. 2002), décrivent une architecture de contrôle des humains virtuels destinée à gérer une conversation en face-à-face. L'architecture du système permet de gérer des entrées et sorties multimodales, répondre en temps réel, comprendre et synthétiser information interactionnelle et propositionnelle, ainsi que modeler des fonctions conversationnelles.

Cette approche permet une interaction face-à-face mais elle doit être complétée par une prise en compte d'un comportement émotionnel puisqu'une conversation face-à-face est plus qu'un échange d'informations. Ce type d'humain virtuel possède les capacités sociales et linguistiques permettant d'entretenir une conversation en face-à-face avec des humains (Cassell, Bickmore et al. 1999).

Bickmore et Cassell définissent les ACA comme des agents relationnels conçus pour établir et maintenir des rapports sociaux et émotionnels à long terme avec leurs utilisateurs. Pour ces auteurs, les ACA doivent employer le discours, le regard, le geste, l'intonation et autres modalités non verbales afin d'émuler l'expérience de la conversation face-à-face (Bickmore & Cassell 2001; Bickmore & Cassell 2004).

Pour Reilly (1996), il est nécessaire d'exploiter les traits de personnalité pour enrichir les interactions sociales des agents animés. Cet auteur développe plusieurs types de comportements sociaux : la négociation, les relations amicales, les expressions émotionnelles, les normes sociales et les rôles.

Guye-Vuilleme & Thalmann (2001) proposent également l'exploitation d'un mécanisme de raisonnement social basé sur une architecture hybride de haut niveau exploitant les notions de rôle, des normes et de valeurs. Selon ces auteurs, le raisonnement social est un mécanisme permettant à un agent socialement situé d'analyser la situation avec sa propre vue spécifique, extrayant des informations appropriées pour une « bonne prise de décision » en termes d'acceptation sociale et valeurs personnelles.

La plupart des travaux qui s'intéressent à l'interaction avec des ACA dans une perspective de formation utilisent des modèles cognitifs basés sur les notions de croyance, souhait et intention afin de planifier les dialogues. Dans ces applications l'utilisateur interagit directement avec l'ACA, plus couramment de façon écrite. C'est par une analyse sémantique que l'agent virtuel fait des hypothèses des souhaits, émet des intentions, produit des états émotionnels (De Rosis, Pelachaud et al. 2003; Carofiglio & De Rosis 2005).

L'utilisation de l'expression non verbale est également très utilisée pour accompagner le discours de l'acteur virtuel et augmenter la crédibilité (Bickmore & Cassell 2001). Les

expressions non verbales permettent de renforcer l'expression des idées, des états cognitifs et des états émotionnels.

La majorité des travaux utilisent principalement l'expression faciale et la direction du regard comme canal de communication non verbale notamment dans les travaux ou les agents tuteurs se servent des gestes indexicaux pour renforcer les actes de communication et permettre une meilleure interprétation du contexte. Ces travaux restent néanmoins très limités à cause de la complexité de modélisation contextuelle de ce type de processus.

Il est clair que la qualité et la cohérence des expressions non verbales (faciales, gestuelles et corporelles) d'un personnage contribuent à la crédibilité de son comportement social, mais nous pensons que le couplage vers l'utilisateur dans son interaction joue un rôle aussi important.

Le couplage dans l'interaction apporte de la crédibilité aux interactions en permettant d'établir un engagement entre les acteurs. C'est la force de ce couplage dynamique entre les actions produites et le contexte partagé qui donne consistance aux échanges sociaux dans une interaction humaine. Cette idée nous renvoie aux concepts de « réflexivité » et de la « co-construction » de l'interaction.

La réflexivité des interactions est basée sur l'idée que les actions humaines modifient le contexte de l'interaction et que, réflexivement, ce nouveau contexte va modifier le processus décisionnel de tous les acteurs en co-présence dans cette même interaction.

Nous tenterons de rendre opérationnels ces concepts pour renforcer le couplage dans l'interaction. Notre modèle comportemental produit des actes de langage verbaux et non verbaux qui sont le résultat de la réflexivité des interactions entre l'utilisateur et le personnage virtuel. Ces actes de langage essayent de transmettre l'état émotionnel, l'objectif et l'intention de notre ACA.

En plus, pour renforcer le couplage visuel dans l'univers virtuel, l'utilisateur interagit avec notre ACA par un avatar qui le représente.

3.2 Réalité et univers virtuels

L'enjeu des simulations faisant appel à la réalité virtuelle est de développer des environnements crédibles et réalistes qui permettent à l'utilisateur d'agir dans l'environnement virtuel comme il le ferait en situation réelle.

Les applications qui peuvent être envisagées pour le futur, dans le domaine de la réalité virtuelle et des personnages virtuels animés, sont nombreuses. Ces dernières années ont vu une augmentation du nombre de projets et de groupes de recherche qui travaillent sur cette thématique. En particulier, cette croissance concerne la création d'outils de simulation dans des domaines tels que l'éducation, la formation ou la thérapie virtuelle, par exemple le traitement des phobies.

3.2.1 Réalité virtuelle

La réalité virtuelle permet d'introduire la complexité du monde physique dans l'environnement contrôlé d'un laboratoire.

La réalité virtuelle a été employée pendant plusieurs décennies pour une variété d'applications psychosociales. L'utilisation la plus fréquente dans ce domaine est l'utilisation des environnements 3D qui peuvent être explorés par des patients sous la surveillance d'un thérapeute. De telles applications emploient fréquemment un système totalement immersif, grâce à un casque et des gants de réalité virtuelle où le patient voit

seulement l'image générée par ordinateur et le reste du monde physique est bloqué de sa vue (Riva 1997; Keshner 2004).

Pour ce qui concerne la thérapie, la réalité virtuelle rend possible de créer un environnement interactif où les exercices pourraient être commandés, mesurés et modulés, renforçant les capacités cognitives du patient et réduisant au minimum le coût de réadaptation.

L'usage de la réalité virtuelle à des vues thérapeutiques est un sujet controversé. D'un côté, elle fournit des outils permettant au patient d'exercer de façon répétitive dans un cadre rappelant la réalité (Holden 2005), d'un autre côté, le décalage par rapport à la réalité peut induire dans certains des effets secondaires pendant et après l'exposition aux dispositifs de réalité virtuelle (Lewis & Griffin 1997; Riva 1997).

3.2.2 Univers virtuels

Les mondes ou univers virtuels immersifs offrent de nouvelles perspectives pour des expériences interactives où les utilisateurs peuvent faire cohabiter des environnements physiques tridimensionnels avec des personnages virtuels pour le divertissement, l'éducation, et la formation.

Cette technologie permet par son coût mineur, une utilisation dans de nombreux domaines comme la formation professionnelle, militaire et médicale ou encore comme outil de collaboration à distance ou d'auto-apprentissage.

Les mondes virtuels font le lien entre la réalité virtuelle qui cherche à immerger l'utilisateur dans un environnement synthétique et la création des agents intelligents qui cherche à concevoir des entités qui perçoivent son environnement et agit sur celui-ci de façon autonome pour atteindre ses objectifs.

Les raisons de ces nouveaux développements sont liées au réalisme de plus en plus convainquant des scènes visuelles mais aussi ses capacités à induire des situations immersives et à intégrer la dimension sociale et émotionnelle dans les interactions virtuelles.

Des expériences ont déjà été faites dans le domaine de la formation de prise de décisions stratégiques en environnements complexes et dangereux, où l'état émotionnel des participants peut influencer leur façon de réagir, par exemple le système « Mission Rehearsal Exercise » de (Gratch & Marsella 2001) et pour la formation au commandement de (El Jed al. 2006).

D'autres expériences ont été réalisées dans le domaine des cyber-thérapies, comme thérapie d'exposition pour le traitement des phobies sociales Roy (2001) ou encore l'aviophobie (Rothbaum, Anderson et al. 2006) où l'aspect d'interaction émotionnelle peut aider à diminuer le niveau d'anxiété.

D'autres expériences ont été effectuées dans les environnements virtuels collaboratifs afin d'évaluer les attitudes et la conduite d'utilisateur interagissant avec un personnage virtuel exprimant un état émotionnel qui peut être intentionnellement manipulée. Ce paradigme est appelé « Interaction Sociale Transformée » (Bailenson et al. 2004).

Nous l'utiliserons pour la conception d'un thérapeute virtuel qui guide, corrige et encourage un patient lors des séances destinées à la rééducation fonctionnelle.

3.2.3 L'immersion sociale et émotionnelle

Toute session impliquant une forme l'interaction virtuelle entre un participant et un agent conversationnel peut provoquer différents types d'immersion. L'ajout de la dimension

sociale et émotionnelle peut profondément modifier la nature de cette immersion (Van der Straaten 2000; Riva 2003; Riva, Mantovani et al. 2004).

Notre hypothèse est que pour réaliser un état d'immersion sociale et émotionnelle en univers virtuel, le comportement des personnages virtuels doit engager l'utilisateur qui l'anime dans une interaction où la dimension sociale et émotionnelle interviennent fortement.

Les données issues des approches ethnométhodologiques et constructivistes montrent que le dialogue entre acteurs ne peut pas être représenté causalement sous forme d'une représentation structurée mais qu'il se co-construit au cours d'une interaction. Les facteurs culturels, mémoriels, environnementaux, implicites en un mot contextuels sont trop sollicités lors de la genèse du dialogue que le sens de celui-ci ne peut qu'émerger d'une interaction où les acteurs sont en situation de co-présence. Il s'établit ce que nous appellerons des «couplages » de plus en plus forts entre ces acteurs qui s'expriment de façon verbale ou gestuelle. C'est la « force » et la dynamique de ce couplage qui apporte de la crédibilité aux interactions et déterminent le niveau d'engagement dans l'interaction sociale (Garfinkel 1967; Garfinkel & Sacks 1970).

Notre conception de l'immersion sociale et émotionnelle réfère donc aux approches de la cognition située et de l'ethnométhodologie pour la prise en compte des facteurs contextuels et aux approches représentationnelles pour la partie production des actes de langage.

Du point de vue plus psychologique, la notion de présence est souvent abordée selon deux points de vue :

Un point de vue pragmatique qui a pour objectif d'améliorer la similarité entre les univers virtuels et réels. Selon ce point de vue, la sensation de présence est synonyme d'illusion de non médiation c'est-à-dire que dans cette situation, l'utilisateur ou le joueur ne perçoit plus le médium qui lui sert de support à sa représentation sensorielle. Inversement, plus l'utilisateur est conscient du dispositif interactionnel, plus il sera en situation dite de « breakdown » ou il devra conscientiser son interaction et donc ne plus être immergé.

Ce point de vue ne répond toutefois pas à une question importante : à quoi sert la notion de présence ou d'immersion ? Quel est son rôle dans le quotidien ?

Pour répondre à ces questions, (Riva, Waterworth et al. 2004) proposent une hypothèse basée sur un point de vue phylogénétique qui renforce l'importance que nous donnons à la notion de couplage.

Selon ces auteurs, il faut distinguer trois niveaux de présence qui se sont développés dans le temps afin d'améliorer la survie de l'espèce : la Proto Présence (PP) ou présence spatiale, qui est liée au niveau de couplage « perception-action », la « Core Présence » (CP) ou présence sensorielle, qui est basée sur les capacités d'attention sélective à l'information significative et la Présence Etendue (PE) qui correspond à la capacité de l'acteur à d'identifier l'information significative pour soi même et à produire l'engagement.

Ces trois niveaux se seraient développés dans le temps de façon séquentielle.

L'objectif de la Proto Présence (PP) est de permettre à l'organisme de créer une distinction entre son propre corps (SOI) et l'environnement. Cette distinction est évidemment cruciale pour pouvoir parler de dialogue mais elle joue également un rôle essentiel dans les mécanismes d'orientation et de présence spatiale.

Afin d'illustrer le rapport entre PP et orientation spatiale, nous pouvons prendre l'exemple bien étudié de la « vection ». La vection est l'illusion de déplacement de son propre corps dans l'environnement (aussi appelée perception exocentrique). Cette illusion apparaît quand notre vision périphérique est stimulée par une image en mouvement (cas fréquent lorsque l'on se situe dans un train à l'arrêt et que le train sur la voie voisine démarre ; la perception périphérique d'un train en mouvement déclenche une illusion de mouvement de son propre corps alors que celui ci est immobile). On est dans ce cas en

présence d'un mécanisme primitif de PP qui permet à l'organisme de dissocier deux interprétations d'une même situation 1) se percevoir immobile dans un environnement mobile ou 2) percevoir son propre corps en mouvement par rapport à un environnement statique. Cette distinction est évidemment fondamentale pour améliorer la survie de l'espèce et planifier des actions en intégrant les propriétés dynamiques des objets en mouvement.

La vection est un mécanisme primitif (phylogénétiquement) qui répond à un besoin d'identification de mouvement relatif de son corps par rapport à l'environnement. En situation de vection bien établie, le sentiment de présence de son corps en mouvement est tellement « fort » que le système nerveux central génère une « copie efférente » des sensations de mouvement que produire cette illusion de vection (alors que le corps est immobile). On est la dans une situation proche de celle des neurones miroir qui eux produisent une image motrice de ce que perçoit le système visuel.

La Core Présence (CP) est un mécanisme plus élaboré qui s'appuie sur les acquis de la PP. A partir du moment où l'organisme est capable de s'identifier en tant que soi, il peut alors mieux identifier, filtrer les informations qui sont pertinentes pour ce SOI. Il devient également possible d'engager des interactions entre SOI et les autres objets de l'environnement, engager une interaction avec un autre SOI (couplages possibles), effectuer des désignations, etc.

La Présence Etendue (PE) constitue une étape supplémentaire dans le développement dans la mesure où elle concerne l'attribution du sens, des significations aux événements qui sont filtrés au niveau de la CP.

Cette réflexion nous semble importante du fait que notre dispositif a pour objectif de traiter des pathologies où le sujet peut précisément avoir de troubles pour distinguer ce qui relève du contrôle du mouvement et de l'intégration de ce processus en tant que faisant partie de soi (un patient pourrait par exemple très bien pouvoir réaliser un mouvement sans pour autant l'intégrer comme partie intégrante de soi (comme dans le cas de la perception exocentrique où le même mouvement relatif de l'environnement par rapport à soi peut déclencher deux types de perception).

La notion de présence (comme processus et état mental) s'articule donc très bien avec les concepts de cognition située et d'ethnométhodologie du fait que ces deux dernières approches insistent sur le fait que la caractéristique la plus importante de l'interaction sociale est qu'elle est ancrée dans les références continuelles à l'environnement et qu'elle se co-construit dynamiquement dans le temps. Ces deux approches caractérisent donc ce que (Riva et al. 2004) appellent présence comme processus. Dans une terminologie plus liée à la théorie des systèmes nous dirons que ce c'est la force des couplages entre les acteurs eux mêmes et leur environnement qui va permettre de produire cette notion de présence sociale. Si l'environnement virtuel permet aux acteurs sociaux de co-construire ces couplages de façon crédible, il leur sera alors possible « d'oublier » la technologie (la rendre transparente).

Nous nous intéresserons en particulier aux « comportement indexicaux et réflexifs qui permettent de gérer les couplages perception-action dans l'environnement virtuel et d'aboutir à un premier niveau de présence.

Pour atteindre ce niveau de présence il est nécessaire que le modèle d'animation respecte les contraintes concernant les actes de communication, leur caractère multimodal, leur pertinence par rapport au sens de la communication, à sa dimension social et culturelle, etc. Si ces contraintes ne sont pas respectées, les acteurs risquent de perdre l'illusion de non médiation et de se retrouver en situation de « breakdown ».

Les second et troisième niveaux, qui gèrent les capacités d'attention sélective et l'engagement peut être obtenu par une prise en compte des expressions émotionnelles des personnages.

En conclusion, notre objectif est d'obtenir une immersion sociale qui se distingue des autres types d'immersion (physique, tactique, narrative); dans cette perspective, il nous est

paru important de développer la qualité des interactions émotionnelles et en particulier la notion de couplage réflexif entre l'acteur humain et le personnage avec qui il dialogue.

Chapitre

4 Problématique expérimentale

Pour mieux comprendre le contexte dans lequel s'insère notre application, nous décrivons dans cette section les enjeux de notre problématique expérimentale.

4.1 Neuropsychologie

La neuropsychologie est une discipline qui s'intéresse aux conséquences cliniques des pathologies du système nerveux sur la cognition, l'intelligence et les émotions, provoquées par des lésions cérébrales.

4.1.1 Accidents vasculaires cérébraux

Une lésion du cerveau due à un ralentissement du flux sanguin ou à une hémorragie est appelé accident vasculaire cérébral (AVC) ou « attaque cérébrale »; les parties du cerveau privées de sang se détériorent rapidement et meurent, provoquant, par exemple, une paralysie des membres ou des organes contrôlés par les zones cérébrales affectées (McCaffrey 2003).

Les conséquences d'un AVC dépendent des secteurs du cerveau qui sont affectés. Par exemple, certains patients expriment davantage leurs émotions qu'ils ne le faisaient avant leur maladie. Bon nombre d'entre eux peuvent avoir une certaine paralysie et une diminution dans leur capacité de traiter le langage, la lecture, articuler ou même sur leur capacité d'avaler (McCaffrey 2003).

Les accidents vasculaires cérébraux sont dans les pays occidentaux la troisième cause de mortalité et une cause majeure de handicap. Les études longitudinales réalisées chez les sujets ayant eu un AVC montrent que 80% récupèrent la marche alors que seulement 5 à 20% récupèrent un membre supérieur totalement fonctionnel. Ces types de patients sont fréquemment déprimés et ont des difficultés pour évaluer leur performance (Marque 2005; Page 2006).

La rééducation après un accident vasculaire cérébral nécessite une collaboration entre le médecin généraliste, le neurologue, le kinésithérapeute, et éventuellement d'autres intervenants tels que l'orthophoniste, surtout au cours des six premiers mois, pendant lesquels les plus grands progrès sont possibles. Les exercices proposés par les kinésithérapeutes ont pour résultat d'améliorer le contrôle moteur des membres. La rééducation orthophonique permet de récupérer un certain usage de la parole, souvent perdue après un accident vasculaire cérébral. Le degré de récupération varie fortement d'un patient à un autre et reste difficile à prévoir.

Afin d'induire une plasticité cérébrale et augmenter le rétablissement du système moteur des patients cérébro-lésés, nous avons, en collaboration avec l'INSERM[5] proposé un dispositif permettant de tester la notion de « neurones miroir » (Morales Rodriguez & Pavard 2006 to appear).

[5] Institut national de la santé et de la recherche médicale U825 – Services de Neurologie.

4.1.2 Paradigme des neurones miroir

Les neurones miroir jouent un rôle majeur dans l'explication de diverses capacités humaines comme la compréhension de l'action, de l'imitation, de l'empathie ou encore de certaines pathologies comme l'autisme (Gallese, Fadiga et al. 1996; Rizzolatti, Foggassi et al. 2001; Gallese 2004; Iacoboni, Molnar-Szakacs et al. 2005; Rizzolatti & Buccino 2005)

Ils constituent une classe particulière de neurones qui ont été initialement identifiés dans le cortex précentral du macaque. Leur découverte est à l'origine d'un renouveau de la problématique de l'empathie et des théories du couplage entre perception et action (Ramachandran 2000).

Les neurones miroir sont des neurones qui, simultanément à une perception d'un geste d'autrui codent une représentation de l'action correspondante. Chez l'humain, des neurones ayant des propriétés semblables ont été découverts dans le secteur du cortex pariétal postérieur (Gallese, Fadiga et al. 1996; Rizzolatti, Foggassi et al. 2001; Rizzolatti & Craighero 2004; Iacoboni, Molnar-Szakacs et al. 2005).

Pour être activés, les neurones miroir requièrent l'observation d'une action gestuelle extérieure à soi. L'action gestuelle doit également avoir un sens pour l'observateur afin de déclencher l'activité de ces neurones.

Les neurones miroir semblent avoir deux rôles fonctionnels principaux : la compréhension de l'action (supposer le but de l'action) et l'apprentissage par imitation (Rizzolatti, Fogassi et al. 2001).

Rizzolatti affirme que, l'activation du circuit miroir est essentielle pour donner à l'observateur une compréhension réelle et expérientielle de l'action qu'il voit. Selon cet auteur, pour reconnaître ce que l'autre est en train de faire, on doit activer son propre système moteur, puisque la seule observation visuelle, sans implication du système moteur, ne donne qu'une description des aspects visibles du mouvement, sans informer sur ce que signifie réellement cette action. Rizzolatti souligne aussi que le système des neurones miroir, par sa capacité à fournir des copies motrices d'actions observées, est impliqué dans l'apprentissage par imitation (Rizzolatti, Foggassi et al. 2001; Rizzolatti & Buccino 2005).

Des recherches récentes suggèrent que les mécanismes miroir peuvent être concernés par le mécanisme d'empathie (capacité de se mettre à la place de l'autre et d'en ressentir une émotion) (Gallese 2004; Gallese, Keysers et al. 2004; Rizzolatti & Craighero 2004).

Si l'on considère que la perception des mouvements entraîne systématiquement une activation de la partie motrice correspondante du cortex, les structures de neurone miroir sont susceptibles d'être la clef du rétablissement fonctionnel des patients cérébro-lésés; elles pourraient aider à activer graduellement les circuits moteur qui sont associés à la production du mouvement que les patients ne peuvent réaliser (Marque 2005).

4.2 Rééducation fonctionnelle

La principale cause de handicap du membre supérieur (bras et main) est l'AVC. Des semaines et parfois des mois de rééducation sont habituellement nécessaires aux patients cérébro-lésés pour récupérer leur motricité.

Il est donc socialement important de tenter d'améliorer les techniques de rééducation pour améliorer les performances fonctionnelles du membre supérieur chez le cérébro-lésé, en insistant sur les mouvements d'extension qui reste plus déficitaires que les mouvements de flexion (Marque 2005).

L'efficacité de la rééducation de la motricité chez le cérébro-lésé a été démontrée par plusieurs études cliniques (Ottenbacher & Jannell 1993; Loubinoux, Dechaumont-Palacin et

al. 2007). L'efficacité de la rééducation dépend de plusieurs facteurs : la prise en charge rapide, des exercices adaptés à chaque patient, une répétition intensive des mouvements et le caractère multidisciplinaire et coordonné de cette prise en charge. Cependant, les modalités exactes de cette efficacité restent encore mal connues (Sveistrup 2004; Marque 2005).

On sait que la répétition intensive de mouvements dans l'environnement habituel en contraignant les sujets cérébro-lésés à utiliser leur membre déficitaire, induit une plasticité cérébrale et augmente les performances motrices (Page 2006). Ce type de thérapie dite du « mouvement induit par la contrainte » se compose d'une famille de techniques, qui contraignent les mouvements du bras moins affecté et exerce intensivement le bras plus affecté (Taub, Miller et al. 1993).

Les informations sensorielles et en particulier visuelles jouent également un rôle dans le rétablissement moteur (Holden 2005; Marque 2005). Le rétablissement basé sur la perception visuelle du mouvement, est produit par la transformation sensori-motrice des circuits cérébraux qui est associée à la production de mouvement. Ces résultats sont en conformité avec l'idée exprimée par paradigme des neurones miroir (Marque 2005).

4.2.1 Les interactions en milieu soignant

L'activité non verbale intervient de façon essentielle dans la rééducation. Elle a une double fonction, d'un côté elle est utilisée pour compléter et renforcer la communication, et de l'autre elle sert à réguler l'interaction.

Selon Cosnier (1993), la dimension relationnelle des pratiques de soins « relations soignant-soigné » et « humanisation hospitalière » est un thème traditionnel dans les problèmes de communication en milieu soignant. Ils sont conditionnés par des paramètres multiples qui échappent à toute organisation.

Pendant les interactions, les malades cherchent à capter et interpréter tous les indices non verbaux des soignants. Ces signaux permettent d'exprimer entre autres « je t'écoute », « je t'ai compris », « à toi de parler », « qu'en penses-tu ? » ainsi que l'expression de l'état émotionnel. En ce qui concerne l'interprétation de l'état émotionnel du praticien, elle est très utilisée devant le langage souvent hermétique du soignant. Le résultat de cette interprétation peut rassurer ou mettre en stress le patient.

L'expression non verbale des patients (anxiété, malaises physiques et corps détériorés et souffrants) a aussi une influence sur le milieu médical, elle fournit une facilitation à la participation des affects d'autrui. Cela rend compte de certaines difficultés du métier de soignant qui amènent à plusieurs attitudes défensives et autoprotectrices comme l'absentéisme, l'indifférence, la distanciation affective et la divergence interactionnelle. En conclusion, pendant l'interaction d'une consultation, l'expression non verbale permet aussi l'expression d'un engagement attentionnel et affectif qui est nécessaire dans les échanges entre soignant et patient (Cosnier 1993).

4.2.2 Réalité virtuelle et kinésithérapie.

La réalité virtuelle a pour objectif de plonger l'utilisateur dans un environnement virtuel tridimensionnel. Cet environnement interactif, motivant, permet de proposer des tâches qui sont contrôlées, quantifiées et modulées afin d'adapter les exercices de rééducation en fonction du sujet et pendant une séance.

Les applications de la réalité virtuelle chez le cérébro-lésé sont nombreuses : prise en charge de troubles cognitifs, tels que les troubles de l'attention ou des fonctions exécutives, rééducation motrice avec aide à la réalisation du mouvement, travail de la coordination, augmentation de la force et de la vitesse d'exécution.

Depuis la fin des années 90, les recherches en rééducation physique s'intéressent à la réalité virtuelle comme un moyen permettant des manipulations sensorielles à visée de rééducation sensorimotrice. Une des attractions principales de la réalité virtuelle est qu'elle fournit une interface active qui permet reproduire les conditions principales pour la rééducation moteur : la répétition, le feedback et la motivation (Holden 2005).

Les bonnes performances acquises lors de la répétition de mouvement en séance de rééducation ne sont pas toujours fonctionnelles dans la vie quotidienne des patients cérébro-lésés, du fait d'un environnement plus riche et plus distractif que le milieu thérapeutique. La réalité virtuelle permettrait une transition moins brutale entre le monde de la rééducation et le monde environnant.

Cette technologie permet de développer des applications qui reproduisent à moindre coût un environnement virtuel qui est près du réel et moins distractif (Keshner 2004; Sveistrup 2004; Holden 2005; Marque 2005).

La comparaison des mouvements réalisés dans un environnement normal ou un environnement virtuel (atteindre, attraper une balle puis la transporter et la relâcher), chez les sujets sains et les sujets ayant un déficit moteur, ne retrouve pas de nette différence dans les différentes caractéristiques du mouvement (Viau, Feldman et al. 2004). Cette étude constitue ainsi un élément de validation de la pratique de mouvements du bras dans un environnement virtuel.

Plusieurs études préliminaires rapportent des cas isolés où ce principe de répétition intensive de mouvement à l'aide d'un feedback par réalité virtuelle, chez des sujets cérébro-lésés, s'accompagne d'une amélioration de l'exécution, la vitesse, la force du mouvement (Holden 2005). D'autres recherches démontrent la possibilité d'induire une réorganisation corticale et un rétablissement moteur associé via la rééducation virtuelle (Jang, You et al. 2005; You, Jang et al. 2005)

Pour motiver les patients à continuer les programmes d'exercices, les plateformes de réalité virtuelle développées sont généralement conçues en tant que jeux interactifs (Jack, Boian et al. 2000), ainsi que comme des environnements immersifs qui reproduisent le monde réel (White, Burdick et al. 2005).

Notre plateforme de thérapie virtuelle permet de suivre des exercices de rééducation sous le guide d'un thérapeute virtuel. Ce personnage virtuel exprime un comportement social et émotionnel, afin de guider, corriger et encourager le patient en fonction de ses progrès virtuels et du protocole de rééducation qu'il doit suivre.

Cette plateforme permet à l'INSERM d'évaluer des nouveaux paradigmes thérapeutiques pour la rééducation fonctionnelle.

4.2.3 Évaluation par IRM fonctionnelle de la réalité virtuelle comme outil de rééducation chez des sujets cérébro-lésés

Dans le cadre d'un programme hospitalier de recherche clinique (PHRC) consacré à l'amélioration des paradigmes thérapeutiques, l'INSERM à Toulouse, propose une étude pilote pour mettre au point un protocole de rééducation de l'extension active du poignet chez des sujets victimes d'un AVC, par une technique d'immersion en réalité virtuelle utilisant des exercices de type feedback « amélioré » (performance d'extension du poignet meilleure que la performance réelle).

L'originalité du projet par rapport aux études dans le domaine, repose sur la possibilité que donne la réalité virtuelle de créer une situation virtuelle « améliorée » qui fait croire au patient qu'il a légèrement progressé et constitue un renforcement dans sa participation au programme de rééducation.

L'évaluation de la séance reposera sur un critère principal d'imagerie fonctionnelle (IRMf) et sur les performances motrices au niveau de l'extension du poignet dans un deuxième temps.

Des expériences d'IRMf seront effectuées juste après la séance de stimulation. L'IRMf est une technique d'imagerie par résonance magnétique qui permet de localiser les zones du cerveau activées par une tâche.

Les objectifs du projet sont : 1) déterminer par IRM fonctionnelle l'effet sur les activations sensorimotrices d'une séance de Réalité Virtuelle avec feedback amélioré comparée à une séance de Réalité Virtuelle avec feedback réel et 2) évaluer l'intérêt d'une séance de Réalité Virtuelle avec feedback amélioré comparée à une séance de Réalité Virtuelle avec feedback réel dans la récupération de la motricité de sujets ayant présenté un premier AVC.

4.2.4 Paradigme thérapeutique.

Le paradigme thérapeutique proposé par l'INSERM réfère au concept de « neurone miroir » développé par Gallese (Gallese, Fadiga et al. 1996; Rizzolatti, Foggassi et al. 2001; Rizzolatti & Craighero 2004).

Selon Marque (2005), on considère que la perception des mouvements entraîne systématiquement une activation de la partie motrice correspondante du cortex. Les structures de neurone miroir sont susceptibles d'être la clef du rétablissement fonctionnel des patients victimes d'AVC, elles pourraient aider à activer graduellement les circuits moteur qui sont associés à la production des mouvements que les patients cérébro-lésés ne peuvent réaliser.

Le but du paradigme expérimental est de stimuler ces neurones et les boucles perceptivo-motrices propres à la production d'un mouvement associé. D'où l'idée d'utiliser cette constatation pour la rééducation des patients cérébro-lésés par une technique de réalité virtuelle : en leur montrant visuellement (dans l'univers virtuel) le geste qu'ils ne peuvent réaliser, il est possible d'espérer que la partie motrice du cortex moteur du patient soit stimulée avec des conséquences pour le rétablissement des circuits cérébraux.

L'effet attendu de cette stimulation est de favoriser la plasticité cérébrale et augmenter le rétablissement des circuits cérébraux (Marque 2005). Ce paradigme repose sur deux hypothèses :

La première, est que l'activation sensorimotrice chez les patients cérébro-lésés sera renforcée dans les aires prenant en charge la fonction motrice (hypothèse sur le concept des neurones miroir). La deuxième hypothèse est que cet effet spécifique de la stimulation sur les aires cérébrales motrices s'accompagnera d'une amélioration des performances.

4.2.5 Contributions de la plateforme de réalité virtuelle au domaine de la rééducation fonctionnelle.

La plateforme de thérapie virtuelle développée pour la rééducation de patients cérébro-lésés montre les mouvements du patient et permet le couplage entre l'action du patient et de son thérapeute virtuel qui exprime un comportement social et émotionnel.

En particulier elle permet d'aboutir à trois objectifs :

- Le premier, évaluer dans la rééducation fonctionnelle le paradigme de « neurones miroir » et le rôle du « feedback visuel améliorée »[6] pendant la production volontaire du mouvement.
- Le deuxième objectif est d'introduire dans le protocole expérimental la dimension émotionnelle[7] afin de stimuler la participation du patient au programme de rééducation.
- Le troisième, réduit le sentiment de frustration souvent présent chez les patients cérébro-lésés, en faisant croire au patient qu'il est en train de progresser grâce au « feedback amélioré ».

4.3 Méthodologie de l'analyse des interactions

L'objectif de cette section est de présenter la méthodologie utilisée pour l'analyse des interactions sociales telles qu'elles se déroulent dans le contexte d'une session de rééducation.

Cette première étape est un préalable à la spécification de l'architecture de notre modèle. Notre approche est de type ethnométhodologique ; elle exploite les techniques de l'enregistrement vidéo pour faire une analyse des interactions réelles entre le thérapeute et son patient. Cette approche se base sur une description détaillée des actes de communication, des activités non verbales et des expressions émotionnelles. Notre objectif sera de mettre en rapport ces différents types d'expression avec les objectifs des acteurs.

4.3.1 Analyse de la communication

L'analyse de la communication se base sur deux approches principales : l'analyse du discours qui a pour fondement la théorie des actes de langage et l'analyse conversationnelle qui est issue de l'ethnométhodologie qui vise à dégager les règles et les principes qui sous-tendent le fonctionnement des conversations et les différents types d'échanges communicatifs qui s'observent dans l'interaction. Celles-ci ne sont pas universelles, elles peuvent varier sensiblement d'une société à l'autre, de la personnalité, de l'âge, du genre, de l'origine sociale ou géographique des locuteurs (Kerbrat-Orecchioni 1998).

La théorie des actes de langage a été décrite au chapitre 2.1.2.4. Nous nous concentrerons dans ce chapitre à la description de l'analyse conversationnelle.

Dans le cadre de l'action située, l'analyse conversationnelle est centrée sur l'analyse de la structure locale des conversations. Cette dernière se construit progressivement, dans un processus itératif, à partir des réactions de chaque interlocuteur à ce qui vient de se dire.

Par ailleurs, dans le dialogue, les communications humaines sont riches en actes sociaux. L'interprétation du dialogue est étroitement liée à l'interprétation des expressions gestuelles, corporelles et du regard (voir section 2.2). Ces derniers représentent des indices contextuels supplémentaires qui contribuent au maintien d'un couplage réflexif pertinent entre les différents acteurs en interaction, ils transmettent des messages implicites et permettent de mieux véhiculer du sens dans le discours.

---

[6] Par feedback «amélioré», nous entendons le fait que le patient perçois sa performance (dans notre cas spécifique le dégrées d'extension du mouvement de son poignet) comme meilleur que sa performance réel (effective).

[7] Reproduction d'un comportement d'interaction face-à-face, afin de produire un engagement entre patient et thérapeute virtuel.

Nous prenons en considération ces aspects pour comprendre le rôle de la composante non-verbale du dialogue; en particulier, pour la gestion de tour de parole et pour exprimer le rôle des gestes et des expressions indexicales.

4.3.2 Méthodologie

Afin de reproduire des interactions sociales crédibles dans le monde virtuel, nous avons réalisé une analyse à partir de plusieurs enregistrements vidéo lors de séances de rééducation de patient cérébro-lésés.

L'analyse de ces vidéos permet une bonne compréhension des conditions de réalisation de la séance et répond à un double objectif : (1) identifier les éléments à prendre en considération pour s'assurer du réalisme de l'environnement virtuel et (2) déterminer les caractéristiques des interactions entre le patient et le thérapeute.

Nous avons identifié trois niveaux de granularité lors de l'analyse des vidéos :

- L'organisation temporelle de la séance : ainsi nous avons pu identifier les différentes phases suivies par le thérapeute pendant la session, ainsi que leurs durées et leur organisation temporelle.
- Les couplages interactionnels (voir section 2.3) entre le patient et le praticien. Il s'agissait dans cette phase de comprendre, d'une part, la dynamique interactionnelle et d'autre part d'identifier les stratégies interactionnelles du thérapeute, c'est-à-dire, ses gestes, ses mouvements corporels et ses activités para verbales (débit, intensité vocale, hauteur de la voix et les intonations) pendant la conversation.
- Identification des objectifs et des intentions implicites associés à chaque acte de communication (voir section 2.1.1).

Ces analyses nous ont permis de formaliser la gestion du dialogue et des comportements émotionnels du personnage virtuel. Elles ont contribué, dans un second temps, à la création d'un corpus d'actes de communication pour le thérapeute virtuel.

4.4 Analyses vidéo des interactions

Nous avons analysé huit sessions de rééducation dirigées par six thérapeutes différents (trois hommes et trois femmes). Les patients (six hommes et deux femmes) pris en charge pendant les sessions de rééducation présentaient des handicaps variables.

L'analyse de ces sessions nous a permis d'identifier les relations entre contexte, personnalité et attitudes émotionnelles des thérapeutes ainsi que les conditions de mise en œuvre des actes de langage. Les attitudes du thérapeute vis-à-vis du patient ont été qualifiées d'empathiques, neutres et directives.

Cette analyse fait apparaître par ailleurs que la mise en œuvre d'une attitude émotionnelle est une fonction de la personnalité du locuteur, de la nature de ses actes perlocutoires (guider, encourager, corriger) ainsi que de la force illocutoire de ses actes de communication (informer, ordonner, rassurer, blâmer).

Enfin, ces analyses permettent (1) de définir une structure générale du dialogue, (2) de créer les règles de mise à jour des différentes phases des jeux de dialogue (actes perlocutoires + actes illocutoires) et la dynamique de tour de parole, (3) de connaître les types d'expressions non verbales associés aux actes de langage.

4.4.1 Définitions

Afin de décrire les différentes phases de l'interaction nous avons défini six objets principaux (voir tableau 5).

Objets	Composantes	Valeurs
Locuteur	Acteur	Thérapeute et patient.
	Etat de tour de parole	Acte, attente, interruption et sollicitation.
Dialogue	Sous-tâches : jeu de communication	
	Durée de l'activité	
	Phase	Début, échange et fin.
Acte de Communication	Contenu littéral : acte locutoire	
	Objectif / effet cherché : acte perlocutoire	Guider, encourager, corriger, feedback et interagir.
	Stratégie : acte illocutoire	Ordonner, informer, rassurer, et blâmer.
	Intention communicative	
	Durée	
Attitude	Émotionnelle	Neutre, empathique et directif.
	Posture	
	Regard	
Gestes d'interaction	Type de geste	
	Description des expressions faciales, gestuelles et corporelles	
Expressions d'accompagnement du discours	Type d'expression	Information, pensée et sentiment.
	Description des expressions faciales, gestuelles et corporelles	

Tableau 5. Critères du codage des actes de langage lors de l'analyse vidéo des interactions.

Ces objets nous permettent d'identifier les attitudes émotionnelles des acteurs, leurs objectifs (voir tableau 6), ainsi que les stratégies suivies par les thérapeutes lors de la session de rééducation.

Les résultats de cette analyse seront utilisés dans la plateforme de réalité virtuelle afin de créer une base de données permettant de générer des actes de langage ; en particulier, de construire des bibliothèques de jeux de communication, de jeux de dialogue et d'actes de langage. La description de ces termes a été développée en la section 2.1.2

Séquence	Jeux de communications
1	Salutation.
2	Introduction à la séance.
3	Explication de l'exercice.
4	Développement d'une première série de mouvements avec la main saine.
5	Développement d'une deuxième série de mouvements avec la main handicapée.
6	Phase de repos et des questions.
7	Introduction à la seconde partie de la séance.
8	Développement d'une première série de mouvements avec la main saine.
9	Développement d'une deuxième série de mouvements avec la main handicapée.
10	Salutation finale.

Tableau 6. Exemple d'une séquence de jeux de communication au cours d'une session de rééducation.

4.4.2 Structure du dialogue

Les échanges entre thérapeute et patient sont constitués de jeux de communications (salut, introduction, explication, etc.). Les jeux de communication sont à leur tour composés de jeux de dialogue. Ces jeux de dialogue sont généralement constitués par une série d'actes perlocutoires (guider, encourager, etc.).

Les actes perlocutoires joués, leur durée et leur dynamique sont déterminées par les règles de passage d'un jeu de dialogue à un autre. La description de ces passages est décrite dans la section 5.4.3.2.

4.4.3 Dynamique des actes de communication

Les actes de langage expriment des « coups » joués pendant les jeux de dialogue. Ils formulent (1) des relations entre les objectifs et les intentions qui sont manifestés, (2) des relations associées à la phase du jeu de communication en cours et à l'évaluation de l'activité faite par l'interlocuteur.

Le tableau 7 présente les relations identifiées lors des analyses du discours. Par exemple, pour guider le patient, le thérapeute peut utiliser les actes illocutoires « informer » ou « ordonner ». Ces actes illocutoires peuvent intervenir soit en début, en fin ou au cours d'un échange. Nous avons observé que les effets (ex : ses objectifs) que le thérapeute cherche à produire (encourager ou corriger) sont associés à l'évaluation qu'il effectue au cours de l'action demandée. Cette évaluation (positive et negative) permet aussi d'exprimer un feedback sur le déroulement de la séance.

A fin de modeler la dynamique, ces relations déterminent les règles de passage d'un jeu de dialogue à un autre. Elles sont explicitement décrites dans la structure des coups afin d'en faciliter le processus de sélection.

Notre modèle utilise quatre niveaux d'évaluation (bien, mal, autre et rien). Nous avons considéré les les niveaux « rien » et « autre » pour différencier une évaluation négative à cause d'une faible amplitude (« mal »), de l'absence de mouvement (« rien ») ou de

l'exécution d'un mouvement différent (« autre ») Cette classification permet la sélection d'un acte de langage approprié à la situation.

Nous avons remarqué qu'une bonne caractérisation des coups permet d'aboutir à deux objectifs 1) l'utilisation des actes de langage pertinents dans le jeu de dialogue en cours et 2) le renforcement de l'expression de l'attitude émotionnelle ressentie.

OBJECTIFS	INTENTIONS					EVALUATION			
	Saluer	Informer	Ordonner	Rassurer	Blâmer	Bien	Mal	Autre	Rien
Interagir	Début Fin								
Guider		Début Echange Fin							
Encourager			Echange			X	X		X
Corriger			Echange		Echange		X	X	X
Feedback		Echange Fin				X	X	X	X

Tableau 7. Caractérisation des objectifs par rapport aux intentions, phase du jeu et évaluation cognitive

La pertinence d'un coup dans le jeu de dialogue est déterminée par l'interprétation de l'acte locutoire. Une interprétation correcte est associée à la caractérisation du contexte et à l'attitude transmise. Dans les interactions humaines c'est la force illocutoire exprimée par la prosodie et les gestes d'accompagnement des éléments qui donnent le plus souvent des indices pour qualifier un acte de langage a été ou non performant.

Nous modélisons la pertinence d'un coup par deux facteurs, 1) le type d'acte illocutoire et 2) l'expression d'une intention informative et communicative cohérente avec le contexte.

Nous avons identifié le fait que l'expression d'une intention cohérente avec son contexte dépend de deux facteurs : l'objectif du jeu de dialogue et l'évaluation de la dernière action faite par l'interlocuteur.

Évaluation	OBJECTIFS		
	Encourager	Corriger	Donner le feedback
Bien	Illustrer Continuer Voilà Très bien		Bien Très Bien
Mal	Essayer Illustrer Continuer	Essayer No	Mal
Autre		No	
Rien	Essayer Illustrer	Essayer	

Tableau 8. Intentions communicatives associées aux objectifs et à l'évaluation

Le tableau 8 illustre les différentes alternatives aux actes de langage suite à une évaluation du comportement du patient. Par exemple, si la dernière évaluation du

comportement gestuel a été jugée décevante (« mal ») ; le thérapeute peut, soit encourager, soit corriger, soit donner un feedback au patient. S'il décide de le corriger, il pourra soit lui demander de réessayer soit lui manifester explicitement son échec (« No »). Le choix entre les différentes alternatives est dans ce cas aléatoire.

4.4.4 Dynamique des interactions

La dynamique des interactions est caractérisée par les actes de langages produits et par les expressions non verbales ou paraverbales accompagnant le dialogue (voir section 2.3.1). Pendant la session de rééducation le patient s'exprime principalement de façon non verbale lors de l'exécution de ses mouvements de rééducation.

Nous avons observé le fait que les interactions du thérapeute s'intègrent dans une certaine ligne de conduite (figure1). Nous avons identifié trois types de lignes de conduite : directif, neutre et empathique. Ceux-ci influencent la dynamique des jeux de dialogue et le type d'actes illocutoires utilisés comme sa stratégie de communication. Par exemple, le thérapeute peut choisir, dans un cas particulier, de renforcer ses expressions para verbales afin d'influencer le comportement du patient.

Les expressions faciales, corporelles et gestuelles qui accompagnent le dialogue du thérapeute sont souvent limitées. Elles sont le plus souvent réduites à deux types d'expressions, 1) le regard vers le patient, en particulier pour contrôler les mouvements du patient et 2) les mouvements de sourcils et des sourires afin d'exprimer de la satisfaction ou du mécontentement.

L'expression corporelle se limite à des mouvements de tête afin d'accompagner le geste du patient. L'expression gestuelle est utilisée pour exemplifier un mouvement à réaliser.

Par exemple, dans le cas 1, (directif), le thérapeute guide, encourage puis guide le patient. La modalité avec laquelle il produit ces actes perlocutoires est l'ordre.

Dans tous les cas, l'objectif du jeu de dialogue est de guider et encourager le patient. Il est suivi d'ajustements en fonction de l'activité faite par le patient et la personnalité du thérapeute.

Deux points sont à remarquer : 1) la stratégie utilisée pour mettre en place le jeu de dialogue (acte illocutoire) et 2) le caractère récurrent de la stratégie utilisée.

Sur la base des analyses vidéo nous ferons deux hypothèses qui influencent le modèle comportemental :

1) le choix de l'acte illocutoire est influencé par les caractéristiques de l'attitude émotionnelle du thérapeute et

2) la prosodie de l'expression paraverbale de l'acte illocutoire permet de transmettre plus facilement l'attitude du thérapeute.

Cas 1 : Directif

Guide (ordre) – Encourage (ordre) – Guide (ordre) – Encourage (rassure) – Guide (ordre) – Corrige (blâme) – Encourage (ordre) – Corrige (blâme) – Encourage (rassure) – Feedback (informe)

Cas 2 : Neutre

Guide (informe) – Encourage (rassure) – Guide (informe) – Corrige (blâme) – Encourage (rassure) – Guide (informe) – Corrige (blâme) – Encourage (rassure) – Guide (informe) – Encourage (ordre) – Feedback (informe)

Cas 3 : Empathique

Guide (ordre) – Encourage (ordre) – Guide (informe) – Encourage (ordre) – Guide (informe) – Encourage (ordre) – Guide (informe) –Encourage (ordre) – Encourage (rassure) – Encourage (ordre) – Guide (informe) – Encourage (ordre) – Feedback (informe)

Figure 1. Illustration des jeux de dialogues issus de l'analyse vidéo de séances de rééducation.

Chapitre

5 Paradigme d'interaction sociale et émotionnelle

Dans ce chapitre, nous nous proposons de décrire le module d'architecture d'animation comportementale structurant l'interaction sociale et émotionnelle.

5.1 Modélisation

Notre objectif est d'aboutir à une modélisation des comportements interactionnels et émotionnels des personnages qui soit cognitivement et socialement réaliste dans le cadre des tâches que les acteurs ont à réaliser. Notre modèle prend particulièrement en compte les activités gestuelles, verbales et paraverbales.

Dans cette perspective, nous prenons en compte la dimension et la nature multimodale de la communication. Notre approche est initialement basée sur une approche ethnométhodologique qui consiste à observer le comportement des acteurs en situation réelle afin d'identifier les références que ceux ci font au contexte pour structurer dynamiquement leur interaction.

Dans cette section nous présentons un aperçu des théories auxquelles nous empruntons des références. Nous les intégrerons dans une approche constructiviste de l'interaction humaine. Cette approche constructiviste a inspiré les différents modèles de notre architecture d'animation dans la perspective de produire une immersion sociale et émotionnelle.

5.1.1 Comportement interactionnel

Notre modèle comportemental intègre donc deux approches ; l'une basée sur les théories de la représentation (représentation de la tâche, des objectifs des intentions, personnalité, etc.) et l'autre sur les théories constructivistes afin de mieux modéliser les processus de co-construction de l'interaction (figure 2).

Les approches représentationnelles nous permettent de décrire la communication en termes de processus stables pouvant être décrits selon des lois invariantes. Les règles de couplage entre les acteurs de l'univers virtuel peuvent en contrepartie générer des comportements inattendus qui dépendent fortement du contexte (voir section 2.2 pour détail).

La partie du modèle non-représentationnelle permet de mieux intégrer les comportements indexicaux et réflexifs (voir section 2.3 pour détail).

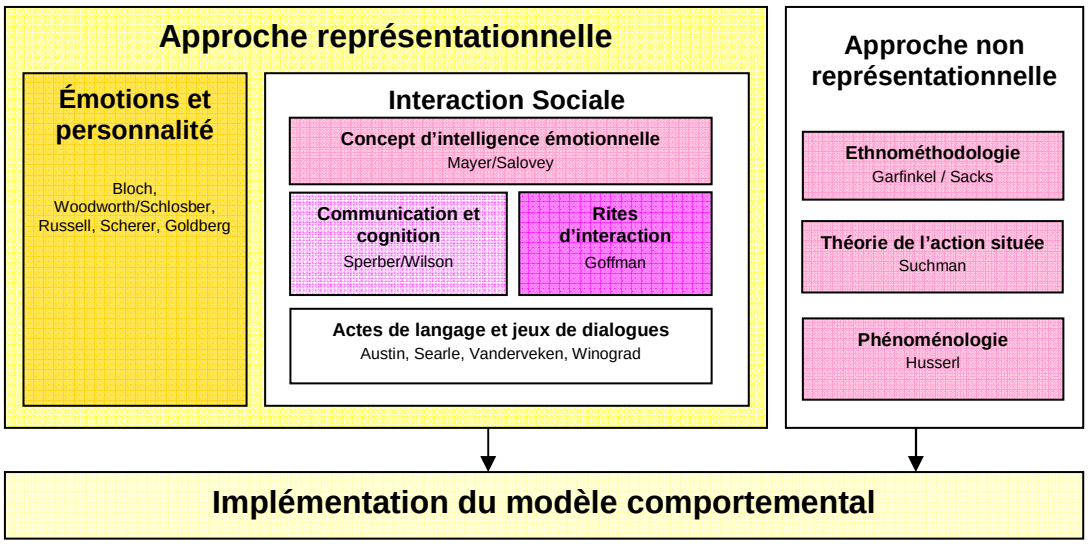

Figure 2. Schéma des concepts et des théories utilisés dans la conception du modèle comportemental.

5.2 Architecture de l'animation comportementale

La structure générique de l'architecture et du paradigme d'interaction sociale et émotionnelle permet l'implémentation des comportements à partir de la définition d'un profil de personnalité des personnages et de la définition d'un corpus des actes de communication. Ce corpus doit exprimer les objectifs et intentions que le personnage peut formuler pendant l'évolution de l'interaction en cours. La définition du corpus dépendra du contexte de l'application. L'application que nous avons développée est une plateforme de thérapie virtuelle pour la rééducation des personnes cérébro-lésées.

5.2.1 Architecture du moteur d'interaction sociale et émotionnelle

L'architecture du moteur d'animation comportementale détermine les caractéristiques de l'interaction sociale et émotionnelle des personnages dans l'univers virtuel (figure 3). Elle est influencée par les éléments du contexte (section 5.2.3).

L'architecture s'articule autour de deux modèles principaux : un modèle comportemental et un modèle kinésique. Le résultat produit par ces deux modèles permet l'exécution du comportement dans l'univers virtuel via le moteur d'animation 3D (Virtools).

Le modèle comportemental est le cœur de l'architecture d'animation, il détermine l'attitude des personnages ainsi que les actes de langage qui vont permettre d'exprimer les objectifs et intentions des personnages.

Le modèle kinésique sélectionne les expressions non verbales (expressions faciales, corporelles et gestuelles) qui sont associées à la production du modèle comportemental (l'expression de l'état émotionnel du personnage et ses actes de communication).

Le modèle comportemental dispose d'un module qui gère la perception du contexte et de deux sous modèles visant à définir le comportement au cours de l'interaction :

- Le module de perception et interprétation du contexte évalue en particulier les actions et attitudes de l'interlocuteur.
- Le modèle d'interaction sociale et émotionnelle est un modèle cognitif et social qui prend en compte la personnalité du personnage. Il met à jour les composantes qui déterminent l'attitude du personnage et son niveau de respect et tolérance.
- Le modèle de gestion du dialogue met à jour l'état du dialogue et sélectionne les actes de langage qui expriment les objectifs et intentions du personnage.

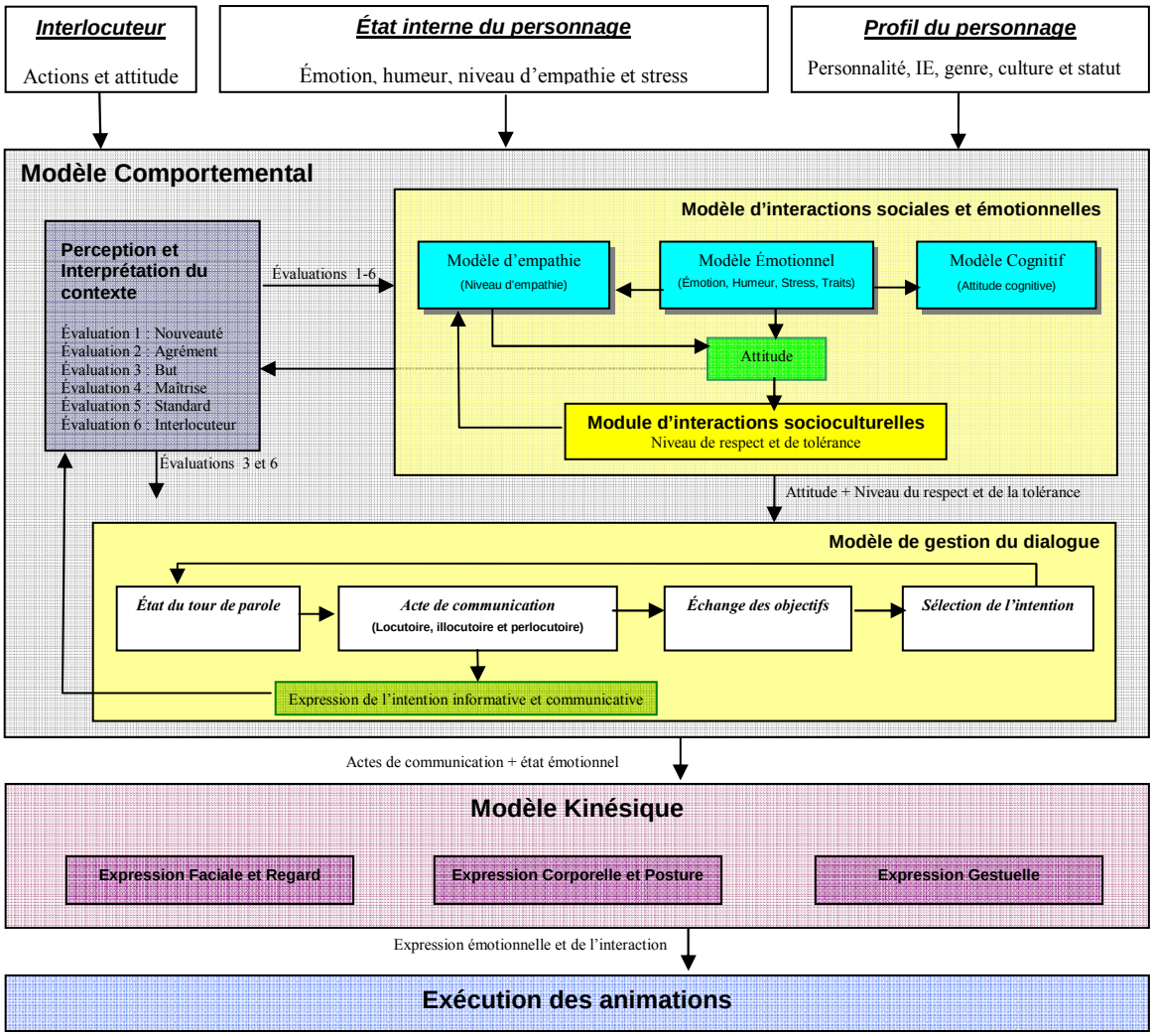

Figure 3. Architecture de l'animation comportementale

5.2.2 L'attitude et la personnalité dans le comportement

L'attitude du personnage résulte du résultat du module d'animation comportementale. Elle est, comme les communications interindividuelles, multicanale et multimodale.

L'attitude va, à son tour, influencer la sélection des actes de communication dans le dialogue.

L'attitude est définie comme la prédisposition à réagir de façon positive ou négative à un stimulus, selon les sentiments et les idées qu'il évoque. Dans notre modèle, l'attitude est constituée de deux dimensions : une dimension émotionnelle et une dimension cognitive qui déterminent l'état d'esprit du personnage.

Nous définissons l'attitude du personnage par quatre facteurs : 1) ses traits, 2) son niveau d'empathie, 3) son niveau de stress et 4) son humeur.

Dans notre modèle comportemental, les traits du personnage sont des facteurs déterminants de l'attitude. Nous utilisons les traits de la personnalité du modèle FFM : ouverture, conscience, extraversion, caractère agréable et anxieux ou stabilité émotionnelle (OCEAN) pour définir les traits de départ du personnage. Les traits de la personnalité permettent d'identifier le type d'attitude émotionnelle et cognitive qui sera transmise par les actes de communication du personnage virtuel. Nous modélisons trois types d'attitude émotionnelle (1) empathique, (2) neutre et (3) directif. Parallèlement, nous définissons trois catégories d'attitude cognitive qui peuvent influencer le comportement du personnage : (1) pratique, (2) persévérant, et (3) fuyant.

Trois autres facteurs influencent l'expression et intensité de l'attitude ; ils sont associés à l'état émotionnel que le personnage est en train de ressentir.

L'attitude (émotionnelle et cognitive) est déterminée par un ensemble de valeurs des différents traits de personnalité. Par exemple, dans le cas d'une attitude empathique, la valeur associée au caractère agréable est supérieure à celle d'une personne directive. De la même manière, l'anxiété (« névrosisme ») sera caractérisé par une valeur plus faible dans une attitude empathique que dans une attitude directive (figure 4).

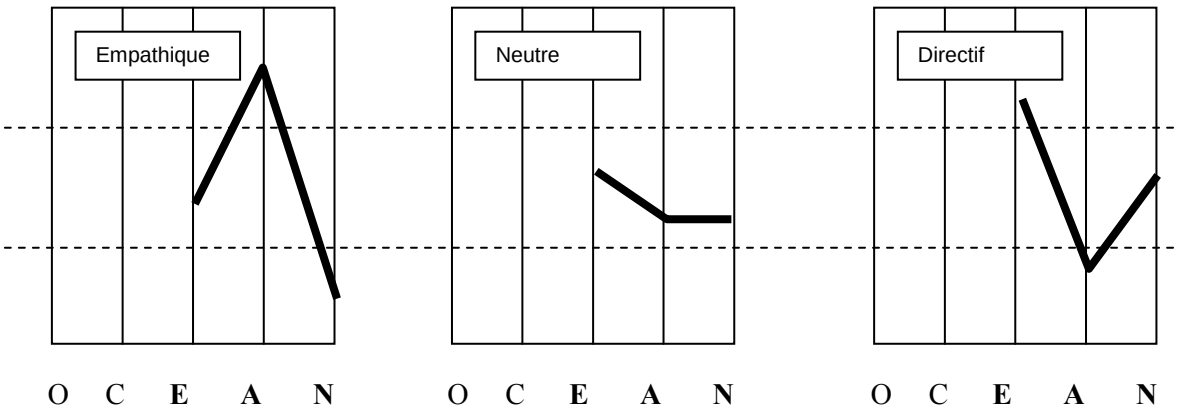

Figure 4. Exemples d'attitude émotionnelle en termes des traits de la personnalité

Cette figure illustre le fait qu'il existe une relation entre les traits de personnalité (modèle OCEAN) et l'attitude telle que nous la caractérisons. Par exemple, un personnage empathique aura plutôt tendance à avoir un niveau d'extraversion moyen (E), un caractère plutôt agréable (A) et un niveau d'anxiété bas (N).

Chaque attitude émotionnelle peut donc être décrite par un pattern spécifique. Ce pattern représente la relation entre les valeurs des traits de personnalité. Ces relations varient et donnent une courbe spécifique à chaque attitude émotionnelle. Quand la courbe entre deux traits de personnalité monte, la relation est qualifiée de « positive ». Quand cette courbe

descend, la relation est qualifiée de « négative ». En cas d'invariance, la relation est considérée « nulle ».

Pour permettre de définir le pattern de l'attitude émotionnelle, nous utilisons une matrice mettant en relation les différents traits de personnalité. Chaque case de la matrice est instancié par une valeur positive (+), négative (-) ou nulle (0) qui représente le lien entre deux traits de personnalité pour chaque attitude (figure 5). Cette représentation permet d'établir plusieurs relations entre deux couples de traits (par exemple E-O et E-A).

Dans notre application nous avons défini « l'attitude émotionnelle » par les courbes E-A et A-N qui sont des traits caractéristiques des états émotionnels.

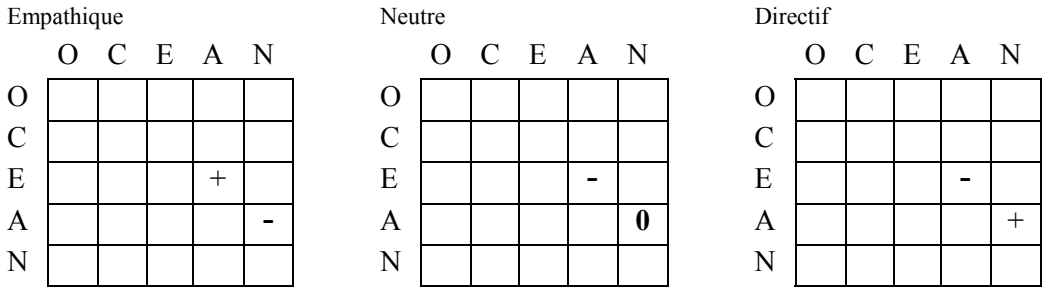

Figure 5. Exemples de définitions des attitudes émotionnelles.

Pendant la durée de l'interaction dans l'univers virtuel, le modèle comportemental met à jour l'attitude du personnage. La sélection de la nouvelle attitude s'effectue en cherchant à identifier quel est le pattern de traits de personnalité le plus proche de celui qui caractérise le personnage.

5.2.3 Les influences du modèle comportemental

Trois éléments influencent principalement le module comportemental. Nous les avons définis comme composantes du contexte (tableau 2).

(1) Les caractéristiques propres du personnage virtuel ou « émetteur » dans l'interaction : son profil (personnalité, niveau d'intelligence émotionnelle, culture, statut et genre) et son état interne (émotion, traits, humeur, niveau d'empathie et stress).

(2) Les jeux d'interaction : le jeux de dialogue du personnage (ses objectives et intentions pendant l'interaction) et le jeux de communication (protocole du dialogue).

(3) Le « récepteur » : l'interprétation de ses actions et état interne de la parte de l'émetteur.

Notre modèle comportemental s'intéresse en particulier aux composantes du profil du personnage, puisqu'ils influencent contexte interne (état interne) et perception de l'interlocuteur. Cette influence modifie donc son attitude, le niveau du respect et la tolérance dans l'interaction sociale. Ces trois facteurs (attitude, niveau du respect et tolérance de l'acteur) ont une influence sur la gestion du dialogue (gestion du tour de parole, gestion des jeux et sélection de l'acte de langage).

Dans le tableau 9 nous présentons un résumé de ces influences, 14 éléments sont pris en compte : composantes du contexte (1-4, 6,9), processus (5) et produits du modèle comportemental (7, 8,10-1 3, 14).

		Éléments influencés													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Niveau d'IE					→				→		→			
2	Personnalité				→			→							
3	Culture, statut et genre							→							
4	Traits					→					→	→			
5	Évaluation cognitive						→					→			
6	État émotionnel : émotion, humeur et niveau de stress				→					→	→				
7	Niveau d'identité Sociale								→						
8	Niveau du respect et tolérance													→	
9	Niveau d'empathie										→				
10	Attitude														→
11	Jeux de dialogue : objectif et intentions														→
12	Jeux de communication														→
13	Tour de parole														
14	Actes de langage														

Tableau 9. Relation entre les composantes du modèle comportemental

Par exemple, le niveau d'intelligence émotionnelle (1) a une influence sur le processus d'évaluation cognitive (5), le niveau d'empathie (9) et la sélection du jeux de dialogue (11).

5.2.4 Algorithmique de l'architecture d'animation

Nous décrirons ci dessous l'algorithme des processus sous jacents au modèle comportemental (gestion du dialogue – modèle d'interactions sociales et émotionnelles) et au modèle kinésique.

Sélection de : Jeux d'interaction, locuteurs et leur profil
Gestion du « jeux de communication » (Passage au prochain jeu de communication)
Gestion du « tour de parole »
Définition du locuteur active
Gestion des « coups »
Sélection de l'acte de communication de locuteur selon son jeu de dialogue et son attitude

Processus du « modèle kinésique »
Sélection d'expressions qui renforcent le dialogue
Sélection d'expressions d'interaction sociale
Sélection d'expressions de l'état émotionnel
Exécution des animations et fichiers audio

(Interlocuteur : Évaluation de l'action demandé par le locuteur)
(Interlocuteur : Mise à jour de l'attitude)
(Interlocuteur : gestion du tour de parole (attente / interruption / sollicitation))
(Interlocuteur : Expression kinésique)

Perception et interprétation du contexte
Évaluation des actions faites par l'interlocuteur (niveaux 1-5)
Évaluation de la nouveauté
Évaluation de l'agrément intrinsèque
Évaluation du rapport aux buts
Évaluation du potentiel de maîtrise
Évaluation de l'accord avec les standards
(Interlocuteur : autoévaluation des actions faites et mise à jour de son attitude)
Évaluation de l'attitude de l'interlocuteur (niveaux 6)

Processus du « modèle d'interactions sociales et émotionnelles »
Mise à jour de l'état émotionnel (modèle émotionnel)
Mise à jour du niveau d'empathie (modèle empathie)
Mise à jour de l'attitude cognitive (modèle cognitif)
Mise à jour de l'attitude émotionnelle
Mise à jour du niveau de respect et tolérance

Gestion du « jeux de dialogue »
Mise à jour du prochain objectif (acte perlocutoire)
Mise à jour de la prochaine intention (acte illocutoire)

5.2.5 Évaluation cognitive du contexte

Le module « perception et interprétation du contexte » évalue en permanence la nature et la qualité de l'information liée aux « actions accomplies » par l'interlocuteur. Le fonctionnement de se module est basé sur une adaptation de la théorie de l'évaluation cognitive de Scherer. Selon ce modèle, l'organisme évalue les événements sur la base d'une série d'opérations qui se déroulent de façon séquentielle et qui prennent en compte l'état émotionnel de l'acteur (Scherer, Schorr et al. 2001).

L'évaluation cognitive du contexte a une double fonction. D'une part, elle permet de mieux sélectionner les actes de langage (en fonction de leurs contenus illocutoires et de leurs effets perlocutoires attendus). D'autre part, elle sert à mettre à jour l'état émotionnel du sujet (émotion, humeur et niveau de stress).

Les théories de l'évaluation cognitive supposent que nos émotions sont en partie déterminées en fonction de l'évaluation cognitive des événements qui nous concernent.

Le modèle de Scherer opère à cinq niveaux d'évaluation différents (voir section 2.4.2 pour détail). Nous ajouterons un sixième niveau pour prendre en considération l'attitude de l'interlocuteur et intégrer le concept d'intelligence émotionnelle. Nous supposons que les actions faites par l'interlocuteur dénotent le succès ou l'échec de l'objectif du locuteur.

Nous modélisons les niveaux d'évaluation de la théorie de Scherer en termes de la qualification de l'action faite par l'interlocuteur (rien, bien, mal ou autre) et sa qualification attendue (tableau 10).

La qualification attendue dans le cas de notre application, est déterminée en fonction du niveau de handicap.

Par exemple, si le thérapeute attend de son patient un mouvement de bras de 10° et que ce dernier effectue un mouvement de 20° (valeur résultat du capteur de mouvement), l'évaluation de cet événement est considérée à la fois comme positive et comme présentant un caractère agréable et/ou comme une atteinte du but.

Type d'évaluation	**Facteurs d'évaluation**	**Résultat de l'évaluation**
Nouveauté	Si qualification de l'action <> qualification attendue	Positive
	Si qualification de l'action = qualification attendue	Négative
Agrément intrinsèque	Si qualification de l'action = « bien » ou « mal »	Positive
	Si qualification de l'action = « rien » ou « autre »	Négative
Rapports aux buts	Si qualification de l'action = « bien »	Positive
	Si qualification de l'action <> « bien »	Négative
Potentiel de maîtrise	Si (qualification de l'action = « bien») et (qualification de l'action = qualification attendue)	Positive
	Si (qualification de l'action = « rien » ou « mal ») et (qualification de l'action <> qualification attendue)	Négative
Accord avec les standards	Si qualification de l'action <> qualification attendue	Négative
	Si qualification de l'action = qualification attendue	Positive

Tableau 10. Types d'évaluation proposés par Scherer et notre proposition de modélisation.

Les résultats de l'évaluation cognitive en combinaison avec les traits du personnage permettent d'influencer les valeurs des quatre axes qui définissent l'émotion (tableau 12).

5.3 Modèle d'interactions sociales et émotionnelles

L'attitude émotionnelle et cognitive des personnages ainsi que leur niveau de respect et de tolérance de l'autre sont déterminés par le modèle d'interaction sociale et émotionnelle. Ces aspects permettraient la sélection d'un acte de communication pertinent à l'évolution de l'interaction en cours.

Dans cette section nous décrivons les modèles qui mettent à jour les éléments du contexte interne du personnage afin de déterminer leur attitude émotionnelle et cognitive.

5.3.1 Modèle émotionnel

Notre modèle émotionnel suit une approche cognitiviste qui considère les émotions comme une réaction adaptative à des états cognitifs.

Ce modèle a pour but de déterminer et de mettre à jour l'état émotionnel des personnages virtuels, leurs traits, leurs humeurs et leurs niveaux de stress. L'humeur peut à son tour influencer le niveau d'empathie et l'attitude du personnage.

L'état émotionnel du personnage est défini, à la fois, par l'émotion ressentie et par son intensité. Cette émotion est déterminée d'une part en fonction de concepts psychologiques qui permettent de représenter l'émotion et d'autre part d'un processus d'évaluation cognitive multi-niveau (voir section 2.4.2) qui permet, en fonction des traits de personnalité du personnage, d'ajuster les dimensions qui déterminent l'émotion.

5.3.1.1 Représentation de l'émotion

Afin de représenter l'état émotionnel des personnages, nous utiliserons une représentation circulaire des affects (modèles dits « circumplex »). Le modèle « circumplex » est généralement symbolisé par un cercle continu sur lequel sont placés des axes orthogonaux qui représentent les concepts psychologiques au sein desquels sont positionnées les émotions. Selon cette approche, une émotion est représentée par un ensemble de traits psychologiques qui permettent de l'identifier et de la classifier.

Dans ce cadre, (Russell & Carroll 1997; Russell 2003; Posner, Russell et al. 2005), proposent une approche où les états affectifs résultent de l'interprétations cognitives que font les acteurs de leurs sensations. Ces sensations peuvent être classées selon deux axes : un lié à la valence (un continuum de plaisir-mécontentement) et l'autre à l'éveil, ou la vigilance. D'autres auteurs utilisent d'autres oppositions comme : « agréable–désagréable», « évitement – approche », etc. (Bloch, Orthous et al. 1987).

Dans notre cas , nous proposons intégrer les modèles de Russell, Schlosberg et Bloch (voir section 2.4.1). Ce modèle nous permet de différencier et positionner les émotions basiques : peur, colère, tristesse et joie (figure 6).

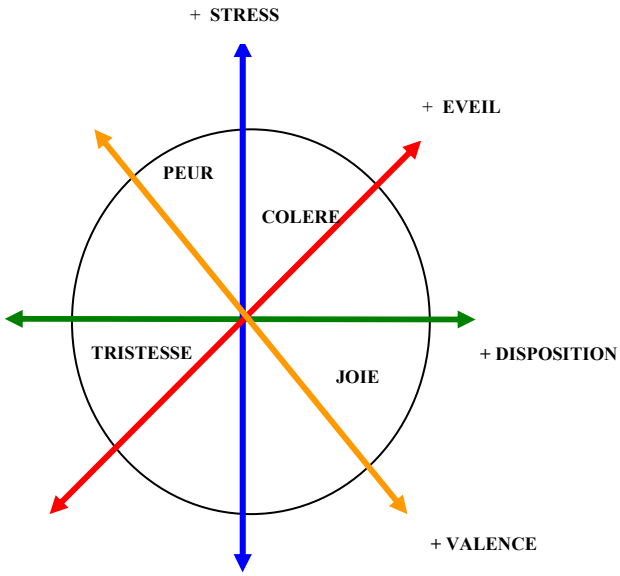

Figure 6. Classification de l'émotion selon quatre dimensions.

Les émotions sont donc classées selon quatre axes :

1. L'axe « stress » représente le niveau de tension ; une valeur positive de cet axe indiquera une « tension » alors qu'une valeur négative une « relaxation ».
2. L'axe « éveil » représente le niveau d'éveil, cet axe varie d'un état d' « éveil » à un état de « relâchement ».

3. L'axe « disposition » représente le niveau de prédisposition cognitive ; une valeur positive indique une disposition à l' « attention » alors qu'un niveau négatif une disposition au « rejet ».
4. L'axe « valence » représente le niveau d'intérêt : une valeur positive signifie que l'action ou objet évalué a été considéré comme « agréable », une valence négative le qualifie de « désagréable ».

En résumé une émotion est identifiée en fonction de sa position dans l'espace délimité par les quatre axes. Par exemple, l'émotion de « colère » se trouve dans la portion d'espace caractérisée par des valeurs positives de « stress », « éveil » et « disposition » ainsi que par une valeur négative de « valence ».

L'émotion identifiée influence le processus de mise à jour de l'attitude ainsi que le niveau d'empathie.

5.3.1.2 Mise à jour de l'émotion

Le nouvel état émotionnel est déterminé par le processus de mise à jour de l'émotion et le calcul de son intensité.

La mise à jour l'émotion est déterminée par la mise à jour de la valeur des axes du modèle circulaires des émotions. Trois facteurs peuvent influencer sa dynamique 1) la « résilience » des axes « stress » et « éveil », 2) l'humeur et 3) le processus de l'évaluation cognitive.

Par « résilience » nous entendons la tendance des niveaux émotionnels à retourner à leurs valeurs de base au cours du temps. Dans notre modèle, la vitesse à laquelle les émotions reviennent à leurs valeurs de base est influencée par le niveau d'anxiété (« névrosisme ») des sujets. Ainsi, dans notre modèle, une personne avec un haut niveau de d'anxiété prendra plus de temps à revenir au calme.

Cette fonction de décroissance est dans notre cas une fonction linéaire du temps. A chaque unité de temps, le niveau émotionnel est calculé en le pondérant en fonction du niveau d'anxiété (« névrosisme ») :

$$VR_Ax_t = Ax_t \times (100 - VNevrosisme_t)/200$$

Avec : VR_Ax_t = variation de l'état émotionnel au temps t; Ax_t = valeur de l'état émotionnel au temps t-1; VNevrosisme = Valeur du niveau d'anxiété du sujet (0-100).

Ainsi, par la variation du niveau de « stress» ($AxStress_t$) on aura :

$$VR_Stress_t = AxStress_t \times (100 - VNevrosisme_t)/200$$

L'humeur tend à influencer les processus cognitifs des individus et leurs stratégies d'actions. Une personne de mauvaise humeur aura tendance à interpréter négativement des événements positifs et accentuer les émotions négatives ressenties (Davidson 1994). Dans notre modèle nous considérons que l'humeur influence l'axe de l'intérêt (« valence »).

Dans la section 5.2.5 nous avons détaillé notre interprétation de la théorie de l'évaluation cognitive de Scherer. Ce processus d'évaluation a une influence sur l'émotion en mettant à jour sa valeur sur les quatre axes du modèle circulaire.

Afin de prendre en compte la personnalité, nous proposons que chaque phase de l'évaluation cognitive soit influencée par les traits de la personnalité des acteurs (chaque trait est qualifié par une valeur allant de 0 à 100). Le résultat de cette influence déterminera un incrément ou décrément de la valeur des émotions sur le modèle circulaire. Ainsi par

exemple, une personne avec un haut niveau d'anxiété aurait tendance, face à l'évaluation d'un événement nouveau, d'augmenter son niveau de stress et d'éveil. Suivant cette idée nous présentons un tableau illustrant les influences de l'évaluation cognitive d'un événement sur les émotions (tableau 12).

Nous considérons qu'un événement a une influence sur l'évaluation cognitive s'il a entraîné une modification de l'état émotionnel au delà d'un certain seuil.

Deux facteurs déterminent la variation d'une émotion pendant l'évaluation cognitive : 1) le signe d'ajustement (*SA*) défini par le tableau 12 et 2) le pourcentage de variation en fonction de la valeur d'un trait de personnalité quelconque (*VTrait*).

La variation de l'évaluation cognitive d'un niveau émotionnel (pour un axe quelconque ($VE_{_N_T}$)) peut être défini de la façon suivante :

$$VE_{_N_T} = SA\left(Ax_t \times NTrait/100\right)$$

La valeur finale d'ajustement par le processus d'évaluation cognitive pour un Ax quelconque ($VE_{_Axe}$) correspond à l'accumulation de $VE_{_N_T}$. N représente le niveau d'évaluation (nouveauté, agrément, but, maîtrise et standard) et T, le traits de personnalité (ouverture, conscience, extraversion, caractère agréable et névrosisme).

En résumé, la nouvelle valeur d'un axe (Ax_{t+1}) est calculée en fonction de sa valeur antérieure (Ax_t), la variation par la résilience (VR_Ax) et la variation par l'évaluation cognitive de chaque niveau et trait de la personnalité ($VE_{_Axe}$).

$$AxStress_{t+1} = AxStress_t + VR_Stress + VE_Stress$$
$$AxEveil_{t+1} = AxEveil_t + VR_Eveil + VE_Eveil$$
$$AxDisposition_{t+1} = AxDisposition_t + VE_Disposition$$
$$AxValence_{t+1} = AxValence_t + VE_Valence$$

Une exception est faite pour l'axe « valence » (niveau d'intérêt) : sa variation est influencée par la valeur de l'humeur (*H*) et un facteur d'influence (ℓ). Par exemple une humeur négative accentue les émotions négatives ressenties. Dans ce cas, la formule est définie de la façon suivante :

$$VE_Valence = (VE_Valence \times (1-\ell)) + \left(AxValence_t \times H\right) \times \ell$$

Les valeurs des 4 axes (stress, éveil, disposition et valence) permettent de situer l'émotion ressentie dans le modèle circumplex que nous avons proposé (figure 6).

5.3.1.3 Intensité de l'émotion et mise à jour de l'humeur et du stress

L'intensité d'une émotion est déterminée par la moyenne des valeurs des axes qui délimitent sa position dans l'espace du modèle circulaire des émotions. La relation des axes qui définissent le calcul de l'intensité d'une émotion est présentée dans le tableau 11.

Émotion	Axe 1	Axe 2
Colère	Stress	Éveil
Peur	Stress	Valence
Tristesse	Disposition	Éveil
Joie	Disposition	Valence

Tableau 11. Axes associés au calcul de l'intensité de l'émotion

La valeur de l'humeur est mesurée par l'intensité de l'émotion ressentie, son signe (positif ou négatif) dépend du signe de l'axe « valence ».

Le niveau du stress correspond à la valeur résultant de la mise à jour de l'axe « stress ».

5.3.2 Modèle d'empathie

L'empathie caractérise la capacité de l'individu à se mettre à la place de l'autre. La modélisation de l'empathie est faite en deux phases, la première phase est basée sur l'analyse de l'attitude du personnage en rapport à son interlocuteur. La deuxième phase prend en compte l'émotion ressentie.

Le calcul de la première phase représente une influence de 70% du résultat final du niveau d'empathie. Cette phase prend en considération les caractéristiques de l'attitude du personnage, en particulier son caractère agréable (TA), son niveau d'extraversion (TE) et son niveau d'anxiété (« névrosisme ») (TN). On obtient le résultat suivant :

$$EmpathieP = \left(TA + TE + (100 - TN)/3\right)$$

La deuxième phase prend en considération trois facteurs : 1) les axes « stress » (VS) et «valence » (VV) de l'émotion ressentie, 2) son niveau d'identité sociale par rapport à sa culture et 3) la quantité de groupes communs et différents avec l'interlocuteur.

Nous prenons également en compte l'importance que le personnage associe à appartenir à un groupe. Le « stress » et la « valence » influence le niveau d'empathie; par exemple un niveau de stress important diminuera l'empathie alors qu'une marque d'intérêt (« valence ») l'augmentera. Nous proposons que l'évaluation de l'empathie soit définie par la formule suivante afin de pondérer l'influence des facteurs de valence et de stress :

$$Niveau_Empathie = (EmpathieP \times 0.70) + (VV \times 0.15) - (VS \times 0.15)$$

Évaluation des événements	TRAITS DE LA PERSONNALITÉ									
	Ouverture d'esprit		Conscience		Extraversion		Caractère agréable		Anxiété	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Nouveauté										
POSITIVE	+ Éveil	+ Stress	+Éveil				+ Éveil + Valence		+Stress + Éveil	
NEGATIVE										
Agrément										
POSITIVE			+ Valence		+ Valence		+ Valence	+ Valence	- Stress	
NEGATIVE			+ Stress - Valence		- Éveil		- Valence	- Valence	- Valence	
Par rapport au but										
POSITIVE		+ Valence	+ Valence + Éveil +Disposition - Stress	+ Valence + Éveil +Disposition - Stress	- Stress +Valence	- Stress +Valence	- Stress +Valence	- Stress +Valence	+Disposition +Valence	
NEGATIVE	+ Éveil	+ Stress - Éveil - Valence	- Valence + Éveil -Disposition + Stress	- Valence + Éveil -Disposition + Stress	- Disposition	- Disposition	- Éveil	- Éveil	-Valencia + Stress	- Éveil
Maîtrise										
POSITIVE			- Stress + Valence		+ Disposition	+ Disposition			+ Disposition -Stress	
NEGATIVE			+ Stress - Valence		- Disposition	- Disposition	- Éveil		- Disposition -Valence	
Standards										
POSITIVE	- Éveil						+-Valence -Stress		+Valence -Stress	+Valence -Stress
NEGATIVE		+ Stress + Éveil + Valence	+ Disposition + Éveil		+ Éveil				+ Éveil	

Tableau 12. Détermination de variations des axes du modèle circulaire des émotions en fonction des traits de la personnalité et du niveau d'évaluation cognitive.

5.3.3 Modèle cognitif

Ce modèle détermine l'attitude cognitive du personnage. Cette attitude permet de définir la stratégie de gestion du dialogue, quand le module de gestion de « coups » n'a pas trouvé un acte de langage approprié dans le corpus d'expressions qui soit en accord avec l'attitude, l'objectif et les intentions souhaités.

La définition de l'attitude cognitive est la même que celle décrite dans la section 5.2.2 pour l'attitude émotionnelle.

Dans notre application nous avons défini cette attitude par les valeurs de traits «conscience », « extraversion » et anxiété (« névrosisme »). Nous identifions trois attitudes : (1) pratique, (2) persévérante et (3) fuyante.

La sélection de l'attitude dépendra du pattern de traits le plus semblable aux traits actuels du personnage. Le pattern de l'attitude cognitive est associé à une relation de distance de la valeur du trait avec la valeur qui représente la moyenne (50). Par exemple quelqu'un de pratique sera défini par deux traits : une valeur de « conscience » supérieure à 50% et inférieure à 85% et une valeur d' « extraversion » supérieure à 50% et inférieure à un 60% (voir figure 7).

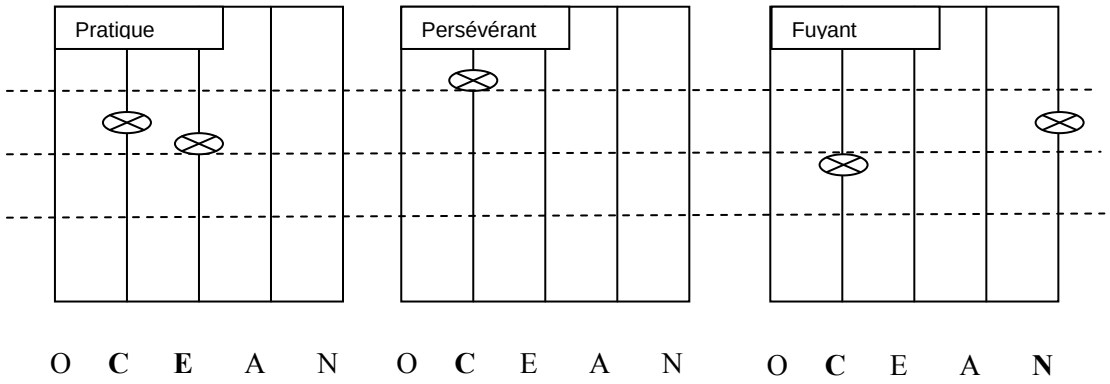

Figure 7. Exemples d'attitude cognitive en termes des traits de la personnalité (modèle OCEAN)

5.3.4 Modélisation des interactions socioculturelles

Le modèle des interactions socioculturelles calcule le niveau de respect et de tolérance. Ces valeurs influencent la dynamique de l'interaction sociale dans un cadre de communication face-à-face.

Les niveaux de respect et de tolérance influencent les processus de gestion de tour de parole et la mise à jour du niveau d'empathie dans le modèle d'empathie préalablement décrit.

Nous définirions comme composantes de l'identité sociale, le statut, la culture, le genre et les groupes d'appartenance. Nous utilisons le concept d'identité sociale pour influencer le niveau de respect et de tolérance. Selon les recherches sur l'identité sociale (Garcia-Prieto Sol Chevalier 2003), quand elle est prépondérante les aspects sociaux et culturels du contexte influencent l'évaluation cognitive et l'émotion d'un individu, les situations sont évaluées en termes de leurs conséquences pour le group.

5.3.4.1 Niveau de respect

Le calcul du niveau de respect (NR) prend en considération deux facteurs, 1) le niveau d'identité sociale et 2) la valorisation que la culture du personnage fait sur le statut et le genre.

Nous définissons le niveau de respect (NR) comme une valeur de 1 à 10. Sa valeur est le résultat d'une intégration à parts variables du niveau d'identité sociale (Ids), la relevance accordée au statut (ST) et la relevance accordée au genre (GR). Si la valeur obtenue est > 4 le niveau est qualifié comme « respect » sinon il est qualifie comme « irrespect », sa formule est :

$$NR = (Ids \times 0.20) + ((ST \times 0.55) + (GR \times 0.25))$$

Nous déterminons la valeur Ids par deux facteurs : la quantité de groupes d'appartenance commun entre les personnages ($NumGrpComm$) et l'importance de l'identité sociale ($NIds$).

$$IdS = NumGrpComm \times NIds$$

Le calcul de ST est déterminé par la quantité de groupes différents de l'interlocuteur ($NumGrpDiff$) et l'importance accordée au statut (ISt)

$$ST = NumGrpDiff \times ISt$$

Le GR est déterminé par la relation entre les types de genre (α) et l'importance accordée au genre (IGr).

$$GR = \alpha \times (1 - IGr)$$

Si les interlocuteurs ont le même genre la valeur de α est 0.9 sinon 0.6.

Afin de déterminer l'importance que le personnage accorde au statut (ISt) et au genre (IGr) de son interlocuteur, nous appliquons un degré d'influence de la culture (IC) sur la valorisation que la culture du personnage fait sur le statut (VS) et le genre (VG).

$$ISt = VS \times IC$$
$$IGR = VG \times IC$$

5.3.4.2 Niveau de tolérance

La valeur de tolérance (VT) est définie par trois traits de l'attitude : le « névrosisme », l' « extraversion » et l'« ouverture ». Nous déterminons sa valeur par la formule :

$$VT = (VNévrosisme \times 0.8) + (VExtraversion \times 0.15) + (VOuverture \times 0.05)$$

Nous identifions trois niveaux : « calme », « impatient », et « très impatient » en fonction du rang de valeurs. Par exemple, si la valeur se trouve entre 0 et 40 le niveau est déterminé «patient », par contre quand elle va de 41 à 79, il est considéré comme « impatient » et comme « très impatient » si sa valeur va de 80 à 100. Cette classification est utilisée dans la gestion de tour de parole.

5.3.5 Mise à jour de l'attitude

La nouvelle attitude est calculée sur la base d'une combinaison des traits de l'ancienne attitude, de la mise à jour de l'état émotionnel (émotion et intensité) et du niveau d'empathie.

La valeur de l'intensité de l'émotion ($inEmo$) est utilisée afin de déterminer l'influence définitive de l'émotion (∂) par rapport au pourcentage d'influence (β) qui représente l'influence de l'émotion dans l'attitude.

$$\partial = \beta \times (inEmo / 10)$$

Par conséquence le pourcentage associé à l'influence de l'ancienne attitude est défini par le complément (ϕ)

$$\phi = 100 - \partial$$

Pour associer l'émotion à l'attitude, l'émotion est aussi caractérisé en termes de traits du modèle FFM (voir section 2.4.3) : ouverture, conscience, extraversion, caractère agréable et caractère anxieuse.

Le niveau d'empathie a une influence (ε) sur la mise à jour du caractère agréable. Cette influence se répercute sur la valeur d'influence de l'ancienne attitude (ϕ) sur ce trait.

$$\phi' = \phi - \varepsilon$$

Donc, la mis à jour de traits qui définissent l'attitude est donné par les formules :

$$\begin{aligned}
Ouverture &= ouverture_att \times \phi + ouverture_emo \times \partial \\
Conscience &= conscience_att \times \phi + conscience_emo \times \partial \\
Extraversion &= extraversion_att \times \phi + extraversion_emo \times \partial \\
Agreable &= agreable_att \times \phi' + agrable_emo \times \partial + \varepsilon \\
Anxiete &= anxiete_att \times \phi + anxiete_emo \times \partial
\end{aligned}$$

Un fois définies les valeurs des traits, ceux sont utilisés pour identifier l'attitude émotionnelle et cognitive selon le mécanisme décris dan la section 5.2.2.

5.4 Modèle de la gestion du dialogue

Dans cette section nous présentons notre modélisation du comportement interactionnel. Nous avons suivi une démarche de type ethnométhodologique afin d'intégrer dans une approche constructiviste des théories des actes de langage et jeux de dialogue dans la modélisation des interactions.

L'expression émotionnelle est indissociable de toute interaction humaine, ainsi que de tout acte de communication véhiculant des informations ou des intentions.

Pour modéliser ces interactions, notre modèle de gestion du dialogue prend en considération l'attitude et le niveau de respect de l'autre, la théorie des actes de langage et la théorie de la communication ostensive-inférentielle pour caractériser les phrases qui font le corpus du dialogue du personnage.

Nous proposons un modèle cognitif-émotionnel qui permet de gérer les échanges de locuteurs et réaliser le choix des actes de communication. Pour ce faire, nous appliquons le concept de l'intelligence émotionnelle aux théories d'actes de langage afin de mettre à jour les objectifs et les intentions du personnage au cours de l'interaction.

Le comportement langagier des personnages virtuels sera construit à partir de plusieurs jeux : les « jeux de communication » qui définissent le protocole à suivre et les « jeux de dialogue » qui expriment les objectifs et intentions du locuteur. Une fois un jeu de dialogue choisi, il sera instancié au moyen d'actes de langage (« coups ») choisis en fonction du contexte.

Nous organisons notre modèle autour de quatre processus principaux, 1) la gestion de tours de parole, 2) la gestion de jeux de communications, 3) la gestion de jeux de dialogue qui met à jour les objectifs et les intentions du personnage et enfin, 4) la gestion de coups qui permet la sélection de l'acte de communication qui va être exprimé.

Les analyses vidéo des interactions décrites dans la section 4.4 nous ont permis de définir, d'une part, la structure du dialogue et de la gestion de tour de parole et, d'autre part, d''identifier la gestion des jeux de dialogue et les caractéristiques des intentions communicatives associées aux actes de langage pour sélectionner un coup pertinent lors de l'évaluation cognitive faite par le thérapeute.

5.4.1 Gestion de tour de parole

Tout dialogue se présente temporellement comme une séquence de tours de parole où chaque locuteur tente de réaliser ses objectifs. Le passage d'un locuteur à un autre respecte le plus souvent des règles bien particulières prenant en compte des paramètres aussi divers que le statut social des acteurs, leurs intentions, leur disposition, etc.

5.4.1.1 Etats de tour de parole

Indépendamment des facteurs socio, cognitifs ou culturels, les séquences de prise de parole peuvent être catégorisées assez simplement. Nous pouvons distinguer quatre phases distinctes : l'acte de communication, l'attente, l'interruption et la sollicitation (figure 8).

- « Acte de communication » : dans cet état le personnage est possède la parole et exprime par des actes de communication ses attitudes et intentions.
- « Attente » : dans cet état l'acteur est à l'écoute du locuteur.
- « Interruption » : dans cet état l'acteur tente de prendre la parole en interrompant le locuteur.
- « Sollicitation » : dans cette situation, l'acteur non-locuteur tente de prendre la parole en s'exprimant par un signe ou un comportement particulier; une fois exprimée la demande de prise de parole, sont état devient une autre fois « attente ».

5.4.1.2 Règles de transition

Les règles qui déterminent le passage d'un état à un autre sont influencées par quatre facteurs :

1. L'état de l'acte de communication : fini / pas fini : Intervention (finie/pas finie).
2. L'état du tour de parole : acte / attente / interruption / sollicitation.
3. Le niveau de respect de l'acteur : respect / irrespect.
4. Le niveau de tolérance de l'acteur : calme / impatient / très impatient.

Ces facteurs permettent la définition de règles qui déterminent la prise de parole (voir tableau 13).

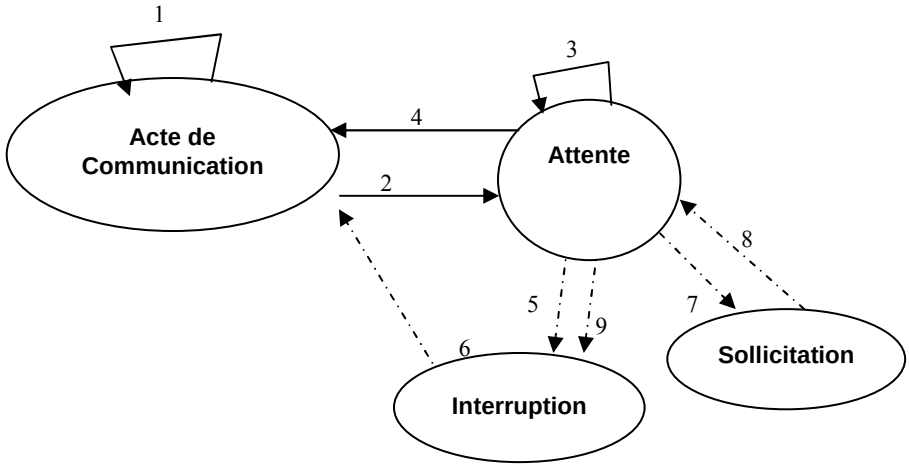

Figure 8. Diagramme d'état illustrant les différentes phases lors de la gestion de tour de parole

Par exemple, la règle 1 stipule que tant qu'une intervention n'est pas finie, le locuteur continue de parler.

Dans le cas de la règle 2, nous voyons que le locuteur se mettra en attente s'il a terminé sont intervention (Intervention (finie)) ou si il est respectueux et tolérant (Nrespect (respect) Λ Ntolerance (calme)) et qu'un des interlocuteurs a pris la parole (Interlocuteur (acte)).

Règle	**Etat initial**	**Conditions**	**Etat final**
1	*Acte*	*Intervention (* pas finie*)*	*Acte*
2	*Acte*	*(Intervention* (finie*))* V (*Nrespect (*respect*)* Λ *Ntolerance (*calme*)* Λ *Interlocuteur(*acte*))*	*Attente*
3	*Attente*	*Interlocuteur (*acte*)* Λ *Nrespect (*respect*)* Λ *Ntolerance (*calme*)*	*Attente*
4	*Attente*	*Interlocuteur (*attente*)*	*Acte*
5	*Attente*	*Interlocuteur (*acte*)* Λ *NTolerance(*tresimpatient*)*	*Interruption*
6	*Interruption*	*.T.*	*Acte*
7	*Attente*	*Interlocuteur(*acte*)* Λ *NRespect(*respect*)* Λ *Ntolerance (*impatient*)*	*Sollicitation*
8	*Sollicitation*	*.T.*	*Attente*
9	*Attente*	*Interlocuteur (*acte*)* Λ *Nrespect (*irespect*)* Λ *Ntolerance (*impatient*)*	*Interruption*

Tableau 13. Règles utilisées pour gérer les transitions pendant tours de parole

5.4.2 Gestion des jeux de communications

Nous structurons le dialogue par deux niveaux : le premier niveau est défini par les « jeux de communications ». Le deuxième niveau est défini par les « phases » à l'intérieur d'un jeu de communication.

Les jeux de communication permettent l'organisation des actes de langages qui sont exprimés par les locuteurs pendant l'interaction.

5.4.2.1 Mise à jour des jeux de communication

Les jeux de communication déterminent le protocole de l'interaction dans le dialogue. Ils sont l'ensemble des activités qui fragmentent le dialogue en unités d'interaction avec un but particulier.

Nous caractérisons un jeu de communication par trois éléments, le dialogue auquel il appartient, sa durée maximale et sa position dans la séquence du dialogue. Ces facteurs déterminent la mise à jour d'un jeu de communication, ainsi la sélection du jeu suivant dépendra de l'épuisement du jeu actuel et de la liste des jeux de communication qui appartiennent au même dialogue.

Il existe deux cas qui déterminent la fin d'un jeu de communication : l'épuisement du temps assigné à cette communication et l'atteinte d'un acte de communication étiqueté comme appartenant à la phase finale du jeu de communication.

5.4.2.2 Changement de phase

Un jeu de communication est défini temporellement par trois phases : un début, l'échange et sa fin.

Le changement de phase d'un jeu de communication est effectué dans deux instances 1) à l'intérieur de la gestion de coups et 2) comme résultat de l'épuisement du temps du jeu de communication.

Dans le premier cas, la gestion des coups fait évoluer les phases : une première sélection de un coup dans un jeu de communication, désigne l'état de la phase à « début », postérieurement, un changement de phase est possible (il dépendra de l'attitude cognitive de locuteur) quand on ne trouvera pas d'autres coups associés à la phase en cours, par exemple, il y aura un changement de « début » à « échange » ou d' « échange » à « fin ».

Dans le second cas, quand la durée du jeu de communication est terminé, il désigne automatiquement l'état de la phase à « fin ».

Le changement de phase à « fin », signifie une « clôture » du sujet traité pendant le jeu de communication. Cette clôture peut produire deux types de réaction chez l'interlocuteur qu'il exprimera quand il deviendra locuteur : soit il maintient le changement de phase ou reprend l'ancienne phase. Cette décision dépendra de plusieurs facteurs, ses traits (extraversion, anxiété et caractère agréable), son niveau de respect et tolérance et son niveau d'intelligence émotionnelle. Ces facteurs peuvent aussi déclencher l'expression d'un mécontentement du changement de phase; après cette expression, le nouveau locuteur exprimera des actes de langage en accord avec sa décision de maintenir ou reprendre l'état de la phase.

5.4.3 Gestion des jeux de dialogue

Nous reprenons ici les principes de la théorie des actes de langages, qui exprime le fait qu'un individu s'adresse à un autre dans l'idée de produire des effets dits perlocutoires (voir

section 2.1.2.4). C'est-à-dire qu'il cherche à informer, ordonner, blâmer, rassurer, etc. (actes illocutoires) afin de guider, corriger, encourager, etc. (actes perlocutoires).

En situation d'interaction, les locuteurs cherchent à produire chez l'auditeur différents types d'effets perlocutoires exprimés par différents moyens, c'est-à-dire qu'ils appliquent différents types d'actes illocutoires pour les accomplir.

Nous considérons que pendant le dialogue l'ACA aura des objectifs différents en accord avec l'évolution du contexte et de l'interaction. Ces objectifs sont des actes perlocutoires que l'ACA cherche à produire et qui expriment son comportement pendant le dialogue.

Nous proposons de modéliser les actes perlocutoires qui peuvent être faits pendant l'interaction comme des « jeux de dialogue » qui seront développés pendant un jeu de communication. Lorsque l'état mental d'un ACA correspond à l'état requis par un jeu, l'ACA peut entrer dans ce jeu et exprimer son comportement par un acte de langage. Dans notre application le thérapeute virtuel peut développer cinq jeux de dialogue : interagir, guider, corriger, encourager et donner un feedback (figure 9).

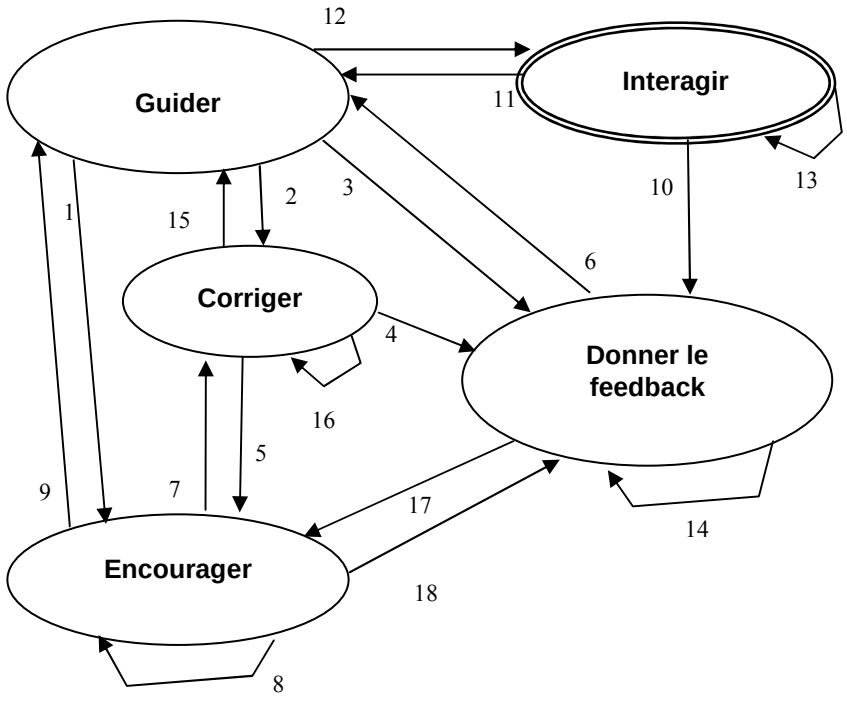

Figure 9. Dynamique d'échanges des jeux de dialogue du thérapeute virtuel

Le processus de gestion des « jeux de dialogue » permettra ainsi de modéliser la dynamique d'échanges d'objectifs et intentions pendant la construction de l'interaction.

5.4.3.1 Caractérisation de jeu de dialogue

Les jeux de dialogue sont définis par trois types d'information : 1) la caractérisation des actes perlocutoires et illocutoires, 2) l'intention qui définit la stratégie utilisée pendant le jeu et 3) les conditions de changement de jeu.

Nous caractérisons les actes perlocutoires en termes d'influence des traits de la personnalité. Cette caractérisation permet de déterminer la sélection finale d'un jeu de dialogue quand il existe plusieurs options. C'est-à-dire, que la sélection finale d'un jeu de dialogue dépend du poids des traits et de l'attitude actuelle du personnage. Un exemple de cette caractérisation est présenté dans le tableau 14.

Acte perlocutoire	% d'influence des traits de la personnalité				
	Ouverture d'esprit	Conscience	Extraversion	Caractère agréable	Anxiété
Guider	20	20	20	20	20
Corriger	0	0	10	0	90
Encourager	0	0	10	90	0
Interagir	20	20	20	20	20
Donner le feedback	0	80	20	0	0

Tableau 14. Poids des traits de la personnalité dans la définition des actes perlocutoires.

Pour aboutir à la production d'un jeu de dialogue, nous proposons d'exprimer les actes illocutoires en fonction de l'attitude du personnage. C'est ce dernier qui définit la stratégie utilisée pendant le jeu de dialogue. Pour ce faire, nous caractérisons les actes illocutoires en termes de traits de personnalité. Par exemple, afin de « corriger », le thérapeute a deux stratégies, « ordonner » ou « blâmer ». L'option choisie dépend de la ressemblance avec les traits de son attitude actuelle. Le tableau 15, illustre la relation entre actes illocutoires et personnalité utilisée dans notre application.

Acte Illocutoire	Ouverture d'esprit	Conscience	Extraversion	Caractère agréable	Anxiété
Informer	60	70	70	80	30
Ordonner	50	60	50	30	60
Blâmer	50	70	70	30	80
Rassurer	60	60	80	60	50

Tableau 15. Définition des relations entre actes illocutoires et traits de la personnalité.

5.4.3.2 Règles de passage d'un jeu de dialogue à un autre

La sélection du jeu de dialogue dépend de sept facteurs. Ces facteurs définissent les conditions qui intègrent les règles de sélection d'un jeu de dialogue :

1. Le jeu actuel (acte perlocutoire) : « guider », « corriger », « encourager », « interagir » ou « donner un feedback ».
2. L'intention actuelle (acte illocutoire) : « informer », « ordonner », « blâmer », « rassurer » ou « saluer ».
3. Le résultat de l'évaluation : « bien », « mal », « rien » ou « autre ».
4. La phase du jeu de communication : « début », « échange » ou « fin ».
5. Le niveau d'intelligence émotionnelle : « haut », « moyen » ou « bas ».
6. La quantité de jeux de communication à développer : « aucune » ou « plusieurs ».
7. Les traits de l'attitude actuelle.

Dans le tableau 16, nous présentons un exemple des règles qui modélisent le passage d'un jeu de dialogue à un autre en utilisant ces facteurs. Ces règles ont été conçues à partir des analyses vidéo de sessions de rééducation.

Si plusieurs règles sont applicables lors de son évaluation, la sélection finale du jeu de dialogue dépendra de l'attitude actuelle du personnage. Par exemple, si après la consigne du thérapeute virtuel, le patient ne fait pas de mouvements, le thérapeute devra choisir le jeu qui correspond le plus à son attitude émotionnelle.

C'est-à-dire, un deuxième niveau de sélection sera fait sur la base de la valeur des traits de l'attitude actuelle du personnage et du poids des traits (tableau 14). Ainsi, sera sélectionné le jeu de dialogue ayant la valeur la plus forte selon l'expression suivante :

$$\sum_{trait\ =ouverture}^{trait\ =anxiété} Attitude\ \ (trait\ ) \times Poids\ \ (trait\ )$$

Règle	Jeu initial	Conditions	Jeu final
1	Guider	*(Intention(*informer*))* ∨ (*Intention(*ordonner*)* ∧ *(Evaluation(*bien*)* ∨ *Evaluation(*rien*))*	Encourager
2	Guider	*Intention(*ordonner*)* ∧ *(Evaluation(*mal*)* ∨ *Evaluation(*rien*))*	Corriger
3	Guider	*Evaluation(*autre*)*	Donner le feedback
4	Corriger	*Evaluation(*autre*)*	Donner le feedback
5	Corriger	*Evaluation(*bien*)* ∨ *Evaluation(*rien*)* ∨ *Evaluation(*mal*)*	Encourager
6	Donner le feedback	*Phase (*fin*)*	Guider
7	Encourager	*Evaluation(*autre*)* ∨ *Evaluation(*mal*)*	Corriger
8	Encourager	*Evaluation(*bien*)* ∧ (*Phase (*début*)* ∨ *Phase (*échange))	Encourager
9	Encourager	*Phase (*fin*)*	Guider
10	Interagir	*NiveauIE(*haut*)* ∧ *jeuxCommunication(*plusieurs*)*	Donner le feedback
11	Interagir	*jeuxCommunication(*plusieurs*)*	Guider
12	Guider	*Intention(*informer*))* ∧ *((Evaluation(*mal*)* ∨ *Evaluation(*rien*))*	Interagir
13	Interagir	*NiveauIE(*haut*)* ∧ (*Phase (*début*)* ∨ *Phase (*échange))	Interagir
14	Donner le feedback	*Evaluation(*autre*)* ∧ (*Phase (*début*)* ∨ *Phase (*échange))	Donner le feedback
15	Corriger	*Phase (*fin*)*	Guider
16	Corriger	*Evaluation(*mal*)* ∧ (*Phase (*début*)* ∨ *Phase (*échange))	Corriger
17	Donner le feedback	*Phase (*début*)* ∨ *Phase (*échange)	Encourager
18	Encourager	*Evaluation(*rien*)*	Donner le feedback

Tableau 16. Règles de passage d'un jeu de dialogue à un autre pour le thérapeute virtuel.

5.4.3.3 Mise à jours de l'acte illocutoire

La sélection de l'acte illocutoire permet d'exprimer la stratégie émotionnelle qui sera suivie au cours du jeu de dialogue.

Afin de choisir un acte illocutoire, on détermine celui qui s'identifie le plus aux traits de l'attitude (tableau 17).

Jeux de Dialogue	**Actes illocutoires**				
	Informer	**Ordonner**	**Blâmer**	**Rassurer**	**Saluer**
Guider	x	x			
Corriger		x	x		
Encourager		x		x	
Interagir					x
Donner le feedback	x				

Tableau 17. Affectation des actes illocutoires aux jeux de dialogue.

Le pattern recherché est défini par une mesure de proximité entre les traits qui caractérisent l'acte illocutoire et les traits associés à l'attitude courante.

5.4.4 Gestion des « coups à jouer »

Les coups à jouer correspondent au contenu littéral des échanges entre les acteurs du dialogue et expriment l'intention informative et communicative du personnage. Nous allons utiliser la théorie des actes de langage afin de définir la structure des coups (tableau 18). Cette structure est utilisée pour la construction du corpus d'expressions qui seront jouées dans l'application.

Composantes du coup	**Attributs de sélection**	**Exemple**
Dialogue	X	*Session de rééducation main droite*
Jeu de communication	X	*Première série de mouvements*
Phase	X	*Echange*
Jeu de dialogue	X	*Encourager*
Acte illocutoire	X	*Ordonner*
Attitude	X	*Empathique*
Intention communicative	X	*Continuer*
Contenu littéral		*Allez-y,Encore !*
Prosodie		*(Fichier audio)*

Tableau 18. Structure de coups à jouer

5.4.4.1 Sélection des « coups »

La sélection des coups à jouer s'effectue en fonction des jeux de communication et de dialogue, de l'attitude et de l'état mental du personnage. Sa pertinence est calculée en fonction par un processus d'évaluation cognitive prenant en compte l'acte illocutoire et l'intention communicative associée au jeu de dialogue.

L'intention communicative permet de différencier les actes de communication associés à un jeu de dialogue et de l'associer au résultat de l'évaluation de l'activité, ce qui permettra d'évaluer la pertinence à la phrase. Par exemple, dans le cadre de notre application, un encouragement avec une expression du type « Essaye quand même » ou « Encore » ne peut être pertinent que si l'action précédente a été évaluée comme un échec ou si par exemple, le mouvement du bras a été jugé insuffisant.

Si le processus de sélection des coups à jouer ne trouve pas dans le corpus un coup qui corresponde au contexte actuel de l'interaction, le processus d'évaluation de l'attitude cognitive peut alors aider à déterminer une autre solution : soit changer d'acte illocutoire (intention), de jeu de dialogue (objectif) ou de phase du jeu de communication (figure 10).

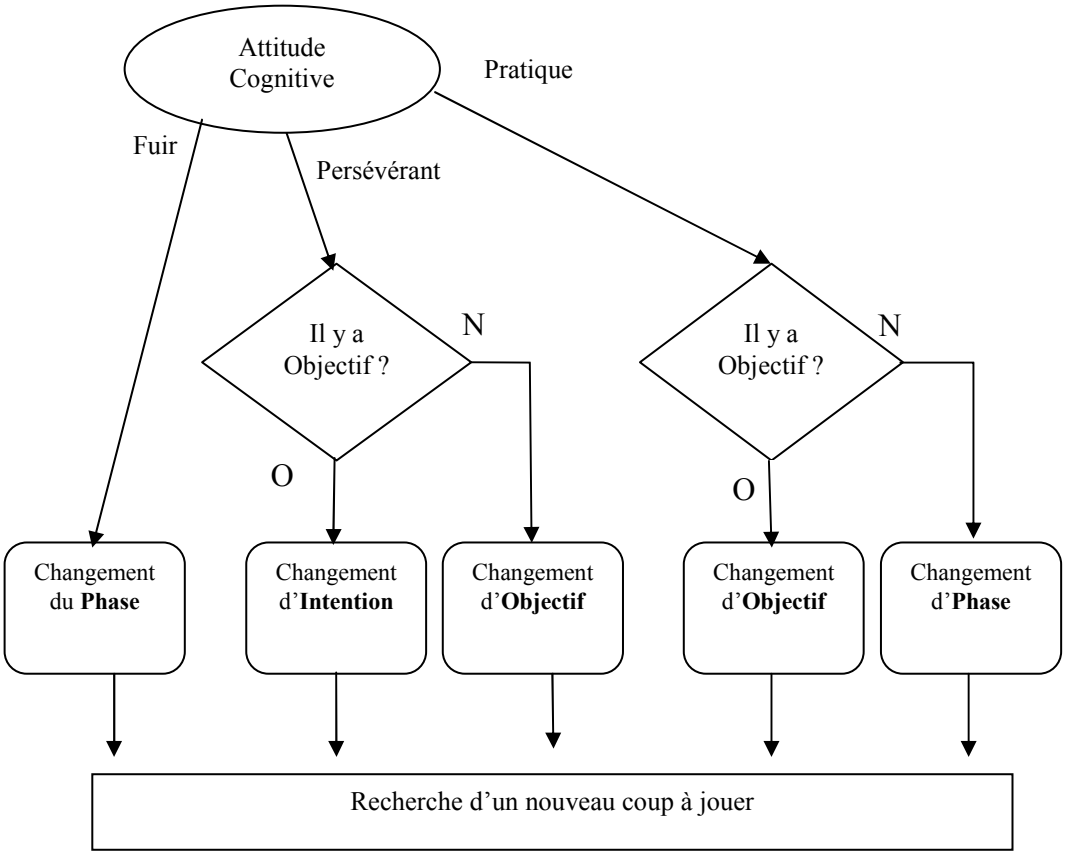

Figure 10. Mécanisme de sélection d'un coup à jouer

5.5 Modèle kinésique

Les expressions non verbales offrent de nombreux indices sur l'état émotionnel et les intentions des individus ; leur cohérence par rapport au contexte de la situation conditionne en partie leur crédibilité.

Tout discours est associé à des gestes d'accompagnement qui sont utilisés pour renforcer l'intention communicative. Ils véhiculent également des informations sur les sentiments du locuteur (émotions, humeur, empathie) et sont utilisés pour réguler l'interaction.

Notre modèle kinésique a pour objectif de générer en temps réel ce type d'activité non verbale. Il prend en charge la sélection des gestes, des expressions faciales et des expressions du corps associés à un comportement interactionnel (figure. 11).

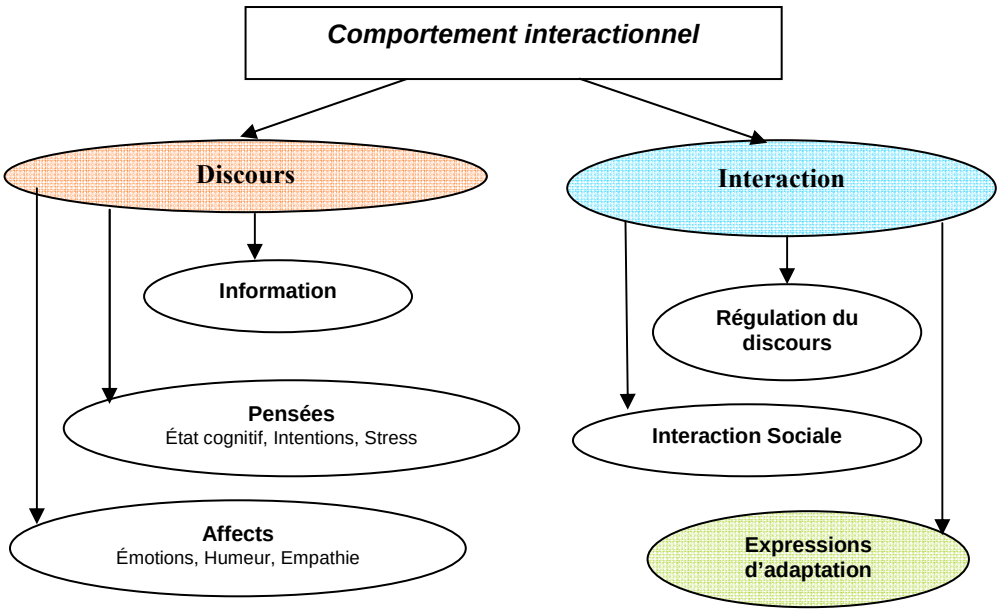

Figure 11. Structure générale du module de comportement interactionnel.

5.5.1 Modélisation

Notre modèle d'expression non verbale des personnages virtuel permet d'associer aux états émotionnels des intentions. Les expressions non verbales sont influencées par deux dimensions : l'état interne de l'individu (attitude, état émotionnel, niveau d'empathie et humeur) et la nature de l'interaction sociale.

Nous nous intéressons aux gestes coverbaux, métacommunicatifs et synchronisateurs de l'interaction. Les gestes coverbaux sont les gestes et mimiques associés au discours verbal pour l'illustrer, le connoter ou le renforcer. Les gestes métacommunicatifs sont des gestes ou des postures expressives qui indiquent l'attitude de l'émetteur vis-à-vis de son message. Les

gestes synchronisateurs de l'interaction sont des gestes « phatiques » comme le regard et « régulateurs » comme le hochement de tête.

Le choix des gestes se heurte à une difficulté : le même geste (même signifiant) peut être utilisé pour transmettre différents types de signifiés (informations, pensées et sentiments) : l'expression faciale, gestuelle et corporelle.

Pour résoudre cette difficulté, nous proposons d'associer à chaque expression non verbale des signifiés préférentiels. Pour ce faire, nous modéliserons l'influence des signifiés pour une expression par un vecteur *I* de *m* dimensions, chaque valeur de ce vecteur correspond au pourcentage d'influence.

$$I = \begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ .... \\ S_{sm} \end{pmatrix} \forall\ i \in [1, sm\ ] : S_i \in [0,100\ ]$$

Dans notre cas, nous ne considérons que six signifiés (*sm*) qui peuvent être renforcés par des expressions non verbales. Le tableau 19 montre les signifiés traités et leur influence dans l'expression.

Signifiés	**% influence**
Attitude	30
Acte illocutoire	25
Émotion	20
Empathie	10
Humeur	5
Intention communicative	10

Tableau 19. Influence des signifiés exprimée au cours d'une expression non verbale

Nous modélisons l'expression non verbale comme l'ensemble des animations associées à la structure du corps du personnage. Nous définirons la structure du corps du personnage comme un vecteur à 7 dimensions.

$$C = \begin{pmatrix} Csourcils \\ Cpaupières \\ Cpupille \\ Cbouche \\ Cbras \\ Ctête \\ Ctorse \end{pmatrix}$$

Chaque composante de la structure du personnage peut jouer de multiples animations. Le tableau 20 présente la quantité d'animations disponibles à chaque composante du corps de notre personnage.

Part du corps	Animations disponibles
Sourcils	6
Paupière	4
Pupille	7
Bouche	7
Bras	4
Tête	7
Torse	4

Tableau 20. Composantes des expressions non verbales

Nous modélisons par une matrice *PAS* à *k x m* dimensions, la pertinence des animations d'une composante *c* par rapport à un signifié *s*. Le numéro d'instances d'un signifié est représenté par *k*, et *m* représente le numéro d'animations disponibles en *c*.

$$PAS_{sc} = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ p_{k1} & p_{k2} & \cdots & p_{km} \end{pmatrix} \forall i \in [1,k]; j \in [1,m] : p_{ij} \in [0,100]$$

$$\forall s \in [1, sm], c \in [1,7]$$

Par exemple, le tableau 21 présente la caractérisation de la pertinence des animations disponibles pour la composante « sourcils » (m=6) par rapport au signifié « attitude ». Dans le tableau, ce signifié possède trois instances (k=3) : neutre, empatique et directif.

Attitude	Sourcils					
	Anim 01	Anim 02	Anim 03	Anim 04	Anim 05	Anim 06
Neutre	5	5	20	20	10	40
Empathique	0	30	15	5	30	20
Directif	40	0	5	30	10	15

Tableau 21. Pondération de la pertinence de l'animation des sourcils par rapport à l'attitude du locuteur

5.5.2 Processus de sélection des expressions

La sélection des animations est déterminée par la qualification de sa pertinence : l'expression non verbale est composée par les animations qui ont obtenu, après l'intégration des signifiés, la meilleure qualification de pertinence.

Nous modélisons le processus de qualification de la pertinence en deux étapes :

- La première étape met à jour la valeur de pertinence d'une animation d'une composante *c* selon l'instance du signifié *s* transmis au cours de l'acte de langage et en fonction de l'influence du signifié. Elle est représentée par le vecteur $PFAS_{sc}$.

$$PFAS_{sc} = (pf_1 \quad pf_2 \quad ... \quad pf_m) \forall j \in [1,m] : pf_j \in [0,100]$$

$$pf_j = s_s \cdot file_i(PAS_{sc}) \qquad \forall s \in [1,sm], c \in [1,7], \in i[1,k]$$

La deuxième étape, fait une intégration des valeurs de pertinence des signifiés qui vont être transmis afin d'obtenir la valeur finale. Ainsi, la valeur de la pertinence des animations par rapport à une composante *c* est un vecteur PAS_C qui contient la moyenne des valeurs de pertinence des instances de chacun des signifiés transmis.

$$PAS_c = (pa_1 \quad pa_2 \quad .... \quad pa_m) \forall i \in [1,m]$$

$$pa_i = \frac{\sum_{k=1}^{sm} \sum_{l=1}^{m} PFAS_{k(l)}}{k}$$

Finalement, l'animation sélectionnée par rapport à la composante *c* est celle qui a eu la valeur de pertinence la plus haute.

$$A_c = Max(PAS_c)$$

Chapitre

6 Dispositif expérimental

Notre approche expérimentale s'applique à la rééducation de personnes cérébro-lésées. Nous avons développé un environnement virtuel qui reproduit une séance de rééducation impliquant un protocole de récupération des mouvements du poignet. La séance est dirigée par un thérapeute virtuel qui exprime des comportements sociaux et émotionnels.

Cette application permet de créer un environnement interactif motivant où les exercices peuvent être contrôlés, quantifiés et modulés afin d'adapter la rééducation en fonction du sujet et de la durée d'une séance.

Le dispositif expérimental est constitué d'un système informatique capable de générer en temps réel des scènes comportant des personnages en interaction verbale et émotionnelle. Le dispositif permet au patient de voir virtuellement ses mains ainsi que son thérapeute virtuel qui est un agent conversationnel animé.

Ce dispositif est complété dans le cas de notre expérimentation par une capture de mouvement du poignet mesurant l'angle d'extension afin de piloter le dispositif de réalité virtuelle.

Les mouvements de la main handicapée sont donc analysés en temps réel et reproduits soit à égale amplitude soit amplifiés artificiellement en fonction du protocole.

Le thérapeute virtuel guide, corrige et encourage le patient en fonction de ses progrès. Il module son comportement gestuel et verbal en fonction du protocole expérimental, du comportement du patient et de son état émotionnel et intentionnel.

6.1 Objectifs

Dans le cas de cette application, notre objectif est de faciliter la sensation d'immersion du patient dans l'environnement virtuel via la reproduction d'interactions sociales et émotionnelles.

Cette plateforme est exploitée par l'INSERM pour l'évaluation des nouveaux paradigmes thérapeutiques destinés à la rééducation de patients ayant subi des accidents vasculaires cérébraux. En particulier, l'INSERM est intéressé en évaluer le paradigme de « neurones miroir » dans la rééducation fonctionnelle (voir section 4.1.2).

L'implémentation de l'environnement virtuel permet entre autres :

1. D'explorer les possibilités que peut offrir au domaine de la rééducation. Par exemple, stimuler la participation du patient au programme de rééducation.
2. D'évaluer dans le protocole thérapeutique expérimental l'introduction de la dimension émotionnelle en l'interaction entre patient et thérapeute virtuel.
3. De valider l'importance des informations visuelles dans la réorganisation sensorimotrice. En particulier, évaluer le rôle du feedback visuel amélioré pendant la production volontaire du mouvement. Par feedback « amélioré » nous entendons le fait que le patient perçoive non pas le mouvement réel de son bras mais une représentation amplifiée.

4. D'évaluer l'amélioration des performances du patient, suite à la mise en œuvre du protocole thérapeutique.

6.2 Protocole de rééducation

Le protocole thérapeutique proposé utilise la réalité virtuelle pour valider l'importance des informations visuelles « amplifiée » dans la réorganisation sensorimotrice (hypothèse des neurones miroir). Le protocole utilise deux types de feedback visuel, le « feedback réel », où les mouvements du patient sont reproduits exactement en session virtuelle et le « feedback amélioré » qui montre des mouvements artificiellement amplifiés.

Notre dispositif permet en effet de créer une situation « améliorée » qui fait croire au patient qu'il a réalisé le bon geste. Cette illusion a une double fonction : stimuler sa participation au programme de rééducation et simultanément produire une activation du cortex pré moteur favorable à la récupération.

Le protocole thérapeutique suivi pendant la session virtuelle est le suivant :

- Le patient ne voit pas son membre handicapé.
- Il commence par se familiariser avec son avant bras virtuel en bougeant sa main saine. Ce mouvement est associé à un mouvement similaire de sa main saine virtuelle.
- Puis le kinésithérapeute (personnage virtuel) lui montre le mouvement à faire d'extension du poignet.
- Le patient doit alors faire un essai volontaire du mouvement de son poignet sous le guidage et l'encouragement du kinésithérapeute. Dans ce cas, l'extension virtuelle du poignet est amplifiée.

Une mesure en temps réel des performances (angle d'extension du poignet) s'affiche sous la forme d'une barre montrant le niveau de performance atteint et d'un chiffre donnant l'angle d'extension. Ainsi quantifiées les améliorations même minimes sont visibles.

Les encouragements du kinésithérapeute virtuel sont modulés en fonction des progrès du patient.

La séquence est temporellement organisée de la façon suivante : une première série de mouvement de 1 minute ; 15 secondes de démonstration du kinésithérapeute virtuel, 30 secondes d'essai de mouvement volontaire avec effort, 15 secondes de repos. La séance comporte 20 séries et dure 20 minutes plus une pose de 5-10 minutes au milieu pour pouvoir répondre aux questions éventuelles du patient, et le laisser se reposer. Après la pause, le sujet recommence par s'identifier à son personnage virtuel en bougeant sa main saine. Puis, le capteur de mouvement est à nouveau placé sur sa main atteinte et l'expérience continue.

L'évaluation du protocole repose sur deux critères : l'imagerie fonctionnelle (IRMf) et les performances motrices.

L'IRMf détecte les modifications régionales du niveau d'oxygénation du sang en réponse à une tâche d'activation. Après la session virtuelle, une session du IRMf est effectuée afin de valider si une stimulation visuelle (perception du mouvement) peut être responsable d'une augmentation de l'activation sur les aires du cortex moteur primaire.

Le protocole suivi lors de la session de IRMf évalue les activités associées à quatre tâches : réalisation d'un mouvement naturel, regarder les mouvements de mains réalisés par une autre personne, observer les mouvements de sa propre main virtuelle et imitation de mouvements d'extension du poignet d'une main virtuelle. Les cartographies corticales correspondant à ces quatre conditions sont représentées sur la figure 12.

Les quatre conditions peuvent être résumées de la façon suivante :

- Réalisation d'un mouvement naturel :

  On peut observer une activation latéralisée du cortex moteur primaire (M1) controlatéral à la main en mouvement, des aires motrices supplémentaires (SMA) et du cervelet ipsilatéral à la main en mouvement.

  Toutes ces aires sont connues pour être activées lors de ce type de mouvements. Ici, on observe que l'activation de M1 se situe au niveau de la partie du cortex moteur représentant la main.

- Regarder les mouvements de mains réalisés par une autre personne :

  On observe une activation bilatérale des aires visuelles V5, du cortex pré-moteur ventral (PMv) et du lobule pariétal inférieur (IPL).

  L'ensemble de ces aires appartient au système dit des « neurones miroir » d'après les travaux de Rizzolatti et de ces collaborateurs (Rizzolatti, Foggassi et al. 2001; Iacoboni, Molnar-Szakacs et al. 2005; Rizzolatti & Buccino 2005) ; système qui s'active pendant l'observation d'actions réalisées par d'autres personnes ainsi que pendant l'exécution de cette même action[8] par soi même.

- Observation des mouvements de sa propre main virtuelle (sans activation de sa propre main) :

  On peut voir une activation bilatérale des aires visuelles V5, spécifiques du traitement des mouvements.

- Imitation de mouvements d'extension du poignet d'une main virtuelle :

  On peut voir une activation des aires motrices correspondant à l'exécution des mouvements (M1, SMA, cervelet ipsilatéral) et des aires impliquées dans l'observation de mouvements (V5, PMv). Ces premiers résultats semblent montrer que l'activation correspondant à l'imitation fusionne avec l'observation et l'exécution.

[8] Le seuil de significativité statistique est faible ($p<0.05$) pour 1seul sujet.

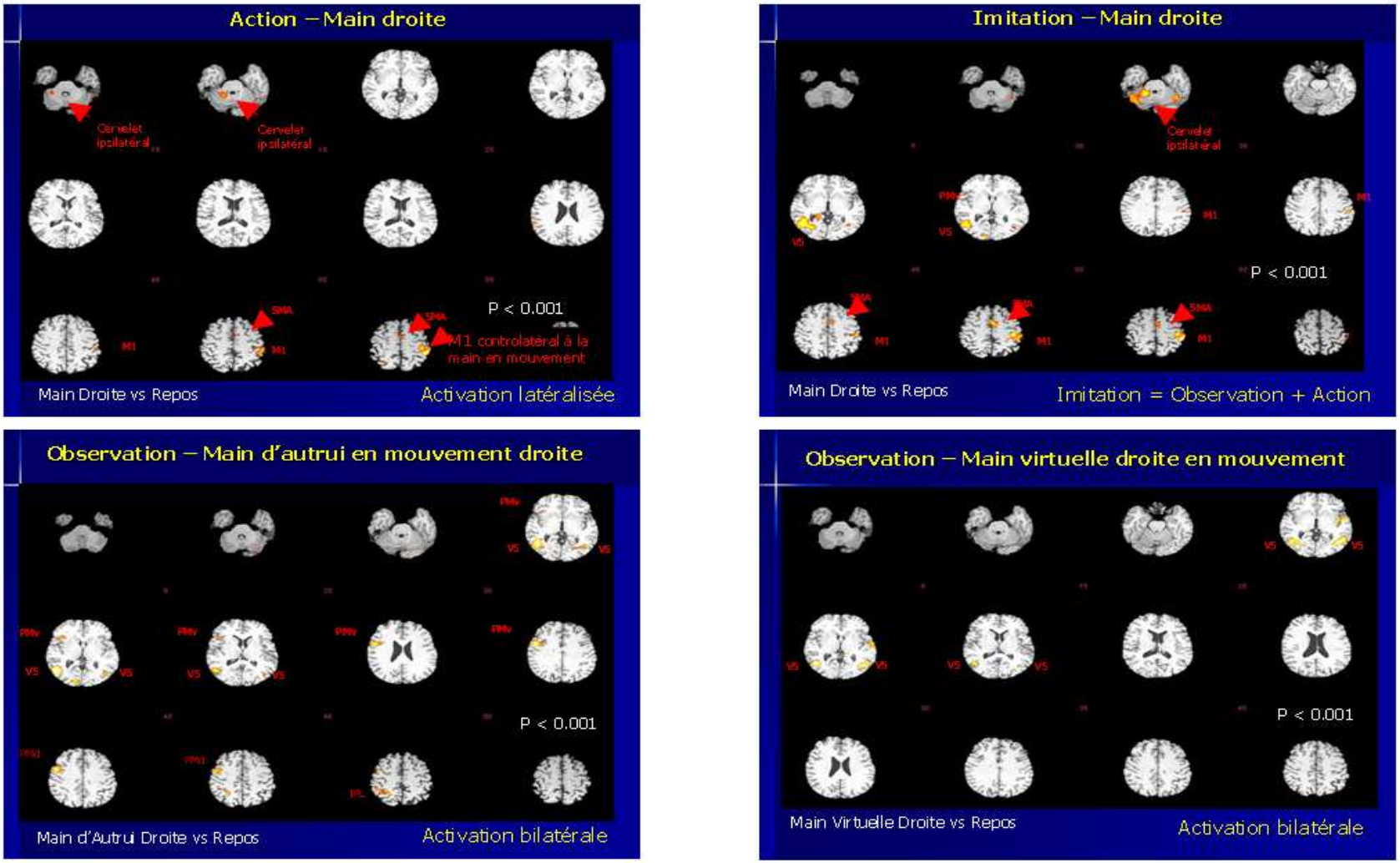

Figure 12. Résultats de l'activation cérébrale (IRMf) lors d'une session de rééducation.

6.3 Séance de rééducation virtuelle

L'environnement de simulation met en présence trois acteurs (Figure 13) : le thérapeute virtuel, le patient et la représentation virtuelle de ses mains et bras (clone virtuel).

Le patient ne voit pas son membre handicapé (pas ou peu de motricité du bras par exemple). Il voit par contre son thérapeute virtuel et ses deux avant bras virtuels.

L'activité du thérapeute virtuel consiste à guider le patient dans ses exercices et éventuellement l'encourager ou le corriger en fonction des progrès du patient. Le thérapeute est animé en fonction du protocole expérimental ainsi qu'en fonction de son état émotionnel et intentionnel résultat du modèle d'interaction sociale. Par exemple, en fonction du déroulement de la séance, le thérapeute peut être, neutre, empathique ou directif.

Le patient porte un capteur de mouvement au poignet mesurant l'angle d'extension de ce dernier ce qui permet d'informer le moteur d'animation de l'état de mobilité de la main du patient. La performance du patient est visuellement représentée sur l'écran afin que celui ci puisse avoir un retour visuel de ses progrès.

En fonction du protocole de rééducation, les informations sont soit directement reproduites en réalité virtuelle (le patient voit alors sa main bouger comme dans la réalité) soit modifiées pour être amplifiées (« feedback » amélioré).

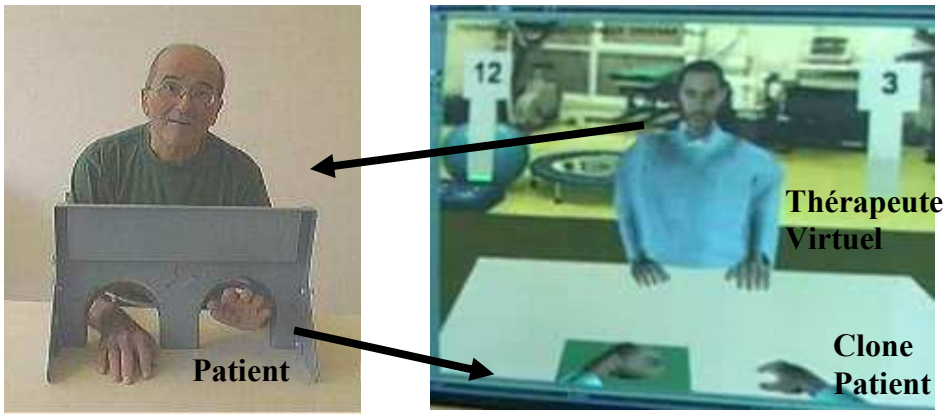

Figure 13. (Image droite) Le patient voit en vue subjective ses deux avant bras virtuels et son thérapeute. Les mouvements de la main qu'il effectue (image gauche) sont reproduits dans l'univers virtuel (Image droite).

Le patient visualise ses avants bras virtuels qui réalisent les mouvements en fonction du protocole expérimental (geste normal ou amplifié). La perception du geste amplifié est supposée induire une sur-stimulation des neurones miroir et activer indirectement les circuits moteurs en remettant ainsi progressivement en place les boucles perceptivo-motrices propres à la production du geste.

On s'attend à ce que, sur la base de ce paradigme thérapeutique, le patient améliore sa récupération.

6.4 Architecture de la plateforme de simulation

La plateforme de simulation est développée à partir du moteur d'animation Virtools qui se caractérise à la fois par un excellent rendu et une programmation par « blocs » permettant un développement rapide. Il est de plus multi-utilisateurs ce qui permet rapidement d'implémenter une interaction à plusieurs acteurs. C'est sur la base de ce moteur qu'est développé notre architecture permettant l'interaction sociale (moteur comportemental).

6.4.1 Moteur comportemental

L'objectif du moteur comportemental est d'animer les personnages virtuels en sélectionnant les actes de langage et les expressions faciales, gestuelles et corporelles qui seront exécutés dans l'environnement virtuel en temps réel. Les informations utilisées par ce modèle proviennent à la fois du modèle d'interaction sociale et des données issues des capteurs de mouvement de bars fixés sur le patient.

Ce moteur permet de définir 1) le contexte de l'interaction qui influencera le comportement des personnages, 2) les états émotionnels et les intentions des personnages et 3) la création de nouveaux corpus d'actes de langage et jeux de communication.

Préalablement a toute session virtuelle, il est nécessaire de définir les composantes du contexte de l'interaction, à savoir :

(1) Le profil des interlocuteurs : genre, traits de la personnalité, culture, niveau de handicap.

(2) L'attitude et état émotionnel initial au début de l'interaction.

(3) Les jeux de communications à utiliser (protocole expérimental).

Le moteur comportemental permet de configurer les règles de tour de parole et les jeux de dialogue associés ainsi que la définition des attributs utilisés dans la création de ces règles.

Pour donner un caractère générique à l'application, les jeux de communication et actes de langages utilisés par le personnage sont conçus comme une base de données qui peut être modifiée ou enrichie selon les besoins de l'application (figure 14).

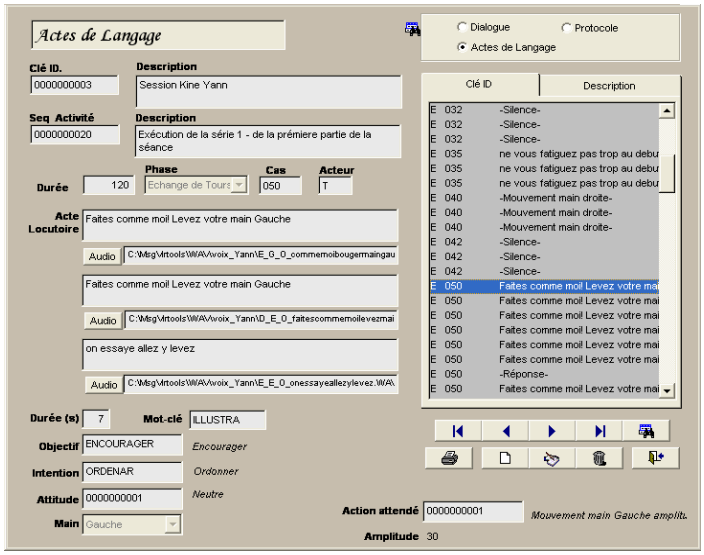

Figure 14. Interface d'enregistrement des actes de langage dans la base de données

6.4.2 Moteur d'animation

Le moteur Virtools permet la réalisation et l'exécution de contenus interactifs 3D (figure 15). Les outils de Virtools sont basés sur une interface de développement graphique qui permet d'assigner des comportements aux objets 3D et de les rendre interactifs.

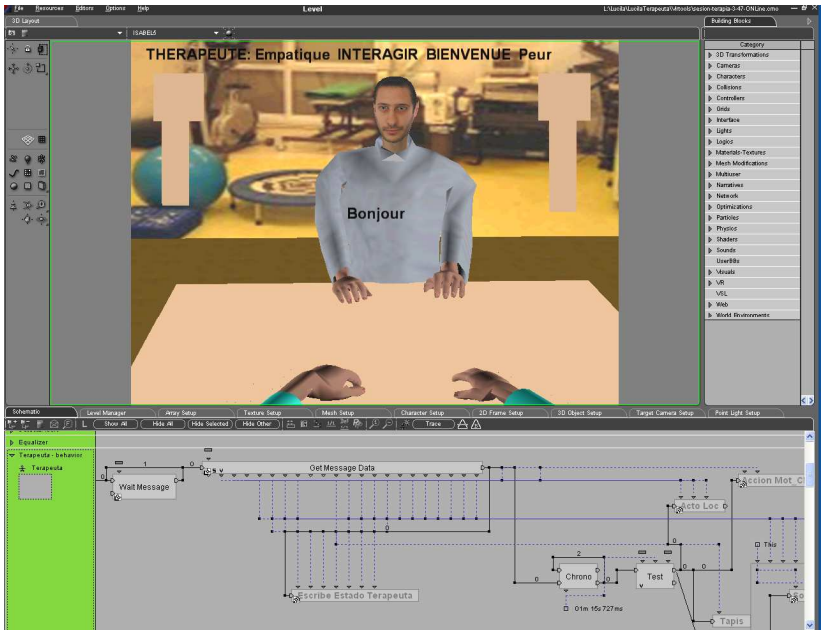

Figure 15. Aperçu de l'atelier graphique Virtools

Le moteur d'animation traite deux sources de données en temps réel : les données du moteur comportemental et les valeurs des capteurs de mouvements que porte le patient.

L'information envoyée par le moteur comportemental permet d'animer les expressions faciales, gestuelles et corporelles du personnage et de lire les fichiers audio associés aux actes locutoires afin de transmettre l'attitude, l'objectif et l'intention des personnages.

L'information des capteurs de mouvement permet l'animation des mains virtuelles du patient et l'affichage des ses valeurs.

6.5 Extrait de la session virtuelle

Nous présentons ci dessous un extrait du dialogue directif d'un thérapeute lors d'une session de rééducation virtuelle. En raison de l'écoulement du temps, de sa personnalité et des actions effectuées par le patient, sont état émotionnel peut évoluer et arriver à influencer son attitude vis-à-vis du patient.

Dans cet extrait, nous retraçons l'évolution du discours et de son état émotionnel (tableau 22).

Suite à l'expression d'un l'acte de langage, le thérapeute virtuel évalue l'action du patient par rapport aux attendus du protocole. Cette évaluation permet d'identifier les types d'actes perlocutoires et illocutoires qui seront joués au cours de la prochaine intervention du thérapeute.

Les jeux de communication issus de cet extrait sont successivement : salutation (actes 1 et 2), introduction à la séance (actes du 3 à 9) et développement d'une série d'exercices (actes du 9 à 34).

Au début du dialogue, le jeu de communication commence par une « salutation » suivi d'une intention « d'interagir » avec une intention de souhaiter la « bienvenue » au patient. Le coup qui a été sélectionné s'exprime par l'acte locutoire : « Bonjour, nous allons faire une séance de rééducation ».

Après avoir donné sa consigne avec l'intention d'informer, ordonner ou blâmer, le thérapeute commence sont processus d'évaluation du geste du patient (bien, mal, rien ou autre). Cette évaluation influence l'attitude du personnage et la sélection du prochain acte locutoire. Cet acte locutoire a pour objectif de transmettre implicitement ses objectifs et intentions.

Par exemple après l'acte locutoire (6) « vous devez lever votre main au maximum », le thérapeute détecte un mouvement de faible amplitude qu'il évalue comme « mal ». Son prochain acte locutoire exprime une intention de correction : « je sais c'est dur, mais faut y arriver » (7).

Si après une consigne (7), le patient ne fait pas le mouvement approprié, la réponse est encourageante « on essaye, allez y levez ».

Le type d'encouragement est différent si le mouvement a été bien évalué (acte 14 ou 15), il peut exprimer une intention d'encouragement comme « Continuez ! » ou « Encore ! ».

Seq	Acte locutoire	Acte perlocutoire	Acte illocutoire	Phase	Stress	Éveil	Disposition	Valence	Évaluation main
1	Bonjour, nous allons faire une séance de rééducation	interagir	bienvenue	D	7.000	9.000	-7.000	-8.000	
2	Je vais vous demander de lever votre main au maximum	guider	informer	E	6.342	9.000	-6.300	-7.360	
3	Nous allons enchaîner des séries de 10minutes	guider	informer	D	5.706	9.000	-5.851	-8.124	
4	Faites comme moi ! Levez votre main droite	guider	ordonner	E	4.581	9.000	-4.942	-8.523	autre
5	Faites comme moi, levez la main droite	feedback	informer	E	5.398	9.000	-6.190	-9.000	rien
6	Vous devez lever votre main au maximum	encourager	ordonner	E	6.471	9.000	-7.911	-9.000	mal
7	Je sais c'est dur mais faut y arriver !	corriger	blâmer	E	6.319	8.782	-9.000	-9.000	rien
8	On essaye, allez y levez la main	encourager	ordonner	E	7.665	8.954	-9.000	-9.000	autre
9	C'est bon, reposez vous 15sec	feedback	informer	F	9.000	9.000	-9.000	-9.000	
10	Maintenant vous allez suivre mes consignes	guider	ordonner	D	6.412	9.000	-6.904	-9.000	
11	Faites comme moi ! Levez votre main Gauche	guider	ordonner	E	4.567	9.000	-5.294	-9.000	autre
12	No ! pas la main droite !	feedback	informer	E	5.553	9.000	-6.882	-9.000	bien
13	Faites comme moi ! Levez votre main Gauche	encourager	ordonner	E	4.842	9.000	-5.276	-8.981	bien
14	Continuez !	encourager	ordonner	E	3.448	9.000	-4.045	-8.986	bien
15	Encore !	encourager	ordonner	E	2.455	9.000	-3.101	-8.862	bien
16	Encore !	encourager	ordonner	E	1.748	9.000	-2.378	-8.638	bien
17	Faites comme moi ! Levez votre main Gauche	encourager	ordonner	E	1.524	9.000	-1.823	-8.249	bien
18	Encore !	encourager	ordonner	E	1.329	9.000	-1.398	-7.824	autre
19	Non ! pas la main droite !	corriger	blâmer	E	1.616	9.000	-1.817	-9.000	bien
20	Faites comme moi ! Levez votre main Gauche	encourager	ordonner	E	1.409	9.000	-1.393	-8.610	bien
21	Continuez !	encourager	ordonner	E	1.229	9.000	-1.068	-8.185	mal
22	Moins bien, mais l'important c'est de s'entraîner	corriger	blâmer	E	1.199	8.719	-1.175	-8.828	bien
23	On essaye, allez y levez	encourager	ordonner	E	1.046	9.000	-0.901	-8.392	bien
24	Encore !	encourager	ordonner	E	0.912	9.000	-0.690	-7.926	mal
25	Je sais c'est dur mais faut y arriver	corriger	blâmer	E	0.890	8.709	-0.759	-8.499	mal
26	« silence »	corriger	blâmer	E	0.869	8.428	-0.987	-9.000	mal
27	Allez y levez !	corriger	blâmer	E	0.848	8.161	-1.284	-9.000	mal
28	Je sais c'est dur mais faut y arriver	corriger	blâmer	E	0.828	7.905	-1.669	-9.000	mal
29	Moins bien mais l'important de s'entraîner	corriger	blâmer	E	0.808	7.658	-2.169	-9.000	autre
30	Non ! pas la main droite !	feedback	informer	E	0.982	7.783	-2.820	-9.000	bien
31	Faites comme moi , levez votre main Gauche	encourager	ordonner	E	0.856	9.000	-2.162	-8.551	bien
32	Encore !	encourager	ordonner	E	0.747	9.000	-1.658	-8.074	bien
33	Encore !	encourager	ordonner	E	0.651	9.000	-1.271	-7.575	bien
34	Faites comme moi, levez votre main Gauche	encourager	ordonner	E	0.568	9.000	-0.974	-7.058	mal

Tableau 22. Extrait des actes de langage exprimés par le thérapeute virtuel lors d'une session de rééducation virtuelle

6.6 Résultats et interprétations

Le comportement du personnage est analysé selon deux points de vue. Le premier prend en compte l'évolution de son état émotionnel et de la dynamique du dialogue. Le second point de vue concerne en raison des commentaires des utilisateurs pendant sont interaction avec lui.

6.6.1 Évolution de l'état émotionnel et dynamique du dialogue

L'état émotionnel et la dynamique du dialogue du thérapeute sont influencés par l'évaluation cognitive des gestes réalisés par le patient. Afin de visualiser cette interaction, nous avons représenté graphiquement un exemple de ce processus. Nous utiliserons les conventions suivantes :

- Une évaluation correcte (bien) : « 8 ».
- Un geste mal réalisé (mal) : « 4 ».
- Aucune geste détecté : « 0 ».
- Geste différent de celui qui a été demandé : « -4 ».

La figure 16 montre l'évolution de l'état émotionnel du personnage qui correspond à l'extrait du dialogue présenté dans le tableau 21.

Les valeurs de l'état émotionnel (stress, éveil, disposition et valence) sont influencées par le résultat de l'évaluation cognitive du thérapeute selon le modèle présenté dans la section 5.3.1.2.

Malgré la quantité de données représentées, la graphique permet d'observer une tendance dans le comportement du personnage :

Le niveau de stress augmente chaque fois que le thérapeute détecte un geste différent de celui attendu notamment quand le patient effectue un mouvement avec sa main valide alors qu'elle devrait rester immobile. Par contre, le stress tend à diminuer quand l'évaluation est positive.

Le niveau d'éveil évolue en fonction de l'activité gestuelle et en particulier lors d'un changement de celui ci.

La valeur de la dimension « disposition » tend à augmenter quand existe une évaluation positive des mouvements et à diminuer quand un geste non sollicité apparaît.

La valeur de la dimension « valence » augmente quand le geste est évalué positivement et diminue quand l'évaluation est négative.

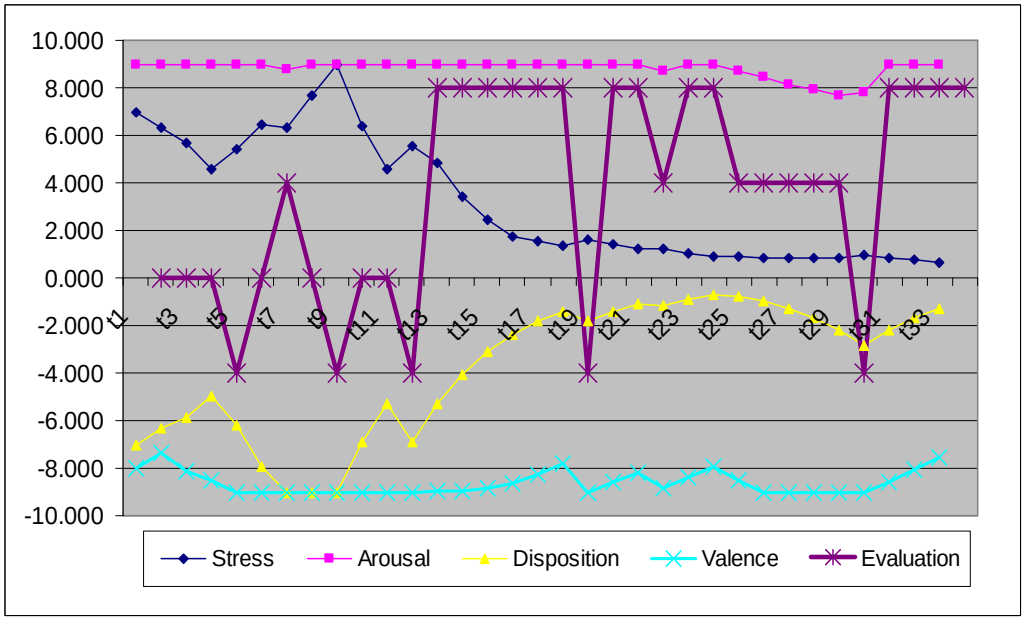

Figure 16. Exemple de l'évolution des dimensions de l'état émotionnel pendant une interaction

La figure 17 montre la sélection de l'acte perlocutoire que le thérapeute cherche à produire sur le patient. Les actes perlocutoires présentés correspondent aux actes de langages exposés dans le tableau 21.

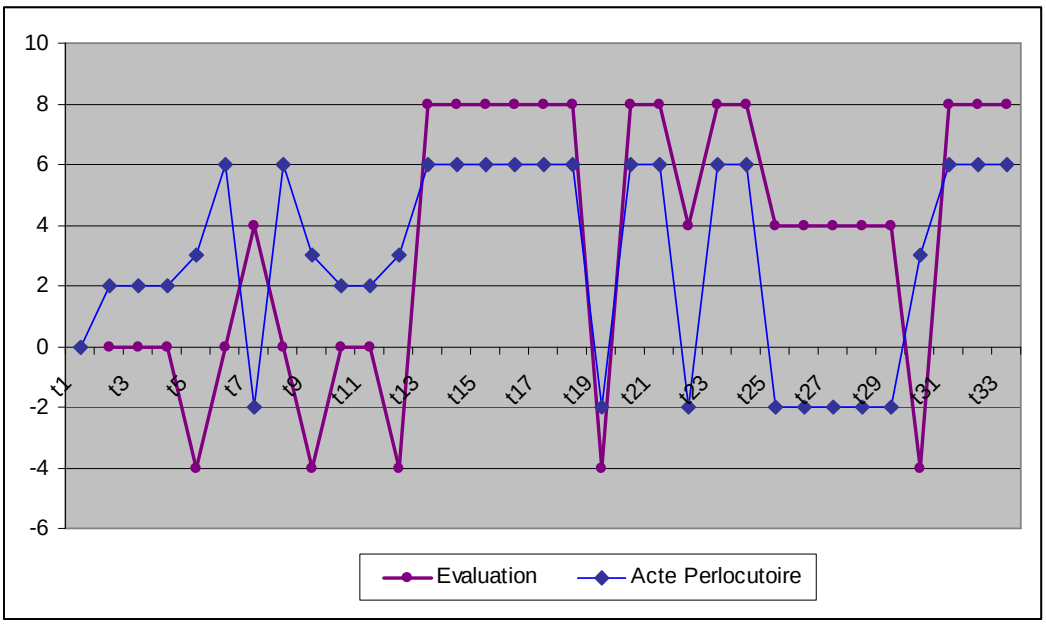

Figure 17. Dynamique des jeux de dialogue au cours de l'interaction

Dans ce graphique, nous avons représenté la dynamique des gestes et les états émotionnels sur une même échelle. L'acte « interagir » est représenté par la valeur 0,

« guider » par la valeur 2, « donner le feedback » par la valeur 3, « encourager » par la valeur 6 et « corriger » par la valeur -2.

Nous pouvons remarquer que le thérapeute virtuel tend à « encourager » le patient dans deux situations : quand il évalue favorablement le geste fait par le patient ou quand il n'a pas perçu de mouvement. L'action de correction « corriger » est déclenchée soit par à une évaluation négative du geste soit par un mouvement de faible amplitude ou encore par un geste non sollicité.

L'évaluation d'un geste non sollicité a pour conséquence de déclencher une action de type : « donner le feedback ».

Les jeux de dialogue « interagir » et « guider » sont communément associés à un début de communication ; « guider » est utilisé pour renforcer une consigne initiale et quand le patient ne réalise pas un bon mouvement.

6.6.2 Analyse des indices de couplage et de crédibilité

Les premiers commentaires fournis par les utilisateurs pendant leur interaction avec le thérapeute virtuel nous permettent de tirer des conclusions sur le sentiment d'immersion sociale. Deux facteurs semblent importants : la perception du niveau d'engagement du thérapeute et la cohérence des actions du thérapeute par rapport au contexte.

Le sentiment d'engagement tel qu'il est perçu, est influencé par 1) les activités implicitement associées à la fonction de thérapeute : guider, corriger et encourager et 2) par le couplage entre les actions faites par le patient et les réactions du thérapeute.

Ainsi, le patient doit produire un comportement qui correspond aux objectifs du kinésithérapeute et à sa ligne de conduite. Cette ligne de conduite doit à son tour évoluer en fonction des performances du patient.

Le patient s'attend également à être corrigé s'il effectue un mauvais mouvement. Si le thérapeute ne réagit pas alors que le patient lui même perçoit son propre dysfonctionnement, le patient peut interpréter cette non réponse comme une marque d'inattention.

Le couplage entre le thérapeute et les actions développées par le patient s'exprime de façon verbale à travers les actes locutoires et de façon non verbale en utilisant le mouvement de tête et le regard.

Par ailleurs, nous pouvons confirmer l'importance de la correspondance entre actes de langage et actions gestuelle. Par exemple :

(1) Si le patient lève la main gauche et que le thérapeute dit simultanément « levez la main gauche », le patient peut exprimer l'incohérence du dialogue par une remarque du type « c'est ce que je fais …».

(2) Si le thérapeute déclare : « Faites comme moi, levez votre main gauche » et que son geste n'est pas parfaitement synchronisé, il faut s'attendre à une rupture d'immersion (« breakdown »).

Nous avons également remarqué l'importance d'un couplage entre l'expression non verbale et para verbale. Par exemple, si la prosodie qui accompagne l'acte locutoire transmet un mécontentement, l'expression faciale doit aussi l'exprimer (mouvement de sourcils, regard et bouche).

Les actes locutoires répétitifs sont perçus comme monotones ou artificiels s'ils sont exprimés pendant le jeu de dialogue « interagir » ou « encourager », mais ils sont acceptés si ils sont utilises dans le jeu « corriger ».

Finalement, les patients sont sensibles au fait que le thérapeute exprime des signes de vie pendant les pauses : mouvement des yeux, clignotement des sourcils, mouvements de tête, modification de posture, respiration, etc.

Chapitre

7 Conclusion générale

Cette recherche s'intéresse à la problématique des interactions humaines en univers virtuel et ceci dans le contexte d'une communication dite « située ». Nous avons emprunté au courant de l'ethnométhodologie la terminologie « interaction située » pour exprimer notre souci de générer chez les interlocuteurs en univers virtuel une sensation de présence sociale qui soit comparable à celle vécue en situation réelle. L'interaction située se caractérise par le fait que la dynamique entre les inter actants et leur environnement est fortement influencée par le contexte, la dimension sociale et culturelle, l'historique de la situation. De ce fait, elle ne peut pas être décrite uniquement selon une représentation prescriptive (plans d'actions, préconditions, etc.) mais est en partie émergente suite à une co-construction de la communication entre les acteurs.

7.1 Synthèse

Notre approche s'appuie sur une double épistémologie : une épistémologie représentationnelle qui nous permet de modéliser la production des actes de communication (production verbale, gestuelle, para verbale) et une épistémologie constructiviste pour gérer la dynamique des interactions à forte dépendance contextuelle. C'est ainsi que le comportement émotionnel de notre thérapeute virtuel pourra, en temps réel, ajuster ses états émotionnels et ses productions verbale, paraverbale.

Afin de rendre opérationnel la dimension constructiviste de l'interaction, nous avons développé la notion de couplage entre inter actants et entre inter actants et environnement. Concrètement, ces couplages sont réalisés par un ensemble de boucles de rétroaction impliquant les comportements sociaux et culturels ; notre hypothèse étant que l'immersion sociale ne peut se réaliser que si ces boucles de rétro actions peuvent se réaliser en toute transparence (sans contraintes liées au média pour l'utilisateur). Pour affiner les concepts nous nous sommes appuyés sur le modèle d'inspiration phylogénétique de Riva et al. (2003) qui par ailleurs nous permettait de faire un lien avec notre application thérapeutique. Ce modèle réfère en effet à deux concepts : celui d'immersion comme résultat d'un couplage fort entre perception et action (en complète correspondance avec le modèle des neurones miroir à la base de notre expérimentation) et celui d'un MOI (SELF) émergent du couplage avec acteurs et environnement (donc en accord avec notre approche constructiviste et interactionnelle d'un MOI qui s'élabore grâce à la dynamique de l'interaction).

Afin d'implémenter une architecture d'animation comportementale qui réponde à ces exigences, nous avons développé un modèle d'interaction sociale qui prend en compte les actes de communication verbaux, paraverbaux et non verbaux. La dimension émotionnelle et la dimension multimodale de l'expression de la communication ont également été l'objet de formalisation en prenant en compte la dynamique des émotions, le genre, le rôle social et le niveau d'empathie des acteurs.

Ce modèle gère l'attitude du personnage envers son interlocuteur (empathie, neutralité, directivité, etc.) et les actes de langage qui lui sont associés. Un modèle « kinésique » est chargé de la production des expressions non verbales en cohérence avec les actes de langage.

Le modèle comportemental est composé de deux sous-modèles :

1. Un modèle d'interaction sociale et émotionnelle qui détermine en temps réel l'attitude du personnage. Ce modèle utilise un processus d'évaluation cognitif «multi-niveaux » et prend en compte la personnalité des acteurs. Il met en permanence à jour les paramètres qui déterminent son état émotionnel.
2. Un modèle de la gestion du dialogue qui produit, par l'intermédiaire d'actes de langage, les objectifs et intentions du personnage. Les actes de langage transmettent l'attitude émotionnelle du personnage et la dynamique du contexte de l'interaction.

Tous les personnages de l'univers virtuel sont donc animés en fonction de ce modèle d'interaction sociale. Afin de tester la pertinence de cette architecture, nous avons, en collaboration avec l'INSERM (et dans le cadre d'un programme de recherche en commun sur les protocoles de rééducation – (PHRC)), développé une application à visée thérapeutique. Cette application a pour but l'évaluation de nouveaux paradigmes thérapeutiques destinés à la rééducation de patients ayant subi des accidents vasculaires cérébraux. Ce paradigme dit « des neurones miroir » fait l'hypothèse d'un couplage fort entre perception et action. Plusieurs zones cérébrales spécialisées dont le cortex pré moteur seraient le lieu d'instanciation de ce couplage au niveau moteur. La visualisation artificielle d'un mouvement que le patient ne peut réaliser du fait de son handicap permettrait d'améliorer le processus de récupération. Cette hypothèse sera doublement testée à la fois sur un plan opérationnel (amélioration de la motricité) et sur un plan de l'imagerie cérébrale (activation des zones pré motrices visualisée par la technologie IRMf).

7.2 Conclusions

L'objectif de cette thèse était d'explorer le concept de présence sociale en univers virtuel et d'identifier les conditions de réalisation de cette présence. Les premiers résultats obtenus convergent avec ceux déjà obtenus lors d'autres travaux sur l'interaction sociale. Ce sont les couplages entre inter actants et entre inter actants et environnement qui déterminent la crédibilité du dispositif. La stricte coïncidence entre les intentions réelles et les comportements gestuels des personnages n'est pas une nécessité absolue car les sujets cherchent en permanence une interprétation plausible à des comportements non pertinents mais ils peuvent aussi se retrouver en situation de « breakdown » c'est à dire de non-présence brutale si la contradiction entre le comportement du personnage virtuel et sa propre représentation dépasse un certain seuil de vraisemblance. Cette « résilience » du dispositif interactionnel (Homme-Personnage-Environnement) est très encourageante pour le futur de cette technologie dans la mesure ou nous percevons qu'une véritable immersion sociale peut s'établir même en situation de tension entre le véritable état émotionnel et cognitif de l'inter actant et les personnages avec qui il interagit dans l'univers virtuel.

Les limites de cette étude sont liées au manque de ressources humaines pour développer des animations gestuelles et corporelles plus crédibles. La conception de dispositif d'interactions sociales en univers virtuel nécessité une approche pluridisciplinaire mettant en co-présence des spécialités aussi diverses que l'informatique, la psychologie, la sociologie, des experts en animation, en optimisation de processus, etc. Néanmoins, ce travail, malgré ses limites, peut être considéré comme une étape montrant la faisabilité de cette technologie et ses promesses dans le domaine de la rééducation thérapeutique.

7.3 Perspectives

Nous avons identifié plusieurs perspectives intéressantes à explorer. Une des premières perspectives concerne l'intégration du modèle comportemental dans le moteur d'animation. En effet, l'implémentation de ce modèle et la gestion de paramètres ont été développés sur Visual FoxPro. Nous pensons qu'insérer le processus d'exécution du modèle comportemental dans le moteur d'animation de Virtools peut faciliter la gestion de l'application pendant les sessions de rééducation et probablement améliorer la performance des processus.

Actuellement, le processus d'évaluation des action effectuées par le patient est réalisé dans le modèle comportemental. Il se limite à identifier l'amplitude maximale à un instant donné.

Ce type d'évaluation ne correpond qu'à un seul type d'objectif thérapeutique (ex : augmenter l'empan de mobilité). Il s'avère cependant inapproprié pour un objectif thérapeutique consistant à immobiliser un membre pendant une période donnée. Dans le but de correspondre à la richesse des objectifs pouvant être suivis par le thérapeute, il nous semble intéressant de permettre la configuration externe des règles du processus d'évaluation des gestes faites pour le patient afin de diversifier le type d'exercice pouvant etre réalisés pendant une séance virtuelle. Cette externalisation du processus permettrait en outre de pouvoir utliser cette meme plateforme dans de nombreux autres domaines.

Nous pouvons envisager d'autres applications possibles pour notre plate-forme. Nous pensons qu'elle peut être appliquée comme un autre type de tuteur ou conseiller. La structure du modèle du dialogue permet sans programmation la construction de dialogues basés sur la caractérisation des actes locutoires introduits dans la base de données.

Pour plus d'immersion, la qualité des animations peut être améliorée ainsi que la richesse des bibliothèques de comportements.

D'autres perspectives associées à l'analyse des phénomènes réflexifs lors des interactions virtuelles peuvent par ailleurs être envisagées. Ainsi, il serait interessant d'étudier l'impact des caractéristiques du thérapeute sur la performance de différent profils de patients . par exemple, obiendrait-on de meilleur résultat avec un thérapeute directif qu'avec un thérapeute plus neutre ? ces résultats seraient-ils stables quelque soit le profil émotionnel des patients ?

Enfin, un modèle de gestion d'expériences pourrait être développé pour que le personnage puisse sciemment et de façon autonome modifier son comportement.

Références Bibliographiques

Allbeck, J. & N. Badler (2002). Toward Representing Agent Behaviors Modified by Personality and Emotion. Embodied Conversational Agents at AAMAS, Bologna, Italy.

Amiel, P. (2004). Ethnométhodologie appliquée- Eléments de sociologie praxéologique. Paris, Presses du Lema.

André, E., M. Klesen, et al. (1999). Integrating Models of Personality and Emotions into Lifelike Characters. Proceedings of the workshop on Affect in Interactions - Towards a new Generation of Interfaces in conjunction with the 3rd i3 Annual Conference, Siena, Italy.

Austin, J. L. (1962). How to Do Things With Words. Oxford, England, Oxford University Press.

Bailenson, J. N., A. C. Beall, et al. (2004). "Transformed Social Interaction: Decoupling Representation from Behavior and Form in Collaborative Virtual Environments." Presence:Teleoperators and Virtual Environments **13**(4): 428-441.

Bailenson, J. N. & J. Blascovich (2004). Avatars. Encyclopedia of Human-Computer Interaction, Berkshire Publishing Group**:** 64-68.

Bates, J. (1994). "The role of Emotion in Believable Agents." Communications of the ACM.

Bécheiraz, P. & D. Thalmann (1998). Thesis:Un modèle comportemental et émotionnel pour l'animation d'acteurs virtuels. Lausanne, Swiss, EPFL - Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne**:** 141.

Benet, V. & N. G. Waller (1995). "The Big Seven Factor Model of Personality Description: Evidence for Its Cross-Cultural Generality in a Spanish Sample." Journal of Personality and Social Psychology **69**(4): 701-718.

Bickmore, T. (2003). Relational Agents: Effecting Change through Human-Computer Relationships, Massachusetts Institute of Technology**:** 284.

Bickmore, T. & J. Cassell (2001). Relational Agents: A Model and Implementation of Building User Trust. ACM CHI 2001, Seattle, Washington.

Bickmore, T. & J. Cassell (2004). Social Dialogue with Embodied Conversational Agents. Natural, Intelligent and Effective Interaction with Multimodal Dialogue Systems. L. D. J. van Kuppevelt, & N. Bernsen (eds.). New York, Kluwer Academic.

Bloch, S., P. Orthous, et al. (1987). "Emotional Effector Patterns of Basic Emotions: a Psychophysiological Method for Training Actors." Journal of Social and Biological Structures **10**: 1-19.

Bouquet, P., C. Ghidini, et al. (2003). "Theories and uses of context in knowledge representation and reasoning." Journal of Pragmatics - Elsevier Science **35**(3): 455-484.

Breazeal, C. (2003). "Emotion and Sociable humanoid robots." International Journal of Human-Computer Studies **59**: 119-155

Bressolle, M.-C. (2000). Modalités et stratégies de construction d'un environnement cognitif commun. Le cas des contrôleurs de la navigation aérienne. Ergonomie, Université de Toulouse-le-Mirail**:** 204.

Buisine, S. (2004). Evaluation des Agents Conversationnels Animés. Exposé aux Journées du GT ACA (Groupe de Travail sur les Agents Conversationnels Animés) au LIP6, 3 juin.

Caelen, J. (2006). Jeux Dialogiques. Ecole thématique CNRS: Dialogue et interactions. Autrans.

Cahour, B. (2006). "Les affects en situation d'interaction coopérative: proposition méthodologique." Le Travail Humain **69**(4): 379-400.
Carofiglio, V. & F. De Rosis (2005). In Favour of Cognitive Models of Emotions. AISB'05 Workshop on Mind Minding Agents, Hatfield.
Cassell, J., T. Bickmore, et al. (1999). Requirements for an Architecture for Embodied Conversational Characters. Computer Animation and Simulation '99 (Eurographics Series), Vienna, Austria.
Chittaro, L. & M. Serra (2004). "Behavioral programming of autonomous characters based on probabilistic automata and personality." Computer animation and virtual worlds **15**(3-4): 319-326.
Cosnier, J. (1977). "Communication non verbale et langage." Psychologie Medicale **9**(11): 2033-2047.
Cosnier, J. (1982). Communications et langages gestuels. Les voies du langage, communications verbales, gestuelles et animales. J. Cosnier, A. Berrendonner, J. Coulon and C. Orecchioni. Paris, Dunod**:** 255-304.
Cosnier, J., Ed. (1993). Les interactions en milieu soignant. Soins et communication, approches interactionnistes des relations de soins,. Lyon, Univ. de Lyon.
Cosnier, J. (1996). "Les gestes du dialogue, la communication non verbale." Psychologie de la motivation **21**: 129-138.
Cosnier, J. (1997). "Empathie et communication." Sciences Humaines **68**: 24-26.
Cosnier, J. (2004). Les émotions et les sentiments. Beyrouth-Liban**:** 74.
Cosnier, J. & J. Vaysse (1997). "Sémiotique des gestes communicatifs." Nouveaux Actes Sémiotiques **52**: 7-28.
Davidson, R. J. (1994). On emotion, mood, and related affective constructs. New-York, Oxford University Press.
De Rosis, F., C. Pelachaud, et al. (2003). "From Greta's Mind to her Face:Modelling the Dynamics of Affective States in a Conversational Embodied Agent." International Journal of Human-Computer Studies **59**(1-2): 81-118.
Delord, C. (1998). Actes de langage et jeux de dialogue. Toulouse, ENSEEIHT-IRIT**:** 197.
Egges, A., S. Kshirsagar, et al. (2004). "Generic personality and emotion simulation for conversational agents." Computer animation and virtual worlds **15**(1): 1-13.
El Jed, M., N. Pallamin, et al. (2004). Modelling character emotion in an interactive virtual environment. AISB'04 Symposium: Motion, Emotion and Cognition, Leeds, UK.
El Jed, M., N. Pallamin, et al. (2006). Vers des Communications situées. (Cite 2006) Coopération, Innovation et Technologie, Nantes, France.
Elliott, C. D. (1992). The Affective Reasoner: A process model of emotion in a multi-agent system. Computer Science. Evanston, Illinois, Northwestern University**:** 135.
Fabri, M. (2006). Emotionally Expressive Avatars for Collaborative Virtual Environments. Leeds, England, Leeds Metropolitan University**:** 190.
Feldman, R. S. & B. Rimé, Eds. (1991). Fundamentals of Nonverbal Behavior. Cambridge, New York, Melbourne and Paris, Cambridge University Press.
Feyereisen, P. & J.-D. d. Lannoy (1991). Gestures and Speech - Psychological Investigations. Paris, Cambridge University Press.
Gallese, V. (2004). Intentional Attunement. The Mirror Neuron system and its role in interpersonal relations. What do mirroir neurons means?, http://www.interdisciplines.org/mirror/papers/1/, European Science Foundation.
Gallese, V., L. Fadiga, et al. (1996). "Action recognition in the premotor cortex." Brian **119**: 593-609.
Gallese, V., C. Keysers, et al. (2004). "A unifying view of the basis of social cognition." Trends in Cognitives Sciences **8**(9): 396-403.
Garcia-Prieto Sol Chevalier, P. (2003). The influence of social identity salience on appraisal and emotion. Section de psychologie. Geneve, Université de Genève**:** 270.
Garfinkel, H. (1967). Studies in Ethnomethodology. NJ, Prentice-Hall.

Garfinkel, H. & H. Sacks (1970). On formal Structures of Practical Actions. Theoretical sociology: Perspectives and developments. J. M. a. E. Tiryakian. New York, Appleton Century Crofts.

Giunchiglia, F. & P. Bouquet (1997). Introduction to Contextual Reasoning An Artificial Intelligence Perspective. Trento - Italy, D.I.S.A. - University of Trento Istituto per la Ricerca Scientifica e Tecnologica - Trento**:** 29.

Goffman, E. (1974). Les rites d'interaction. Paris, Les editions de minuit.

Goldberg, L. R. (1990). "An alternative "Description of personality": The Big-Five factor structure." Journal of Personality and Social Psychology **89**: 1216-1229.

Goleman, D. (1995). Emotional intelligence. New York, Bantam Books.

Gratch, J. & S. Marsella (2001). Tears and Fears: Modeling Emotions and Emotional Behaviors in Synthetic Agents. Proceedings of the 5th International Conference on Autonomous Agents, Montreal, Canada.

Gratch, J., J. Rickel, et al. (2002). "Creating Interactive Virtual Humans: Some Assembly Required." IEEE INTELLIGENT SYSTEMS **17**(4): 54-63.

Guye-Vuilleme, A. & D. Thalmann (2001). "A high-level Architecture for Believable Social Agents." Virtual Reality **5**: 95-106.

Holden, M. K. (2005). "Virtual Environments for Motor Rehabilitation: Review." CyberPsychology & Behavior **8**(3): 187-211.

Iacoboni, M., I. Molnar-Szakacs, et al. (2005). "Grasping the Intentions of Others with One's Own Mirror Neuron System." PLoS Biol **3**(3): 529-535.

Jack, D., R. Boian, et al. (2000). A Virtual Reality-Based Exercise Program for Stroke Rehabilitation. Proceedings of the fourth international ACM conference on Assistive technologies, Arlington, Virginia, United States.

Jang, S. H., S. H. You, et al. (2005). "Cortical Reorganization and Associated Functional Motor Recovery After Virtual Reality in Patients With Chronic

Stroke: An Experimenter-Blind Preliminary Study." Arch Phys Med Rehabil **86**(November 2005): 2218-2223.

Keel, R. (1999). Ethnomethodology and Deviance. Sociology of Deviant Behavior, On line: http://www.umsl.edu/~rkeel/200/ethdev.html.

Kerbrat-Orecchioni, C. (1980). L'enonciation. De la subjectivité dans le langage. Paris, Armand Colin.

Kerbrat-Orecchioni, C. (1998). Les interactions verbales: approche interactionnelle et structure des conversations. Paris, Armand Colin.

Kerbrat-Orecchioni, C. (1998). Les interactions verbales: variations culturelles et échanges rituels. Paris, Armand Colin.

Keshner, E. A. (2004). Virtual reality and physical rehabilitation: a new toy or a new research and rehabilitation tool? Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, vol. 1:8, On line: http://www.jneuroengrehab.com/content/pdf/1743-0003-1-8.pdf.

Kshirsagar, S. & N. Magnenat-Thalmann (2002). A Multilayer Personality Model. Proceedings of 2nd International Symposium on Smart Graphics, New York, ACM Press.

Lecerf, Y. (1985). "Lexique Ethnomethodologique." Pratiques de formation(analyses), Ethnométhodologies (Paris VIII)(11-12).

Lecerf, Y. (1994). Le champ d'étude de l'ethnométhodologie. Textes & papers issus du courant radical de "l'ethnométhodologie et informatique" des universités de Paris VII et Paris VIII, On line: http://vadeker.club.fr/corpus/etude.htm.

Lelord, F. & C. André (2003). La Force des émotions. Paris.

Lewis, C. H. & M. J. Griffin (1997). Human Factors Consideration in Clinical Applications of Virtual Reality. VIRTUAL REALITY IN NEURO-PSYCHO-PHYSIOLOGY Cognitive, clinical and methodological issues in assessment and rehabilitation. G. Riva, IOS Press. **44**.

Livet, P. (1994). La communauté virtuelle: action et communication. Combas, L'éclat.

Loubinoux, I., S. Dechaumont-Palacin, et al. (2007). "Prognostic Value of fMRI in Recovery of Hand Function in Subcortical Stroke Patients." Cerebral Cortex Advance Access **March 2007**.

Loyall, A. B. (1997). Believable Agents: Building Interactive Personalities. School of Computer Science Computer Science Department. Pittsburgh, PA, Carnegie Mellon University**:** 222.

Lyon, M. L. (1995). "Missing Emotion: The Limitations of Cultural Constructionism in the Study of Emotion." Cultural Anthropology **10**(2): 244-263.

Markey, P. M. & C. N. Markey (2006). "A spherical Conceptualization of Personality Traits." European Journal of Personality **20**: 169-193.

Marque, P. (2005). PROTOCOLE DE RECHERCHE CLINIQUE:Evaluation par IRM fonctionnelle d'une séance de rééducation de l'extension du poignet par technique de réalité virtuelle chez des sujets cérébro-lésés. Toulouse, HOPITAUX de TOULOUSE**:** 31.

Matsumoto, D., J. Leroux, et al. (2005). "Emotion and intercultural communication." Kwansei Gakuin University Journal **99**: 15-38.

Matsumoto, D. (In press). "Culture, contexte and behavior." Journal of Personality.

Maudet, N. (2001). Modéliser les conventions des interactions langagières: la contribution des jeux de dialogue. Toulouse, Université Paul Sabatier**:** 195.

Mayer, J. D., P. Salovey, et al. (2000). Models of Emotional Intelligence. Handbook of Intelligence. R. J. Sternberg. Cambridge, UK., Cambridge University Press**:** 396-420.

McCaffrey, P. (2003). CMSD 636 Neuropathologies of Language and Cognition. Chico, California, California State University.

McCrae, R. R. & O. P. John (1992). "An introduction to the Five-Factor Model and Its Applications." Journal of Personality **60**: 175-215.

Mesquita, B., T. Masuda, et al. (2004). A Cultural Lens on Facial Behavior in Emotions. Observer. **17**.

Morales Rodriguez, M. L. & B. Pavard (2006 to appear). "Design of an emotional and social interaction paradigm for the animation of 3D characters: The case of a therapy for brain injured people (the mirror neuron paradigm)." Virtual Reality.

Morris, D. (1994). Le langage des gestes.

Nijholt, A. (2003). Disappearing computers, social actors and embodied agents. International Conference on CYBERWORLDS, Singapore.

Ortony, A., G. L. Clore, et al. (1988). The cognitive structure of emotions. Cambridge, Massachusetts, Cambridge University Press.

Ottenbacher, K. J. & S. Jannell (1993). "The results of clinical trials in stroke rehabilitation research." Archives of Neurology **50**(1): 37-44.

Page, S. J. (2006). "Modified constraint-induced therapy ties patients down to bring them up." BioMechanics **February 2006**.

Palmero, F. (1999). Emoción. Breve reseña del papel de la cognición y el estado afectivo. Revista Electrónica de Motivación y Emoción. vol.2 2-3, On line: http://reme.uji.es/articulos/apalmf245161299/texto.html.

Palmero, F. (2003). La emocion desde el modelo cognitivista. Revista Electrónica de Motivación y Emoción. vol. VI 14-15, On line: http://reme.uji.es/articulos/avillj3022401105/texto.html.

Pelachaud, C. & M. Bilvi (2002). "Computational Model of Believable Conversational Agents."

Picard, R. W. (1997). Affective Computing. Cambridge, MA, MIT Press.

Poor, S. (2000). An introduction to Ethnomethodology. Sociology at Hewett... On line: http://www.hewett.norfolk.sch.uk/CURRIC/soc/ethno/intro.htm.

Popkins, N. C. (1998). The Five-Factor Model: Emergence of a Taxonomic Model for Personality Psychology. Great Ideas in Personality, Northwestern University.
Posner, J., J. A. Russell, et al. (2005). "The circumplex model of affect:An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development,
and psychopathology." Development and Psychopathology **17**: 715-734.
Ramachandran, V. S. (2000). MIRROR NEURONS and imitation learning as the driving force behind "the great leap forward" in human evolution. Edge, No. 69, on line: http://www.edge.org/3rd_culture/ramachandran/ramachandran_p1.html.
Raouzaiou, A., K. Karpouzis, et al. (2004). Emotion Synthesis in Virtual Environments. 6th International Conference on Enterprise Information Systems, Porto, Portugal.
Reilly, W. S. (1996). Believable Social and Emotional Agents. School of Computer Science. Pittsburgh, PA, Carnegie Mellon University**:** 300.
Revelle, W. (1995). "Personality Processes." Annual Review of Psychology **46**: 295-328.
Riva, G., Ed. (1997). Virtual Reality in Neuro-psycho-physiology Cognitive, clinical and methodological issues in assessment and treatment. Studies in Health Technology and Informatics, IOS Press.
Riva, G. (2003). Virtual Reality as communication tool: a socio-cognitive analysis. Communications Through Virtual Technology: Identity Community and Technology in the Internet Age. G. Riva and F. Davide. Amsterdam, IOS Press:**:** 48-55.
Riva, G., F. Mantovani, et al. (2004). Presence and rehabilitation: toward second-generation virtual reality applications in neuropsychology. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, vol. 1:9, On line: http://www.jneuroengrehab.com/content/pdf/1743-0003-1-9.pdf.
Riva, G., J. A. Waterworth, et al. (2004). "The Layers of Presence: A Bio-cultural Approach to Understanding Presence in Natural and Mediated Environments." CyberPsychology & Behavior **7**(4): 402-416.
Rizzolatti, G. & G. Buccino (2005). The Mirror Neuron System and Its Role in Imitation and Language. From Monkey Brain to Human Brain A Fyssen Foundation Symposium. J.-R. D. Stanislas Dehaene, Marc D. Hauser and Giacomo Rizzolatti. Cambridge Massachusetts, MIT Press**:** 213-234.
Rizzolatti, G. & L. Craighero (2004). "The Mirror-Neuron System." Annual Review of Neuroscience **27**: 169-192.
Rizzolatti, G., L. Fogassi, et al. (2001). "Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action." Nat Rev Neurosci **2**(9): 661-70.
Rizzolatti, G., L. Foggassi, et al. (2001). "Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action." Nature Reviews - Neuroscience **2**: 661-670.
Rothbaum, B. O., P. Anderson, et al. (2006). "Virtual Reality Exposure Therapy and Standard (in Vivo) Exposure Therapy in the Treatment of Fear of Flying." Behavior Therapy **37**(1): 80-90.
Roy, S. (2001). "L'utilisation de la réalité virtuelle en psychothérapie." Champ psychosomatique **2001/2**(22): 39-49.
Russell, J. A. (2003). "Core Affect and the Psychological Construction of Emotion." Psychological Review **110**(1): 145-172.
Russell, J. A. & J. M. Carroll (1997). "Facial Expressions in Hollywood's Portrayal of Emotion." Journal of Personality and Social Psychology **72**(1): 164-176.
Salembier, P. & F. Decortis (1996). Traitement cognitif et organisationnel des micro-incidents dans le domaine du contrôle aérien : analyse des boucles de régulation formelles et informelles. Cooperation & Conception. G. de Terssac and M. Friedberg. Toulouse, Octares.
Salovey, P. & J. D. Mayer (1990). "Emotional Intelligence." Imagination, Cognition and Personality **9**(3): 185-211.

Scherer, K. R. (1987). "Toward a dynamic theory of emotion: The component process model of affective states." Geneva Studies in Emotion and Communication **1**(1): 1-72.
Scherer, K. R. (1993). "Studying the Emotion-Antecedent Appraisal Process: An Expert System Approach." Cognition and Emotion **7**(3/4): 325-355.
Scherer, K. R. & J. Sangsue (1996). "Le système mental en tant que composant de l'émotion. (The mental component of emotion.)." Geneva Studies in Emotion and Communication **10**(1): 1-13.
Scherer, K. R., A. Schorr, et al., Eds. (2001). Appraisal Processes in Emotion Theory, Methods, Research. Series in Affective Sciences. New York and Oxford, Oxford University Press.
Schlosberg, H. (1952). "A description of facial expression in terms of two dimensions." Journal of Experimental Psychology **44**: 229-237.
Searle, J. (1969). Speech acts: An essay in the philosophy of language. Cambridge, England, Cambridge University.
Siegman, A. W. & S. Feldstein, Eds. (1985). Multichannel Integrations of Nonverbal Behavior. New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates.
Sperber, D. & D. Wilson (1989). La Pertinence, communication et cognition. Paris, Les editions de minuit.
Suchman, L. A. (1987). Plans and situated actions: The problem of human-machine communications. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
Sveistrup, H. (2004). Motor rehabilitation using virtual reality. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, vol. 1:10, http://www.jneuroengrehab.com/content/pdf/1743-0003-1-10.pdf.
Sweeney, J. C. & C. Brandom (2006). "Brand Personality: Exploring the Potential to Move from Factor Analytical to Circumplex Models." Psychology & Marketing **23**(8): 639-663.
Tajfel, H. (1972). La catégorisation sociale. Introduction à la psychologie sociale. S. Moscovici. Paris, Larousse. **1**.
Taub, E., N. E. Miller, et al. (1993). "Technique to improve chronic motor deficit after stroke." Archives of Physical Medicine and Rehabilitation **74**: 347-354.
Ting-Toomey, S. (1999). Communicating Across Cultures. New York, Guilford Press.
Van der Straaten, P. (2000). Interaction Affecting the sense of presence in virtual reality, Delft University of Technology, Faculty of Information Technology and System.
Vanderveken, D. (1988). Les actes de discours. Essai de philosophie du langage et de l'esprit sur la signification des énonciations. Liège, Bruxelles, Éditions Pierre Mardaga.
Velasquez, J. D. (1997). Modeling Emotions and Other Motivations in Synthetic Agents. Proceedings of the National conference on Artificial Intelligence (AAAI-97).
Viau, A., A. G. Feldman, et al. (2004). "Reaching in reality and virtual reality: a comparison of movement kinematics in healthy subjects and in adults with hemiparesis." J Neuroengineering Rehabil **1**(1): 11.
Vilhjálmsson, H. H. (2003). Avatar Augmented Online Conversation. Program in Media Arts and Sciences. Cambridge, MA, Massachusetts Institute of Technology.
White, D., K. Burdick, et al. (2005). A Virtual Reality Application for Stroke Patient Rehabilitation. IEEE International Conference on Mechatronics & Automation, Niagara.
You, S. H., S. H. Jang, et al. (2005). "Virtual Reality–Induced Cortical Reorganization and Associated Locomotor Recovery in Chronic Stroke An Experimenter-Blind Randomized Study." Stroke **36**: 1166-1171.