

Université de Montréal

Modélisation et simulation de conversations
dans un univers multi-agent

par
Daniel Rousseau

Département d'informatique et de recherche opérationnelle
Faculté des arts et des sciences

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de
Philosophiæ Doctor (Ph.D.)
en informatique

Août 1995

© Daniel Rousseau, 1995
Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée:

Modélisation et simulation de conversations
dans un univers multi-agent

présentée par:
Daniel Rousseau

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes:

Jian-Yun Nie,	président-rapporteur
Guy Lapalme,	directeur de recherche
Bernard Moulin,	codirecteur
El Mostapha Aboulhamid,	membre du jury
David Sadek,	examineur externe

Thèse acceptée le 28 août 1995

Sommaire

Les conversations sont des entités linguistiques fascinantes qui se déploient habituellement de manière cohérente grâce à la contribution des agents participants, même si ceux-ci ont des connaissances et des buts différents. Dans cette thèse, nous proposons une approche multi-agent basée sur la négociation et la coopération pour modéliser et simuler des conversations entre des planificateurs intelligents capables d'interpréter ce qui leur est communiqué, de raisonner sur le contenu de leur modèle mental et celui d'autres agents et de réagir de manière appropriée en planifiant leur comportement pour s'adapter au contexte. Nous supposons que les agents locuteurs s'échangent des objets conversationnels sur lesquels ils se positionnent et négocient par le biais d'actes de communication composés d'énonciations, de gestes et de pauses. Les objets conversationnels reflètent des états mentaux, tels que les croyances, les buts et les engagements sociaux.

Nous formalisons le contenu du modèle mental d'un agent locuteur en termes d'états mentaux, de connaissances stéréotypées et d'autres types de connaissances impliquant les états mentaux: relations conceptuelles entre les états mentaux, informations temporelles, contraintes et règles d'activation. Nous modélisons le contenu d'une conversation à l'aide d'un réseau d'objets conversationnels, d'un descripteur de conversation, d'un agenda d'initiative et d'un agenda de négociation, afin de représenter différentes facettes de la communication dont un agent locuteur est conscient. Nous proposons pour des agents locuteurs artificiels des protocoles de communication qui expriment à un niveau conceptuel les actes de communication tout en prenant en compte les niveaux d'interaction présents dans une conversation et les transitions permises. Des cycles de vie sont utilisés pour décrire ces transitions.

Nous proposons un moteur d'inférence et des règles de production pour gérer le modèle d'une conversation et interpréter des actes de communication en fonction du modèle de la conversation et des connaissances du locuteur. Nous élaborons une architecture simple pour un agent locuteur qui utilise des règles de réaction conversationnelle et des plans stéréotypés de communication pour

interagir. Les règles de réaction conversationnelle déterminent le comportement d'un agent en fonction de son modèle mental et de celui de la conversation. Les plans stéréotypés de communication, quant à eux, spécifient des façons de contruire de actes de communication dans un certain contexte.

Le prototype PSICO (Prototype SIMulant des CONversations), a été implanté pour tester la faisabilité de notre approche théorique. Ce prototype permet de visualiser le raisonnement des agents locuteurs impliqués dans un scénario donné, les actes de communication échangés et l'enrichissement du modèle de la conversation. La définition d'un scénario consiste à décrire le contenu du modèle mental des agents locuteurs. PSICO nous a permis de montrer comment l'enchaînement des actes de communication dans une conversation peut être vu comme le résultat d'un processus de négociation sur des objets conversationnels tout en respectant des conventions de communication.

Notre approche emploie des concepts utilisables dans des systèmes informatiques où la communication personne-machine ou machine-machine s'avère importante. Elle offre également un cadre empirique pour l'étude des conversations réelles entre agents humains. De plus, elle pourrait facilement être étendue aux conversations de groupes.

Mots clés: conversation, univers multi-agent, actes de communication, raisonnement sur états mentaux.

Table des matières

Chapitre1: Introduction.....	1
1.1. La conversation.....	1
1.2. Motivations.....	4
1.3. Aperçu de l'approche proposée	5
1.4. Objectifs visés.....	7
1.5. Organisation de la thèse.....	7
Chapitre 2: Revue des travaux sur la conversation.....	9
2.1. Etude de conversations naturelles.....	9
2.2. Formalisation de la communication inter-agents	11
2.3. Segments de discours et intentions associées	14
2.4. Planification des actes de communication.....	16
2.5. Modélisation des états mentaux dans les actes de communication	19
2.6. Conclusion	22
Chapitre 3: Vers une nouvelle approche pour modéliser les conversations	23
3.1. Principes directeurs de l'approche.....	23
3.1.1. La conversation vue comme une activité coopérative	24
3.1.2. Formes et facettes de communication.....	25
3.1.3. Objets conversationnels et actes de communication.....	27
3.1.4. Le raisonnement sur les états mentaux.....	30
3.1.5. Planification des actes de communication	31
3.1.6. Protocoles de communication.....	31
3.1.7. Partage des informations échangées pendant une conversation.....	32
3.1.8. Traits des actes de communication	32
3.2. Description globale de l'approche pour les interactions entre agents artificiels	32
3.2.1. L'agent de conversation et la gestion d'une conversation	35
3.2.2. Les agents locuteurs	37
3.2.3. L'agent d'environnement.....	38

3.3. La modélisation des conversations de groupes.....	39
3.4. Conclusion	40
Chapitre 4: Contenu du modèle mental d'un agent locuteur.....	41
4.1. Les graphes conceptuels	41
4.2. Composantes du modèle mental	43
4.2.1. Etats mentaux.....	43
4.2.1.1. Les états mentaux de base	45
4.2.1.2. Les états mentaux de nature sociale.....	54
4.2.1.3. Les émotions	56
4.2.1.4. Dérivation des états mentaux	57
4.2.2. Les informations temporelles	58
4.2.3. Les contraintes d'instanciation.....	60
4.2.4. Les relations conceptuelles entre états mentaux.....	60
4.2.5. Les règles d'activation.....	67
4.2.6. Connaissances stéréotypées.....	69
4.2.6.1. Grille de types.....	70
4.2.6.2. Définition de plans de comportement.....	71
4.2.6.3. Définition des rôles sociaux	75
4.2.6.4. Règles d'incompatibilité	76
4.2.6.5. Conventions de société.....	77
4.3. Exemple.....	78
4.4. Comparaison avec des approches pertinentes	82
4.5. Conclusion	88
Chapitre 5: Modèle d'une conversation.....	90
5.1. Contenu du modèle.....	90
5.1.1. Descripteur de conversation.....	91
5.1.2. Réseau d'objets conversationnels	94
5.1.3. Agenda d'initiative	99
5.1.4. Agenda de négociation.....	102
5.2. Comparaison avec d'autres approches.....	102
5.2.1. Maintenance de la communication.....	103
5.2.2. Transfert des états mentaux et gestion de l'aspect social	103
5.2.3. Gestion de la prise d'initiative	105
5.2.4. Gestion du sujet	105
5.2.5. Gestion de la qualité de l'information.....	105

5.3. Conclusion	106
Chapitre 6: Actes de communication et déploiement d'une conversation.....	107
6.1. L'acte de communication et ses composantes.....	108
6.2. Modélisation des actes de communication.....	111
6.2.1. Format de description.....	111
6.2.2. Exemple d'acte de communication	114
6.3. Le moteur d'inférence.....	116
6.3.1. Initialisation.....	116
6.3.2. Sélection des règles potentielles	118
6.3.3. Filtrage et exécution.....	119
6.3.4. Mise à jour de la structure d'analyse.....	119
6.3.5. Justification des choix effectués.....	120
6.4. Organisation et description des règles de gestion conversationnelle.....	121
6.5. Gestion du descripteur de conversation.....	124
6.5.1. Gestion de l'état conversationnel.....	125
6.5.2. Gestion des périodes conversationnelles	128
6.6. Gestion du réseau d'OCs.....	130
6.6.1. Propositions directes.....	131
6.6.1.1. Propositions déclaratives	132
6.6.1.2. Propositions interrogatives	137
6.6.1.3. Propositions impératives.....	139
6.6.1.4. Propositions exclamatives	140
6.6.2. Positionnements induits	141
6.6.3. Propositions indirectes	142
6.6.4. Propositions dans une séquence conversationnelle	143
6.6.5. Gestes	144
6.6.6. Relations rhétoriques	145
6.7. Gestion de l'agenda de négociation	148
6.8. Gestion de l'agenda d'initiative.....	149
6.9. Ordre des règles de gestion dans une famille.....	150
6.10. Exemple de déploiement d'une conversation	151
6.11. Gestion de plusieurs conversations simultanées.....	155
6.12. Comparaison avec les approches pertinentes	156
6.12.1. L'approche de Francis et Hunston.....	156
6.12.2. L'approche de Traum et Hinkelman	158

6.13. Conclusion.....	159
Chapitre 7: Fonctionnement d'un agent locuteur	160
7.1. Présentation informelle du raisonnement	160
7.2. Principes directeurs pour le fonctionnement d'un agent locuteur.....	164
7.2.1. Principes relatifs à la perception.....	164
7.2.2. Principes relatifs à l'évaluation	164
7.2.3. Principes relatifs à la réaction.....	165
7.3. Architecture d'un agent locuteur	168
7.4. Perception	169
7.5. Mise à jour des états mentaux pour les états de l'environnement perçus.....	170
7.6. Mise à jour des états mentaux à partir des positionnements reçus	172
7.6.1. Détection de conflit avec le positionnement perçu.....	174
7.6.2. Détermination des réactions conversationnelles	175
7.6.3. Application de la règle de réaction conversationnelle sélectionnée ..	179
7.6.4. Mise à jour de l'agenda de buts.....	180
7.7. Planification des buts poursuivis	181
7.8. Exécution d'actions non-linguistiques	184
7.9. Exécution d'actes de communication.....	184
7.10. Intégration sélective des OCs dans le modèle mental	188
7.11. Exemple formel de conversation simulée.....	188
7.11.1. Contenu initial du modèle mental des agents locuteurs.....	189
7.11.2. Connaissances stéréotypées préalables.....	189
7.11.3. Simulation de la conversation	193
7.12. Avantages et limites de l'approche	195
7.13. Comparaison avec les travaux pertinents.....	196
7.13.1. Planification en général	196
7.13.2. Les systèmes multi-agents.....	198
7.14. Conclusion.....	200
Chapitre 8: Evaluation de l'approche proposée.....	201
8.1. Le prototype PSICO	201
8.1.1. Restrictions du prototype.....	202
8.1.2. Description de PSICO	204
8.1.3. Notation en Prolog.....	206
8.1.4. Contrôle du système	207
8.1.5. Création d'un scénario.....	208

8.2. Exemple de session d'utilisation.....	208
8.2.1. Définition du scénario	209
8.2.2. Lancement d'une session d'utilisation.....	212
8.2.3. Les traces de PSICO.....	212
8.2.3.1. Trace de premier niveau.....	212
8.2.3.2. Trace de second niveau	214
8.3. Evaluation de PSICO	217
8.4. Avantages et limites de l'approche théorique.....	220
8.5. Extensions futures.....	221
8.6. Conclusion	223
Conclusion.....	224
Bibliographie	226
Annexe A: Equivalence entre positionnements et états mentaux	238
Annexe B: Plans stéréotypés dans PSICO	245
Annexe C: Familles de règles de gestion conversationnelle dans PSICO.....	251
Annexe D: Opérations de gestion d'une conversation.....	257
Annexe E: Session d'utilisation de PSICO: trace courte.....	263
Annexe F: Session d'utilisation de PSICO: trace longue	272

Liste des tableaux

Tableau 3.1: Taxonomie des facettes de communication dans les conversations.....	27
Tableau 4.1: Types de buts	50
Tableau 4.2: Description des transitions dans le cycle de vie d'un but	52
Tableau 5.1: Transitions dans le cycle de vie d'une conversation.....	92
Tableau 5.2: Transitions dans le cycle de vie de négociation d'un OC	96
Tableau 5.3: Transitions dans le cycle de vie de l'initiative.....	101
Tableau 6.1: Sommaire des états de négociation atteints par les types de propositions	132
Tableau 6.2: Exemples d'expressions clés pour les états de négociation.....	135
Tableau 8.1: Modules du prototype PSICO.....	205

Liste des figures

Figure 1.1: Conversations entre quatre robots.....	3
Figure 3.1: Système multi-agent simulant une conversation: approche générale.....	29
Figure 3.2: Système multi-agent simulant une conversation: approche simplifiée.....	33
Figure 4.1: Classification des états mentaux	44
Figure 4.2: Cycle de vie d'un but	51
Figure 4.3: Portion d'une grille de types	71
Figure 4.4: Dialogue entre Dartagnan et Portos.....	79
Figure 5.1: Cycle de vie d'une conversation.....	91
Figure 5.2: Cycle de vie de négociation d'un objet conversationnel	95
Figure 5.3: Cycle de vie de l'initiative	100
Figure 6.1: Structures exploitées par le moteur d'inférence pour gérer une conversation.....	108
Figure 6.2: Niveaux de structures de communication.....	109
Figure 6.3: Arguments de la structure d'un acte de communication.....	111
Figure 6.4: Arguments de la structure d'une proposition.....	113
Figure 6.5: Fonctionnement du moteur d'inférence.....	117
Figure 6.6: Structure générale d'une séquence dans une conversation	126
Figure 7.1: Conversations entre quatre robots.....	161
Figure 7.2: Architecture d'un agent locuteur.....	169
Figure 7.3: Mise à jour des états mentaux à partir d'un état perçu.....	171
Figure 7.4: Mise à jour des états mentaux à partir des positionnements reçus	173
Figure 8.1: Architecture du prototype PSICO	204

Remerciements

J'aimerais tout d'abord remercier mes directeurs de recherche, Guy Lapalme et Bernard Moulin, pour leurs conseils toujours pertinents, leur support, leur disponibilité et leur chaleur humaine. Je n'aurais pu espérer un meilleur encadrement de leur part, car ils m'ont toujours laissé toute la latitude désirée dans mon projet tout en me ramenant dans le droit chemin au besoin. Nombre de fois ils ont lu et commenté de manière fort judicieuse les textes que je leur ai soumis pour me permettre d'augmenter leur qualité. Ma gratitude va également à David Sadek, examinateur externe, Jian-Yun Nie, président-rapporteur, et El Mostapha Aboulhamid, membre du jury, qui ont enrichi le contenu de cette thèse par leurs remarques éclairées.

Je ne saurais oublier les gens que j'ai côtoyés au cours de mon stage de recherche au AI Center du SRI International à Menlo Park en Californie, dont Phil Cohen, Raymond Perrault et Doug Appelt. Ils m'ont permis de travailler dans une ambiance de recherche formidable et de vivre une expérience enrichissante et inoubliable. Je suis également très reconnaissant envers les membres de ma famille, Rachelle, Gérard, Francine, Stéphane, Dominic et Mélanie, qui m'ont encouragé et supporté tout au long de mon cheminement tout en m'accueillant à bras ouverts lors de mes visites régulières à Québec. Très souvent, ils m'ont permis de refaire le plein d'énergie alors que j'en avais besoin. J'aimerais remercier spécialement Rachelle et Gérard qui m'ont donné une éducation fort saine et m'ont toujours encouragé à pousser mes limites. C'est un peu beaucoup grâce à eux si je suis rendu où je suis.

J'ai une dette envers mes amis qui m'ont stimulé et m'ont aidé à garder le moral dans les moments les plus difficiles, spécialement Steeve et Marco. Juste le fait de pouvoir confier mes états d'âme à des gens de confiance me faisait un bien énorme. Mes collègues du laboratoire Incognito ont également droit à des remerciements, en particulier Nicolas qui s'est toujours montré disponible pour répondre à mes questions.

J'aimerais adresser un merci tout spécial à ma précieuse amie Linda qui m'a constamment encouragé. Sans son amour, sa compréhension

et son appui inconditionnel, la production de cette thèse aurait été une tâche beaucoup plus ardue. Elle s'est avérée une véritable source de motivation en plus de me permettre de mettre en pratique le sujet de mon étude: les conversations.

Finalement, je suis très redevable envers le Fonds FCAR (Fonds pour la Formation de Chercheurs et l'Aide à la Recherche) et envers le CRSNG (Conseil de Recherches en Sciences et en Génie du Canada), car ces associations m'ont évité de me tracasser au niveau financier pendant mes études de doctorat en me versant des bourses à intervalles réguliers. Le Fonds FCAR a également rendu possible le stage au SRI International en m'accordant une aide financière supplémentaire à cette fin.

A toutes ces personnes et organisations et à celles qui m'auraient aidé de près ou de loin et que j'aurais oubliées: mille mercis!

A Linda,
pour son amour et sa patience

Chapitre 1

Introduction

« *La conversation est un moyen de négocier avec les autres.* »
[Gabor 1985, p. 12]

1.1. La conversation

La conversation fait partie de notre vie quotidienne. Elle est un moyen de communication essentiel qui permet aux humains d'échanger des informations, des désirs et des états d'âme et d'affecter le comportement d'autrui. Activité apparemment très facile pour la plupart d'entre nous, la conversation humaine est en réalité le résultat d'un processus de raisonnement très complexe impliquant plusieurs personnes exploitant un grand nombre de connaissances diverses: connaissances linguistiques, connaissances du monde, règles de l'étiquette sociale, expressions stéréotypées, etc. La conversation est la conséquence d'interactions coordonnées entre les divers locuteurs [Gibbs, Mueller 1990]. Ces interactions prennent la forme de séquences d'actes de discours¹ qui peuvent être interprétées suivant une signification linguistique [Winograd, Flores 1986]. La génération d'un acte de discours par un agent nécessite l'emploi de mécanismes de planification sophistiqués, où des plans sont développés et modifiés au fur et à mesure qu'une conversation se déroule [Hobbs, Evans 1980]. La coordination entre les participants de la conversation nécessite un certain niveau de coopération [Kaplan 1983]. D'un autre côté, la conversation leur permet de coopérer [Rousseau 1993].

¹ Les termes *actes de langage* [Brassac 1994; Bouron 1992] et *actes de parole* [Sabah 1989] sont souvent employés en français pour désigner les actes de discours. En anglais, le terme *speech acts* est universellement reconnu.

Les conversations sont des exemples importants de l'utilisation du langage [Dascal 1992]. Elles sont interactives, car elles impliquent au moins deux participants contribuant activement à sa conception non prédéterminée [Jucker 1992] en échangeant divers types d'actes de communication² comme des énonciations et des gestes. Les énonciations peuvent correspondre à des actes illocutoires complets ou incomplets aussi bien qu'à des actes de communication plus primitifs comme les réponses en arrière-plan (*OK*, *hum*, etc). Des gestes peuvent faire partie de la conversation et remplacer certains actes illocutoires, comme un hochement de la tête au lieu d'un accord verbal. Tout acte de communication est accompli par un locuteur avec l'intention d'être perçu et compris par un autre agent [Sadek 1990].

Mais la conversation n'implique pas toujours seulement des agents humains. En effet, il existe en informatique nombre d'applications où l'on retrouve des conversations entre agents humains et artificiels, comme dans le cas des dialogues personne-machine, ou entre agents artificiels seulement, comme dans le cas des systèmes multi-experts. Dans le cadre des activités de recherche du laboratoire Incognito, nous proposons dans la présente thèse une approche pour modéliser et simuler des conversations dans un univers multi-agent. Cette approche, basée sur la négociation entre les agents, prend en compte de nombreuses caractéristiques de la conversation. Pour mettre en lumière certaines de ces caractéristiques et la terminologie qui s'y rattache, la figure 1.1 présente des exemples de conversations. Nous reviendrons constamment à ces exemples tout au long de notre thèse pour illustrer les concepts que nous proposons dans notre travail. Quatre robots, Dartagnan, Portos, Atos et Aramis, s'affairent dans un atelier de travail³. Ils peuvent exécuter plusieurs tâches mécaniques, communiquer entre eux, se déplacer et lever chacun des objets dont le poids ne dépasse pas 200 kg. Dartagnan doit transporter une boîte de 500 kg jusqu'à l'atelier de fabrication, mais il n'est pas assez fort pour le faire tout seul. Il demande alors à Portos de l'aider, mais Portos n'est pas disponible. Par la suite, Dartagnan demande à Atos de l'aider. Atos n'est pas assez fort mais, se montrant coopératif, se charge de demander à Aramis de les aider. Après en être venu à une entente avec Aramis, Atos reprend la conversation avec Dartagnan pour lui promettre de venir l'aider avec Aramis.

² Nous considérons dans cette thèse qu'un acte de communication [Sadek 1990] est plus général qu'un acte de discours. L'acte de communication peut contenir un ou plusieurs actes de discours (voir chapitre 6).

³ Ce scénario est inspiré d'un exemple proposé par Erceau et Ferber (1991).

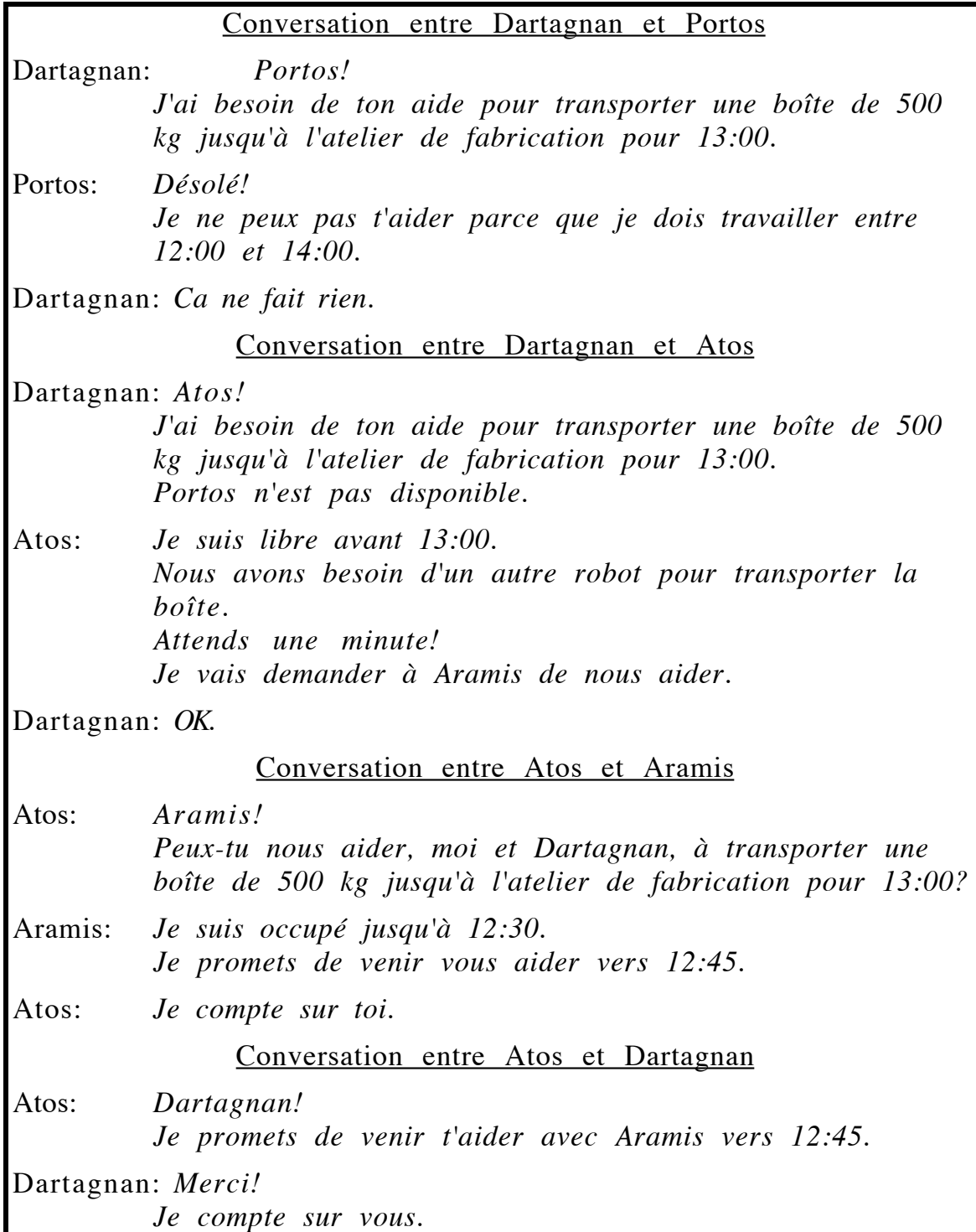


Figure 1.1: Conversations entre quatre robots

Cet exemple permet de mettre en lumière les caractéristiques suivantes d'une conversation:

- Une conversation implique au moins deux participants.

- A tout moment, un seul agent dispose de l'initiative (tour de parole) en accomplissant un acte de communication. L'agent qui prend la parole est appelé *locuteur* et celui à qui est destiné l'acte de communication est appelé *allocutaire* [Vanderveken 1988]. Nous désignons dans notre thèse le locuteur et l'allocutaire comme étant des *interlocuteurs*⁴ [Brassac 1993] ou *agents locuteurs* [Rousseau et al. 1994].
- Ce n'est pas toujours le même agent qui dispose de l'initiative.
- Une conversation passe par plusieurs états. Elle peut être, entre autres, débutée, interrompue, reprise ou terminée.
- Les locuteurs échangent entre eux plusieurs types d'états mentaux au cours de la conversation, comme des buts dans les requêtes et des croyances dans les déclarations, dans le but d'affecter le comportement des autres agents ou, du moins, leurs états mentaux.
- Les états mentaux des agents évoluent au fur et à mesure qu'une conversation se déroule. Ils font l'objet de négociations entre les agents locuteurs.
- Parfois, les locuteurs s'engagent auprès d'autres agents à atteindre un but par la réalisation future d'une tâche.
- Les actes de communication de la conversation sont reliés entre eux.

Nous ne prétendons pas ici avoir établi une liste exhaustive des caractéristiques d'une conversation. Nous ne voulions à ce stade que donner un avant-goût des éléments dont doit tenir compte une approche pour modéliser et simuler la conversation.

1.2. Motivations

La conversation humaine constitue le modèle de communication le plus complet et le plus efficace que l'on connaisse. La première motivation de ce travail est le désir d'appliquer dans une certaine mesure aux systèmes interactifs les mécanismes mis en oeuvre pendant une conversation entre humains. Les interactions que nous visons ne se limitent pas aux interactions personne-machine mais s'étendent également aux interactions machine-machine, car l'interaction entre agents artificiels devient de plus en plus répandue à l'intérieur de systèmes multi-agents qui permettent d'effectuer des tâches fort complexes d'une manière décentralisée. Dans ce genre de

⁴ Il subsiste une certaine confusion dans la littérature entre l'emploi des termes *locuteur* et *interlocuteur*. Ces termes sont souvent employés sans distinction par un même auteur pour désigner soit l'agent qui parle, soit un agent qui participe à une conversation [Vanderveken 1988; Bouron 1992]. Cette confusion n'existe pas en anglais, car on emploie les termes *speaker* et *locutor* [Searle 1979].

systèmes, la coordination pose un problème fort important. Or, la conversation est un moyen privilégié par les agents cognitifs⁵ pour régler ce problème. En effet, les actes de communication qui composent une conversation permettent aux agents d'échanger des états mentaux dans le but d'affecter ceux des autres agents et d'orienter leurs comportements dans certaines directions.

Une seconde motivation est notre volonté de combler le vide créé par l'absence d'une théorie de la conversation qui soit aussi structurée et complète que la théorie des actes de discours [Searle 1975; Searle, Vanderveken 1985; Cohen, Levesque 1990b]. Dans les approches existantes pour modéliser la conversation, on aborde généralement une conversation en termes d'actes de discours. Les actes de discours sont les blocs de construction de la conversation, mais ils ne permettent pas d'expliquer tous les phénomènes présents dans les conversations. Plusieurs chercheurs de diverses disciplines ont proposé des approches empiriques et théoriques pour traiter les points suivants nécessaires à la modélisation de la conversation:

- les composantes des conversations;
- la structure d'une conversation;
- la cohérence conversationnelle;
- la coordination des agents participant à une conversation;
- les règles gouvernant les pratiques conversationnelles.

Malheureusement, aucun ne traite tous ces aspects d'une manière satisfaisante.

1.3. Aperçu de l'approche proposée

Les conversations peuvent être étudiées selon diverses perspectives, comme en font foi les directions de recherche dans le domaine dont nous ferons un tour d'horizon au chapitre 2. Une première orientation de recherche consiste à examiner des conversations existantes afin d'identifier leur structure et leurs composantes. Une seconde direction touche la mise au point d'une théorie des conversations pouvant être construite à partir des éléments linguistiques employés par les locuteurs. Une autre avenue de

⁵ Il existe essentiellement deux types de systèmes multi-agents: ceux composés d'une multitude d'agents réactifs, où l'intelligence provient du nombre, et ceux formés d'agents cognitifs capables de communiquer et de raisonner sur les états mentaux [Giroux 1993]. Nous considérons dans notre travail les agents cognitifs.

recherche concerne l'identification et l'explication des activités cognitives mises en oeuvre par les interlocuteurs humains. Une dernière direction explore différentes manières d'employer les agents artificiels pour générer et simuler des conversations. Notre approche se situe à la convergence de ces orientations.

Plus précisément, nous proposons un formalisme et des mécanismes pour modéliser des interactions entre des agents vus comme des planificateurs intelligents [Wilkins 1988; Lizotte, Moulin 1989; Allen et al. 1991] qui raisonnent sur leurs propres états mentaux et ceux des autres agents. Un agent locuteur dispose d'un modèle mental de son environnement, des autres interlocuteurs et de lui-même. Les interlocuteurs consultent leurs modèles mentaux afin de décider quelles actions, linguistiques ou non-linguistiques, ils vont exécuter. Ils utilisent leurs connaissances linguistiques (lexicales, syntaxiques, sémantiques et pragmatiques) pour produire des énonciations et pour interpréter les énonciations exécutées par d'autres agents. Un observateur de la conversation, participant ou non, a accès à l'information contenue par les énonciations et gestes des locuteurs aussi bien qu'aux informations reliées à leur environnement. Cependant, un observateur n'a pas accès aux modèles mentaux des interlocuteurs.

Dans le cadre d'une conversation, ces agents échangent entre eux des objets conversationnels et d'autres types d'informations par le biais d'actes de communication composés d'actes linguistiques et de gestes. Les objets conversationnels correspondent à des états mentaux, comme des croyances et des buts, que les agents communiquent. Ils expriment l'essence même du message dans les énonciations. Comme les locuteurs ne se rappellent pas généralement des mots exacts de leurs interlocuteurs mais retiennent plutôt l'idée générale de ce qui a été dit, nous modélisons le contenu principal de la conversation sous forme d'un réseau d'objets de conversation consulté par les interlocuteurs. Une telle approche est compatible avec divers travaux effectués en psychologie cognitive [Johnson-Laird 1983], en linguistique [Langacker 1991; Fauconnier 1985] et en intelligence artificielle [Cohen, Levesque 1990a et b; Perrault 1990; Beun 1993]. Les informations touchant la prise d'initiative (prise de parole), la gestion du sujet de conversation et la structure générale d'une conversation⁶ sont également modélisées. Nous détaillons l'approche proposée aux chapitres 3 à 7.

Pour élaborer notre approche, nous nous sommes inspirés de plusieurs travaux existants en intelligence artificielle, en philosophie

⁶ Nous parlons alors des diverses facettes de communication dans une conversation (voir chapitre 3).

du langage, en linguistique computationnelle et en sociologie qui touchent les conversations. Nous avons élaboré un cadre conceptuel de travail à partir duquel nous avons élaboré notre théorie. Pour tester et raffiner notre théorie et nous assurer de sa généralité, nous avons simulé sur papier des conversations déjà employées dans d'autres travaux de recherche [Erceau, Ferber 1991; Grosz, Sidner 1986; Litman Allen 1987; Boisvert, Beaudry 1979]. Finalement, nous avons réalisé un prototype de simulation de conversations pour montrer la faisabilité de notre approche.

1.4. Objectifs visés

Plus spécifiquement, nous visons à:

- Proposer une approche conceptuelle assez générale prenant en compte les diverses caractéristiques de la conversation pour modéliser et simuler les conversations personne-personne, personne-machine et machine-machine;
- Obtenir un modèle de gestion de la conversation qui soit implantable pour les interactions machine-machine et qui permette de traiter concurremment plusieurs facettes de communication présentes au cours d'une conversation;
- Modéliser les connaissances des agents locuteurs;
- Expliciter formellement le contenu d'une conversation en fonction des éléments échangés par les interlocuteurs pour les différentes facettes de communication;
- Développer des protocoles de communication sophistiqués entre des agents artificiels pour les diverses facettes de communication;
- Expliquer l'enchaînement des actes de communication qui composent une conversation en termes de négociation sur les états mentaux échangés;
- Mettre au point des mécanismes de raisonnement sur les états mentaux et le modèle d'une conversation;
- Développer des mécanismes simples de planification d'actes de communication;
- Réaliser un prototype de simulation de conversations basé sur les concepts contenus dans l'approche suggérée.

1.5. Organisation de la thèse

Le chapitre 2 fait un tour d'horizon des principales approches de recherche sur la modélisation des actes de discours et des conversations en intelligence artificielle, en philosophie du langage, en linguistique computationnelle, en communication et en sociologie.

Nous relevons quelques problèmes intéressants avec ces approches et les idées que nous avons retenues pour notre propre théorie. Nous présentons dans le chapitre 3 les lignes directrices de notre approche pour modéliser et simuler les conversations. Nous établissons également le cadre conceptuel de notre travail, en distinguant le modèle théorique et le modèle à implanter. Le chapitre 4 présente les types d'éléments du modèle mental d'un agent locuteur: les états mentaux, les relations conceptuelles existant entre eux, les informations temporelles, les contraintes et les connaissances stéréotypées. Le chapitre 5 propose la modélisation du contenu d'une conversation à l'aide d'un réseau d'objets conversationnels, d'un descripteur de conversation, d'un agenda d'initiative et d'un agenda de négociation. Le chapitre 6 traite de l'interprétation des actes de communication et de leurs effets sur le déploiement d'une conversation. Il décrit également le fonctionnement d'un agent spécial responsable de la gestion du modèle de la conversation: l'agent de conversation. Le chapitre 7 présente un planificateur d'actes de communication capable de raisonner sur son modèle mental et sur celui d'une conversation. Nous décrivons dans le chapitre 8 le prototype PSICO (Prototype SIMulant des CONversations) qui exploite un sous-ensemble représentatif du modèle théorique. Nous concluons la thèse en établissant les points forts et les points faibles de l'approche, ses limites et les voies de recherche qui nous paraissent les plus prometteuses pour le futur.

Chapitre 2

Revue des travaux sur la conversation

Plusieurs chercheurs en intelligence artificielle, en philosophie du langage, en linguistique computationnelle et en sociologie se sont intéressés aux conversations en les étudiant selon diverses perspectives. Nous présentons dans cette section certains des travaux les plus importants touchant la conversation en les catégorisant selon leur orientation: étude de conversations naturelles, formalisation des communications entre agents, caractérisation des segments de discours et des intentions associées, planification des actes de communication et modélisation des états mentaux exprimés par ces actes. Nous mentionnons certains problèmes avec ces approches et les idées que nous avons retenues pour élaborer une théorie de la modélisation des conversations.

2.1. Etude de conversations naturelles

Les ethnométhodologistes, appelés aussi analystes de la conversation, étudient des conversations naturelles à partir du point de vue des observateurs [McLaughlin 1984]. Ils décrivent et expliquent la compétence des interlocuteurs ordinaires pendant des conversations, c'est-à-dire leurs méthodes de génération et d'interprétation des interactions sociales [Garfinkel 1972]. "L'analyste" n'est cependant pas obligé de spéculer à propos de ce que les interlocuteurs comprennent hypothétiquement" [Atkinson, Heritage 1984]. Différents aspects des conversations ont été étudiés:

- la prise de l'initiative dans les interactions conversationnelles [Sacks et al. 1978];
- les patrons d'énonciations interreliées comme les paires question-réponse [Linde 1987];
- les séquences spéciales ou stéréotypées comme les ouvertures et les fermetures de conversations [De Vito 1992];

- les techniques employées par les agents locuteurs pour modifier des informations négatives selon leur point de vue: dénégations, réparations, etc. [Boisvert, Beaudry 1979];
- les divers types d'actes utilisés: actes de discours directs et indirects, actes de gestion de la conversation comme les formules toutes faites et les répétitions, mouvements conversationnels, etc. [Gibbs 1985].

Par rapport à tous ces éléments, les ethnométhodologistes ont essayé de trouver des règles ou des pratiques⁷ permettant d'analyser la cohérence des conversations et d'expliquer la manière dont les agents locuteurs interagissent.

Les conversations non contraintes ont été analysées [De Vito 1992; Berlo 1960] de même que les conversations contraintes: conversations téléphoniques, entrevues, conversations dans des contextes spéciaux comme celles qui se déroulent en classe [Boden, Zimmerman 1991; Coulthard 1992]. En particulier, Sinclair et Coulthard (1975) ont proposé un système descriptif pour analyser des interactions en classe. Francis et Hunston (1992) l'ont généralisé et l'ont appliqué à l'analyse de conversations plus générales comme des conversations téléphoniques. Ce système est utilisé pour identifier dans une conversation plusieurs niveaux hiérarchiques et caractériser les composantes que l'on retrouve à chacun des niveaux. Au plus haut niveau, on retrouve l'interaction qui désigne une conversation. L'interaction est composée de transactions préliminaires, médianes ou terminales. Chaque transaction constitue une sous-conversation qui se compose d'échanges organisationnels (ayant trait à la structure de la conversation) ou conversationnels (touchant le contenu de la conversation). Un échange conversationnel contient des mouvements conversationnels de diverses natures: ouverture, fermeture, direction (requête), réponse, dévoilement ("eliciting"), information, etc. Un mouvement conversationnel se subdivise lui-même en actes de discours et/ou en actions non-linguistiques.

Les analyses de discours ne proposent pas de modèles formels ou empiriques des conversations. Néanmoins, elles fournissent une richesse de résultats expérimentaux très utiles pour la modélisation des conversations. Nous retiendrons notamment pour notre approche les points suivants:

⁷ Searle (1992) critique le terme "règle" employé par les analystes du discours qui tentent d'expliquer les patrons comportementaux des interlocuteurs. Schegloff (1992) suggère d'employer le terme "pratique" pour éviter la confusion avec l'interprétation stricte du terme "règle" effectuée par Searle.

- les niveaux hiérarchiques dans une conversation;
- la distinction entre les échanges conversationnels touchant la structure d'une conversation et ceux touchant son contenu;
- la capacité d'un agent à exécuter des actes de discours et des actions non-linguistiques;
- l'initiative (tour de parole).

2.2. Formalisation de la communication inter-agents

Prolongeant les travaux d'Austin (1962) et de Grice (1957), Searle (1969, 1979) a proposé de distinguer cinq types d'actes de discours (assertifs, commissifs, directifs, déclaratifs, expressifs). Searle et Vanderveken (1985) ont créé une logique illocutoire utilisée pour spécifier les types d'actes de discours à un niveau plus détaillé et pour raisonner sur ces actes à partir de leurs conditions de succès et de satisfaction. Les conditions de succès d'un acte de discours sont: le but illocutoire, le mode d'accomplissement, les conditions sur le contenu propositionnel, les conditions préparatoires, les conditions de sincérité et le degré de force⁸. Une variation parmi ces conditions permet de définir des actes de discours différents. Ainsi, "ordonner", "demander" et "solliciter" sont des verbes performatifs utilisés pour désigner des actes de discours directifs avec des conditions de succès distinctes. Les conditions de satisfaction spécifient comment le monde peut devenir conforme aux mots contenus dans l'acte de discours. Par exemple, une promesse est satisfaite si le locuteur réalise par la suite son contenu propositionnel.

Malheureusement, la théorie de Searle et Vanderveken ne peut pas être employée pour modéliser des conversations pour plusieurs raisons:

- Seuls les actes de discours isolés sont pris en compte, alors qu'une conversation est composée d'actes de discours interreliés.
- L'emphase est mise sur le locuteur qui accomplit un acte de discours, alors qu'une importance égale devrait être accordée entre celui-ci et tous les autres participants de la conversation.

⁸ Ces diverses conditions de succès correspondent à ce que Searle appelle la "force illocutoire" de l'acte de discours. Un acte de discours est composé d'une force illocutoire s'appliquant sur un contenu propositionnel qui précise ce sur quoi porte l'acte. Ainsi, "Ferme la porte" a une force illocutoire directive et son contenu propositionnel correspond à l'action où l'allocutaire ferme la porte.

- Aucun mécanisme n'est fourni pour expliquer la manière dont un locuteur choisit les actes de discours exécutés, alors que des activités de planification doivent être considérées pour expliquer le comportement des agents locuteurs.

Searle (1992) a suggéré qu'une conversation n'a pas de structure qui lui soit propre comme c'est le cas pour les actes de discours. Il prétend qu'il existe peu de relations notables entre des actes de discours pour établir la structure d'une conversation. Il pense également qu'une conversation ne suit pas de règles spécifiques parce qu'elle est trop dépendante du contexte. Cependant, Vanderveken (1993) pense qu'il est possible d'enrichir la logique illocutoire pour analyser la structure logique d'une conversation. Il croit qu'une théorie logique pourrait être appliquée aux conversations où un but collectif (appelé but conversationnel) est établi a priori. Une conversation pourrait être décomposée en sous-conversations qui peuvent être vues comme des actes de discours complexes regroupant des actes illocutoires élémentaires. De futurs développements de cette approche sont prévus par Vanderveken pour montrer comment cette vision pourrait être appliquée à la modélisation des conversations.

Winograd et Flores (1986) proposent une théorie où l'unité de base de la communication n'est pas l'acte de discours mais bien la conversation. Celle-ci se compose d'actes de discours coordonnés. La théorie repose sur l'hypothèse qu'un certain type d'acte de discours engage le locuteur à agir d'une certaine manière dans le futur, ce qui explique en partie l'enchaînement des actes de discours. L'approche ne gère pas cependant les situations où ces engagements ne sont pas respectés. Une conversation est représentée par un réseau de transitions.

Reichman-Adar (1984) a proposé un ensemble de règles de communication utilisables dans un système pour gérer les dialogues personne-machine. Partant des travaux de Grice (1975), elle suppose que le processus conversationnel est composé de phases réalisées par l'exécution de mouvements conversationnels. Cependant, certaines contraintes s'appliquent pour restreindre les transitions possibles. Les maxims conversationnelles de Grice sont employées pour définir ces contraintes. Une conversation est décomposée en sous-conversations, chacune traitant un certain sujet. Des mécanismes permettent aux interlocuteurs d'évaluer le rôle de chaque énonciation dans une conversation afin de déterminer si une conversation est arrêtée, reprise ou terminée. Une structure spéciale, appelée *espace de contexte*, enregistre le type et le rôle d'une énonciation, les locuteurs impliqués, le focus d'attention et les liens avec d'autres espaces de contexte. Litman et Allen (1987) ont trouvé

ce modèle trop intuitif. Grosz et Sidner (1986) ont noté l'absence de structures pour représenter les intentions des locuteurs et de moyens pour les distinguer des séquences d'énonciations. Certains chercheurs ont proposé des mécanismes de bas niveau pour permettre aux agents artificiels d'interagir et de négocier afin de faciliter l'atteinte de leurs buts respectifs. Par exemple, Rosenschein et Zlotkin (1994) proposent des règles de négociation qui appliquent les outils mathématiques de la théorie des jeux. Von Martial (1992) décrit des protocoles de communication selon lesquels des agents artificiels évoluant dans un univers multi-agent peuvent négocier leurs plans afin d'assurer une certaine coordination. Ces protocoles sont décrits à l'aide de réseaux de transitions. Ce type d'approche s'avère de trop bas niveau pour modéliser des conversations impliquant des agents humains. Cependant, de telles approches méritent d'être considérées par les concepteurs d'agents artificiels qui désirent implanter des agents artificiels capables de négocier. Levinson (1983) indique que les conversations réelles constituent une source fort précieuse pour tenter d'établir la structure d'une conversation. Avant de planifier et d'exécuter une action en réponse à une première énonciation d'un locuteur (acte initiateur), une personne doit analyser et interpréter l'énonciation en question. En étudiant la réponse d'un locuteur, nous pouvons déterminer comment la première énonciation a été interprétée. Trognon et Brassac (1993) ont proposé d'interpréter les actes réactifs des locuteurs à la lumière de la logique illocutoire, notant qu'un acte réactif qui satisfait l'acte illocutoire initiateur d'un locuteur implique le succès de cet acte. Ainsi, la fonction d'un acte illocutoire reste indéterminée jusqu'à l'exécution de l'acte réactif par l'allocutaire qui détermine l'interprétation du premier acte. Cette approche fournit une extension *dialogique* (appliquée aux dialogues) de la logique illocutoire qui est une approche essentiellement *monologique* (appliquée aux monologues). Ces chercheurs concluent qu'une conversation se déploie avec un risque d'incompréhension entre les locuteurs et que les règles de la logique illocutoire s'appliquent comme des règles par défaut. Dans les conversations, la logique illocutoire est dirigée par un principe de coopération ou de pertinence.

Poussant l'argument un peu plus loin, Cohen et Levesque (1990b) affirment que la reconnaissance illocutoire n'est pas nécessaire pour une communication réussie. Ils prétendent que plusieurs propriétés des actes illocutoires peuvent être dérivées des états mentaux des locuteurs, spécialement à partir de leurs croyances et de leurs intentions. Selon eux, l'étiquetage illocutoire est une tâche superflue

dans laquelle les participants à un dialogue ne peuvent s'impliquer que rétrospectivement.

Roulet (1992) suggère que l'interprétation des séquences d'actes, comme les paires adjacentes (question-réponse, ordre-acceptation ou ordre-refus, etc.), doit prendre en compte les mouvements conversationnels, éléments de la conversation composés de plusieurs actes de discours interreliés. Les mouvements conversationnels et les échanges, considérés d'une manière similaire par Sinclair et Coulthard (1975), puis par Francis et Hunston (1992), fournissent une structure de la conversation vue comme un processus de négociation entre les locuteurs.

Nous adoptons dans notre approche une vision "dialogique", pouvant être étendue aux conversations de groupes, où la conversation est considérée comme l'expression d'un processus de négociation entre les interlocuteurs. Nous supposons également que la reconnaissance de la force illocutoire des actes de discours employés n'est pas cruciale pour leur compréhension: la force illocutoire peut cependant être déduite à partir d'autres informations associées aux actes. Nous employons des réseaux de transitions pour spécifier les protocoles de communication que doivent respecter les agents locuteurs.

2.3. Segments de discours et intentions associées

Grosz et Sidner (1986) ont proposé une approche pour analyser les énonciations dans un discours dont la structure est composée de trois composantes interreliées: la *structure linguistique*, la *structure intentionnelle* et l'*état attentionnel*. La structure linguistique est composée de segments de discours autour desquels se regroupent naturellement des énonciations. Des segments de discours peuvent s'emboîter et certains marqueurs linguistiques comme "premièrement" et "alors" fournissent des informations utiles au sujet de la structure du discours. La structure intentionnelle est composée des buts (ou intentions) qui ont été exprimés dans les segments de discours, aussi bien que les relations qui relient les buts. Ces buts sont reliés d'une certaine manière au but global du discours et devraient être reconnus par les interlocuteurs. Chaque but est associé à l'agent qui a généré le segment de discours. L'état attentionnel enregistre dynamiquement dans les *espaces de focus* ("focus spaces") les objets, propriétés et relations les plus saillants de chaque segment de discours. Cet état est associé avec le discours mais ne prend pas en compte les états mentaux des locuteurs. Il est plutôt modélisé comme un ensemble d'espaces de focus. Le modèle de Grosz et Sidner a particulièrement influencé les recherches

portant sur la structuration du discours et les intentions des locuteurs, mais il est resté purement théorique. Litman et Allen (1987) ont également noté que les intentions touchant le sujet de la conversation (niveau domaine) et celles concernant plus spécifiquement la structure du discours (niveau discours) ne sont pas distinguées.

Grosz et Sidner (1990) ont enrichi le modèle précédent afin de permettre aux locuteurs de reconnaître les intentions des autres agents. Pendant une conversation, un locuteur poursuit un certain nombre de plans et souhaite que certains d'entre eux soient reconnus par d'autres agents. Afin de faciliter le raisonnement sur les intentions, les plans sont vus comme des états mentaux composés d'intentions et de croyances [Pollack 1990]. Pendant une conversation, des plans, définis en termes de croyances partagées et d'intentions individuelles, sont mis en commun et des règles conversationnelles sont utilisées pour permettre à des agents d'adopter un plan partagé. S'il n'est pas immédiatement accepté, un plan peut faire l'objet de négociations entre les agents. Cependant, ce modèle exige que les agents coordonnent leurs activités sans introduire une quelconque notion d'intention commune. Dans une version révisée et étendue de ce modèle, Grosz et Kraus (1993) fournissent des techniques pour prendre en compte des actions impliquant des groupes d'agents aussi bien que des actions complexes décomposées en actions multi-agents. Cette approche, bien qu'intéressante, semble partielle dans le sens qu'il n'est pas plausible de penser que chaque conversation débute avec la proposition d'un plan partagé.

Grau et al. (1993) suggèrent une grammaire du dialogue selon laquelle le dialogue peut être segmenté selon trois niveaux différents: *l'échange*, *l'intervention* et *l'acte de discours* [Roulet 1985]. A chaque acte de langage est associée une fonction illocutoire indiquant son interprétation intentionnelle. Chaque fonction est étiquetée comme étant initiative ou réactive afin de permettre d'établir facilement le rôle d'un acte de langage et d'une intervention dans un échange. Un mécanisme d'analyse intentionnelle basée sur la grammaire du dialogue est proposé. Ce mécanisme est complété par deux autres formes d'analyse partielle du dialogue: l'interprétation thématique, qui gère la cohérence globale de l'ensemble des thèmes abordés, et la gestion de l'interaction, qui traite les incompréhensions pouvant survenir au cours d'un dialogue. Ces trois fonctions sont intégrées dans un module de gestion du dialogue responsable de déterminer les actes de discours les plus appropriés en fonction du contexte conversationnel. Cependant,

l'approche ne prend pas en compte les actes de discours concernant la structure de la conversation et l'initiative (tour de parole). Nous adaptons l'idée de Grosz et Sidner pour permettre une modélisation plus complète des conversations. Dans notre approche, la conversation est représentée selon deux formes: l'ensemble des actes de discours échangés (structure linguistique) et le modèle explicite de la conversation. Cette dernière structure s'avère beaucoup plus complète que la structure intentionnelle, car elle contient diverses informations touchant les états mentaux échangés (pas seulement les buts), les relations entre ceux-ci, la structure de la conversation, le focus et l'initiative. L'interprétation et la planification des actes de communication constituent également des éléments clés de notre approche, de même que les notions d'initiation et de réaction.

2.4. Planification des actes de communication

Cohen (1978), Allen (1979) et Perrault ont élaboré une approche fort importante pour générer et reconnaître des actes de discours en utilisant des techniques de planification. Cette approche est basée sur l'habileté d'un agent à reconnaître le plan d'un autre agent afin de décider de la meilleure réponse à donner. Deux types d'actes de discours (INFORM et REQUEST) ont été considérés et exprimés comme des fonctions de planification associées à des préconditions d'activation et des effets définis en termes de croyances et de buts des agents. Allen (1979, 1983b) a suggéré que l'identification d'un acte de discours direct ou indirect [Searle 1975] est le résultat de la reconnaissance par un locuteur d'un plan d'un autre agent avec les obstacles qui en empêchent l'exécution. Allen a développé une procédure permettant d'inférer le but et le plan d'un agent à partir de l'énonciation de cet agent, ainsi que des règles d'inférence permettant de reconnaître des plans et des connaissances partagées. Cette approche, appliquée aux dialogues coopératifs, a montré que les techniques de planification peuvent être utilisées pour simuler les activités de raisonnement des agents impliqués dans une conversation. Cependant, elle demande qu'un agent identifie avec précision la catégorie de chaque acte de discours, ce qui est remis en question par Cohen et Levesque (1990b). De plus, elle ne prend pas en compte les phénomènes reliés aux sous-dialogues. Pour l'analyse de dialogue, Litman et Allen (1987) distinguent les plans de niveau domaine qui contiennent des informations du domaine pertinentes pour la conversation et les plans de niveau discours qui relient les énonciations des locuteurs avec les plans de

niveau domaine. Les plans de niveau discours correspondent aux trois grandes catégories de sous-dialogues: poursuite d'un dialogue dans le sens du plan courant; ajout de clarifications ou de corrections au plan courant; changement de conversation. Afin de poursuivre un discours de manière cohérente, certaines heuristiques sont employées par le système pour déterminer à quel plan de dialogue l'énonciation courante doit être rattachée. Cette approche, appliquée aux dialogues personne/machine, clarifie les différents types de plans impliqués dans une conversation. Cependant, elle ne permet pas de traiter les énonciations qui ne sont pas reliées à un plan de niveau domaine en particulier mais font néanmoins progresser une conversation d'une manière stéréotypée.

Lambert et Carberry (1992) ont proposé une extension de l'approche précédente en ajoutant une troisième catégorie de plans pour la résolution de problème. Ces plans, tout comme ceux de niveau discours, sont partagés par des agents, alors que les plans de niveau domaine sont privés. Ce modèle fournit aussi un moyen d'associer des degrés d'intensité aux croyances des agents, permettant ainsi l'expression d'actes de discours modérés comme la mise en doute. Cependant, leur approche est moins générale que celle de Litman et Allen et semble plus adaptée aux dialogues de négociation.

Appelt (1985) et Cawsey (1992) ont proposé des planificateurs pour interagir avec un usager dans des dialogues explicatifs. Appelt a travaillé sur des répliques plutôt courtes composées uniquement d'actes de discours directs, alors que Cawsey a traité des répliques plus longues. Cawsey emploie des règles de planification concernant le contenu du discours et d'autres règles touchant le contrôle du dialogue, aspect non traité par Appelt. Ces règles sont utilisées pour exprimer de manière incrémentielle les buts en termes de sous-buts. Les actions sont exécutées aussitôt qu'elles sont planifiées. Pour générer le contenu des répliques une fois qu'elles sont planifiées, le planificateur de Cawsey a recours à des schémas qui sont une extension des schémas utilisés par McKeown (1985). Ces schémas expliquent la structure du texte en termes des relations entre les concepts à expliquer tout en offrant une certaine flexibilité. Cependant, le planificateur a été conçu de manière à être le seul responsable de l'orientation d'une conversation et ne réagit pas correctement quand un usager tente de faire dévier le dialogue vers une autre direction.

Shoham (1993) et Thomas (1993) ont travaillé sur le concept de programmation par agents qui définit un programme en termes d'agents capables de raisonner sur les états mentaux et de communiquer par l'intermédiaire d'actes de discours. Un agent est

défini en termes d'états mentaux et de règles de changement d'états mentaux. Chaque règle spécifie que si un agent reçoit un certain type d'acte de discours et qu'il a certains états mentaux, il doit réagir en ajoutant dans sa base de connaissances certains types d'états mentaux et en exécutant un certain type d'acte de discours.

L'utilisation de règles de changement d'états mentaux a l'avantage de simplifier la planification des réactions dans un contexte de dialogue. Cependant, leur approche se limite aux assertions et aux requêtes et ne prend pas en compte la notion d'engagement.

Bouron (1992) a proposé un modèle de communication opératoire, appelé COMMAS, destiné aux univers multi-agents et basé sur les concepts d'acte de discours, d'acteur, de croyance, de but, d'action et d'engagement. Ce modèle introduit également des heuristiques indépendantes du domaine d'application pour faciliter les décisions de communication. Un modèle d'agent social, SAM, a été construit à partir de COMMAS. Les théories concernant la négociation et la consistance des buts ont cependant été exclues de ce modèle.

Dans le cadre du projet IMAGINE ("Integrated Multi-AGent Interactive Environment"), Steiner et al. (1993) ont élaboré un système composé d'agents coopératifs autonomes capables de planifier leur comportement dans le cadre de conversations. Les agents ont recours à des méthodes de coopération correspondant à des actes de discours pour transférer des informations selon une certaine intention. Les méthodes de coopération sont définies en termes de primitives de coopération telles que *proposer*, *raffiner*, *modifier*, *accepter* et *rejeter* qui expriment le transfert d'information et l'intention sous-jacente. Une primitive s'applique sur un objet de coopération correspondant à un but, un plan, une tâche ou un autre type d'information utile. L'approche de Steiner ne tient pas compte des relations possibles entre les divers objets de coopération.

Selon Traum et Hinkelman (1992), la plupart des travaux sur les actes de discours traités dans des systèmes informatiques sont basés sur des hypothèses "idéalisées":

- Les énonciations sont entendues et comprises correctement par les agents au moment où elles sont émises.
- Les actes de discours sont des plans qui n'impliquent qu'un seul agent, le locuteur, laissant à l'allocutaire un rôle passif.
- Chaque énonciation correspond à un seul acte de discours.

Traum et Hinkelman prétendent que ces hypothèses sont trop fortes quand vient le temps de parler de dialogues oraux. Ils basent leur approche sur les prémisses suivantes:

- Les énonciations des agents ne sont pas seulement souvent mal interprétées, mais la conversation est structurée de telle manière qu'elle prend en compte ce phénomène.
- Les actes de discours sont des actions qui sont de nature multi-agent.
- Chaque énonciation peut exprimer des parties de plusieurs actes de discours différents. Ces auteurs suggèrent que quatre niveaux d'actes conversationnels s'avèrent nécessaires pour gérer la cohérence et le contenu d'une conversation:

- les *actes de prise d'initiative* ("turn-taking acts") comme la prise du tour de parole, sa conservation, son relâchement et son assignation;
- les *actes fondamentaux* ("grounding acts"), incluant les réponses en arrière-fond, les réparations locales sur les énonciations et les requêtes pour des actes de réparation ou de reconnaissance ("acknowledgement");
- les *actes de discours centraux* ("core speech acts"), correspondant aux actes de discours traditionnels comme l'information, la requête et la promesse;
- les *actes d'argumentation* ("argumentation acts"), constituant des actes de discours de plus haut niveau pour communiquer des arguments, des séquences d'énonciation, etc.

Traum et Hinkelman ont développé un système pour analyser les énonciations des locuteurs dans les dialogues oraux dirigés vers les tâches. Ce travail constitue un bon exemple de l'application des résultats de l'analyse du discours en linguistique computationnelle. Cependant, aucun des niveaux d'actes conversationnels proposés ne traite les énonciations qui ne servent qu'à débiter, interrompre ou terminer une conversation de manière stéréotypée.

Nous utilisons dans notre approche des techniques de planification basées sur l'emploi de règles de changement d'états mentaux et nous faisons la distinction entre la structure de la conversation et son contenu (niveau discours et niveau domaine). Nous prévoyons également plusieurs niveaux d'actes conversationnels et des degrés d'intensité associés aux états mentaux des agents locuteurs. Nous adaptons la notion d'objet de coopération proposée par Steiner pour exprimer le contenu conceptuel d'une conversation.

2.5. Modélisation des états mentaux dans les actes de communication

Cohen et Levesque (1990a et b) ont proposé une théorie de l'interaction rationnelle dans laquelle un acte de discours est exécuté par un agent afin de changer l'état du monde en affectant les états mentaux (croyances, intentions, etc.) de son interlocuteur. Cette approche est basée sur une logique des mondes possibles et d'une logique des attitudes. Les agents sont supposés être rationnels. Deux opérateurs modaux primitifs sont utilisés pour exprimer les attitudes mentales des agents: la croyance (BEL) et la conséquence d'un but (GOAL). Deux autres opérateurs modaux primitifs sont utilisés pour exprimer les propriétés temporelles des actions: la prochaine séquence d'événements à être exécutée (HAPPENS) et la séquence d'événements qui vient juste d'être exécutée (DONE). Les actes de discours sont exprimés en termes d'états mentaux. Cette approche théorique constitue l'un des cadres de travail les plus formels proposés pour modéliser les actes de discours et les états mentaux des agents. Cependant, elle ne peut pas être employée pour modéliser l'information touchant la structure de la conversation (niveau discours) et elle traite le temps de manière limitée puisqu'elle ne fournit aucun moyen de prendre en compte les actions simultanées [Allen 1990].

Cohen et Levesque (1991) ont par la suite cherché à étendre leurs travaux à l'action collective d'un groupe d'agents afin d'expliquer les processus de décision touchant la communication, tant au niveau du contenu des interactions qu'au niveau des circonstances suscitant la communication. Cependant, la recherche n'a pas encore donné lieu à un formalisme complet.

Sadek (1990) s'est inspiré des travaux de Cohen et Levesque pour exprimer les états mentaux d'un agent locuteur. Cependant, il utilise un formalisme différent ainsi que certains opérateurs supplémentaires comme le besoin et la faisabilité. Sadek définit chaque acte de communication en termes de préconditions et d'effets perlocutoires exprimés sous la forme d'états mentaux. Mais ce qui distingue le plus son approche est la différence qu'il établit entre un acte de communication et le plan d'interaction caché derrière cet acte. Un tel plan spécifie l'enchaînement des intentions des agents locuteurs et des conditions de faisabilité pour un certain nombre d'actes de communication directement reliés dans un dialogue. Par exemple, les états mentaux entourant une question d'un agent et la réponse obtenue d'un autre agent sont inclus dans un même plan. L'approche est bien adaptée pour la planification de sous-dialogues

simples comme les séries questions-réponses, mais ne permet pas de couvrir l'ensemble d'une conversation.

Galliers (1988) a également développé ses travaux dans la même direction que Cohen et Levesque. S'appliquant au domaine de l'interaction personne-machine, sa recherche concerne la mise au point d'agents autonomes capables de s'adapter à des situations de conflits et de négocier. Les agents ne sont pas considérés comme étant nécessairement solidaires ou sincères dans les travaux de Galliers. Un prédicat de coopération a été défini. L'approche ne décrit pas cependant le niveau opérationnel des comportements des agents [Bouron 1992].

Dans leur théorie de la conversation située ("Situating Conversation Theory"), Numaoka et Tokoro (1990) ont proposé des protocoles s'appliquant à des *actions conversationnelles*⁹ primitives (INFORM, QUERY, REQUEST) et composées (ANSWER, REPORT, FORWARD) définies en termes d'états mentaux (croyances et intentions) et d'actions à exécuter. Basée sur la logique situationnelle, la théorie de la logique située a pour but de développer des applications multi-agents dans des systèmes distribués ouverts où les agents n'ont qu'une connaissance partielle du monde extérieur. Un agent applique une action conversationnelle selon le protocole correspondant quand il désire en connaître davantage sur le monde extérieur ou quand il est appelé à réagir à une certaine énonciation. Malheureusement, on retrouve dans cette approche les mêmes limites que celles notées dans la théorie de Cohen et Levesque (1990a et b).

Levinson (1983) a suggéré qu'une théorie de changement du contexte pourrait être une approche remplie de promesses pour une théorie des actes de discours. Dans une telle théorie, les actes de discours sont caractérisés en termes de leurs effets de changement de contexte: les contextes sont vus comme un ensemble de propositions décrivant les croyances, connaissances, engagements et autres états mentaux des participants à un discours. Dans Bunt (1989), les contextes sont limités aux états mentaux des interlocuteurs en termes de buts ("wants"), désirs, croyances, attentes, prévisions, etc. Un acte de discours est alors considéré comme une fonction qui change un contexte en un autre. Dans Beun (1993), les actes de communication sont exprimés en termes de traits linguistiques et non-linguistiques associés aux énonciations: contenu propositionnel, mode, prosodie, particules de liaison ("connecting particles"), gestes non-verbaux. Ces différents traits contribuent à

⁹ L'action conversationnelle correspond à la notion d'acte de discours.

révéler des attitudes particulières du locuteur en termes de croyances et intentions selon certaines propositions. Les actes de communication sont reliés par des règles par défaut [Perrault 1990] aux conditions qui doivent être satisfaites par un locuteur afin d'exécuter l'acte avec succès. La communication est réussie si un allocutaire reconnaît ces conditions à partir de l'acte de discours produit par le locuteur, en se basant sur ses connaissances de la relation conventionnelle existant entre les traits d'une énonciation et ses conditions de succès. Des règles par défaut sont employées pour permettre à un locuteur d'effectuer des inférences sans bénéficier d'une connaissance complète de la situation. Nous adaptons cette dernière vision touchant les états mentaux des interlocuteurs dans notre approche.

2.6. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre une brève revue des principaux travaux qui touchent de près la modélisation des conversations. Nous les avons divisés en cinq grands axes de recherche: étude de conversations naturelles, formalisation des communications entre agents, caractérisation des segments de discours et des intentions associées, modélisation des états mentaux des agents et planification des actes de communication. Nous avons mentionné tout au cours de cette revue de littérature divers problèmes subsistant avec ces approches. Plusieurs d'entre elles comportent des idées intéressantes qui méritent d'être exploitées dans une théorie de la modélisation de la conversation, mais aucune d'entre elles n'intègre ces idées d'une manière adéquate pour constituer une véritable théorie de la conversation. Nous voulons combler cette lacune en proposant une approche qui exploite ces idées pour modéliser et simuler les conversations. Nous établissons le cadre conceptuel général de notre approche au chapitre 3 et détaillons notre théorie aux chapitres 4 à 7.

Chapitre 3

Vers une nouvelle approche pour modéliser les conversations

Dans ce chapitre, nous présentons les principes directeurs de l'approche que nous préconisons pour modéliser et simuler les conversations. Nous avons déterminé ces principes directeurs à partir des travaux examinés dans le chapitre précédent qui suivent certains des principes proposés, mais aucun d'eux ne les applique tous de manière adéquate. Nous décrivons par la suite le cadre conceptuel pour modéliser les interactions entre des agents artificiels tout en mentionnant le sous-ensemble du modèle que nous avons implanté pour tester nos propositions. Nous montrons également comment l'approche est suffisamment générale pour être appliquée aux dialogues personne-machine et aux conversations de groupes.

3.1. Principes directeurs de l'approche

Les principes directeurs sur lesquels nous appuyons dans notre travail sont les suivants [Moulin, Rousseau 1995]:

- Les conversations sont des activités coopératives.
- Il existe plusieurs formes de communication différentes et les agents sont conscients de ces formes qui leur permettent de prendre en compte plusieurs facettes d'une interaction à la fois.
- Les agents locuteurs communiquent des états mentaux à d'autres agents en accomplissant des actes de communication dans le but de modifier le comportement et les états mentaux de ces agents.
- Les interlocuteurs raisonnent sur leurs états mentaux avant d'agir et d'entrer en communication.
- Les actes de communication sont des actions planifiées.
- Les agents locuteurs doivent respecter des protocoles de communication.

- Les interlocuteurs partagent les connaissances échangées dans une conversation.
- Les actes de communication comportent de nombreux traits linguistiques et non-linguistiques.

Examinons chacun de ces principes plus en détail tout en y apportant les justifications appropriées.

3.1.1. La conversation vue comme une activité coopérative

Une conversation est une activité coopérative [Gibbs, Mueller 1990; Rousseau 1993] à laquelle plusieurs agents locuteurs participent pour atteindre des buts communs, appelés buts conversationnels, qui peuvent être énoncés explicitement ou laissés implicites. Cependant, les interlocuteurs peuvent poursuivre des buts personnels très différents. Par exemple, un locuteur peut essayer de partager avec d'autres agents son point de vue à propos d'un certain sujet ou de les convaincre d'adopter des buts qui lui seraient bénéfiques. Par conséquent, les locuteurs essaient d'influencer les états mentaux (croyances, intentions, désirs, émotions, etc.) chez les autres agents en communiquant des états mentaux qui leur sont propres.

Certaines conversations, comme les assemblées dans une organisation, sont structurées: leurs sujets sont établis avant la rencontre et la prise d'initiative, ou tour de parole, est contrôlée selon certaines règles très précises. Bien que les conversations de tous les jours soient apparemment non structurées, les locuteurs gèrent généralement leurs interactions fort naturellement.

Une conversation est un processus complexe dans lequel les locuteurs exécutent plusieurs activités à la fois:

- ils contrôlent conjointement la prise d'initiative;
- ils se mettent d'accord sur les sujets à discuter et gèrent ces sujets ensemble;
- ils prennent en compte des règles et pratiques sociales comme les règles de politesse et les bonnes manières tout en gérant la prise en compte de ces règles par les autres agents;
- ils partagent leurs états mentaux avec les autres agents.

Une conversation peut être vue comme un jeu de langage [Wittgenstein 1958] dans lequel chaque interlocuteur joue son mouvement selon des règles tacites de prise de l'initiative et d'autres pratiques sociales. Les actes de discours ne sont pas exécutés indépendamment les uns des autres, mais participent plutôt à certaines structures conversationnelles [Winograd, Flores 1986] qui sont souvent influencées par des conventions de société.

D'autre part, les agents locuteurs interagissant dans une conversation peuvent être vus comme composant un système multi-agent qui peut être représenté à l'aide de techniques d'intelligence artificielle distribuée [Bond, Gasser 1988; Chaib-draa et al. 1992]. Un agent qui participe à une conversation doit avoir des capacités de compréhension, de raisonnement et de planification.

Les interlocuteurs impliqués dans une conversation doivent se comporter de manière coopérative [Grice 1975] pour décider de la séquence de leurs interventions. Les agents locuteurs doivent être capables de reconnaître les actes de discours qui sont exécutés par les autres agents et d'identifier les intentions et les plans derrière ces actions. Ils doivent aussi détecter quand une conversation est débutée, suspendue, reprise ou terminée [De Vito 1992].

3.1.2. Formes et facettes de communication

Au cours d'une conversation, nous considérons qu'un locuteur effectue un *mouvement conversationnel* entre le moment où il prend l'initiative et l'instant où il la laisse. Par conséquent, un locuteur peut exécuter plusieurs actions verbales et non-verbales pendant un mouvement conversationnel. Les actes de discours ont été un sujet de recherche fort important dans les études sur les conversations. Cependant, les locuteurs humains communiquent de diverses façons: énonciations verbales, gestes, attitudes corporelles et faciales. La prise en compte des activités de communication non-linguistiques est spécialement importante pour expliquer comment les agents réagissent à ce que dit le locuteur courant [Dunkan, Fiske 1977] ou même pour analyser les conversations non-verbales comme celles qui ont lieu entre des personnes sourdes-muettes.

Dans notre approche, nous considérons que les agents communiquent par l'accomplissement d'*actes de communication* et non seulement par la réalisation d'actes de discours. Un acte de communication est composé de divers actes élémentaires verbaux et non-verbaux exécutés par un agent au cours d'un mouvement conversationnel. Le chapitre 6 décrit plus en détail cette notion d'acte de communication. Non seulement les locuteurs utilisent-ils plusieurs formes de communication pour converser, mais la communication progresse selon plusieurs niveaux de communication. Les actes de communication des locuteurs comportent divers types d'informations qui s'avèrent nécessaires pour maintenir le canal de communication ouvert durant la conversation, pour gérer la prise d'initiative, pour assurer et gérer la qualité des connaissances communiquées, pour transférer les états mentaux, pour exprimer les émotions et pour

gérer les relations interpersonnelles. Nous croyons qu'un locuteur est conscient de toutes ces facettes à la fois, qu'il les gère toutes durant ses interactions (même si les gens n'accordent que peu d'attention à cette gestion) et que les actes de communication peuvent regrouper plusieurs actes élémentaires, chacun touchant l'une de ces facettes.

Le tableau 3.1 présente les trois facettes de communication inter-agents que nous considérons dans notre approche. La première colonne affiche les facettes, la seconde les sous-facettes et la dernière des exemples d'énonciations. La facette de *communication* concerne les activités associées à la *maintenance de la communication*, à la *gestion de la prise d'initiative* et à la *gestion de la qualité de l'information*. La facette *conceptuelle* touche le transfert des *états mentaux* et de leurs *relations* et la gestion des *macro-composantes* de la conversation (sujet, séquences d'énonciations dictées par les conventions sociales, etc.). La facette *sociale* concerne la gestion des éléments concernant les relations sociales des agents. Deux sous-facettes s'avèrent pertinentes à ce niveau: gestion et communication d'*émotions* par l'intermédiaire d'énonciations, de gestes et d'attitudes, et gestion de *relations interpersonnelles* communiquées par des énonciations impliquant des relations comme amis, patron-employé et parent-enfant.

Par exemple, nous distinguons la sous-facette touchant la *gestion de la qualité de l'information* de celle touchant le *transfert des états mentaux*. L'information correspond aux signaux verbaux et non verbaux transmis par les agents. Les actes de *transfert de connaissance fondamentale* ("grounding") [Traum, Hinkelman 1992] constituent des exemples d'actes se situant au niveau de la gestion de la qualité de l'information. Ainsi, on peut distinguer l'acte de transfert de connaissance fondamentale dans l'énonciation "Tu veux dire *café*?" qui ne sert qu'à corriger l'énonciation précédente: "Mon *cofé* est froid". Le transfert des états mentaux correspond à la communication des états mentaux des agents à un autre agent. Par conséquent, si un agent comprend l'énonciation d'un autre agent, le transfert des états mentaux est réussi. Au niveau des états mentaux, un autre type de réparation (ou requête pour réparation) peut être exécuté. Par exemple, un locuteur qui n'est pas sûr d'avoir bien compris la requête d'un autre interlocuteur pour X utilisera une confirmation comme "Veux-tu vraiment que je fasse X?".

FACETTES	SOUS-FACETTES	EXEMPLES D'ENONCIATIONS
----------	---------------	----------------------------

Sociale	Gestion des relations interpersonnelles Gestion et communication des émotions	"C'est moi le patron ici!" "Je t'aime!"
Conceptuelle	Gestion du sujet Transfert des états mentaux	"Que penses-tu de...?" "Ferme la porte."
Communication	Gestion de la qualité de l'information Gestion de la prise d'initiative Maintenance de la communication	"Veux-tu dire café?" "Laisse-moi parler SVP!" "Ne quittez pas la ligne SVP! Je suis à vous bientôt."

Tableau 3.1: Taxonomie des facettes de communication dans les conversations

Très souvent, un acte de communication d'un agent peut toucher plusieurs facettes à la fois. Considérons l'exemple où Jean interrompt l'énonciation de Marie sous un ton agressif (communication d'une émotion): "SVP! (*prise de l'initiative*) Laisse-moi te dire que je suis le patron (*relation interpersonnelle*) et que tu dois m'obéir (*transfert d'un état mental*)".

3.1.3. Objets conversationnels et actes de communication

Les locuteurs, quand ils écoutent les autres agents, interprètent les signaux correspondant aux différentes sous-facettes de communication présentées au tableau 3.1. Nous croyons que le processus de compréhension consiste en l'extraction de l'information qui caractérise les concepts transférés à partir des signaux contenus dans les actes de communication. Par exemple, Gibbs et Mueller (1990) indiquent que plusieurs études ont montré que les gens ne se souviennent pas nécessairement d'une énonciation en tant que telle, mais plutôt d'une implication pragmatique ou logique de cette énonciation ou de l'essentiel du message communiqué par cette énonciation. Selon notre approche, le message communiqué par une énonciation et les implications associées sont interprétés comme des états mentaux qui correspondent non seulement aux croyances ou aux intentions, mais aussi à n'importe quel objet mental jugé

pertinent par les agents: croyances, plans ou contraintes s'appliquant aux états mentaux, aux contraintes, aux règles, etc. [Rousseau et al. 1993].

Nous considérons une conversation comme un jeu dans lequel les locuteurs négocient au sujet des états mentaux qu'ils communiquent à leurs interlocuteurs. Ils proposent des états mentaux (croyances, intentions, émotions, etc.) et les autres locuteurs réagissent à ces propositions en acceptant ou en rejetant les objets mentaux proposés ou en demandant plus d'information ou une justification, etc. De plus, les locuteurs sont capables d'établir la différence entre les objets conceptuels qui ont été proposés pendant une conversation des états mentaux présents dans leur propre modèle mental. C'est pourquoi les locuteurs emploient très souvent des phrases du type "Tu as dit que..." ou "Tu as refusé de..." qui réfèrent directement aux états mentaux que leurs interlocuteurs ont transmis pendant la conversation, et non aux états mentaux réellement présents dans le modèle mental d'un locuteur.

Dans notre approche, nous traitons les interactions entre locuteurs au niveau du transfert d'états mentaux comme des échanges d'objets conversationnels (OCs). Un OC est un état mental communiqué par un agent à un ou plusieurs autres agents pendant une conversation. En plus de communiquer un OC, l'agent se positionne relativement à l'état mental correspondant par l'exécution d'actions comme l'acceptation ou le rejet. Une telle action établit le positionnement de l'agent, c'est-à-dire une relation entre l'OC et l'agent qui exécute l'action. Un agent locuteur peut également percevoir certains états et événements propres à l'environnement dans lequel il évolue, environnement qu'il peut modifier par certaines actions non-linguistiques.

Normalement, les interlocuteurs humains sont capables de se rappeler des OCs, du moins des plus importants d'entre eux, qui ont été échangés pendant une conversation de même que des positionnements des locuteurs. Dans notre approche, le modèle d'un agent locuteur comprend une composante spécifique appelée "*gestionnaire de conversation*", comme le montre la figure 3.1. Cette composante agrège pour les locuteurs une mémoire persistante de la conversation qui leur est propre sous forme d'un réseau d'OCs. Le réseau d'OCs est une collection d'OCs reliés entre eux par des relations spécifiques comme les conditions de motivation, les préconditions et les effets. Une conversation peut se déployer dynamiquement dans plusieurs directions autorisées par la version courante du réseau d'OCs, grâce à l'addition ou à la modification des OCs fournis par les locuteurs par l'exécution de leurs actes de

communication. Par conséquent, nous sommes capables de modéliser divers phénomènes reliés aux sous-conversations sans postuler une connaissance a priori de plans de niveau discours [Litman, Allen 1987]. De plus, nous n'avons pas besoin de mémoriser une hiérarchie de conversations et de sous-conversations comme c'est habituellement le cas [Reichman-Adar 1984; Grosz, Sidner 1986].

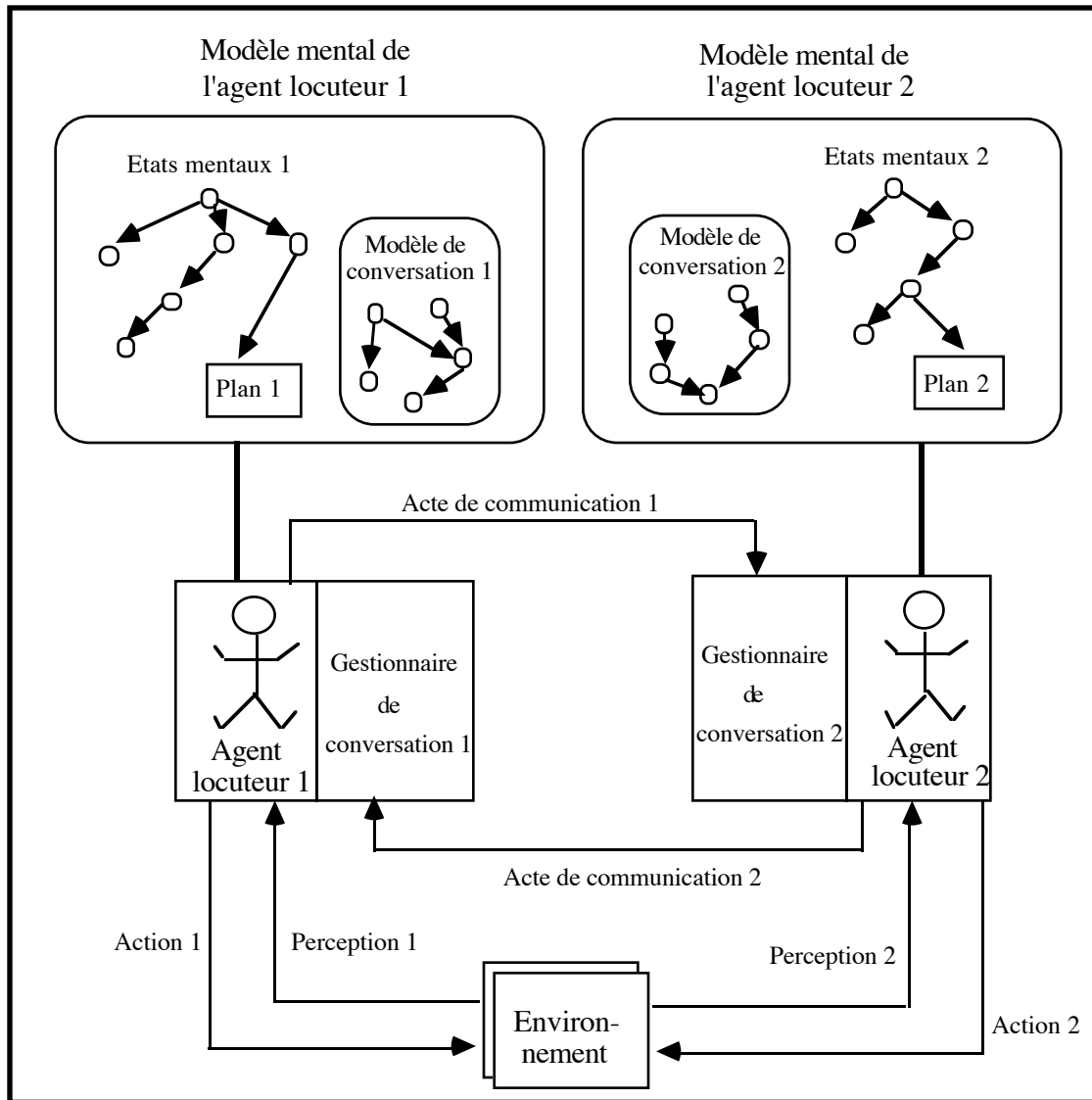


Figure 3.1: Système multi-agent simulant une conversation: approche générale

Le fait d'avoir un gestionnaire de conversation pour chacun des locuteurs permet aux agents d'interpréter différemment les actes de communication qu'ils reçoivent. Différentes interprétations d'une

même énonciation résultent en la création d'OCs différents par les divers gestionnaires de conversation.

Dans les conversations entre agents artificiels, on peut considérer que l'interprétation est la même pour tous les agents, ce qui élimine le problème des interprétations multiples concernant une énonciation. Dans un tel cas, les OCs échangés par les locuteurs sont emmagasinés dans un modèle de la conversation commun à tous les participants à la conversation par un agent autonome spécial appelé agent de conversation (voir section 3.2). C'est ce modèle plus restreint que nous avons retenu pour l'implantation d'un prototype simulant des conversations entre agents artificiels. Nous croyons que cette décision n'affecte en rien la validité du modèle général proposé, si ce n'est que l'on ne traite pas de la divergence d'interprétations d'actes de communication entre des agents locuteurs. Nous croyons que la plupart des mécanismes qui s'appliquent au modèle restreint sont valides pour le modèle plus général de simulation des conversations entre agents. En effet, les processus d'interprétation et de génération d'actes de communication, de représentation du contenu d'une conversation et de raisonnement sur les états mentaux fonctionnent selon le même principe, peu importe si le modèle de la conversation est partagé par tous les agents ou propre à chacun d'entre eux. Afin d'alléger la présentation, nous traitons uniquement dans notre thèse du modèle "simplifié" pour simuler des conversations entre agents artificiels.

3.1.4. Le raisonnement sur les états mentaux

Un locuteur doit être capable de raisonner au sujet de ses états mentaux et de ceux des autres agents avant de planifier sa réponse composée d'actes linguistiques et/ou non-linguistiques et d'exécuter ces actions. Dans notre approche, un locuteur est capable de raisonner au sujet de ses propres états mentaux aussi bien qu'au sujet des OCs contenus dans les réseaux d'OCs des conversations auxquelles il participe.

Même si plusieurs formalismes ont été proposés pour raisonner sur les états mentaux [Cohen, Levesque 1990a et b; Pollack 1990; Perrault 1990; Beun 1993], nous avons choisi de créer notre propre formalisme en nous inspirant de la théorie des graphes conceptuels [Sowa 1984]. Ce formalisme a un pouvoir d'expression proche de la langue naturelle et offre des facilités de manipulation. Le formalisme en question est décrit à la section 4.1.

3.1.5. Planification des actes de communication

Les locuteurs planifient les actes de communication qu'ils accomplissent [Allen 1983b; Appelt 1985; Shoham 1993] tout comme ils le font pour les actes non-linguistiques. En effet, tout acte de communication est exécuté par un agent en fonction du but qu'il désire atteindre, de ses états mentaux et des états mentaux des autres agents ainsi que du contexte de la conversation. L'agent doit choisir quoi dire dans des circonstances données.

De plus, la conversation peut être vue comme le résultat de l'application d'un plan conjoint qui s'élabore au fur et à mesure des interactions entre les agents afin d'atteindre un but commun. Un agent impliqué dans une conversation doit s'adapter à la situation et réagir rapidement en fonction du comportement des autres locuteurs. Il existe plusieurs façons plus ou moins complexes de modéliser le processus de planification d'un agent: planification linéaire [Fikes, Nilsson 1971], non-linéaire [Sussman 1975; Warren 1974], incrémentielle [McDermott 1978; Hayes-Roth, Hayes-Roth 1979], guidée par le sens commun [Carbonell 1978; Wilensky 1983], réactive [Agré, Chapman 1987], basée sur les cas [Hammond 1986]. Dans le cadre de cette thèse, nous simulons le mécanisme de planification en employant des règles de choix de comportement conversationnel basées sur la notion de règles génératives proposées par Beun (1993) et celle de règles de changement d'états mentaux suggérées par Thomas (1993). Ces règles spécifient les circonstances (états mentaux et acte de communication reçu) selon lesquelles un agent doit exécuter un certain acte de communication.

3.1.6. Protocoles de communication

Dans les approches qui traitent de l'enchaînement des actes de communication dans une conversation, il existe différents protocoles de communication que les agents locuteurs doivent respecter [Cawsey 1992; Reichman-Adar 1984; Von Martial 1992]. Les réseaux de transitions, que nous appelons *cycles de vie* [Moulin 1985], constituent un formalisme habituel pour décrire de tels protocoles en précisant les états et transitions possibles d'un objet au cours d'une conversation. Dans notre approche, cet objet peut être la conversation elle-même, un objet conversationnel ou l'initiative. Nous définissons un cycle de vie pour chacun de ces trois objets qui correspondent à diverses sous-facettes de communication: la maintenance de la communication, le transfert d'états mentaux et la gestion de l'initiative (voir chapitre 5).

3.1.7. Partage des informations échangées pendant une conversation

Les agents locuteurs impliqués dans une conversation partagent entre eux les informations échangées au cours de celle-ci. Par conséquent, nous explicitons ces informations dans un modèle de la conversation que les interlocuteurs et des observateurs peuvent consulter. Un tel modèle constitue le "pendant conceptuel" de l'ensemble des actes de communication qui composent une conversation, comme la structure intentionnelle est directement liée à la structure linguistique d'une conversation dans l'approche de Grosz et Sidner (1986). Eventuellement, le modèle d'une conversation pourrait être propre à chacun des agents locuteurs impliqués. Ce modèle contient les informations concernant les sous-facettes de communication prises en compte par les agents.

3.1.8. Traits des actes de communication

Nous reprenons l'idée de Beun (1993) selon laquelle les actes de communication sont exprimés en termes de traits linguistiques et non-linguistiques associés aux énonciations: contenu propositionnel, mode, prosodie, particules de liaison ("connecting particles") ou marqueurs [Schiffrin 1987], gestes non-verbaux. Il est important de prendre en compte ces traits, car ceux-ci contribuent à révéler des attitudes particulières du locuteur en termes d'états mentaux selon certaines propositions. La reconnaissance de la force illocutoire s'avère alors secondaire.

3.2. Description globale de l'approche pour les interactions entre agents artificiels

Nous proposons une approche pour modéliser et simuler une conversation entre des agents artificiels en employant le système multi-agent présenté à la figure 3.2. Ce système met en présence les agents locuteurs impliqués dans la conversation, un agent de conversation qui gère les objets conversationnels et les actes de communication exécutés par les agents locuteurs, et un agent d'environnement qui simule l'environnement dans lequel les agents locuteurs évoluent.

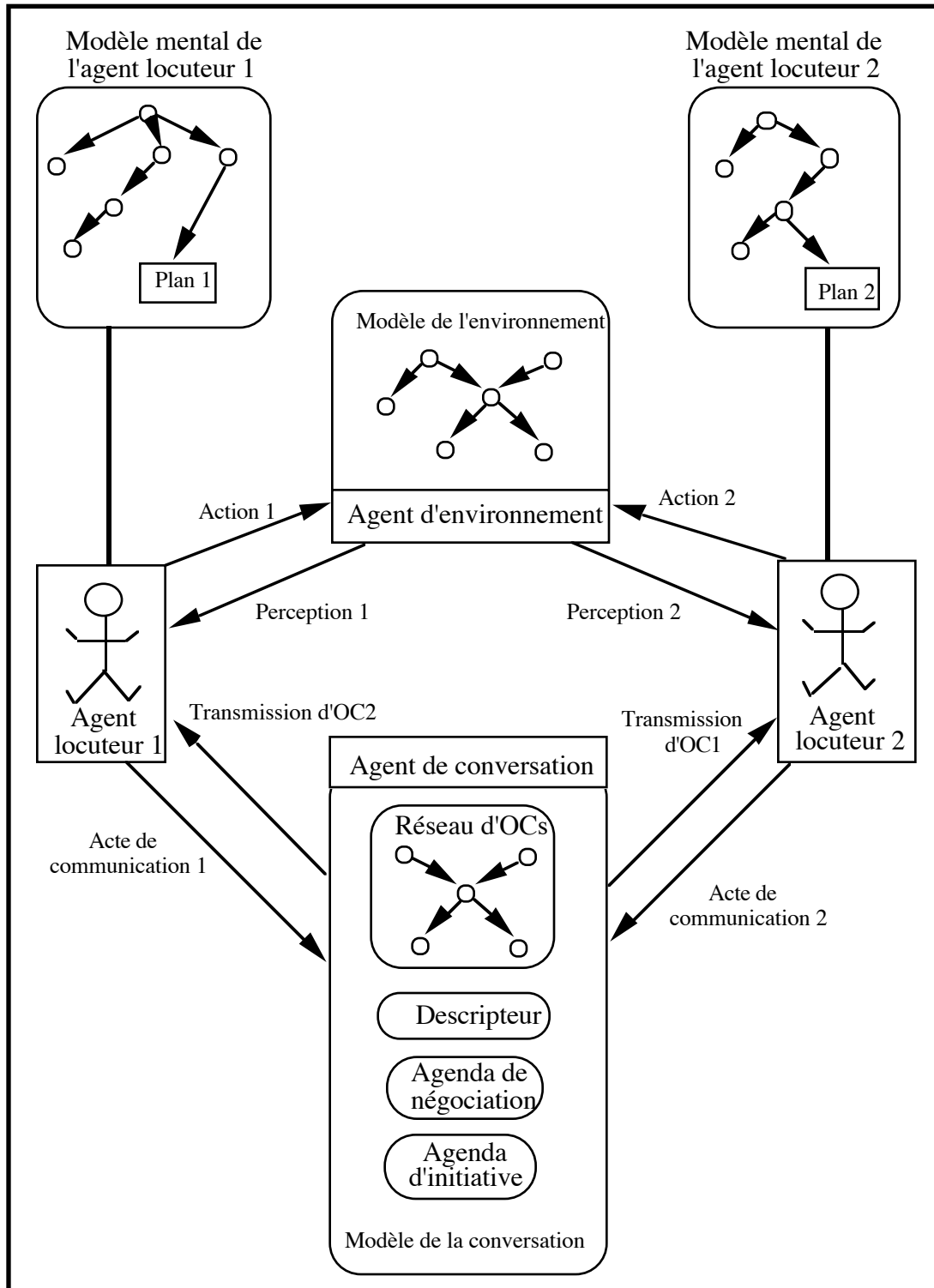


Figure 3.2: Système multi-agent simulant une conversation: approche simplifiée

Le système que nous proposons suppose que tous les agents interprètent les actes de communication de la même manière. Cette hypothèse est une simplification du modèle général présenté à la figure 3.1 mais ne devrait en rien nous empêcher de montrer qu'une conversation peut être modélisée comme le résultat d'un processus de négociation à un niveau conceptuel et comment les divers niveaux de communication peuvent être gérés concurremment par les agents au cours d'une conversation. De plus, elle nous permet d'éviter l'épineux problème de la différence d'interprétation d'un acte de communication par divers agents locuteurs, problème qui s'avère moins crucial dans les conversations entre agents artificiels.

Puisque nous ne visons pas le développement d'un système de traitement de la langue naturelle, nous simplifions également l'approche en considérant que les agents locuteurs exécutent des actes de communication dont le contenu propositionnel est exprimé sous la forme de graphes conceptuels [Sowa 1984]. Cependant, les actes de communication contiennent plusieurs paramètres qui fournissent de nombreuses informations typiques des énonciations en langue naturelle qui sont utiles pour l'interprétation des actes de discours des agents. Etant donné que nous ne travaillons pas avec des énonciations en langue naturelle, nous n'introduisons pas dans le modèle de la conversation les éléments touchant la sous-facette de gestion de la qualité d'information (voir section 3.1.2). Le modèle touche cependant les autres sous-facettes.

Nous sommes conscients qu'un modèle de la conversation plus complet que celui présenté dans la thèse devrait prendre en compte les altérations possibles par le processus d'interprétation ou par le canal de communication. Cependant, nous croyons que les principes présentés dans l'approche simplifiée en ce qui concerne les phénomènes conversationnels abordés demeureraient valides malgré tout. Toutefois, un agent locuteur plus complet devrait être doté de mécanismes de raisonnement supplémentaires qui lui permettraient de prendre en compte les altérations possibles, réviser ses croyances de manière plus réaliste et s'assurer d'une cohérence des points de vue. En particulier, ces mécanismes s'avéreraient nécessaires dans un système multi-agent simulant des dialogues personne-machine dont l'architecture serait semblable à celle présentée à la figure 3.1. Chaque agent locuteur aurait alors un gestionnaire de conversation personnel qui lui permettrait de contruire un modèle de la conversation qui lui soit propre. L'agent d'environnement, quant à lui, serait responsable d'indiquer aux agents concernés les changements apportés dans l'environnement.

Dans le reste de cette section, nous décrivons les types d'agents présents dans le modèle simplifié que nous proposons pour simuler des conversations entre agents artificiels.

3.2.1. L'agent de conversation et la gestion d'une conversation

Quand un agent locuteur décide de débiter une conversation avec d'autres agents, l'agent de conversation est activé et crée un modèle de la conversation qui contient tous les OCs échangés pendant cette conversation. L'agent de conversation gère les informations pertinentes pour chacune des facettes de communication (communication, conceptuelle et sociale) fournies par les agents locuteurs qui ont accès en tout temps au modèle de la conversation. La maintenance de la communication est effectuée par l'agent de conversation grâce à un objet spécial appelé "*descripteur de conversation*" faisant partie du modèle de la conversation. Quand une conversation débute, une instance du descripteur de conversation est créée. Une conversation peut prendre différents états: elle peut être débiter à l'initiative d'un agent, interrompue en accord avec tous les participants de la conversation, reprise plus tard par un agent, terminée, etc.

La gestion de la prise de l'initiative est effectuée par l'agent de conversation grâce à l'objet spécial appelé "*agenda d'initiative*". L'agenda d'initiative est employé pour gérer l'initiative (la prise de la parole) chez les agents locuteurs. L'initiative chez les locuteurs passe par divers états: elle peut être prise, relâchée, conservée, demandée, refusée, etc. Pour chaque agent locuteur, il existe une entrée dans l'agenda d'initiative qui spécifie l'état courant de l'initiative pour un agent.

L'agent de conversation gère aussi le niveau de transfert des états mentaux. Quand un agent A1 exécute un acte de communication à l'intention d'un autre agent A2, l'agent de conversation le reçoit et l'interprète en créant ou en mettant à jour un OC dans le réseau d'OCs à l'intérieur du modèle de la conversation. L'agent de conversation avertit alors le destinataire A2 des changements qui se sont produits dans le réseau d'OCs. Ainsi, pendant toutes les interactions entre les agents, le modèle de la conversation évolue grâce aux mises à jour du réseau d'OCs. Ce réseau peut être vu comme une mémoire organisée commune et accessible à tous les agents participant à la conversation. Chaque objet conversationnel est une entité persistante négociée entre les agents locuteurs.

Un OC passe par divers états indiquant le degré selon lequel les agents locuteurs acceptent ou refusent l'objet dans le contexte de la

conversation. Cet état d'un OC est appelé le positionnement des agents par rapport à l'OC. Un OC proposé par un agent A1 est enregistré par l'agent de conversation dans le réseau d'OCs. L'agent A2, à qui l'OC est destiné, peut réagir de diverses manières: il peut l'accepter, le refuser, négocier à son sujet ou l'ignorer. Ce positionnement est enregistré par l'agent de conversation dans le réseau d'OCs après que l'agent A2 ait exécuté son acte de communication.

Dans un réseau d'OCs, les OCs sont reliés entre eux par des relations spécifiques comme les conditions de motivation, les préconditions, les postconditions, etc.. Ils sont reliés aux agents locuteurs par des relations de positionnement comme l'acceptation, le refus, etc. Ces relations de positionnement ont une valeur indiquant le degré selon lequel un agent accepte ou refuse un OC donné. Chaque objet conversationnel OC1 proposé par un agent A peut faire l'objet de négociations par d'autres agents de diverses façons. Par exemple, un agent peut demander des explications au sujet d'OC1 ou proposer un autre objet OC2 sans révéler son degré d'acceptation d'OC1 afin d'orienter la conversation dans une autre direction.

Selon Dascal (1992), les énonciations dans une conversation sont typiquement réactives. Chaque énonciation est exécutée selon ce qu'un agent locuteur perçoit d'une "demande conversationnelle" effectuée par un autre agent à un certain moment de la conversation.

Dans notre approche, un autre objet spécial, appelé "*agenda de négociation*", est utilisé par l'agent de conversation afin de gérer la demande conversationnelle dirigée vers un agent. Quand un nouvel OC est proposé par un agent locuteur, un élément est ajouté à l'agenda de négociation en relation avec l'OC et les agents concernés par cet objet. Quand le destinataire se positionne lui-même d'une manière définitive sur l'objet en question, c'est-à-dire, s'il l'accepte ou le refuse, l'entrée correspondante dans l'agenda de négociation est détruite. Une entrée concernant un OC peut aussi être effacée quand un agent locuteur abandonne l'OC correspondant. Par conséquent, en examinant le contenu de l'agenda de négociation, les agents locuteurs peuvent identifier les demandes conversationnelles dirigées vers eux.

Une conversation est terminée quand les agents locuteurs se mettent d'accord pour la terminer ou quand l'agenda de négociation est vide. Dans ce dernier cas, tous les OCs et leurs relations ont été acceptés, refusés ou abandonnés par les agents locuteurs et personne n'a de nouveaux OCs à proposer à l'agenda de conversation.

Pour résumer, l'agent de conversation est responsable de la gestion de la communication entre les agents locuteurs par la maintenance

d'un modèle de la conversation composé d'un réseau d'OCs, d'un descripteur de la conversation et des agendas d'initiative et de négociation.

Notons que notre approche permet de gérer plusieurs conversations se chevauchant dans le temps, car nous avons un modèle de conversation pour chacune d'elles. Comme un agent de conversation ne gère qu'une conversation à la fois, il existe autant d'agents de conversation que de conversations à un instant donné. Quand une conversation est terminée, l'agent de conversation qui était responsable de la gestion de son modèle devient disponible pour gérer le modèle d'une autre conversation.

L'agent de conversation peut aussi enregistrer le déroulement de la conversation en associant à chaque OC les actes de communication exécutés par un agent en relation avec cet OC et les informations temporelles adéquates (intervalles de temps des positionnements des agents). Par conséquent, le déploiement de la conversation peut être retracé à tout moment au besoin.

3.2.2. Les agents locuteurs

Chaque agent locuteur possède son propre modèle mental qui est en fait un réseau conceptuel composé d'objets ou états mentaux (croyances, buts, plans, actions, émotions, contraintes, règles, etc.) qui modélise la connaissance nécessaire à un planificateur intelligent. Les états mentaux d'un agent évoluent avec le temps, après avoir été initialisés au départ. Les faits et actions perçus directement par un agent locuteur ont un impact certain sur son modèle mental. D'autres états mentaux sont obtenus par un agent à travers les conversations auxquelles il participe. Un agent peut aussi employer différents types de règles telles que des règles d'activation de but, des règles d'inférence et des règles d'activation d'émotion pour raisonner et enrichir ou modifier son modèle mental. Ainsi, plusieurs états mentaux, comme les buts et les émotions, peuvent être créés par un agent suite à un processus de raisonnement sur les objets mentaux déjà présents dans son modèle mental.

Pendant le déploiement d'une conversation, un agent locuteur transmet ses actes de communication à l'agent de conversation et a accès aux OCs représentant la connaissance partagée par les agents locuteurs à travers leurs interactions. De cette manière, la connaissance mutuelle obtenue au cours d'une conversation, comme *"Un agent A1 croit qu'un agent A2 croit la proposition P"*, n'est pas dupliquée dans la base de connaissances de chaque agent, mais est présente seulement dans les réseaux d'OCs que les agents peuvent

consulter. Un agent locuteur peut également transmettre des actions non-linguistiques à l'agent d'environnement après avoir consulté le modèle de l'environnement accessible (voir section suivante).

Selon notre approche, le contenu du modèle mental d'un agent locuteur est très riche. En effet, les agents locuteurs disposent de plusieurs types d'états mentaux dans leur modèle mental pour exprimer leurs connaissances et leurs états d'esprit. On retrouve les états classiques de croyances, buts, et plans toujours présents dans les modèles de planificateurs d'actes de discours classiques [Allen 1983b; Litman, Allen 1987]. A ces concepts nous ajoutons plusieurs notions inspirées de certaines approches en communication et en intelligence artificielle de même que des règles (activation de buts, inférence de croyance, etc.), contraintes et connaissances qui permettent aux agents de raisonner sur leurs propres états mentaux. Le contenu du modèle mental d'un agent est décrit d'une manière plus formelle au chapitre 4.

Quand une conversation est terminée, les agents peuvent adopter un des deux comportements suivants, selon l'importance qu'ils accordent à son contenu: ils peuvent la conserver en mémoire pour pouvoir avoir accès aux détails de la conversation (mémoire historique de la conversation) ou ils peuvent sélectionner les connaissances les plus pertinentes selon les buts poursuivis et intégrer ces connaissances dans leurs propres états mentaux (mémoire sélective et intégratrice).

3.2.3. L'agent d'environnement

L'agent d'environnement simule le monde dans lequel les agents évoluent. Il simule les effets des actions exécutées par les agents locuteurs dans ce monde, comme par exemple la manipulation d'objets physiques, aussi bien que les changements qui s'y produisent (modification des objets physiques, événements, etc.). Les caractéristiques de l'environnement sont décrites dans le modèle de l'environnement qui est composé essentiellement de faits et de règles. L'agent d'environnement simule également les capacités de perception d'un agent locuteur en l'informant au sujet des changements survenus au niveau de l'environnement qui sont perceptibles du point de vue de cet agent. Puisqu'aucun agent n'est "omniscient", les modèles mentaux des agents locuteurs peuvent être partiellement différents du modèle de l'environnement. Un agent qui perçoit directement les objets à partir de l'environnement établit des "relations d'importance" entre l'objet perçu de l'environnement et les états mentaux de son propre modèle mental. Par conséquent, les agents locuteurs peuvent détecter des incompatibilités entre leurs

états mentaux et la connaissance obtenue de leur environnement et essayer de les corriger ou de les expliquer.

Dans le cadre de cette thèse, nous faisons abstraction de l'agent d'environnement et des interactions qu'il pourrait avoir avec les agents locuteurs. Nous mettons l'emphase plutôt sur l'agent de conversation, les agents locuteurs et les structures de connaissances manipulées par chacun de ces agents.

3.3. La modélisation des conversations de groupes

Notre approche peut aussi être employée pour modéliser et simuler une conversation ayant lieu entre un groupe d'agents locuteurs (plus de deux locuteurs). Plusieurs rôles conversationnels peuvent être identifiés: un agent est l'initiateur de la conversation alors que les autres agents sont des participants. Si nous voulons modéliser le fait que certains agents peuvent percevoir des interactions sans participer à la conversation, nous leur attribuons le rôle d'auditeurs. Les agents auditeurs ont accès au modèle de la conversation, mais ne peuvent intervenir au cours du déroulement de la conversation associée.

Une conversation est décomposée en périodes. Une période est caractérisée par la participation d'un groupe stable d'agents locuteurs participant à la conversation. Aussitôt qu'un agent se retire ou s'ajoute à une conversation, l'agent de conversation crée une nouvelle période conversationnelle. L'information associée à la période permet à l'agent de conversation de gérer aisément les listes de positionnements reliant les agents locuteurs et les OCs. Un agent locuteur peut participer simultanément à plusieurs conversations. Chaque conversation est gérée par un agent de conversation qui maintient sa propre liste de participants et le réseau d'OCs.

Dans la présente thèse, nous ne mettons pas l'accent sur les conversations de groupes qui feront partie plutôt des extensions de notre travail (voir chapitre 8).

3.4. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre les lignes directrices de notre approche pour modéliser et simuler des conversations entre des agents locuteurs vus comme des planificateurs intelligents. Puis nous avons établi le cadre conceptuel de l'approche proposée dans un contexte où les conversations se déroulent entre des agents artificiels tout en fixant certaines limites par rapport à une approche plus

générale de modélisation de la conversation. Ce cadre conceptuel consiste en un système multi-agent mettant en présence des agents locuteurs, un agent de conversation pour chaque conversation et un agent d'environnement. Les agents locuteurs échangent des objets conversationnels et d'autres types d'informations par le biais d'actes de communication après avoir raisonné sur leur propre modèle mental et le contenu du modèle de la conversation. Ce modèle de la conversation, commun à tous les agents locuteurs impliqués dans la conversation, est géré par un agent de conversation à partir des informations transmises par les actes de communication des agents locuteurs. L'agent d'environnement, quant à lui, simule l'environnement dans lequel évoluent les agents et les changements perceptibles par ces agents. Finalement, le chapitre a souligné que l'approche proposée pouvait être employée pour simuler des conversations de groupes.

Dans les prochains chapitres, nous allons décrire plus formellement certaines composantes essentielles dans notre modèle. Plus spécifiquement, nous allons décrire le modèle mental des agents locuteurs (chapitre 4), le modèle d'une conversation (chapitre 5) et les actes de communication (chapitre 6) qui font le lien entre le modèle mental d'un agent et celui d'une conversation. Nous détaillons également le fonctionnement d'un agent de conversation (chapitre 6) et celui d'un agent locuteur (chapitre 7). De nombreux exemples pratiques sont utilisés pour illustrer les diverses composantes de notre modèle.

Chapitre 4

Contenu du modèle mental d'un agent locuteur

Le modèle mental d'un agent locuteur contient toutes les connaissances et les états mentaux qui lui permettent de raisonner et de décider du comportement à adopter dans une situation donnée. Afin d'obtenir une approche de simulation de la conversation entre des agents artificiels qui soit implantable et assez complète pour être étendue plus tard aux conversations personne-machine ou personne-personne, nous avons identifié les éléments du modèle mental qui nous paraissaient essentiels. De plus, nous avons adopté un formalisme pour décrire au niveau conceptuel ces composantes du modèle mental afin de faciliter leur implantation éventuelle à l'intérieur d'un système informatique.

Ce chapitre décrit formellement le contenu du modèle mental d'un agent locuteur selon notre approche. Nous expliquons dans la section 4.1 le formalisme des graphes conceptuels que nous employons pour représenter les composantes du modèle mental d'un agent locuteur. La section 4.2 présente ces composantes à un niveau conceptuel et la section 4.3 donne un exemple partiel de modèle mental d'un agent. Finalement, nous comparons dans la section 4.4 le contenu du modèle mental avec certaines approches pertinentes.

4.1. Les graphes conceptuels

Le formalisme de description que nous employons pour décrire la plupart des composantes du modèle mental d'un agent est inspiré par la théorie des graphes conceptuels de Sowa (1984). Un graphe conceptuel constitue une manière d'exprimer sous forme logique la sémantique d'une phrase en langue naturelle [Sowa 1984]. C'est une forme particulière de réseau sémantique qui intègre les propriétés essentielles reliées à l'utilisation de structures telles que les frames avec les principales caractéristiques de la logique des prédicats du premier ordre prolongée par certains aspects vers des logiques modales et d'ordre supérieur à 1. La théorie des graphes conceptuels

offre aussi l'avantage d'offrir certaines opérations de manipulation des graphes conceptuels comme, par exemple, la jointure et la projection.

Bien que les graphes conceptuels puissent être représentés sous forme graphique, nous ne nous intéressons ici qu'à leur forme linéaire. Nous adaptons cette forme linéaire de manière à ce qu'elle ressemble à un prédicat dans lequel on précise la sémantique des arguments en spécifiant pour chacun d'entre eux une relation conceptuelle, c'est-à-dire le rôle thématique joué par l'argument, et un concept correspondant à une entité.

Par exemple, soit le graphe conceptuel suivant représenté selon le formalisme standard de Sowa:

```
[TRANSPORTER] -
    (AGNT) -> [ROBOT: Atos]
    (OBJ) -> [BOITE]
    (ORIG) -> [ATELIER: atelier-travail]
    (DEST) -> [ATELIER: atelier-fabrication]
```

AGNT, OBJ, ORIG et DEST constituent des relations conceptuelles placées entre parenthèses. TRANSPORTER, ROBOT, BOITE et ATELIER sont les types de concepts qui figurent comme arguments des relations conceptuelles. Atos, atelier-travail et atelier-fabrication sont des référents de concepts. AGNT indique qu'Atos est l'agent qui exécute l'action Transporter, OBJ réfère à l'objet sur lequel porte l'action, ORIG indique que l'action débute dans l'atelier de travail et DEST spécifie la destination de l'action.

Dans notre approche, nous représentons ce graphe conceptuel avec la structure¹⁰:

```
Transporter(AGT(Atos),
            OBJ(boîte),
            ORIG(atelier-travail),
            DEST(atelier-fabrication))
```

Le concept Transporter devient le prédicat du graphe. Chacun des arguments est composé d'une relation conceptuelle et d'un concept. On ne mentionne pas le type du concept, sauf si celui-ci n'a pas de référent, afin d'alléger la représentation du graphe.

Un concept peut lui-même être décrit sous la forme d'un graphe conceptuel. Ainsi, le graphe conceptuel suivant représente la phrase "Je promets de t'aider" selon notre formalisme¹¹:

¹⁰ Dans notre formalisme, les relations conceptuelles peuvent être quelque peu différentes de celles de Sowa. Par exemple, nous employons AGT au lieu de AGNT et RCP au lieu de RCPT.

¹¹ Le formalisme standard de Sowa demanderait que le type "PROPOSITION" soit indiqué avant le contenu propositionnel de la promesse.


```
Promettre(AGT(#moi),RCP(#toi),
          OBJ(aider(AGT(#moi),PAT(#toi))))
```

Les indexicaux, comme #toi et #moi, sont précédés du symbole "#".

4.2. Composantes du modèle mental

Le modèle mental d'un agent locuteur doit être particulièrement riche quant à la nature des connaissances et états mentaux qu'il contient afin de permettre à l'agent de raisonner et de se comporter correctement au cours d'une conversation avec un ou plusieurs autres agents. Aussi, nous avons classé le contenu du modèle mental en plusieurs catégories:

- les états mentaux;
- les informations temporelles;
- les contraintes d'instanciation, qui s'appliquent sur les états mentaux;
- les relations existant entre les états mentaux;
- les règles d'activation d'états mentaux;
- les connaissances stéréotypées.

Nous décrivons dans les prochaines pages ces composantes par catégorie à l'aide d'exemples et du formalisme présenté à la section 4.1.

4.2.1. Etats mentaux

Les états mentaux d'un agent locuteur sont des connaissances subjectives ayant une nature dynamique qui affecte grandement son comportement. L'interlocuteur raisonne sur ses états mentaux avant d'agir. Il communique des états mentaux à d'autres agents dans le but de modifier leurs états mentaux. Bref, les états mentaux évoluent constamment.

Dans notre approche, nous avons classé les états mentaux en deux catégories distinctes, comme le montre la figure 4.1.

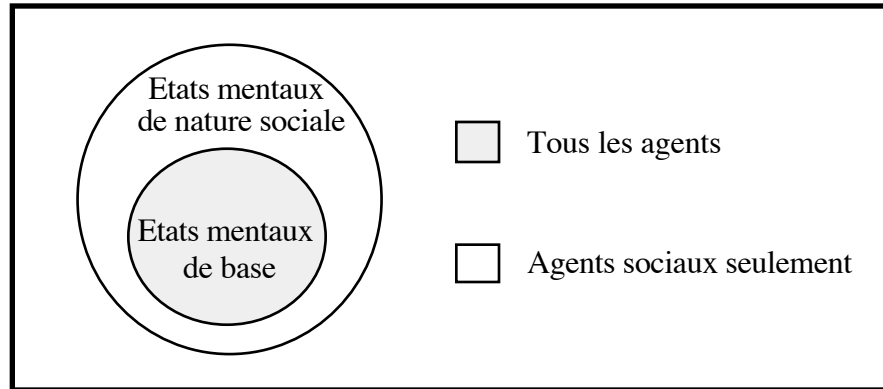


Figure 4.1: Classification des états mentaux

Nous distinguons deux types d'agents: les *agents solitaires* et les *agents sociaux*. Un agent solitaire n'a pas à se soucier d'autrui, car il évolue dans un environnement où il constitue le seul acteur. Son modèle mental contient des états mentaux que nous qualifions de base: les croyances, les buts, les capacités et les préférences. Les agents sociaux, dont font partie les agents locuteurs, sont plus complexes que les agents solitaires, car ils disposent de la capacité d'interagir et d'évoluer à l'intérieur d'une société d'agents. En plus d'avoir des états mentaux de base, ces agents ont des états mentaux supplémentaires résultant des interactions avec les autres agents: les engagements sociaux et les relations interpersonnelles. Aux états mentaux déjà mentionnés nous ajoutons les émotions qui sont de nature individuelle ou sociale.

Dans cette section, nous décrivons de manière formelle les différents types d'états mentaux d'un agent locuteur. Pour chacun des états mentaux, nous distinguons ses paramètres et son contenu propositionnel. Les paramètres désignent des facteurs qui caractérisent l'état mental et qui peuvent varier selon sa nature. Le contenu propositionnel décrit ce sur quoi porte l'état mental de la même manière que le contenu propositionnel des actes de discours [Searle 1969; Searle, Vanderveken 1985]. Il constitue sa partie sémantique.

Nous nous basons sur la théorie des graphes conceptuels pour décrire le contenu propositionnel des connaissances que possède un agent locuteur. Cependant, nous employons des prédicats simples, sans relation conceptuelle, pour exprimer les paramètres associés à ces connaissances. De tels prédicats ont l'avantage de représenter de manière logique et déclarative des connaissances tout en pouvant être utilisés presque directement dans un langage de programmation

logique comme Prolog¹². Nous détaillons le formalisme utilisé au fur et à mesure que nous décrivons les différents états mentaux d'un agent locuteur.

4.2.1.1. Les états mentaux de base

* Les croyances

On retrouve le concept de croyance dans tous les modèles qui touchent les états mentaux d'un agent impliqué dans une conversation [Allen 1983b; Cohen, Levesque 1990b; Bouron 1992]. Une croyance désigne une information à propos d'un événement ou d'un état mental ou physique qu'un agent considère vraie ou fausse pendant un certain intervalle de temps. L'information peut concerner l'environnement dans lequel l'agent évolue, d'autres agents ou lui-même. Par exemple, Dartagnan peut avoir à un même moment les croyances suivantes:

- Aramis se trouve dans l'atelier de travail (état physique sur un autre agent);
- Dartagnan a le but de transporter une boîte jusqu'à l'atelier de fabrication (état mental concernant lui-même);
- Atos sort de l'atelier de travail (événement).

Nous représentons formellement une croyance sous la forme suivante:

CROYANCE(<id>,<agent>,[<td>,<tf>],<degré>,<origine>,<id-prop>)

Dans cette notation, l'opérateur CROYANCE est écrit en lettres majuscules et désigne le type de l'état mental. Les termes entre crochets correspondent à des variables généralement instanciées pour une croyance particulière.

<id> est l'identifiant de l'état mental (croyance1). <agent> désigne l'agent qui détient l'état mental. [<td>,<tf>] décrit l'intervalle de temps pendant lequel l'état mental est effectif. Chacune des bornes temporelles, lorsqu'elle est instanciée, prend une valeur numérique déterminée selon l'unité de temps employée par les agents¹³. <degré> correspond au degré de croyance de l'agent. Ce degré est une valeur numérique contenue dans l'intervalle [-1,1]¹⁴. Inspiré par

¹² Nous avons réalisé l'implantation du prototype PSICO en Prolog (voir chapitre 8).

¹³ Le temps est géré dans notre approche à l'aide d'une horloge [Lizotte 1988]. L'horloge utilise une certaine unité de temps pour déterminer la valeur du temps présent.

¹⁴ Divers travaux qui utilisent des coefficients de certitude, d'intensité ou autres spécifient généralement que le domaine de tels coefficients se situe dans l'intervalle [0,1] [Shortliffe 1976; Shafer

certaines travaux qui traitent les croyances incertaines [Galliers 1988; Lambert, Carberry 1992], le degré de croyance permet de faire la distinction entre une croyance positive sans doute (1) une croyance positive avec doute (entre .1 et .9), une ignorance (0), une non-croyance¹⁵ avec doute (entre -.1 et -.9) et une non-croyance sans doute (-1). Par exemple, si Dartagnan perçoit par lui-même qu'un événement EV1 a eu lieu, il croira que EV1 a effectivement eu lieu sans aucun doute, d'où le degré de certitude sera égal à 1. Si un agent quelconque lui dit qu'il pense qu'un événement EV2 a eu lieu, Dartagnan peut croire plus ou moins fortement à la véracité de cette affirmation, d'où le degré de croyance envers EV2 serait situé dans l'intervalle]0,1]. Il peut également ne pas croire à cet événement: le degré de croyance serait alors situé dans l'intervalle [-1,0[.

<origine> désigne l'origine de la croyance. Conserver la source d'une croyance dans sa description s'avère particulièrement important, parce que l'origine a un effet direct sur le degré de croyance et qu'elle doit être prise en compte lorsque la croyance doit être remise en question suite à un événement quelconque perçu par l'agent. Nous considérons quatre types d'origines possibles [Bouron 1992].

- Une croyance peut être communiquée. Dans ce cas, <origine> prend la valeur de l'agent qui est à la source de la croyance.
- Une croyance peut être inférée par l'agent. <origine> prend alors la valeur "déduit". Les états mentaux à partir desquels la croyance a été déduite seront retrouvés par l'intermédiaire des relations d'inférence qui relient ces états mentaux à la croyance (voir section 4.2.4).
- Une croyance peut être prévue, particulièrement si on se retrouve dans un certain contexte ou si l'on anticipe l'atteinte d'un certain but. <origine> prend alors la valeur "prévu". L'origine de la prévision peut être identifiée spécifiquement en consultant les relations de postcondition qui relient un but à des croyances ou les relations de cause entre les états mentaux (voir section 4.2.4).
- Une croyance peut être le résultat d'une perception. Dans ce cas, <origine> prend la valeur "perçu".

<id-prop> désigne le contenu propositionnel de l'état mental. Dans la description d'un état mental, nous employons l'identifiant de la

1976]. Nous étendons ce domaine en considérant qu'un coefficient négatif indique jusqu'à quel point un agent ne croit pas que le contenu propositionnel d'un état mental est vrai.

¹⁵ Considérant un agent locuteur A et un contenu propositionnel P, une non-croyance exprime l'état où A ne croit pas P. C'est différent d'une croyance négative qui porte sur la négation d'un contenu propositionnel (A croit $\neg P$).

proposition. La proposition est décrite dans une autre structure sous la forme suivante:

PROP(<id-prop>,<graphe-conceptuel>)

Le contenu propositionnel d'un état mental peut lui-même être un état mental. Dans un tel cas, nous employons l'expression suivante au lieu de <id-prop> pour désigner le type et l'identifiant de l'état mental:

ETAT-MENTAL(<type>,<identifiant>)

A titre d'illustration, considérons la représentation formelle de deux croyances portant respectivement sur un fait et sur un état mental. Dartagnan, après avoir vu Aramis dans l'atelier de travail au temps 1, a la croyance suivante:

CROYANCE(croyance1,Dartagnan,[1,?tf],1,perçu,prop1)

PROP(prop1,Situé(AGT(Aramis),LOC(atelier-travail)))

Cette croyance porte sur un fait (Aramis est situé dans l'atelier de travail). Le temps ?tf¹⁶ n'est pas instancié, car la croyance est une croyance présente, et non passée (on ne sait pas quand elle va se terminer). Des informations temporelles, comme un intervalle de temps et des contraintes temporelles, peuvent être reliées au contenu propositionnel (voir section 4.2.2)¹⁷.

Par contre, "Dartagnan croit sans aucun doute en la capacité cap4 à partir du temps 1" est représenté par :

CROYANCE(croyance4,Dartagnan,[1,?tf],1,perçu,

ETAT-MENTAL(capacité,cap4))

Ce ne sont pas toutes les croyances qui sont exprimées explicitement dans le modèle mental d'un agent. Un agent est toujours conscient de ses propres états mentaux, peu importe leur nature. Par conséquent, la description formelle d'un état mental associé à un agent implique la croyance de cet état par l'agent. Les croyances qui portent sur des états mentaux d'autres agents doivent cependant être exprimées explicitement, à moins qu'elles puissent être déduites à partir d'un attribut de diffusion.

Nous utilisons un attribut de diffusion [Bouron 1992] pour chaque état mental (peu importe sa nature) d'un agent A pour spécifier les

¹⁶ Dans les structures non-génériques, une variable non-instanciée, comme ?tf, débute par un point d'interrogation.

¹⁷ Il faut bien faire la distinction entre le temps associé à un état mental et celui relié à son contenu propositionnel.

agents qui, selon l'agent A, connaissent cet état mental parce qu'il leur a été communiqué par un acte de communication. Des croyances mutuelles [Sadek 1990; Allen 1983b] peuvent ainsi être modélisées de manière simplifiée. Les croyances mutuelles plus complexes, telles que A croit que B ne croit pas que A croit P, sont représentées en appliquant des croyances sur d'autres croyances (ou non-croyances).

L'attribut de diffusion est spécifié avec la structure suivante:

DIFFUSION(<identifiant>,<agent>,<liste-autres-agents>)

Par exemple, si Dartagnan croit que seul Portos croit qu'il a la croyance `croyance1`, alors l'attribut de diffusion suivant est spécifié pour `croyance1`:

DIFFUSION(`croyance1`,Dartagnan,[Portos])

Grâce à l'attribut de diffusion, il n'est pas nécessaire de représenter explicitement que Dartagnan croit que Portos croit que Dartagnan a la croyance `croyance1`. S'il croit que tous les autres agents croient qu'il a cet état mental, alors le terme clé `tous` est employé à la place de la liste des autres agents:

DIFFUSION(`croyance1`,Dartagnan,tous)

L'attribut n'est pas spécifié explicitement si Dartagnan est le seul agent à connaître son état mental. Cependant, des mécanismes spéciaux de gestion sont nécessaires pour veiller à ce que l'attribut de diffusion ne soit pas la cause d'une explosion de croyances. Confrontant notre formalisme à une théorie de la vérité, nous considérons qu'une croyance (non-croyance) d'un contenu propositionnel P par un agent A n'est effective au temps t que si elle est présente dans le modèle mental de A ou si elle peut être déduite à partir d'autres états mentaux. Sinon, nous supposons que l'agent A ignore s'il doit croire ou non P au temps t si P désigne un fait. Dans le cas où P est un état mental de A, nous estimons que A ne croit pas P si P (ou A croit P) ne fait pas partie du modèle mental de A.

*** Les buts**

Un but désigne un état potentiel qu'un agent désire atteindre à un moment donné. Il constitue la raison principale qui explique le comportement d'un agent. Nous adoptons la vision de Bouron (1992) qui précise qu'un but peut désigner la satisfaction d'un état ou la réalisation d'une action. Par conséquent, nous considérons que la notion d'intention appliquée à l'exécution d'une action [Bratman 1990; Cohen, Levesque 1990c; Thomas 1993] constitue un but en soi. Un but peut se subdiviser en sous-buts.

Un but est décrit de la manière suivante:

BUT(<id>,<agent>,[<td>,<tf>],<degré>,<id-prop>,<type>)

La plupart des arguments sont similaires à ceux que l'on trouve dans la description d'une croyance. Cependant, il existe des différences:

- <degré> a une sémantique différente, car il correspond au degré de priorité accordé au but par l'agent <agent>. Ce degré correspond à un nombre réel situé dans l'intervalle]0, 1], où 1 est le degré de priorité le plus élevé. Il permet à l'agent de privilégier en premier lieu les buts les plus importants.
- L'origine du but n'est pas exprimée à l'intérieur de sa description, mais plutôt à l'aide d'une relation de motivation (voir section 4.2.4).
- On spécifie le type du but. Le tableau 4.1 présente les types de buts que nous prenons en compte avec un exemple exprimé en langue naturelle pour chacun.

Les trois premiers types de buts font partie du modèle mental de tout agent solitaire ou social. Les trois derniers concernent la conversation et ne s'appliquent, par conséquent, qu'aux agents sociaux. La distinction entre ces types s'avère utile, car chacun doit être traité différemment par un agent. Nous précisons cette différence de traitement au chapitre 7, lorsque nous expliquons le fonctionnement d'un agent locuteur.

A titre d'exemple considérons la situation où Dartagnan a comme but que Portos et un autre agent l'aident à transporter une boîte jusqu'à l'atelier de fabrication. Ce but est représenté sous le format suivant:

BUT(but6,Dartagnan,[11,?tf],.8,prop6,composé)

PROP(prop6,

Transporter(AGT([Dartagnan,Portos,?agent]),

OBJ(boîte),

ORIG(atelier-travail),

DEST(atelier-fabrication)))

TYPE	DESCRIPTION	EXEMPLE
état	Etat physique ou mental désiré	<i>Dartagnan veut qu'une boîte soit située dans l'atelier de fabrication.</i>

action	Action non-linguistique (primitive) à exécuter	<i>Dartagnan, Portos et Aramis doivent lever la boîte.</i>
composé	But décomposable en sous-buts	<i>Dartagnan désire que l'on transporte la boîte jusqu'à l'atelier de réparation.</i>
conversationnel	But qui motive l'usage d'une conversation	<i>Dartagnan désire que Portos lui promette de l'aider à transporter la boîte.</i>
émission	Acte de communication à transmettre dans le cadre d'une conversation	<i>Dartagnan veut effectuer une requête auprès de Portos.</i>
réception	Réaction attendue d'un agent dans le contexte d'une conversation	<i>Dartagnan s'attend à ce que Portos réponde à sa requête.</i>

Tableau 4.1: Types de buts

Les buts passent par divers états. Ces états reposent sur les notions de *désir*, d'*engagement* et d'*atteinte*.

Tout but constitue au départ un *désir* qu'un agent aimerait voir se réaliser, sans pour autant s'être engagé ("committed") personnellement par rapport à ce but [Bratman 1990]. Un agent s'engage personnellement lorsqu'il choisit de prendre les moyens pour réaliser le but [Cohen, Levesque 1990a]. L'engagement devient social lorsqu'il est effectué auprès d'un autre agent, comme dans le cas d'une promesse [Bouron 1992]. Un but *désiré* devient *engagé* quand tous les agents impliqués dans la réalisation du but se sont engagés. Si l'agent s'engage personnellement par rapport à un but, mais qu'il a besoin de l'aide d'autres agents, alors le but est à-*engager*. Le but peut être atteint avec *succès* ou avec *échec* avec l'application du plan¹⁸ retenu ou grâce à un événement fortuit. Il peut être *écarté* (abandonné) à tout moment.

¹⁸ Le plan d'un but est l'ensemble de ses sous-buts.

Les états et les transitions valides pour passer d'un état à l'autre sont modélisés dans le cycle de vie¹⁹ d'un but présenté à la figure 4.2.

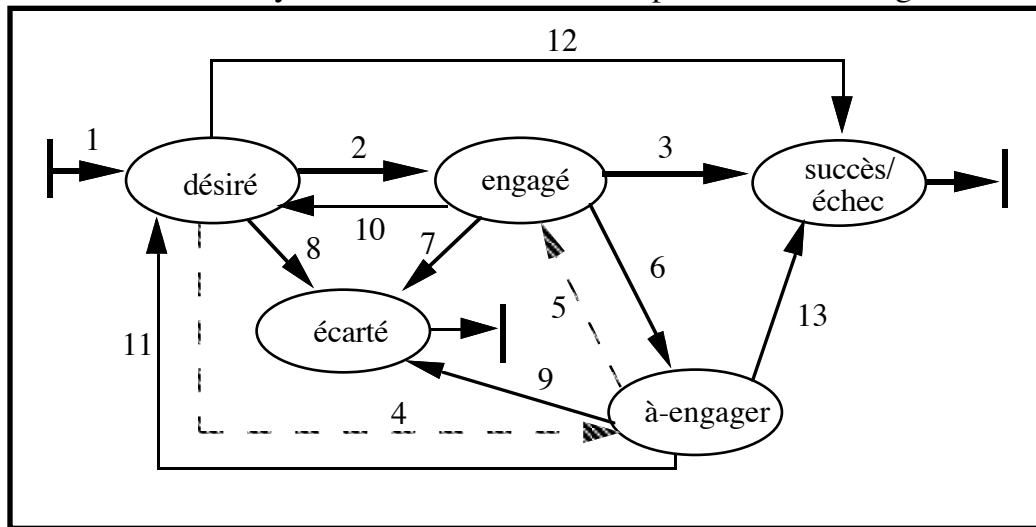


Figure 4.2: Cycle de vie d'un but

Chaque cercle représente un état qu'un but peut atteindre potentiellement pendant son existence. Le symbole $I \rightarrow$ indique que le but débute dans l'état initial correspondant (*désiré*) alors que le symbole $\rightarrow I$ désigne un état final. Les transitions permises entre les états sont représentées par des flèches numérotées et sont décrites dans le tableau 4.2. Une transition non-numérotée signifie que l'état à partir duquel la transition part est toujours final. C'est le cas des états *succès*, *échec* et *écarté*. La figure distingue les transitions habituelles pour un but réalisé seul (traits gras) ou avec l'aide d'autrui (traits pointillés).

TRANSITION S	DESCRIPTION
1	L'agent désire atteindre un état potentiel.
2	L'agent s'engage personnellement à atteindre un but personnel.
3	Le but réussit ou échoue selon le plan de l'agent ou à cause de circonstances fortuites.

¹⁹ Un cycle de vie est un diagramme d'états qui présente formellement les états possibles d'un objet et les transitions valides entre ces états.

4	L'agent s'engage personnellement à atteindre un but qui nécessite l'intervention d'un autre agent.
5	Un engagement est obtenu de la part de tous les autres agents qui doivent intervenir pour appliquer le plan retenu.
6	Un agent qui s'était engagé se désengage.
7,8,9	L'agent décide d'abandonner le but.
10,11	L'agent se désengage personnellement par rapport au but, sans pour autant l'abandonner.
12,13	Des événements fortuits provoquent l'atteinte du but.

Tableau 4.2: Description des transitions dans le cycle de vie d'un but

Pour éclairer nos propos, revenons au but de Dartagnan de transporter une boîte avec l'aide de Portos et d'un autre agent. Le but est tout d'abord *désiré*, puis *à-engager*, car Dartagnan a besoin de l'engagement de Portos pour que le but soit complètement *engagé*. Le but est *écarté* ²⁰ quand Portos refuse de s'engager. L'état d'un but est spécifié à l'aide de la structure suivante:

ETAT-BUT(<id>,<état>)

Exemple: ETAT-BUT(but6,à-engager)

* Les capacités

Une capacité précise une action qu'un agent est consciemment capable d'exécuter. Cette notion est nécessaire pour raisonner sur la manière d'atteindre des buts, particulièrement lorsque vient le moment de comprendre ou de générer des requêtes et des promesses [Shoham 1993]. Par exemple, l'absence d'une capacité est une justification raisonnable pour refuser d'effectuer une certaine tâche. La capacité est décrite sous le format suivant:

CAPACITE(<id>,<agent>,[<td>,<tf>],<degré>,<id-prop>)

Le degré de compétence <degré>, situé dans l'intervalle [0, 1], indique la croyance de l'agent au sujet de son niveau de compétence pour

²⁰ Dartagnan n'abandonne pas le but de transporter la boîte, mais celui de le faire avec Portos.

effectuer l'action décrite dans `<id-prop>`. Plus le degré est près de 1, plus l'agent se croit compétent pour réaliser la tâche. Par exemple, la capacité de Dartagnan pour déplacer un objet est représentée comme suit:

```
CAPACITE(cap4,Dartagnan,[1,?tf],1,prop7)

PROP(prop7,Déplacer(AGT(Dartagnan),
                    OBJ(?objet),
                    ORIG(?lieu1),
                    DEST(?lieu2)))
```

* Les préférences

Une préférence indique les goûts d'un agent concernant un objet ou une activité. Toute préférence peut influencer le comportement d'un agent, comme le souligne Galliers (1988). Elle peut expliquer des choix qui, autrement, ne pourraient être justifiés. Nous incluons parmi les préférences ce qui est aimé d'un agent comme ce qui est détesté.

Une préférence est décrite de la manière suivante:

```
PREFERENCE(<id>,<agent>,[<td>,<tf>],<degré>,<id-prop>)
<degré>, situé dans l'intervalle [-1,1], correspond au degré
d'appréciation de l'objet ou de l'activité décrite dans <id-prop>. -1
signifie que l'agent déteste fortement le concept contenu dans la
description, 0 équivaut à une indifférence de ce concept et 1 à une
appréciation très marquée du concept. Par exemple, le fait que "Jean
adore jouer au tennis mais déteste courir" serait représenté de la
manière suivante:
```

```
PREFERENCE(préf2,Jean,[1,?tf],1,prop2)

PREFERENCE(préf3,Jean,[1,?tf],-1,prop3)

PROP(prop2,Jouer(AGT(Dartagnan),OBJ(tennis)))

PROP(prop3,Courir(AGT(Dartagnan)))
```

4.2.1.2. Les états mentaux de nature sociale

Dès qu'un agent évolue à l'intérieur d'une société, il est appelé à interagir avec d'autres agents. Ceci entraîne que d'autres types d'états mentaux s'avèrent nécessaires pour lui permettre de raisonner et de se comporter correctement. Nous avons identifié les deux états mentaux suivants:

- les engagements sociaux;

- les relations interpersonnelles.

* Les engagements sociaux

Plusieurs chercheurs qui se sont intéressés aux interactions entre agents ont noté l'importance de prendre en compte la notion d'engagement. Dans la littérature, on distingue deux types d'engagements: ceux qu'un agent effectue envers soi-même [Cohen, Levesque 1990a] et ceux qu'un agent effectue envers un autre agent [Bouron 1992]. Nous avons déjà parlé de ces deux catégories d'engagement dans la section précédente quand nous avons décrit les états d'un but. Cependant, nous considérons que seule la seconde catégorie, appelée "engagement social", doit être représentée explicitement, car l'engagement personnel est contenu implicitement dans l'état d'un but²¹.

Nous considérons comme engagement social l'état mental sous-jacent à une promesse effectuée par un agent. Lorsqu'un agent effectue une promesse, il s'engage auprès d'un ou plusieurs autres agents à réaliser une certaine action, à atteindre un certain but.

L'engagement social d'un agent implique une certaine responsabilité chez l'agent en question. Une promesse non tenue aura un impact sur la confiance qu'aura dans le futur un agent déçu envers l'agent fautif. Même une menace, qui est une forme de promesse, aura des conséquences sur la relation entre deux agents si elle n'est pas tenue. L'engagement social est décrit sous la forme suivante:

ENGAGEMENT(<id>,<agent1>,<agent2>,[<td>,<tf>],<id-but>)
 <agent1> correspond à l'agent qui s'est engagé et <agent2> désigne l'agent envers qui <agent1> s'est engagé par rapport au but <id-but>. Par exemple, nous représentons l'engagement d'Atos envers Dartagnan concernant le transport d'une boîte avec Aramis jusqu'à l'atelier de fabrication sous la forme suivante:

```
ENGAGEMENT(eng6,Atos,Aramis,[41,?tf>],but27)

BUT(but27,[Dartagnan,Atos,Aramis],[41,?tf1],.8,prop27)

PROP(prop27,Transporter(AGT([Dartagnan,Atos,Aramis]),
                           OBJ(boîte),
                           ORIG(atelier-travail),
                           DEST(atelier-fabrication)))
```

²¹ Un but *engagé* ou *à-engager* d'un agent implique nécessairement l'engagement personnel de l'agent.

* Les relations interpersonnelles

Tout agent qui évolue dans une société développe des relations interpersonnelles avec d'autres agents [Berlo 1960; Dyer 1983]. Chaque agent impliqué dans une relation interpersonnelle joue un rôle social dans cette relation. Un rôle social décrit une manière de se comporter et de se sentir par rapport à un ou plusieurs autres agents. Il sous-tend un certain type de comportement par rapport aux autres agents impliqués dans la relation et, dans certains cas, des émotions.

La relation interpersonnelle peut être de diverses natures. Elle peut, par exemple, être fondée sur le pouvoir (maître-esclave, employeur-employé, etc.), sur le partage de tâches (collègues de travail, partenaires, etc.), sur un état de fait (mère-enfant, mari-épouse, etc.) ou sur un partage d'émotions positives (amis) ou négatives (ennemis). Une telle relation affecte grandement le comportement d'un agent, car celui-ci va en général essayer de la préserver en respectant les contraintes comportementales associées à son rôle social (voir section 4.2.6.3), à moins qu'il ait avantage à ce que la relation soit modifiée. Il est à noter que deux agents peuvent voir différemment une même relation interpersonnelle. Par exemple, Jean peut considérer sa relation avec Marie comme étant de nature amoureuse alors que Marie peut voir cette même relation comme étant de type "copain-copine".

La relation interpersonnelle est décrite sous la forme suivante:

`RELATION-INT(<id>,<agent>,[<td>,<tf>],<degré>,<id-prop>)`
 <agent> désigne l'agent à qui appartient la vision sur la relation interpersonnelle. <degré> indique le degré de force de la relation. <id-prop> décrit la relation interpersonnelle en termes des agents impliqués et des rôles sociaux joués par chacun d'eux si ceux-ci s'avèrent différents. Sinon, les agents impliqués dans la relation sont énumérés.

Par exemple, le fait que "Dartagnan et Atos sont des collègues de travail", sans rôles sociaux distinctifs, est représenté par:

`RELATION-INT(rel-int1,Dartagnan,[1,?tf],1,prop10)`

`PROP(prop10,collègues-de-travail(PART([Dartagnan,Atos])))`

Une relation de type "employeur-employé" entre Marie et Louise spécifie les rôles sociaux de chacune à l'aide de relations conceptuelles:

`RELATION-INT(rel-int2,Marie,[1,?tf],1,prop11)`

`PROP(prop11,employeur-employé(EMPLOYEUR(Marie),EMPLOYE(Louise)))`

4.2.1.3. Les émotions

Bien que nous visons le développement d'un modèle qui soit implantable pour simuler des conversations entre des agents artificiels, nous désirons également une approche qui soit facilement extensible pour traiter des conversations impliquant des agents humains. Cela nous oblige à prendre en compte dès maintenant les émotions parmi les états mentaux d'un agent locuteur. En effet, les émotions s'avèrent fort importantes dans les conversations impliquant des humains [De Vito 1992; Dyer 1983; Boisvert, Beaudry 1979].

Une émotion est un état mental valué par rapport à un agent, un événement ou une situation dont la nature est déterminée par son origine cognitive [Ortony, Collins 1988]. L'origine cognitive correspond à un ou plusieurs des facteurs suivants: satisfaction d'une préférence ou non, atteinte d'un but avec succès ou avec échec, respect ou transgression des contraintes comportementales précisées dans le rôle social d'un agent impliqué dans une certaine relation interpersonnelle. Par exemple, la joie apparaît chez un agent si un certain état est positif pour lui ou pour quelqu'un qu'il aime. Elle fera place à la tristesse si un autre état a un impact négatif pour lui ou pour un être qui lui est cher.

On s'aperçoit ici qu'il existe deux grandes catégories d'émotions: les émotions de nature individuelle, qui ne concernent que l'agent, et les émotions de nature sociale, provoquées par un ou plusieurs autres agents. Les émotions chevauchent les deux grandes catégories d'états mentaux que nous avons identifiées à la figure 4.1.

Une émotion est décrite sous la forme suivante:

EMOTION(<id>,<agent>,[<td>,<tf>],<degré>,<id-prop>)
 <degré> correspond au degré d'intensité de l'émotion, situé dans l'intervalle [0,1]. 1 désigne une émotion très forte et 0 une absence d'émotion.

Par exemple, le fait que "Jean est très triste" est représenté par:

EMOTION(émotion1,Jean,[1,?tf],1,prop13)

PROP(prop13,Triste(AGT(Jean),QUANT(très))

4.2.1.4. Dérivation des états mentaux

On pourrait s'interroger légitimement sur le caractère primitif ou non des divers états mentaux que nous venons de décrire. Une étude approfondie des propriétés des différents états mentaux et de leurs dérivations possibles à partir d'autres états mentaux demanderait

beaucoup de réflexion. Par conséquent, nous avons exclu une telle étude de notre cadre de travail. Toutefois, nous donnons dans cette section quelques indications sur les états mentaux que nous considérons primitifs et sur ceux qui peuvent être dérivés.

Les *croyances*, les *préférences* et les *capacités* sont trois types d'états mentaux primitifs. Une croyance s'applique sur un fait ou un état mental qu'un agent considère vrai ou faux. Une préférence indique jusqu'à quel point un agent aime ou n'aime pas un objet, une activité ou un état. Une capacité spécifie le degré de compétence d'un agent pour pratiquer une certaine activité.

Nous avons mentionné à la section 4.2.1.1 qu'un *but* passe par divers états. Nous reprenons ces différents états en les définissant en termes d'états mentaux. Tant qu'un but portant sur un contenu propositionnel P n'est pas *atteint* (avec succès ou avec échec) par un agent A, A *ne croit pas* que P est vrai. Les caractéristiques suivantes s'ajoutent à un but, selon son état:

- Un but devient *désiré* s'il *préfère*²² que P devienne vrai dans le futur, compte tenu du contexte courant.
- Un but *désiré* devient *engagé* quand l'agent A *s'engage* personnellement à atteindre le but et qu'il a la *capacité* d'atteindre seul ce but.
- Un but *désiré* devient *à-engager* quand l'agent A *s'engage* personnellement à atteindre le but, mais qu'il n'a pas la *capacité* d'atteindre ce but seul et que les autres agents dont l'intervention s'avère nécessaire pour l'atteinte du but ne se sont pas *engagés*.
- Un but *à-engager* devient *engagé* quand tous les agents dont l'intervention s'avère nécessaire pour atteindre le but se sont *engagés* envers A. Un *engagement social* d'un agent B envers A par rapport à un but implique que ce but est *engagé* pour l'agent B.
- Un but devient *écarté* quand A *ne préfère plus* que P devienne vrai dans le futur.

Un but est *atteint avec succès* quand A *croit* que le contenu propositionnel P devient vrai. Il *échoue* quand A *croit* que P demeure faux alors que A ne s'est pas *désengagé* par rapport au but et qu'il *croit* qu'il est impossible que P devienne vrai dans le futur.

Une *émotion* contient des informations par rapport à un *but*, une *préférence* ou une *relation interpersonnelle*. Selon sa nature, elle indique si l'état mental concerné (but, préférence ou relation interpersonnelle) est satisfait ou menacé aux yeux d'un agent locuteur.

Une *relation interpersonnelle* exprime un *état de fait* entre des personnes (mari-femme, employeur-employé) et/ou des *émotions*

²² A *préfère* que P devienne vrai signifie ici que A aimerait mieux que P soit vrai plutôt que P soit faux.

ressenties par un agent locuteur pour un ou plusieurs autres agents (amis, ennemis).

4.2.2. Les informations temporelles

Dans la section précédente, nous avons associé à chaque état mental un intervalle de temps précisant la période pendant laquelle l'état mental est effectif. Cependant, nous avons décrit le contenu propositionnel des états mentaux d'une manière atemporelle. Or, le temps constitue une information importante qui doit être prise en compte par l'agent locuteur lorsqu'il désire raisonner sur ce contenu propositionnel [Lizotte 1988; Allen 1983a]. Nous associons au contenu propositionnel un intervalle de temps qui est décrit dans une structure différente du contenu propositionnel afin de faciliter le raisonnement sur le temps [Lizotte 1988]:

INTERVALLE(<id-prop>,[<id-temps-début>,<id-temps-fin>])

On peut associer à chacun des identifiants de temps une valeur temporelle avec la structure:

TP(<id-temps>,<valeur>)

La valeur peut être exprimée selon plusieurs échelles de temps: heure ("12:00"), unité de temps numérique employée par les agents (12), etc.

Par exemple, nous représentons "Aramis est situé dans l'atelier de travail au temps 1" par:

PROP(prop1,Situé(AGT(Aramis),LOC(atelier-travail)))

INTERVALLE(prop1,[tp1,tp2])

TP(tp1,1)

Aucune structure n'est employée si la valeur d'une borne est inconnue, comme dans le cas de tp2.

Des contraintes temporelles doivent parfois être spécifiées pour restreindre les valeurs possibles d'une borne temporelle. Une contrainte temporelle s'applique directement sur une borne temporelle <id-temps> par la structure suivante:

CONTR-TMP(<id-temps>,[<relation-temp>,<valeur>])

<relation-temp> peut prendre la valeur "avant", "après", "avant-ou-égal" ou "après-ou-égal". <valeur> correspond soit à une valeur temporelle, soit à un identifiant de temps.

Par exemple, nous représentons "La boîte va être située dans l'atelier de fabrication avant 13:00" par:


```
PROP(prop6,Situé(AGT(boîte),LOC(atelier-fabrication)))
```

```
INTERVALLE(prop1,[tp4,tp5])
```

```
CONTR-TMP(tp4,[avant,"13:00"])
```

Des relations temporelles peuvent également être établies entre des contenus propositionnels (voir section 4.2.4).

4.2.3. Les contraintes d'instanciation

Les contraintes d'instanciation restreignent les valeurs possibles des arguments non-instanciés figurant dans la description des contenus propositionnels. Elles s'avèrent particulièrement utiles en cours de planification. Par exemple, Dartagnan exclut Portos des agents pouvant être impliqués dans le transport de la boîte s'il sait qu'il est occupé. Les contraintes d'instanciation peuvent également être employées pour généraliser des connaissances. Ainsi, dans le cas où plusieurs agents ont les mêmes capacités par défaut, on peut utiliser une seule structure pour spécifier cette capacité et indiquer à l'aide d'une contrainte les agents qui sont doués de cette capacité.

Un ensemble de contraintes <id-contr> est spécifié pour la proposition <id-prop> sous la forme suivante:

```
CONTRAINTE(<id-contr>,<id-prop>,<liste-contraintes>)
```

Par exemple, on décrit la capacité de Dartagnan, Portos, Atos et Aramis à lever un objet pesant au maximum 200 kg par:

```
CAPACITE(cap4,Agent,[1,?tf],1,prop4)
```

```
PROP(prop4,Lever(AGT(Agent),OBJ(Objet)))
```

```
CONTRAINTE(contr3,prop4,
  [dans(Agent,[Dartagnan,Portos,Atos,Aramis]),
   poids(Objet,Valeur),
   Valeur < 200])
```

4.2.4. Les relations conceptuelles entre états mentaux

Les états mentaux ne sont pas isolés, mais font partie d'un réseau. Il existe plusieurs types de relations conceptuelles possibles entre ces composantes, selon la nature des états mentaux. Ces relations peuvent être établies à partir des connaissances que connaît l'agent et des relations qui lui sont communiquées explicitement par des actes de communication. Elles s'avèrent particulièrement utiles pour raisonner et inférer de nouvelles connaissances implicites.

Dans les approches qui ont traité de la modélisation des connaissances contenues dans le modèle d'un agent, les relations entre les états mentaux sont soit très variées [Dyer 1983], soit non identifiées clairement [Cohen, Levesque 1990a; Bouron 1992]. Par conséquent, nous proposons dans cette section un groupe de relations conceptuelles qui expriment aussi bien les liens entre les états mentaux d'un agent que ceux qui existent entre les objets conversationnels²³ d'une conversation (voir chapitre 5).

* **Instanciation**

Une relation d'*instanciation* s'établit entre un état mental <id-état1> de n'importe quel type et une instance <id-état2> de cet état si le contenu propositionnel de <id-état2> précise <id-état1>. Au niveau opérationnel, cela signifie qu'une variable non instanciée dans la description du contenu propositionnel de <id-état2> l'est dans celui de <id-état1>. <id-état2> est une généralisation de <id-état1>. Au niveau conceptuel, nous représentons cette relation sous la forme suivante:

INST(<id-état1>,<id-état2>,<liste-relations>)

<liste-relations> constitue la liste des relations conceptuelles qui sont présentes dans le contenu propositionnel et précisent les concepts qui ont été instanciés dans la description de <id-état1> par rapport à celle de <id-état2>. Cette information s'avère utile dans la modélisation des conversations, car elle permet de préciser sur quel argument des objets conversationnels (OCs) portent les questions de types "*qui?*", "*quoi?*", "*où?*", "*quand?*", "*combien?*". Chaque type de question concerne le concept spécifié au niveau d'une relation conceptuelle particulière dans la description d'un OC. Ainsi, les questions "*Qui va transporter la boîte?*" et "*Où va-t-on transporter la boîte?*" concernent respectivement les concepts situés au niveau des relations conceptuelles AGT et DEST si le transport d'une boîte est décrit comme suit:

Transporter(AGT(?agent),OBJ(boîte),ORIG(?lieu1),DEST(?lieu2))

Par exemple, soit le but but27 qui indique que Dartagnan veut transporter une boîte jusqu'à l'atelier de fabrication avec l'aide d'Atos et d'un autre robot. Si le but but28 spécifie que cet autre robot est Aramis, alors la relation d'instanciation entre but28 et but27 est représentée comme suit:

INST(but28,but27,[AGT])

²³ Les objets conversationnels sont le reflet des états mentaux échangés dans une conversation.

La relation AGT indique que l'agent (ou un des membres) à qui incombe la responsabilité de la satisfaction du but `but27` est précisé dans `but28`. Le choix de AGT est justifié par le fait que les robots impliqués dans le transport de la boîte sont précisés au niveau de cette relation conceptuelle dans la description de `but27` et celle de `but28`.

* Relations temporelles

Les relations temporelles entre des états mentaux sont implicites quand les bornes temporelles associées sont connues, c'est-à-dire qu'elles n'ont pas à être représentées. Cependant, les relations temporelles peuvent s'avérer fort importantes si ces bornes temporelles sont inconnues, particulièrement en ce qui concerne l'ordonnancement des buts à satisfaire.

Les relations temporelles que nous avons retenues sont celles employées par Allen (1983a). Cependant, nous indiquons dans notre formalisme que les relations existent entre les états mentaux alors qu'en réalité elles impliquent les intervalles de temps reliés à leur contenu propositionnel. Les relations sont représentées de la manière suivante:

AVANT(<état1>,<état2>) <état1> avant <état2>, avec un certain intervalle possible

EGAL(<état1>,<état2>) <état1> exactement en même temps que <état2>

SUIT(<état1>,<état2>) <état2> suit immédiatement <état1>

CHEV(<état1>,<état2>) <état2> débute alors que <état1> n'est pas terminé

DURANT(<état1>,<état2>) <état1> débute et se termine pendant <état2>

DEBUT(<état1>,<état2>) <état1> débute au même moment que <état2>

FIN(<état1>,<état2>) <état1> se termine au même moment que <état2>

Par exemple, soit le but `but1` qui doit être satisfait avant le but `but2`. La relation AVANT est établie entre les deux buts comme suit:

AVANT(`but1`,`but2`)

Nous utilisons également les relations temporelles pour décrire l'ordre d'exécution des actions dans les plans stéréotypés (voir section 4.2.6.2).

* Relation de remplacement

On dit qu'il y a relation de remplacement entre deux états mentaux quand un état mental est remplacé par le second dans le modèle

mental de l'agent. Par exemple, supposons que Dartagnan voit Atos dans l'atelier de travail alors qu'il le croyait dans l'atelier de fabrication. Cette perception fera en sorte qu'il mettra à jour son modèle mental afin de remplacer l'ancienne croyance par la nouvelle. Néanmoins, l'ancienne est conservée dans le modèle mental, car l'agent peut éventuellement y référer plus tard dans une conversation ou pour une autre raison. Nous représentons une relation de remplacement de la manière suivante:

REMP(*<id-état1>*,*<id-état2>*)
où *<id-état1>* remplace *<id-état2>*.

* Relation de sous-but

Une relation de *sous-but* relie un but de haut niveau à chacun des buts qui fait partie de sa décomposition. Elle est représentée de la manière suivante:

SS-BUT(*<id-but>*,*<liste-ss-buts>*)
Exemple: SS-BUT(*but1*, [*but2*, *but3*, *but4*])

* Relation de précondition

Un lien de *précondition* unit un état mental E à un but à atteindre G si E est une condition qui doit être vérifiée avant de poursuivre G et si E ne peut lui-même faire l'objet d'un but s'il n'est pas vérifié. Par exemple, un agent ne cherchera à acheter un livre d'un autre agent que s'il croit que l'agent en question a entre les mains le livre désiré. Nous représentons la relation de précondition de la manière suivante:

PREC(*<id-but>*,*<liste-états>*)
où *<id-but>* a comme préconditions les états contenus dans *<liste-états>*.
Par exemple, "le but *but2* a les préconditions *croyance4* et *croyance5*" s'exprime comme suit:

PREC(*but2*, [*croyance4*, *croyance5*])

* Relation de prérequis

Une relation de *prérequis* unit un objet E à un but à atteindre G si E est une condition qui doit être présente avant de poursuivre G et si E peut lui-même faire l'objet d'un but s'il n'est pas vérifié. Par exemple, croire que l'on a en main l'argent nécessaire constitue un prérequis à l'achat d'un objet. Un agent qui croit qu'il n'a pas en main l'argent nécessaire peut prendre les moyens qui s'imposent pour satisfaire le prérequis.

Nous représentons la relation de prérequis de la manière suivante:

PRERQ(<id-but>,<liste-états>)

où <id-but> a comme prérequis les états contenus dans <liste-états>.

Exemple: PRERQ(but3,[croyance5])

* Relation de motivation

Une relation de *motivation* unit un état mental à un but à atteindre quand cet état mental constitue la raison pour laquelle l'agent poursuit le but. Par exemple, supposons que Dartagnan croit qu'il a un trouble de mobilité. Cette croyance constitue une motivation pour éliminer ce trouble. Si la motivation tombe en cours de route, l'agent ne cherche plus à atteindre le but. La relation de motivation est obtenue à partir d'une règle d'activation de but.

Une relation de motivation entre un but <id-but> et la liste de ses motivations <liste-états> est représentée de la manière suivante:

MOTIV(<id-but>,<liste-états>)

La requête constitue un cas spécial de motivation. Un agent peut chercher à atteindre un but seulement parce qu'un autre agent le lui a demandé. Dans un tel cas, l'agent <agent> qui a effectué la requête est conservé dans la liste des états sous la forme requête(<agent>).

Exemple: MOTIV(but10,[requête(dartagnan)])

L'agent sollicité abandonnera le but si <agent> annule sa requête.

* Relation de postcondition

Il y a relation de postcondition entre un état mental et un but si l'état mental en question est prédit sur la base de l'atteinte du but sans être lui-même un but. Par exemple, à un instant donné, Dartagnan a pour but que Portos l'aide à transporter une boîte jusqu'à l'atelier de fabrication. Si le but est atteint, alors Dartagnan, Portos et la boîte se retrouveront dans l'atelier de fabrication. L'effet désiré, c'est-à-dire que la boîte soit dans l'atelier de fabrication, est considéré comme le but qui motive le transport de la boîte alors que les autres effets en sont des postconditions.

Une relation de postcondition entre un but <id-but> et la liste de ses postconditions est décrite comme suit:

POSTC(<id-but>,<liste-états>)

Exemple: POSTC(but4,[croyance6])

* Relation de satisfaction

Une relation de satisfaction s'établit entre un état mental et un but si l'état mental en question vient confirmer l'atteinte du but. Par

exemple, il y a satisfaction du but poursuivi par Dartagnan de lever une boîte quand il croit que lui, Atos et Aramis ont effectivement levé la boîte. Cette relation permet de préciser explicitement comment un but est atteint, particulièrement quand ce but est une action²⁴.

Nous représentons la relation de satisfaction sous la forme suivante:

SATISF(<id-croyance>,<id-but>)

où le contenu propositionnel de <id-croyance>, qui est un événement ou une action, contribue à l'atteinte de <id-but>.

* Relation de désactivation

Une relation de désactivation s'établit entre une croyance et un but si la croyance en question fait que l'on abandonne le but en question parce qu'elle rend le but inutile dans le contexte. Par exemple, si Jean a le but d'appeler Marie dans la journée pour lui donner rendez-vous et que Marie appelle Jean entre-temps, le but original est abandonné. La relation de désactivation est utile pour se souvenir des raisons pour lesquelles des buts poursuivis dans le passé par un agent n'ont pas été menés à terme.

La relation de désactivation est modélisée sous la forme suivante:

DESACT(<id-croyance>,<id-but>)

où <id-croyance> désactive <id-but>.

* Relation de cause

Une relation de *cause* s'établit entre des états mentaux si un état mental ou le contenu propositionnel de cet état constitue la cause d'un autre état mental. Par exemple, si Jean ferme la porte, cela aura pour conséquence que la porte est fermée. Un agent X qui croirait que le cœur d'un patient a cessé de battre et que ce patient est mort pourrait établir une relation de cause entre les deux croyances. La relation de cause est voisine de la condition de postcondition, mais elle n'implique pas des buts. Elle s'applique notamment quand un événement provoque un certain état, ou quand de nouvelles émotions ou relations conceptuelles apparaissent dans le modèle mental d'un agent locuteur.

Nous représentons la relation de cause sous le format suivant:

CAUSE(<id-état1>,<id-état2>)

où <id-état1> constitue la cause de <id-état2>.

²⁴ Les buts de plus haut niveau sont reliés principalement à des sous-buts.

* Relation d'inférence

Une relation d'inférence relie une croyance aux états mentaux qui permettent de l'inférer. Par exemple, quand Dartagnan apprend que Portos doit terminer une tâche entre 12:00 et 14:00, alors il peut inférer que Portos est occupé au cours de cette période de temps. Nous représentons la relation d'inférence sous la forme suivante:

INFER(<id-croyance>,<liste-états>)

où <liste-états> désigne un ou plusieurs états mentaux présents dans le modèle mental qui permettent d'inférer <id-croyance>.

* Relation de transgression

Une relation de transgression relie une croyance concernant un événement à une relation interpersonnelle quand l'événement en question décrit un comportement qui va à l'encontre de la relation interpersonnelle en ne respectant pas une contrainte comportementale (voir section 4.2.6.3). Par exemple, le patron qui croit que l'employé tente de passer par dessus sa tête verra ce comportement comme une transgression de la relation "*employeur-employé*".

Nous représentons la relation de transgression sous la forme suivante:

TRANSG(<id-croyance>,<id-relation-interp>)

où le contenu propositionnel de <id-croyance> transgresse la relation interpersonnelle <id-relation-interp> et menace son existence.

* Relation de conflit

Il y a conflit entre deux états mentaux quand les deux états ne peuvent être présents en même temps dans le modèle mental pour cause d'incompatibilité. Un conflit détecté doit immédiatement être résolu. Parmi les exemples classiques de conflits, on retrouve les croyances contradictoires et les buts incompatibles.

Une relation de conflit est modélisée sous la forme suivante:

CONFL(<id-état1>,<id-état2>)

où <id-état1> et <id-état2> sont incompatibles.

4.2.5. Les règles d'activation

Les règles d'activation précisent les conditions nécessaires pour qu'un nouvel état mental d'un certain type apparaisse dans le modèle mental d'un agent suite à un raisonnement personnel à partir de ses propres états mentaux. Nous avons retenu quatre types de règles d'activation:

- Une règle d'activation de but précise les conditions qui conduisent un agent à sentir le besoin de poursuivre un but. Si la poursuite du but exige un engagement social comme, par exemple, une promesse, cet engagement social est également créé.
- Une règle d'inférence permet à un agent de déduire de nouvelles croyances à partir de croyances déjà existantes.
- Une règle d'activation d'émotion définit les conditions nécessaires pour qu'un agent ressente une certaine émotion.
- Une règle d'activation d'une relation interpersonnelle mentionne les conditions nécessaires pour qu'un agent soit impliqué dans une relation interpersonnelle avec un autre agent.

La description d'une règle d'activation est décrite à l'aide d'une grammaire BNF étendue qui respecte les règles suivantes²⁵:

- Une grammaire est composée de plusieurs règles composées d'un non-terminal, du symbole "::<=" , de la liste de terminaux et de non-terminaux qui définit le premier non-terminal et d'un point-virgule.
- La dernière règle d'une grammaire est terminée par un point.
- Un non-terminal est placé entre crochets ("<>").
- Un non-terminal débutant par `id` désigne un identifiant.
- Un non-terminal débutant par `liste` correspond à une liste d'éléments. Par exemple, `<liste-entier>` désigne une liste d'entiers.
- Un terminal est désigné par un identifiant sans crochet ou par un symbole entouré d'apostrophes. Par exemple, `REGLE-BUT`, `'['` et `']'` sont des terminaux.
- `"|"` désigne la disjonction.
- Les accolades ("`{ }`") indiquent la répétition de 0 à N fois de l'élément qu'ils entourent.
- Les crochets ("`[ ]`") spécifient que l'élément qu'ils englobent est optionnel.
- `"_"` indique un élément indéterminé.

Une règle d'activation est décrite sous le format suivant:

```
<règle> ::= <en-tête> <conditions> '=>' <état-mental> ;
<en-tête> ::= <prédicat> ':' <id-règle>;
<prédicat> ::= REGLE-BUT | REGLE-CR | REGLE-EMOT | REGLE-REL-INT;
<conditions> ::= <condition> {'&' <condition>};
<condition> ::= <état-mental> | <test-sur-valeur>;
<état-mental> ::= <structure-état-mental> '&' <contenu-propositionnel>.
```

²⁵ Nous employons ces conventions pour décrire diverses règles tout au cours de cette thèse.

Par exemple, un agent pourrait avoir la règle d'activation de but suivante:

REGLE-BUT: *rbut1*

```
CROYANCE(?id,?agent,[?td,?tf],?degré,?origine,?id-prop) &
PROP(?id-prop,Trouble(AGT(?agent),TYPE(?type))) &
?degré > .5
=> BUT(?id-but,?agent,[tp,?tf2],1,?id-prop2,état) &
PROP(?id-prop2,NON(trouble(AGT(?agent),TYPE(?type))))
```

Cette règle spécifie que si un agent croit avec une certitude suffisante (.5) qu'il a un certain trouble, alors il a le but d'éliminer ce trouble.

tp est employée pour désigner la valeur du temps courant au moment de l'activation de la règle.

Certains états mentaux sont considérés comme fixes dans notre approche:

- les aptitudes;
- les préférences.

Rien ne nous empêcherait cependant de leur permettre d'évoluer dans certaines circonstances.

4.2.6. Connaissances stéréotypées

Les connaissances stéréotypées englobent de nombreuses connaissances statiques qui permettent à un agent locuteur de raisonner et d'évoluer dans la société. L'agent se base sur les connaissances stéréotypées et ses états mentaux pour générer de nouveaux états mentaux et adopter un comportement qui soit approprié dans le contexte actuel. Par conséquent, les connaissances stéréotypées facilitent la compréhension du comportement des agents.

Nous appelons ces connaissances "connaissances stéréotypées" parce qu'elles sont partagées par un grand nombre d'individus. Cependant, cela ne veut pas dire que toutes les connaissances stéréotypées soient les mêmes pour tous les agents. Certaines connaissances peuvent être connues d'un agent, mais inconnues d'un autre, ou même contradictoires. Nous pouvons considérer les connaissances comme des croyances d'un type particulier.

Nous divisons les connaissances stéréotypées selon les grandes catégories suivantes:

- Grille de types;
- Définition de plans de comportement;

- Définition des rôles sociaux;
- Règles d'incompatibilité;
- Conventions de société.

Examinons ces connaissances.

4.2.6.1. Grille de types

La notion de grille de types a été introduite par Sowa (1984). Elle consiste en une hiérarchie des concepts connus d'un agent. Par exemple, une telle hiérarchie précise qu'un chien est un mammifère qui est lui-même un animal. Chaque type est défini en fonction de ses caractéristiques. La grille de types offre un mécanisme d'héritage, ce qui a comme conséquence qu'un sous-type hérite des caractéristiques du type dont il est l'enfant dans la hiérarchie. Ainsi, le chien hérite des caractéristiques du mammifère.

Il est à noter cependant qu'une instance d'objet peut parfois présenter une caractéristique différente du type dont il fait partie. Cette distinction devra faire partie des croyances d'un agent conscient de cette différence.

Au niveau conceptuel, la grille de types se définit comme suit:

GR-TYPE(<type-parent>,<liste-sous-types>)

où <type-parent> a comme enfant tous les types contenus dans <liste-sous-types>.

Exemple: GR-TYPE(objet-concret,[objet-inanimé,agent])

Il existe une entrée de GR-TYPE pour chacun des types qui figurent dans la grille de types. Comme le montre la figure 4.3, univ désigne le type universel, situé au sommet de la grille, et absurde le type vide, placé au niveau des feuilles. Tous les types héritent des propriétés de leur parent²⁶. Un type peut avoir plusieurs parents (héritage multiple).

²⁶ Sowa dit qu'il existe un lien "IS-A" entre un concept et son parent.

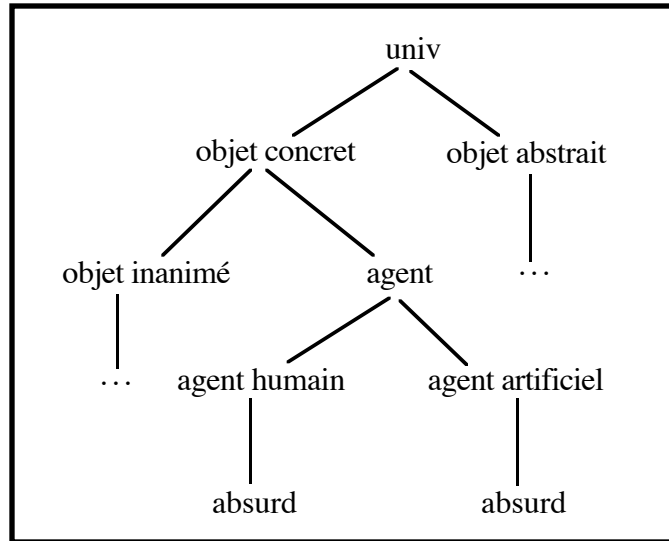


Figure 4.3: Portion d'une grille de types

Chaque type, mis à part `univ` et `absurd`, est décrit à l'aide d'un graphe conceptuel dont le prédicat est le type défini:

`DEF-TYPE(<graphe-conceptuel>)`

Par exemple, la définition d'un agent humain est un agent qui est humain, comme le montre la structure suivante:

`DEF-TYPE(agent-humain(AGT(agent),ATTR(humain)))27`

Il faut noter que cette définition n'est que partielle. Pour obtenir la définition complète d'un concept, il faut prendre en compte la définition de ses parents.

4.2.6.2. Définition de plans de comportement

Un plan de comportement précise de manière générique comment changer intentionnellement l'état de l'environnement ou le modèle mental d'un agent. Par conséquent, les plans de comportement constituent une composante fort importante des planificateurs [Wilensky 1983; Allen 1983b]. Chaque agent dispose d'une banque de plans de comportement qu'il peut utiliser au besoin pour décider de son propre comportement et construire des instances de plans. Dans notre approche, nous distinguons deux niveaux de plans de comportement:

- les schémas d'action;
- les plans stéréotypés.

Examinons chacun de ces niveaux.

²⁷ L'utilisation de la relation AGT n'est pas standard. Elle sert à désigner le concept que l'on définit.

* Schémas d'action

Les schémas d'action définissent les primitives linguistiques ou non-linguistiques par lesquelles l'agent peut agir sur l'environnement ou sur d'autres agents. Ces schémas sont utilisés par un agent pour déterminer si une action est applicable dans un certain contexte et choisir les paramètres de celle-ci avant de l'exécuter. Les schémas d'action non-linguistique définissent des actions non-linguistiques alors que les schémas de communication spécifient le contenu des actes de communication.

Comme nous n'avons pas encore défini ce qu'est un acte de communication, nous ne présentons ici que la structure d'un schéma d'action non-linguistique. Nous décrivons la structure d'un schéma de communication à la section 7.9.

Nous définissons une action non-linguistique de la manière conventionnelle utilisée dans les systèmes de planification, c'est-à-dire en termes de prérequis, de préconditions et de postconditions (voir section 4.2.4). Nous employons le format suivant:

```
<action> ::= <en-tête> [<préconditions>] [<prérequis>]
               <postconditions>;
<en-tête> ::= ACTION: <graphe>;
<préconditions> ::= PREC: <graphe> {'&' <graphe>};
<prérequis> ::= PRERQ: <graphe> {'&' <graphe>};
<postconditions> ::= POSTC: <postcondition> {'&' <postcondition>};
<postcondition> ::= <début-ou-fin> '[' <graphe> ']' ;
<début-ou-fin> ::= DEBUT | FIN.
```

L'emploi de DEBUT et de FIN s'avère utile pour distinguer les états qui deviennent vrais et ceux qui disparaissent suite à l'exécution d'une action.

Par exemple, l'action de "lever un objet" est défini comme suit:

```
ACTION: Lever(AGT(?agent),OBJ(?objet))
PRERQ:  Situé(AGT(?agent),LOC(?lieu)) &
        Situé(AGT(?objet),LOC(?lieu)) &
        A-terre(AGT(?objet))
POSTC:  [DEBUT,En-main(AGT(?agent),OBJ(?objet)) ] &
        [FIN,A-terre(AGT(?objet)) ]
```

Ajoutons que la capacité de l'agent à exécuter l'action constitue une précondition implicite qui s'ajoute à la définition de cette action.

* Plans stéréotypés

Un plan s'avère fort utile pour l'atteinte d'un but visé. Il peut impliquer un seul agent ou, au contraire plusieurs agents qui

s'unissent pour changer l'état du monde et atteindre un but visé. Il existe deux notions de plans dans la littérature.

Il y a le concept de plan stéréotypé, de "recette" employée pour changer l'état du monde. L'opérateur est défini en termes de préconditions, d'actions à réaliser, de postconditions (effets) et de contraintes [Allen 1983b; Litman, Allen 1987; Lambert, Carberry 1992]. C'est cette notion de plan stéréotypé que nous considérons comme faisant partie des connaissances stéréotypées de l'agent. Il y a également le plan, état mental, composé d'un enchaînement de croyances et de buts (intentions) portant sur la réalisation d'actions [Pollack 1990; Sadek 1990]. Les buts, s'ils sont atteints, permettent de confirmer certaines croyances qui avaient été prévues. Un tel plan évolue avec le temps et est construit très souvent en fonction d'un plan stéréotypé connu de l'agent. Dans notre approche, nous considérons que l'ensemble des sous-buts reliés à un but quelconque et les états mentaux associés à ce but à titre de motivation, préconditions, prérequis et postconditions font partie du plan vu comme un état mental. Comme ces informations sont déjà présentes dans les états mentaux d'un agent, nous n'avons pas cru bon d'identifier spécifiquement dans notre approche l'état mental de plan, car celui-ci est implicite.

Le plan stéréotypé est défini comme une action, avec cependant l'indication en plus des actions qui en font partie et des contraintes qui peuvent s'appliquer sur ces actions. Il suit le format suivant:

```

<plan> ::= <en-tête> [<préconditions>] [<prérequis>] <corps>
          <postconditions> [<contraintes>];
<en-tête> ::= PLAN: <id-plan> <graphe>;
<préconditions> ::= PREC: <graphe> {'&' <graphe>};
<prérequis> ::= PRERQ: <graphe> {'&' <graphe>};
<corps> ::= CORPS: <actions>;
<actions> ::= <réf-action> {'&' <réf-action>};
<réf-action> ::= <id-action> ':' <graphe>;
<postconditions> ::= POSTC: <postcondition> {'&' <postcondition>};
<postcondition> ::= <début-ou-fin> '[' <graphe> ']';
<début-ou-fin> ::= DEBUT | FIN;
<contraintes> ::= <contrainte> {'&' <contrainte>};
<contrainte> ::= <relation-temporelle> | <contrainte-instanciation>.

```

Les relations temporelles et les contraintes d'instanciation sont définies de la manière décrite dans les sections 4.2.2 et 4.2.3.

A titre d'illustration, nous fournissons l'exemple d'un plan stéréotypé pour transporter un objet:

PLAN: *plan1*
 Transporter(AGT(?agent),OBJ(?objet),ORIG(?lieu1),DEST(?lieu2))
 PREC: *Situé(AGT(?objet),LOC(?lieu1))*
 PRERQ: *Situé(AGT(?agent),LOC(?lieu1))*
 CORPS: *Action1: Lever(AGT(?agent),OBJ(?objet)) &*
 Action2: Déplacer(AGT(?agent),OBJ(?objet),ORIG(?lieu1),
 DEST(?lieu2)) &
 Action3: Déposer(AGT(?agent),OBJ(?objet),DEST(?lieu2))
 POSTC: *[FIN, Situé(AGT(?objet),LOC(?lieu1))]* &
 [DEBUT, Situé(AGT(?objet),LOC(?lieu2))]
 CONTR: *AVANT(Action1,Action2) &*
 AVANT(Action2,Action3)

Seuls les préconditions, prérequis et postconditions les plus importants sont mentionnés dans le plan stéréotypé. D'autres conditions et effets figurent dans les schémas d'action des composantes du corps. Ajoutons également qu'une action présente dans le corps d'un plan stéréotypé peut être une primitive ou un but décomposable.

Certains plans stéréotypés ne sont pas décrits selon le format que nous venons de présenter. Il s'agit des *plans stéréotypés de communication*. Ces plans regroupent les *plans conversationnels*, les *plans d'émission* et les *schémas de communication*. Un *plan conversationnel* spécifie un but d'émission qu'un agent peut atteindre pour amorcer une conversation motivée par un but conversationnel. Un *plan d'émission* établit le lien entre l'intention d'un agent à communiquer un certain état mental (but d'émission) et un *schéma de communication* qui décrit la structure d'un acte de communication pour un tel contexte. Nous présentons la structure des plans stéréotypés de communication aux sections 7.7 et 7.9.

4.2.6.3. Définition des rôles sociaux

Parmi les états mentaux d'un agent, nous avons distingué les relations interpersonnelles des agents décrites en termes de rôles sociaux. L'agent dispose dans son modèle mental de la définition des rôles sociaux. Une telle définition précise les contraintes comportementales associées à un rôle social. Une contrainte comportementale indique comment un agent doit agir dans le contexte d'une relation interpersonnelle pour la respecter. Le rôle social est décrit sous le format suivant:

```

<rôle-social> ::= <en-tête> <relation-int> <contraintes>;
<en-tête> ::= ROLE-SOCIAL: <type-rôle>;
<contraintes> ::= <contrainte> {'&' <contrainte>};
<contrainte> ::= <graphe> | SI <conditions> ALORS <graphe>;
<conditions> ::= <graphe> { ET <graphe>}.

```

La relation interpersonnelle <relation-int> est décrite selon le format fourni à la section 4.2.1.3.

Par exemple, si on suppose qu'un employé doit faire tout ce que son employeur lui dit de faire, alors le rôle social d'employé peut être décrit sous la forme suivante:

```

ROLE-SOCIAL: employé
REL-INT: employeur-employé(EMPLOYEUR(?employeur), EMPLOYÉ(?employé))
CONSTRAINTES: SI BUT(?id, ?employeur, [?td, ?tf], ?degré, ?id-prop, ?type)
               ET PROP(?id-prop, ?tâche)
               ET Agent(?employé, ?tâche)
               ALORS
                 BUT(?id1, ?employé, [tp, ?tf1], ?degré, ?id-prop, ?type)

```

Il y aura transgression du rôle social de l'employé si celui-ci n'a pas le but de réaliser une tâche pour laquelle il doit être impliqué [*Agent(?employé, ?tâche)*] selon la volonté de son patron.

4.2.6.4. Règles d'incompatibilité

Il est important pour un agent de connaître les faits qui s'avèrent incompatibles pour s'assurer que le contenu de son modèle mental soit cohérent. Par exemple, un même agent ne peut croire qu'un objet se retrouve à deux endroits en même temps. De même, un homme ne peut aspirer à épouser deux femmes différentes en même temps dans une société qui n'approuve que la monogamie. Une règle d'incompatibilité spécifie une situation où deux états mentaux ne peuvent être vrais en même temps si leurs contenus propositionnels ne respectent pas certaines contraintes. Les règles d'incompatibilité sont employées chaque fois qu'un agent considère l'ajout possible d'un nouvel état mental dans son modèle mental (voir sections 7.5 et 7.6)

Une règle d'incompatibilité est représentée à l'aide du format suivant:

```

<règle> ::= REGLE-INCOMPT: <id-règle> <arguments> <contraintes>;
<arguments> ::= ENTRE: <prop> <prop>;
<contraintes> ::= CONTR: <contrainte> {'&' <contrainte>} |
                      <suite-contraintes> {OU <suite-contraintes>};
<suite-contraintes> ::= <contrainte> |
                      '(' <contrainte> {'&' <contrainte>} ')';

```

`<contrainte> ::= <contrainte-temporelle> |
 <contrainte-d-instanciation>.`

Une telle règle spécifie que deux contenus propositionnels ne peuvent être vrais que si l'ensemble des contraintes `<contraintes>` est respecté.

Pour fin d'illustration, nous fournissons la règle d'incompatibilité indiquant qu'un objet ne peut être situé à deux endroits en même temps:

REGLE-INCOMPT: *rincompt1*

ENTRE: *PROP(?id-prop1, Situé(AGT(?objet), LOC(?endroit1)))*
 PROP(?id-prop2, Situé(AGT(?objet), LOC(?endroit2)))

CONTR: *AVANT(?id-prop1, ?id-prop2) OU*
 AVANT(?id-prop2, ?id-prop1)

4.2.6.5. Conventions de société

Plusieurs conventions permettent aux agents de communiquer et de se comporter dans la société adéquatement. Mentionnons les règles culturelles et les conventions touchant la communication. Examinons ces types de conventions.

* Règles culturelles

Certaines règles spécifient le savoir-vivre, la manière de se comporter en société. Par exemple, il est de coutume dans notre société de donner 15% de pourboire au restaurant si le service est bon. Les règles culturelles peuvent être intégrées comme des plans stéréotypés particuliers qui sont propres aux agents d'une société.

* Conventions liées à la communication

Plusieurs conventions régissent la communication entre agents pour leur permettre d'interagir avec succès. Parmi les conventions qui nous apparaissent importantes dans une conversation, mentionnons les suivantes:

Structure générale d'une conversation

Toute conversation passe par certains états. Les agents connaissent, consciemment ou non, ces états et les transitions acceptables.

Enchaînement des actes de communication

Quand un agent exécute un certain acte de communication, seuls certains types de réactions de la part d'un autre agent impliqué dans la conversation sont acceptables dans le contexte pour que la conversation soit jugée cohérente. Par exemple, l'agent qui pose une

question à son collègue s'attend à une réponse de celui-ci. Les conventions qui régissent les enchaînement des actes de communication font partie des connaissances des agents.

Prise d'initiative

Dans une conversation, ce n'est pas toujours le même agent qui prend l'initiative. Cependant, il y a certaines conventions qui touchent la manière de prendre l'initiative. Ces conventions s'avèrent fort importantes pour éviter que les agents parlent tous en même temps et pour qu'ils réagissent au moment opportun.

Formulation et interprétation des actes de communication

Dans un acte de communication, on peut employer des actes de discours qui peuvent être directs ou indirects. Le message véhiculé par un acte de discours direct équivaut à son interprétation littérale, ce qui n'est pas le cas pour un acte de discours indirect. Par exemple, on peut formuler une requête en écoutant l'acte de discours indirect "Peux-tu me passer le sel?" plutôt que l'acte de discours direct "Passe-moi le sel". Certaines conventions précisent les circonstances et la manière de reconnaître et de formuler correctement un acte de discours, direct ou indirect, en fonction du contexte.

Connaissances linguistiques

Pour un agent qui désire communiquer en langue naturelle, ces informations s'avèrent essentielles. Les connaissances seront différentes en fonction de la langue employée (français, anglais, espagnol, etc.).

Le prochain chapitre traite plus en détail des trois premières catégories de conventions touchant la communication. Les chapitres 6 et 7 traitent de celles touchant l'interprétation et la génération des actes de communication. Les connaissances linguistiques ne sont décrites que partiellement dans cette thèse, car nous ne visons pas à court terme la simulation de conversations en langue naturelle.

Cependant, nous en tenons compte dans notre représentation conceptuelle des actes de communication en modélisant des éléments tels que le mode de l'acte (déclaratif, interrogatif, impératif, exclamatif), la prosodie et les marqueurs.

4.3. Exemple

A titre d'illustration, nous présentons une partie du modèle mental de Dartagnan avant sa conversation avec Portos. Cette conversation est présentée à la figure 4.4.

Nous montrons dans cette section des états mentaux de Dartagnan, c'est-à-dire des capacités, des croyances et des buts, de même que les attributs, les informations temporelles et les contraintes qui y sont rattachés. A toutes ces connaissances s'ajoutent des règles d'activation et des connaissances stéréotypées que nous ne mentionnons pas ici. Les états mentaux de Portos sont similaires à ceux de Dartagnan, sauf les buts.

Dartagnan:	<i>Portos!</i> <i>J'ai besoin de ton aide pour transporter une boîte de 500 kg jusqu'à l'atelier de fabrication pour 13:00.</i>
Portos:	<i>Désolé!</i> <i>Je ne peux pas t'aider parce que je dois travailler entre 12:00 et 14:00.</i>
Dartagnan:	<i>Ca ne fait rien.</i>

Figure 4.4: Dialogue entre Dartagnan et Portos

* Capacités

Les capacités que nous montrons ici sont importantes pour Dartagnan qui doit trouver un plan pour transporter une boîte de 500 kg jusqu'à l'atelier de fabrication. Nous supposons que les capacités sont les mêmes pour tous les agents, d'où nous les décrivons d'une manière générique. L'argument qui spécifie l'agent doté de la capacité n'est pas instancié, mais ses valeurs possibles sont restreintes par une contrainte d'instanciation.

- *Dartagnan et tous les autres agents qu'il connaît (Portos, Atos et Aramis) sont capables de lever individuellement un objet dont le poids est inférieur à 200 kg.*

CAPACITE(cap4,?agent,[1,?tf],1,prop4)

PROP(prop4,Lever(AGT(?agent),OBJ(?objet)))

CONTR(contr3,prop4,

[dans(?agent,[Dartagnan,Atos,Portos,Aramis]),

poids(AGT(?objet),VAL(?valeur))),
 ?valeur < 200])

- *Un groupe d'agents est capable de lever un objet si chacun des agents n'a pas à soulever plus de 200 kg.*

CAPACITE(cap5,?agent,[1,?tf],1,prop5)

PROP(prop5,Lever(AGT(?gr-agent),OBJ(?objet)))

CONTRAINTE(contr4,prop5,
 [inclus(?gr-agent,[dartagnan,portos,atos,aramis]),
 poids(AGT(?objet),VAL(?valeur)),
 cardinal(?gr-agent,?n),
 ?valeur ≥ ?n * 200])

Des capacités similaires sont spécifiées pour les actions consistant à déplacer et déposer un objet. Ces actions font partie du plan stéréotypé pour transporter un objet (voir section 4.2.6.2).

* Croyances

Nous spécifions certaines croyances de Dartagnan. La plupart des croyances réfèrent à une proposition à laquelle est associé un intervalle de temps. Des structures spéciales sont employées pour spécifier la valeur d'une borne temporelle ou une contrainte s'appliquant sur celle-ci. Les croyances sont supposées être connues de tous les agents, ce qui explique l'emploi d'un attribut de diffusion.

- *Dartagnan croit depuis le temps 1 que Dartagnan, Portos, Atos et Aramis sont situés dans l'atelier de travail.*

CROYANCE(croyance1,Dartagnan,[1,?tf],1,perçu,prop1)

PROP(prop1,Situé(AGT(?agent),LOC(atelier-travail)))

CONTRAINTE(contr1,prop1,
 [dans(?agent,[Dartagnan,Portos,Atos,Aramis])])

INTERVALLE(prop1,[tp1,tp2])

TP(tp1,1)

DIFFUSION(croyance1,tous)

La présence de l'attribut de DIFFUSION indique que Dartagnan croit que tous les agents locuteurs croient que Dartagnan croit le contenu propositionnel de croyance1.

- *Dartagnan croit qu'une boîte de 500 kg est située dans l'atelier de travail depuis le temps 1.*

CROYANCE(croyance3,Dartagnan,[1,?tf],1,perçu,prop3)

PROP(prop3,Situé(AGT(boîte @500 kg),LOC(atelier-travail)))

INTERVALLE(prop3,[tp1,tp3])

DIFFUSION(croyance3,tous)

Une croyance est définie pour chacune des capacités d'un agent. Par exemple, *Dartagnan croit en la capacité cap4 définie précédemment.* est représentée par:

CROYANCE(croyance4,Dartagnan,[1,?tf],1,perçu,

ETAT-MENTAL(capacité,cap4))

DIFFUSION(croyance4,tous)

* Buts

Nous fournissons les buts de Dartagnan et de Portos juste avant que Dartagnan ait décidé de demander de l'aide auprès de Portos. Nous supposons que le but de Dartagnan a été motivé par une requête de l'atelier de fabrication. Le but de Portos, quant à lui, n'est connu que de lui seul et son origine n'a pas d'importance ici. Chaque agent s'est engagé personnellement à atteindre ses propres buts.

- *Dartagnan veut qu'une boîte de 500 kg soit située dans l'atelier de fabrication avant 13:00 .*

BUT(but6,Dartagnan,[11,?tf],.8,prop6,état)

PROP(prop6,Situé(AGT(boîte @500 kg),LOC(atelier-fabrication)))

INTERVALLE(prop6,[tp4,tp5])

CONTR-TMP(tp4,[avant,"13:00"])

MOTIV(but6,requête(atelier-fabrication))

ETAT-BUT(but6,engagé)

- *Portos doit travailler entre 12:00 et 14:00 .*

BUT(but25,Portos,[10,?tf],.8,prop9,action)

PROP(prop9,Travailler(AGT(Portos)))

INTERVALLE(prop9,[tp6,tp7])

TP(tp6,"12:00")

TP(tp7,"14:00")

ETAT-BUT(but25,engagé)

Après avoir expliqué le fonctionnement d'un agent locuteur au chapitre 7, nous montrons à la section 7.11 comment les états mentaux de Dartagnan évoluent avec le temps de manière à pousser Dartagnan à entrer en conversation avec Portos pour lui demander de l'aide.

4.4. Comparaison avec des approches pertinentes

Cette section a pour but de comparer notre façon de représenter le modèle mental d'un agent avec les approches qui nous ont servi d'inspiration. Ces approches touchent la modélisation de l'un ou plusieurs des éléments suivants: agent humain ou artificiel, planificateur, conversation, acte de discours, texte quelconque. La présente section procède par l'examen des composantes du modèle mental décrites à la section 4.2.

*** Croyances, buts et plans**

Plusieurs approches mettant en oeuvre des planificateurs [Allen 1983b; Appelt 1985] et/ou des agents capables de communiquer [Cohen, Levesque 1990b; Perrault 1990; Sadek 1990] se limitent aux états mentaux suivants:

- croyances;
- intentions ou buts;
- plans.

Les croyances constituent les états mentaux de base. On les retrouve dans toutes les approches. Cependant, certains chercheurs, comme Perrault (1990) et Allen (1983b), ont cru bon de distinguer les connaissances des croyances. Selon eux, une connaissance est une croyance qui correspond à la vérité (connaissance absolue ne pouvant être démentie). Selon nous, cette notion ne s'applique que si l'on suppose qu'il existe un agent omniscient qui connaît toute la vérité. Comme nous n'avons pas retenu cette hypothèse dans notre approche, nous n'y avons pas inclus l'opérateur de connaissance. Parfois, les opérateurs de croyances faibles (avec doute) [Lambert, Carberry 1992] et de croyance sur la valeur de vérité d'un fait [Allen 1983b; Sadek 1990] sont employés. Dans notre approche, le degré de croyance permet de représenter facilement l'équivalent du premier type d'opérateur. Nous pouvons également recréer le second en

laissant le degré de croyance non instancié dans la description de la croyance.

La notion de but se retrouve dans tous les systèmes de planification [Allen 1983b; Wilensky 1983; Appelt 1985]. Elle correspond à un état potentiel qu'un ou plusieurs agents désire atteindre [Moulin 1987]. Le but est différent du simple désir, car il est directement relié à la notion d'intention [Cohen, Levesque 1990a; Bratman 1990]. Cohen et Levesque considèrent qu'une intention est un but persistant comportant un engagement personnel qui est poursuivi par un agent tant qu'il n'est pas atteint et qu'il subsiste des chances raisonnables de l'atteindre. Ils distinguent également l'intention reliée à un état et l'intention reliée à une action. Dans notre approche, nous considérons qu'un but est une intention qu'une action soit exécutée ou qu'un état devienne effectif, comme le suggère Bouron (1992). En d'autres mots, l'intention est sous-jacente à la notion de but. Pour un planificateur intelligent, il s'avère très important de chercher en tout premier lieu à atteindre les buts les plus prioritaires [Galliers 1988]. Une façon de distinguer les buts les plus importants est d'associer à chaque but un degré de priorité [Lizotte, Moulin 1989].

Comme nous l'avons déjà mentionné à la section 4.2.6.2, il existe deux visions de la notion de plan dans la littérature: le plan vu comme une recette toute faite et le plan vu comme un état mental spécifiant les intentions d'un agent. Dans notre approche, nous prenons en compte la première vision en employant des plans stéréotypés. La seconde vision correspond à l'ensemble des sous-buts et autres états mentaux associés à un but en tant que motivations, préconditions, prérequis ou postconditions de ce but.

*** Capacités**

L'état mental de capacité a été introduit par Shoham (1993) et reprise par Thomas (1993). La capacité précise ce qu'un agent est capable de faire. Comme le souligne Shoham, il est très important pour un agent de pouvoir raisonner sur ses propres capacités et sur celles des autres agents quand vient le moment d'élaborer des plans impliquant lui seul ou d'autres agents. Dans la plupart des autres approches, les capacités ne sont pas des états mentaux particuliers mais sont intégrés dans les croyances. Nous avons étendu la notion de capacité par l'indication d'un degré d'expertise qui peut servir à orienter le choix d'un agent en cours de planification.

***Préférences**

Certains chercheurs considèrent que les préférences affectent le comportement d'un agent et ont un impact sur ses états mentaux.

Galliers (1988) considère qu'une préférence décrit une relation entre une paire de propositions et un but. Par exemple, un agent peut choisir de faire P plutôt que Q seulement parce qu'il préfère P à Q. Ortony et Collins (1988) soulignent également l'importance des préférences au niveau des états mentaux d'un agent, mais leur notion de préférence ne couvre pas les actions et se limitent aux objets. Selon eux, un agent peut aimer ou détester un objet avec une certaine intensité. Dans notre approche, la préférence indique si un agent aime ou déteste un objet ou une action. Le degré d'intensité permet de nuancer les préférences.

*** Engagements**

L'engagement ("commitment") est une notion fort importante dans plusieurs approches concernant la description de travaux coopératifs informels dans les organisations humaines [Fikes 1982], les actes de discours [Winograd 1988; Cohen, Levesque 1990a, 1991] et les comportements des agents dans les systèmes distribués [Bond 1989]. Selon Fikes (1982), les tâches sont sociales par nature en ce sens qu'elles sont exécutées par quelqu'un pour quelqu'un (soi-même ou un autre agent). Cela a pour conséquence qu'un agent qui s'engage à exécuter une action passe un "contrat" avec l'agent pour qui l'action va être exécutée. Comme ce dernier agent peut être l'exécutant de l'action, il convient de distinguer les engagements individuels (pris envers soi-même) des engagements sociaux (pris envers d'autres agents).

L'engagement individuel correspond à l'engagement tel que vu dans la théorie de l'action rationnelle de Cohen et Levesque (1990a). L'engagement est alors interne à un agent: il désigne un but persistant pour effectuer une certaine action sous certaines conditions se rapportant à l'état mental de l'agent. Dans notre approche, l'engagement individuel est sous-jacent au but. Quand un agent poursuit un but, il s'engage envers lui-même à atteindre le but en question.

L'engagement social, par contre, est à la fois interne et externe à l'agent. Celui-ci ne fait pas que passer un contrat envers lui-même, mais également avec un ou plusieurs autres agents par l'intermédiaire d'un acte de communication comme une promesse. Winograd (1988) étend la notion d'engagement à tous les types d'actes de discours. Par exemple, un acte linguistique de type assertif engage le locuteur sur la validité de la proposition communiquée alors qu'une promesse engage ce même agent sur un but à atteindre. D'autres chercheurs, comme Cohen et Levesque (1991), ne mettent pas tant l'emphasis sur les engagements sous-

jacents aux actes de discours que sur ceux unissant plusieurs agents impliqués dans des tâches collectives et des plans conjoints.

Nous ne considérons qu'il y a engagement social seulement s'il y a une promesse directe (*Je promets de venir*) ou indirecte (*Vas-tu venir? Oui*). Cette vision de l'engagement social rejoint également celle de Cohen et Levesque (1991) en ce sens que les agents impliqués dans une tâche commune doivent généralement s'être entendus au préalable par l'intermédiaire d'actes de discours.

*** Relations interpersonnelles**

Les chercheurs s'étant intéressés à la communication humaine soulignent l'importance des relations interpersonnelles et des rôles sociaux sous-jacents dans un groupe et dans une société [Berlo 1960; De Vito 1992]. On ne parle pas de la même façon à un supérieur ou à un collègue de travail. Les relations interpersonnelles constituent un facteur essentiel dont il faut tenir compte pour comprendre le comportement des agents humains quand ils interagissent [Dyer 1983].

On retrouve également cette notion de relations interpersonnelles dans plusieurs approches multi-agents. Par exemple, le réseau contractuel [Smith, Davis 1981] est un protocole d'appel d'offres qui repose sur les rôles sociaux de gestionnaire ("manager") et de contractant, où le gestionnaire effectue l'annonce d'une tâche et attend l'offre de service des contractants avant de choisir celui qui lui convient le mieux. Dans ce protocole, les relations interpersonnelles ne sont pas fixes mais évoluent avec le temps, un agent pouvant être tour à tour gestionnaire et contractant.

L'approche de la métaphore scientifique [Kornfeld, Hewitt 1981] constitue un autre exemple d'approche où l'on spécifie certains rôles sociaux dans une équipe d'agents cherchant à résoudre un problème. Un proposeur suggère des solutions possibles au problème à résoudre, un secondeur collige des preuves, un sceptique agit comme un avocat du diable et un évaluateur fait ses recommandations à l'équipe.

Dans notre approche, la relation interpersonnelle peut impliquer deux agents ou plus. Elle est décrite en termes des rôles sociaux joués par chacun d'eux, comme le préconise Dyer (1983). Il est à noter que dans une conversation, on pourrait considérer que chacun des agents impliqués joue un rôle social particulier (initiateur, participant, observateur).

* Emotions

L'émotion joue un rôle très important dans le comportement humain [De Vito 1992; Beaudry, Boisvert 1979] mais n'a pas d'impact sur l'agent artificiel, à moins que celui-ci ne soit amené à interagir avec un agent humain ou à simuler ou comprendre un comportement humain. Par exemple, Dyer (1983) prend en compte les émotions dans un système de compréhension de textes narratifs mettant en vedette des agents humains. Ortony et Collins (1988) proposent une théorie cognitive de l'émotion qui puisse être implantée sur ordinateur.

Par conséquent, nous avons choisi d'intégrer l'émotion dans notre approche en nous inspirant des travaux de Dyer et de ceux effectués par Ortony et Collins. Dans les deux cas, une émotion a une certaine intensité que nous représentons dans notre approche par l'intermédiaire d'un degré d'intensité. L'origine des émotions est mentionnée dans les règles d'activation des émotions.

* Contraintes et temps

Tout planificateur qui se respecte doit raisonner sur les contraintes. On n'a qu'à consulter la description des structures employées pour se rendre compte que très souvent elles contiennent des contraintes qui restreignent les valeurs possibles de variables non instanciées [Allen 1983b; Lizotte 1988]. Nous décrivons les contraintes d'instanciation à l'aide des opérateurs d'égalité (=), d'inégalité (< >) et de comparaison (<, >, ≤, ≥).

Il existe également d'autres types de contraintes. Les contraintes d'ordonnement sont décrites à l'aide des relations temporelles proposées par Allen (1983a) dans la définition des plans stéréotypés et entre les états mentaux pertinents. Les règles d'incompatibilité sont également une autre catégorie de contraintes [Lizotte, Moulin 1989].

* Relations conceptuelles

Les états mentaux d'un agent sont reliés par l'intermédiaire de relations conceptuelles. D'un autre côté, une conversation exprime une partie du modèle mental des agents impliqués. Donc, les relations qui existent entre les actes de discours d'une conversation constituent un reflet des relations qui peuvent relier les états mentaux d'un agent.

Malheureusement, il n'existe pas de travail universellement reconnu qui identifie clairement les relations possibles entre les états mentaux. Plusieurs chercheurs ne décrivent pas clairement ces relations [Cohen, Levesque 1990a; Bouron 1992] parce qu'elles ne

s'avèrent pas cruciales dans leurs approches. D'autres proposent un ensemble de relations qui leur est propre [Dyer 1983] mais qui demeure somme toute discutable, compte tenu des états mentaux qui ont été retenus en fonction des objectifs poursuivis.

D'autres chercheurs se sont plutôt attardés à la structure d'un texte en terme de relations entre les propositions d'un texte. La théorie de la structure rhétorique (Rhetorical Structure Theory, ou RST), proposée par Mann et Thompson (1987), s'avère fort populaire, mais malheureusement, elle ne s'applique pas à la conversation. De plus, elle est contestée par certains qui lui reprochent de ne pas offrir un ensemble de relations qui soit complet [Cawsey 1992; Maybury 1993]. En fait, plusieurs chercheurs en linguistique computationnelle ont enrichi et modifié ces relations en fonction de leurs besoins [Rambow 1993].

Nous en sommes venus à la conclusion que nous devons identifier nos propres relations conceptuelles pouvant relier les types d'états mentaux. Ces relations ont été inspirées des connaissances stéréotypées présentes dans le modèle mental d'un agent et par les travaux existants que nous avons examinés. Cet ensemble de base pourra être enrichi au besoin.

*** Règles d'activation**

Les états mentaux apparaissent dans le modèle mental d'un agent lorsque certaines conditions sont satisfaites. Les états mentaux servent à préciser ces conditions. On retrouve l'équivalent de telles règles dans plusieurs approches. Dans la programmation par agents ("agent programming") [Shoham 1993], des règles spécifient comment l'agent transforme son modèle mental et quelle devrait être sa réaction en terme de message à transmettre lorsqu'il reçoit un certain type de message. Cette réaction dépend des états mentaux de l'agent à ce moment. Dans les planificateurs, on a toujours des règles de sélection de buts qui précisent les conditions qui poussent un agent à poursuivre un but [Lizotte, Moulin 1989; Allen 1983b]. Partant de cette philosophie, nous avons choisi d'avoir des règles d'activation pour chacun des types d'états mentaux non fixes. Seules les préférences et les capacités ne font pas l'objet de règles d'activation. Cependant, rien ne nous empêcherait d'étendre l'approche en permettant à ces états mentaux de varier avec le temps. Dans ce cas, nous aurions à préciser certaines règles d'activation pour ces deux catégories.

*** Connaissances stéréotypées**

Nul n'est besoin de mentionner l'importance des connaissances stéréotypées dans la communication humaine. On retrouve aussi toujours ce genre de connaissances dans les systèmes de planification, de compréhension et de génération pour leur permettre de raisonner correctement et d'adopter le comportement approprié face à une situation donnée.

Les définitions constituent un élément essentiel pour ces systèmes. Les systèmes de planification comportent toujours des définitions d'opérateurs qui leur permettent d'agir adéquatement à l'intérieur de leur environnement. Ces opérateurs se divisent en deux niveaux: les actions et les plans stéréotypés [Allen 1983b; Lizotte 1988]. Les concepts sont également définis et situés les uns par rapport aux autres dans les systèmes qui permettent le raisonnement fin au niveau des concepts [Dyer 1983; Lizotte 1988]. Ces informations s'avèrent particulièrement importantes pour les systèmes de compréhension et de génération. Comme la conversation est vue dans notre approche comme une interaction entre des planificateurs intelligents et qu'elle implique à la fois des processus de compréhension et de génération, nous avons inclus dans le modèle mental d'un agent les définitions d'opérateurs et de concepts, en profitant cependant du mécanisme d'héritage qu'offre la grille de types [Sowa 1984]. Nous avons également inclus parmi les définitions les rôles sociaux en termes de contraintes comportementales, en nous inspirant des idées proposées par Dyer (1983), afin de faciliter le raisonnement sur les relations interpersonnelles. Cet aspect n'est en général pas couvert par les systèmes de planification.

Les règles d'incompatibilité font partie intégrante des systèmes de planification qui traitent des conflits entre buts [Wilensky 1983; Lizotte, Moulin 1989]. Elles s'avèrent également fort importantes pour assurer le maintien de la cohérence au niveau des autres états mentaux, en particulier les croyances. Certains chercheurs intègrent ces règles à l'intérieur de plans stéréotypés [Lambert, Carberry 1992].

De nombreux chercheurs en communication [Berlo 1960; De Vito 1992], en philosophie du langage [Searle 1975; Grice 1975] et en intelligence artificielle [Cawsey 1992; Traum, Hinkelman 1992] s'accordent pour dire que l'interaction entre agents est une affaire de conventions. Mentionnons à titre d'exemple les maximes conversationnelles de Grice (1975) qui spécifient certaines règles que les interlocuteurs devraient respecter pour une communication de très bonne qualité. Ces conventions touchent plusieurs niveaux de la

conversation. Nous incluons parmi celles-ci les conventions culturelles qui ont un impact direct sur le comportement linguistique et non-linguistique des agents [De Vito 1992].

4.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté tout d'abord un formalisme inspiré des travaux de Sowa pour décrire le contenu du modèle mental d'un agent. Par la suite, nous avons détaillé ce contenu à l'aide du formalisme suggéré: états mentaux, informations temporelles, contraintes d'instanciation, relations conceptuelles entre états mentaux, règles d'activation et connaissances stéréotypées. Puis nous avons comparé ces composantes avec certains travaux pertinents.

Selon notre approche, le modèle mental doit être initialisé pour contenir une bonne quantité de connaissances et d'états mentaux qui rendent l'agent apte à évoluer dans son environnement et interagir avec d'autres agents. Le contenu du modèle mental est modifié avec le temps, particulièrement lorsque l'agent est impliqué dans des conversations. En effet, la conversation constitue un moyen privilégié d'acquérir et de transmettre de nouvelles connaissances et de nouveaux états mentaux.

Nous décrivons dans le chapitre suivant le modèle d'une conversation. Nous supposons que celle-ci est un reflet d'une partie des modèles mentaux des agents impliqués et qu'elle se déroule selon plusieurs perspectives de communication.

Chapitre 5

Modèle d'une conversation

Ce chapitre décrit les structures conceptuelles que nous préconisons pour modéliser le contenu d'une conversation en prenant en compte diverses facettes de communication. Puis il compare le modèle avec d'autres approches.

5.1. Contenu du modèle

Nous avons mentionné au chapitre 3 qu'une conversation se déroule selon plusieurs formes et facettes de communication (voir tableau 3.1). Le modèle d'une conversation dans notre approche prend en compte ces facettes, sauf la sous-facette de gestion de la qualité de l'information. Nous supposons que les informations communiquées entre les agents sont correctes quant aux concepts échangés.

Nous proposons quatre structures pour modéliser une conversation:

- le *descripteur de conversation*, qui traite la sous-facette de maintenance de la communication;
- le *réseau d'objets conversationnels*, qui couvre les sous-facettes de transfert d'états mentaux, de gestion des émotions et de gestion des relations interpersonnelles;
- l'*agenda d'initiative*, qui concerne la sous-facette de gestion de la prise d'initiative;
- l'*agenda de négociation*, qui touche la gestion du sujet.

Toutes ces structures sont gérées par l'agent de conversation. La présente section décrit ces structures et les conventions préconisées pour leur gestion.

5.1.1. Descripteur de conversation

Considérant la sous-facette de maintenance de la communication, toute conversation évolue en passant par divers états. Ces états et les transitions valides pour passer de l'un à l'autre sont modélisés dans le cycle de vie d'une conversation présenté à la figure 5.1. Ce cycle de vie suit les mêmes conventions de base que celui d'un but décrit à la figure 4.2. Les transitions permises entre les états sont assurées par certaines énonciations dont le rôle est décrit dans le tableau 5.1. Une flèche qui part d'un certain état et pointe vers ce même état signifie que la conversation demeure dans l'état en question le temps de plusieurs énonciations. C'est ce qui se produit notamment au cours des énonciations qui font partie de séquences d'ouverture ou de fermeture d'une conversation qui n'ont pour rôle respectif que d'ouvrir et de fermer la conversation. La figure distingue les transitions préférables (traits noir foncé) et celles qui le sont moins (traits pointillés).

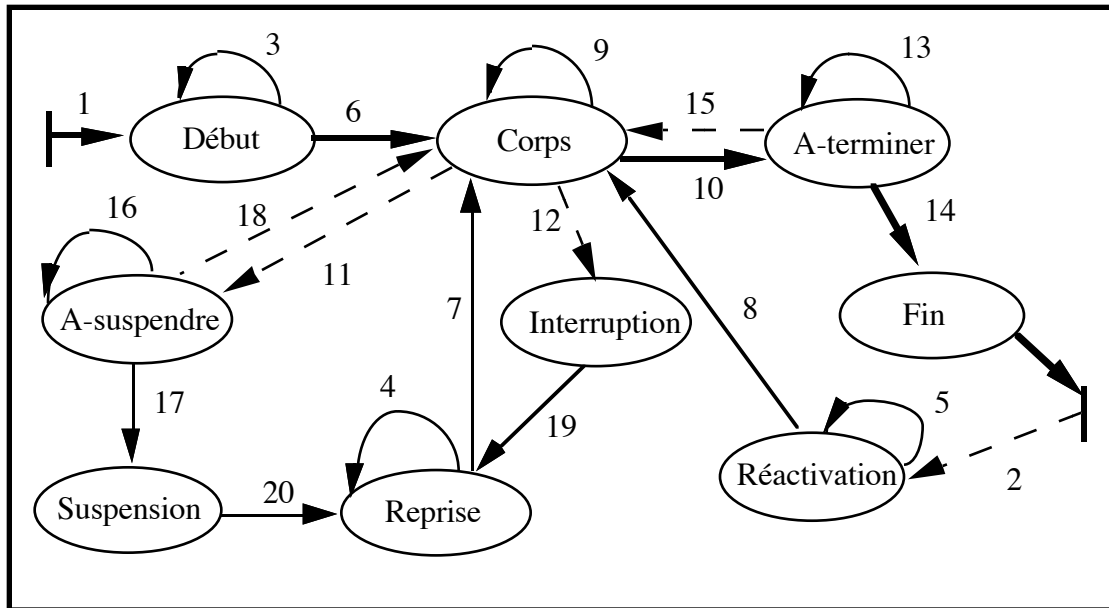


Figure 5.1: Cycle de vie d'une conversation

Une conversation est dans l'état *Début* quand un agent locuteur entame une conversation. Elle peut demeurer dans l'état *Début* si les agents locuteurs s'engagent dans une séquence d'énonciations d'ouverture. Puis elle passe par un état appelé *Corps* qui est l'état conversationnel dans lequel les négociations à propos des OCs ont lieu (voir section 5.1.2). Quand les agents locuteurs désirent terminer leurs échanges, la conversation passe dans l'état *A-Terminer* qui peut comprendre une séquence d'énonciations. Par la suite, elle passe dans l'état *Fin* qui constitue un état terminal (->!).

TRANSITIONS	DESCRIPTION
1	Un agent débute la conversation.
2	Un agent reprend une conversation qui avait été terminée (se retrouvait dans l'état <i>Fin</i>).
3,4,5	L'énonciation fait partie d'une séquence d'ouverture (de reprise) d'une conversation.
6,7,8	L'énonciation n'a plus pour rôle d'ouvrir (de reprendre) la conversation, mais concerne plutôt un OC spécifique.
9	L'énonciation concerne un OC spécifique.
10	L'énonciation a pour rôle de proposer de terminer la conversation.
11	L'énonciation a pour rôle de proposer de suspendre la conversation.
12	Un événement extérieur aux agents locuteurs vient interrompre la conversation.

13	L'énonciation fait partie d'une séquence de terminaison d'une conversation.
14	Les agents se sont mis d'accord pour mettre fin à la conversation.
15	La proposition d'interruption est refusée par un agent qui revient sur un OC en particulier.
16	L'énonciation fait partie d'une séquence pour négocier la suspension de la conversation.
17	Les agents se sont mis d'accord pour suspendre la conversation.
18	La proposition de suspension de la conversation est refusée par un agent qui revient sur un OC en particulier.
19	Un agent rentre en contact avec les participants d'une conversation interrompue.
20	Un agent rétablit le contact avec les participants d'une conversation suspendue.

Tableau 5.1: Transitions dans le cycle de vie d'une conversation

Si un agent souhaite suspendre une conversation, il peut passer de l'état *Corps* à l'état *A-Suspendre*. Nous pouvons également avoir à ce niveau une séquence d'énonciations de suspension. Si les agents locuteurs sont d'accord à propos de la suspension, la conversation va dans l'état *Suspension*. S'ils ne sont pas d'accord, la conversation revient dans l'état *Corps*. Elle passe par l'état *Reprise* quand le locuteur qui a été à l'origine de son interruption la reprend. Elle peut demeurer dans cet état si les locuteurs entrent dans une séquence d'énonciations pour la reprendre. Sinon, elle revient dans l'état *Corps*.

Une interruption de conversation peut être causée par un événement externe aux agents locuteurs: la conversation passe alors dans l'état *Interruption*. Quand un agent rouvre le canal de communication, la conversation passe dans l'état *Reprise*. Dans certains cas un agent peut décider de réactiver une conversation (état *Réactivation*) qui était dans l'état *Fin*. A ce stade, les agents peuvent également s'engager dans une séquence d'énonciations pour discuter de la pertinence de réactiver la conversation. A partir de l'état *Réactivation*, la conversation peut passer dans l'état *Corps* dans lequel elle progresse.

Le descripteur de conversation est décrit conceptuellement à l'aide de la structure suivante:

CONVERSATION(<id-conversation>,<état>,[<td>,<tf>])

Cette structure précise l'identifiant de la conversation, l'état dans lequel elle se trouve et l'intervalle de temps associé. Elle est employée pour chacun des états par lesquels la conversation passe. Par exemple, si une conversation passe par les états *Début*, *Corps*, *A-terminer* et *Fin*, quatre structures de conversation s'avèrent nécessaires pour modéliser la sous-facette de maintenance de la conversation.

Une conversation est caractérisée par une ou plusieurs périodes, notamment pour traiter les conversations de groupes et l'ajout et le retrait de participants dans la conversation. Une période conversationnelle est décrite conceptuellement à l'aide de la structure suivante:

PERIODE(<id-période>,<id-conversation>,
 <liste-agents-participants>,[<td>,<tf>])

Elle est caractérisée par un identifiant, l'identifiant de la conversation dont elle fait partie et la liste des agents qui participent à la conversation pendant l'intervalle de temps associé. Rappelons que l'on change de période conversationnelle dès qu'un agent se retire ou s'ajoute à la conversation. On retrouve également une nouvelle période conversationnelle lorsqu'une conversation est reprise ou réactivée.

A titre d'illustration, la sous-facette de maintien de la communication au moment où Dartagnan entame la conversation avec Portos est modélisée à l'aide des structures suivantes:

CONVERSATION(conv1,Début,[14 ?tf])
 PERIODE(période1,conv1,[Dartagnan,Portos],[14,?tf1])

Le temps 14 correspond à la valeur du temps simulé au début de la conversation. Il est à noter que les bornes supérieures ?tf et ?tf1 des intervalles ne sont pas instanciées à ce moment. Elles le seront respectivement lorsque la conversation ne sera plus dans l'état *Début* et lorsque la période conversationnelle sera complétée.

5.1.2. Réseau d'objets conversationnels

Nous modélisons les informations échangées au niveau des sous-facettes de transfert d'états mentaux, de gestion des émotions et de gestion des relations interpersonnelles par un réseau d'objets conversationnels.

Un objet conversationnel (OC) correspond à un état mental communiqué par un locuteur par l'intermédiaire d'un acte de communication. Une conversation se déploie suite à la création ou la mise à jour d'OCs à travers l'exécution d'actes de communication. Ces OCs deviennent publics et font l'objet de négociations entre les agents participant à la conversation. Les négociations entraînent des changements au niveau des statuts des OCs. Par conséquent, un OC

passer par des états qui représentent l'évolution de la négociation. Seules certaines transitions permettant de passer d'un état à un autre sont permises. Chaque état d'un OC donne une indication du positionnement d'un agent en relation avec l'OC négocié. Ces transitions et ces états sont modélisés en accord avec le cycle de vie présenté à la figure 5.2.

Les mêmes conventions que la figure 5.1 sont employées. Cependant, nous indiquons en plus dans la partie supérieure du cercle le rôle de l'agent initiant l'état de l'OC. Les transitions valides entre états sont décrites dans le tableau 5.2. Les transitions obligatoires dans une conversation sont représentées par des traits noirs foncés, les transitions facultatives par des traits identifiés par la lettre "f" et les traits possibles mais moins désirables par des traits pointillés. Des traits noirs non-gras sont employés pour les autres transitions. Habituellement, un OC est créé dans l'état *proposé* par l'agent locuteur jouant le rôle de proposeur (*prop* dans la partie supérieure du cercle). A partir de cet état l'agent jouant le rôle de destinataire ou allocutaire (*dest*) peut réagir de diverses manières modélisées par les flèches qui partent de l'état *proposé*. Il peut placer l'OC dans un des états suivants: *négocié*, *à-instancier*, *à-spécifier*, *accepté* ou *refusé*. Par exemple, quand l'OC est *accepté* ou *refusé* ²⁸, il atteint un état qui souvent s'avère final et la négociation de cet OC est alors terminée (symbole *->I*). Le proposeur *confirme* parfois l'acceptation du destinataire ou *accepte son refus* de manière explicite. Il peut également revenir à la charge face à un refus en *négociant* ou en *proposant* à nouveau l'OC.

²⁸ Un OC n'est pas toujours accepté de manière explicite à l'aide d'un acte de communication. On peut considérer par défaut qu'un agent accepte un OC déjà proposé à moins d'un avis contraire (refus de celui-ci, négociation, question, etc.).

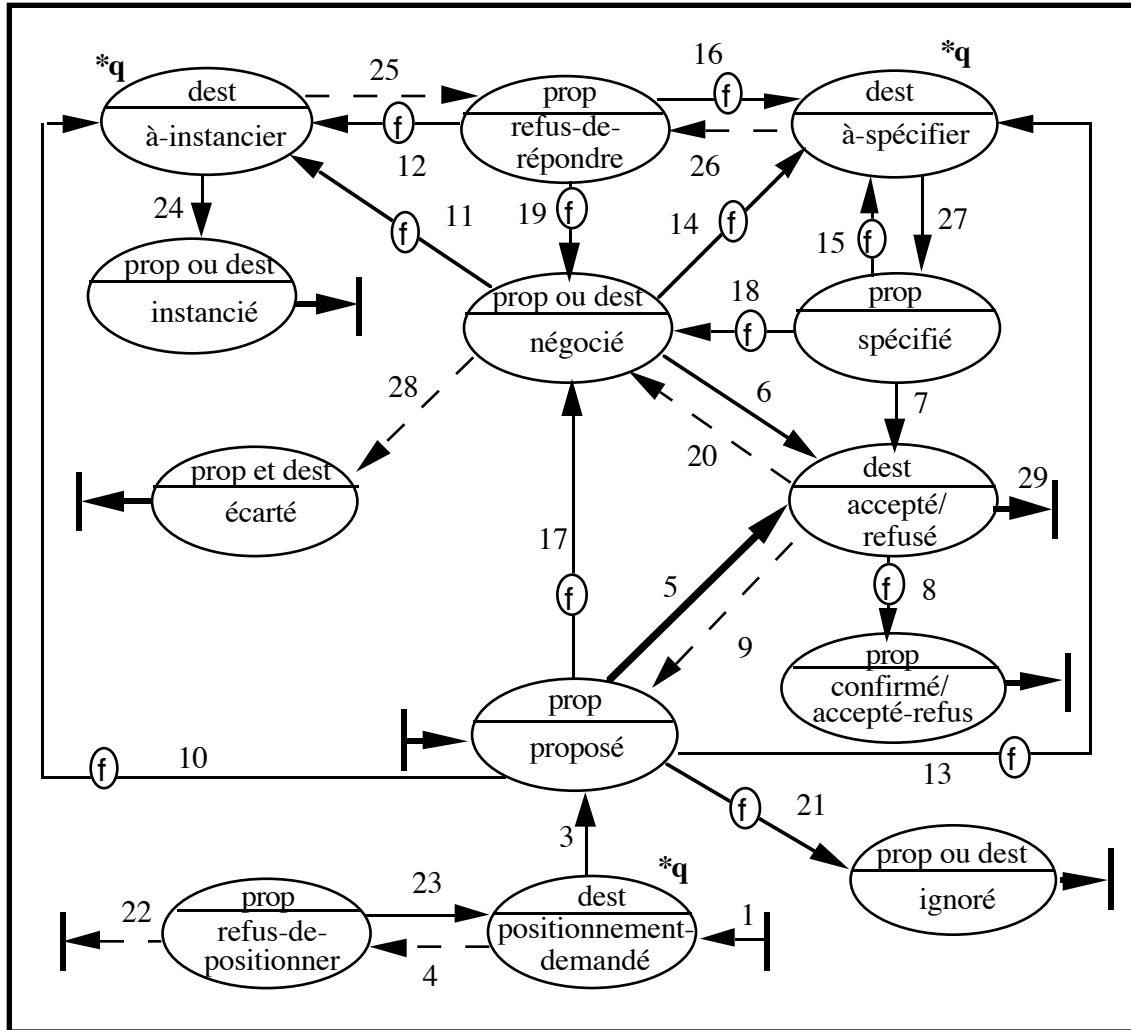


Figure 5.2: Cycle de vie de négociation d'un objet conversationnel

TRANSITIONS	DESCRIPTION
1	Le destinataire effectue une demande de positionnement par rapport à un OC.
2	Le proposeur propose un OC.
3	Le proposeur se positionne sur un OC suite à une demande de positionnement.
4	Le proposeur refuse de se positionner sur un OC.
5,6,7	Le destinataire accepte ou refuse un OC proposé par le proposeur.
8	Le proposeur confirme l'acceptation du destinataire ou accepte son refus de manière explicite.
9	Le proposeur propose à nouveau un OC suite au refus du destinataire.
10,11,12	Le destinataire demande d'instancier certains arguments d'un OC proposé.

13,14,15,16	Le destinataire demande plus d'informations sur un OC.
17,18,19,20	Le destinataire propose un autre OC pour remplacer un OC déjà proposé.
21	Le destinataire ne se positionne pas sur un OC et le proposeur considère que ce n'est pas important de connaître ce positionnement.
22	Le destinataire accepte le refus de se positionner du proposeur.
23	Le destinataire répète sa question au proposeur quant à son positionnement concernant un OC.
24	Le proposeur propose un OC qui instancie certains arguments d'un OC ayant fait l'objet d'une question.
25,26	Le proposeur refuse de répondre à une question.
27	Le proposeur propose un OC en réponse à une question demandant des informations sur un autre OC.
28	Le proposeur et/ou le destinataire décident d'écarter un OC.
29	L'acceptation ou le refus de l'OC est considéré comme un état final, car le proposeur décide de mettre fin à la conversation ou de discuter d'un autre OC.

Tableau 5.2: Transitions dans le cycle de vie de négociation d'un OC

Le proposeur (*prop*) peut réagir au positionnement négocié du destinataire en mettant de côté cet OC (état *écarté*). Le même OC est également *écarté* par le destinataire, ce qui met fin à la négociation. L'allocutaire peut raffiner davantage son positionnement en transférant l'OC dans les états *à-instancier* ou *à-spécifier*. Le proposeur peut également réagir de diverses manières et transférer l'OC dans les états *instancié* (terminant la négociation pour les deux agents), *spécifié* ou *refus-de-répondre*. Le destinataire peut par la suite transférer l'OC dans l'état *négocié*. Les trois états marqués par le symbole **q* désignent les états qui correspondent aux types de questions possibles de la part d'un locuteur: les questions de type oui/non (*posit-demandé*), celles portant sur un argument de l'OC (*à-instancier*) et celles touchant une relation conceptuelle dans laquelle l'OC est impliqué (*à-préciser*).

Conceptuellement, un objet conversationnel est décrit à l'aide de la structure suivante qui précise son type, son identifiant, sa description sémantique sous forme de graphe conceptuel et les informations temporelles qui lui sont associées:

OBJET-CONV(<type>,<identifiant>,<description>,<info-temporelle>)

Les informations temporelles associées à un OC sont décrites sous le format suivant:

```
<info-temporelle> ::= nil | <info-sur-borne> | <info-sur-intervalle>;
<info-sur-borne> ::= <type> '(' <contenu> ');
<type> ::= TPS-DEBUT | TPS-FIN;
<contenu> ::= <valeur-temps> | '[' <relation> ',' <valeur-temps> ']';
<relation> ::= avant | après | avant-ou-égal | après-ou-égal;
<info-sur-intervalle> ::= TEMPS '(' <contenu> ',' <contenu> ')';
```

L'information temporelle peut concerner le début et/ou la fin du contenu propositionnel de l'OC. Elle peut également être vide. Si aucune information temporelle n'est disponible, le terme *nil* est utilisé.

A titre d'illustration, le but de Dartagnan transmis à Portos par le biais de l'énonciation *"J'ai besoin de ton aide pour transporter une boîte de 500 kg jusqu'à l'atelier de fabrication pour 13:00"* serait modélisé dans le modèle de la conversation de la manière suivante:

```
OBJET-CONV(but,but2,
  Transporter(AGT([Dartagnan,Portos]),
    OBJ(boîte @500 kg),
    ORIG(atelier-travail),29
    DEST(atelier-fabrication)),
  TPS-FIN([avant,"13:00"]))
```

Il est à noter que l'énonciation mentionnée dans l'exemple en langage naturel correspond à une requête indirecte. Même si l'énonciation est une affirmation, Dartagnan propose en fait un but à Portos.

Les positionnements de négociation d'un agent <agent> dans une conversation <id-conv> par rapport à un OC <id-oc> sont représentés à l'aide de la structure conceptuelle suivante:

POSIT-NEGO(<id-OC>,<id-conv>,<agent>,<liste-positionnements>)

La liste des positionnements correspond en fait à une pile. En effet, le premier élément de la liste correspond au dernier positionnement de l'agent <agent>. Chaque élément de la liste des positionnements prend le format suivant:

```
[<état>,<degré>,<id-part-acte-comm>,<td>,<tf>]]
```

- <état> désigne l'état de négociation.
- <degré> correspond au degré de positionnement. Par exemple, un agent peut se dire certain à propos d'une certaine croyance (degré égal à 1) ou très peu sûr (degré égal à .1).

²⁹ Le fait que la boîte se trouve au départ dans l'atelier de travail n'est pas explicité dans la requête de Dartagnan, mais peut être déduit du contexte d'énonciation.

- `<id-part-acte-comm>` réfère à une partie de l'acte de communication qui a servi à transmettre ce positionnement (voir chapitre 6).
 - `<td>` et `<tf>` désignent les bornes de l'intervalle de temps pendant lequel le positionnement s'avère valide.
- Par exemple, le positionnement de Dartagnan concernant son but est conservé dans la structure suivante:

POSIT-NEGO(but2,conv1,Dartagnan,[proposé,1,prop6,[15,?tf]])

Parfois, ce n'est pas seulement un OC qui est communiqué par un agent, mais une relation conceptuelle entre plusieurs OCs. Dans un tel cas, les agents se positionnent sur la relation de la même façon qu'ils le font pour des OCs. Il est à noter que ce positionnement implique également les OCs liés par la relation conceptuelle en question. Par exemple, Portos justifie son refus de venir en aide à Dartagnan à l'instant demandé en lui disant qu'il doit travailler au même moment. En réalité, Portos propose une relation de motivation entre un nouveau but `but3` ("Ne pas contribuer à transporter la boîte jusqu'à l'atelier de fabrication avant 13:00") et le but `but4` qu'il a déjà ("Travailler entre 12:00 et 14:00"). En révélant cette relation, il rend public le but qu'il doit travailler.

Une relation conceptuelle entre OCs est décrite de la manière suivante en précisant l'identifiant et la description sous forme de prédicat (voir section 4.2.4):

RELATION-CONV(<identifiant>,<description>)

Des positionnements sont associés à une relation conceptuelle communiquée par un acte de communication de la même façon que pour un OC. Par exemple, la relation de motivation mentionnée précédemment entre les buts serait modélisée ainsi:

RELATION-CONV(motiv5,MOTIV(but3,but4))

POSIT-NEGO(motiv5,conv1,Portos,[proposé,1,acte-disc11,[17,?tf]])

5.1.3. Agenda d'initiative

Si on examine une conversation sous l'angle de la prise d'initiative, on s'aperçoit que les agents locuteurs entrent en compétition pour prendre la parole. Cette compétition est gérée par l'agent de conversation grâce à un objet spécial appelé "*agenda d'initiative*".

Pour chaque agent locuteur il existe une entrée dans l'agenda d'initiative qui spécifie l'état courant de la demande d'initiative.

L'agenda d'un agent locuteur passe par des états comme le présente le cycle de vie de la figure 5.3. Le tableau 5.3 décrit les transitions. L'agent locuteur qui entame la conversation prend l'initiative par lui-même et se retrouve dans l'état *Détenue*. Les autres agents impliqués dans la conversation sont alors dans l'état *En-attente* de l'initiative. Un agent *En-attente* peut s'emparer de l'initiative (état

Détenue) dès que le locuteur actuel la laisse ou en interrompant le locuteur actuel. Il peut également demander explicitement le tour de parole (état *Demandée*). Dans ce dernier cas, la demande d'initiative peut être rejetée et l'agent locuteur revient à l'état *En-attente*, ou elle peut être satisfaite et l'agenda d'initiative pour l'agent passe dans l'état *Détenue*.

Quand l'agenda d'initiative de l'agent se retrouve dans l'état *Détenue*, l'agent peut conserver l'initiative et demeurer dans cet état, l'offrir à un autre agent (état *Offerte*) ou la libérer sans demander à un agent en particulier de poursuivre la conversation (*Laissée-ouverte*).

Quand l'agenda d'initiative de l'agent se retrouve dans l'état *Offerte* ou *Laissée-ouverte*, la conversation revient à l'état *Détenue* si aucun agent ne désire prendre la parole ou passe dans l'état *En-attente* si l'agent locuteur désire se préparer à prendre l'initiative plus tard ou quitter la conversation (état $\rightarrow I$).

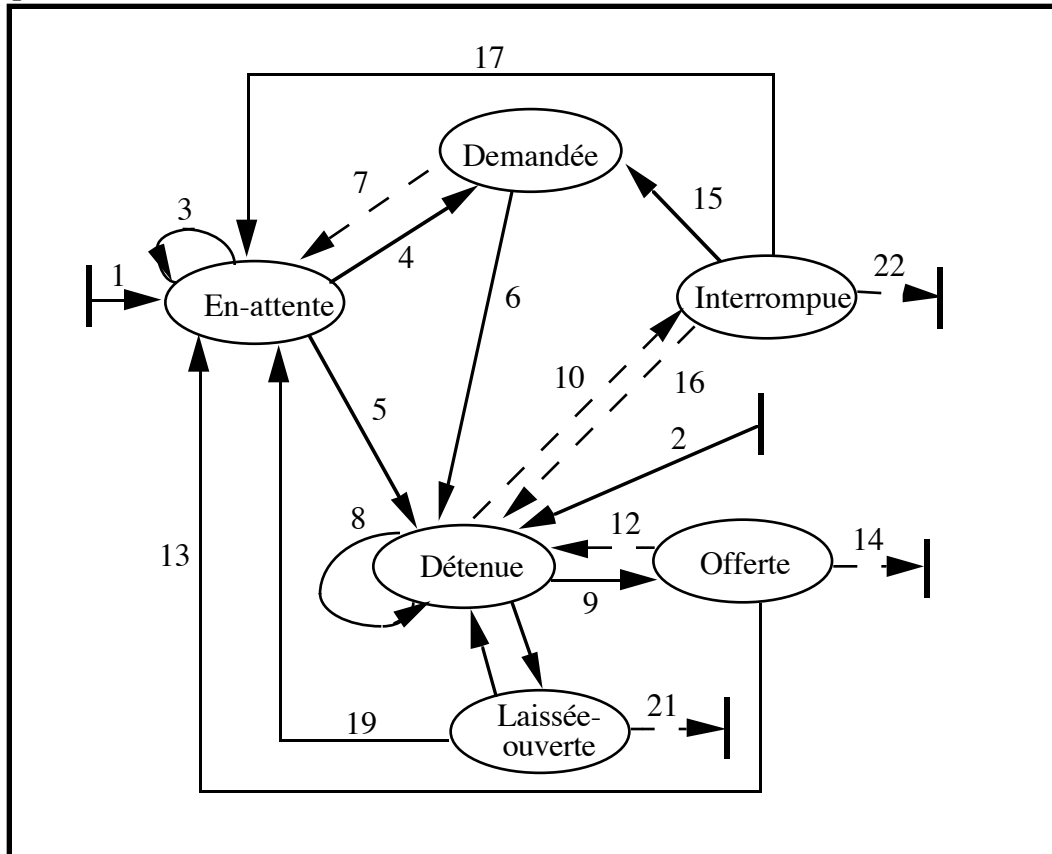


Figure 5.3: Cycle de vie de l'initiative

Un agent locuteur qui détient l'initiative (état *Détenue*) peut être interrompu. Quand l'agenda d'initiative est dans l'état *Interrompue*, le locuteur peut soit reprendre la parole (état *Détenue*), demander la parole (état *Demandée*), revenir dans l'état *En-attente* ou même quitter la conversation (état $\rightarrow I$).

Les entrées dans l'agenda d'initiative sont exprimées au niveau conceptuel sous la forme:

AGENDA-INIT(<agent>,<id-conversation>,<état>)

Par exemple, lorsque Portos répond à Dartagnan, l'agenda d'initiative est décrit à l'aide des deux structures suivantes:

AGENDA-INIT(Dartagnan,conv1,En-attente)

AGENDA-INIT(Portos,conv1,Détenue)

TRANSITIONS	DESCRIPTION
1	L'agent entre dans une conversation en étant contacté par un autre agent.
2	Le locuteur débute une conversation et prend par la même occasion l'initiative.
3	L'agent écoute un autre agent.
4	L'agent demande de prendre la parole.
5	L'agent prend l'initiative sans l'avoir demandée.
6	L'agent prend l'initiative avec l'accord des autres locuteurs après l'avoir demandée.
7	L'agent se voit refuser sa demande pour prendre l'initiative.
8	L'agent conserve l'initiative.
9	L'agent offre l'initiative à un agent en particulier.
10	L'agent se voit couper la parole par un autre agent.
11	L'agent s'arrête de parler pour laisser l'initiative disponible à tous les autres locuteurs.
12	L'agent reprend l'initiative après l'avoir offerte à un autre agent qui n'en a pas voulu.
13	L'agent qui s'est vu offrir l'initiative prend la parole.
14	L'agent se retire de la conversation après avoir laissé l'initiative à un autre agent.
15	Après avoir été interrompu par un autre agent, le locuteur demande de reprendre la parole.
16	Après avoir été interrompu, l'agent reprend la parole pour interrompre lui-même l'agent qui détient l'initiative.
17	L'agent accepte de laisser l'initiative à l'agent qui l'a interrompu.
18	L'agent se retire de la conversation après avoir été interrompu.

19	Un nouveau locuteur prend l'initiative laissée ouverte par l'agent.
20	L'agent reprend la parole après l'avoir laissée disponible pendant un certain temps.
21	L'agent se retire de la conversation après avoir terminé de parler.
22	L'agent se retire de la conversation après avoir été interrompu.

Tableau 5.3: Transitions dans le cycle de vie de l'initiative

L'agent de conversation ne conserve dans l'agenda d'initiative que la dernière entrée pour chacun des agents locuteurs.

5.1.4. Agenda de négociation

L'agenda de négociation touche la sous-facette de gestion du sujet dans une conversation. Il constitue un objet spécial géré par un agent de conversation afin de spécifier les OCs déjà proposés sur lesquels les agents locuteurs doivent normalement se positionner par la suite pour avoir une conversation cohérente. Il constitue une sorte de focus d'attention [Grosz, Sidner 1986]. Il existe un agenda pour chaque agent locuteur. Quand un agent locuteur se positionne sur un OC et que l'état de négociation n'est pas final (voir section 5.1.2), alors l'identifiant de l'OC est placé dans l'agenda de négociation de l'allocutaire. L'agent de conversation s'attend par la suite à ce que la réaction de l'allocutaire concerne un des OCs déjà contenus dans son agenda de négociation.

La structure conceptuelle de l'agenda de négociation s'exprime comme suit:

AGENDA-NEGO(<agent>,<id-conversation>,<liste-OCs>)

<agent> désigne l'agent qui doit réagir dans une conversation <id-conversation>. Les OCs et relations conceptuelles sur lesquels il devrait normalement se positionner se trouvent dans <liste-OCs>, en commençant par le plus récent. Ce choix est motivé par le fait qu'un locuteur réagit très souvent à ce qui vient juste d'être dit.

Par exemple, les agendas de négociation pour Dartagnan et Portos après que Dartagnan ait proposé son but *but2* de transporter la boîte jusqu'à l'atelier de fabrication sont;

AGENDA-NEGO(Dartagnan,conv1,[])

AGENDA-NEGO(Portos,conv1,[but2])

L'agent de conversation s'attend alors à ce que Portos se positionne sur *but2* dans la suite de la conversation *conv1*.

5.2. Comparaison avec d'autres approches

La plupart des approches en linguistique computationnelle et en intelligence artificielle concernant la conversation ne prennent en

compte que certaines facettes de la communication. Cependant, plusieurs travaux en communication mentionnent plus ou moins clairement les facettes et sous-facettes que nous considérons dans notre travail. Dans cette section, nous comparons notre approche avec celles qui nous ont servi d'inspiration pour modéliser chacune des sous-facettes de communication que nous prenons en compte. Nous glissons également quelques mots sur la gestion de la qualité de l'information.

5.2.1. Maintenance de la communication

Pour traiter la maintenance de la communication, nous avons élaboré le cycle de vie d'une conversation (voir section 4.1) en nous basant sur la proposition de De Vito (1992). Celui-ci a suggéré qu'une conversation passe par les états suivants:

- l'*ouverture*, qui sert à établir le contact entre les locuteurs;
- l'*avant-propos* ("feedforward"), qui prépare le sujet principal de la conversation sans vraiment l'aborder;
- la partie *affaires* ("business"), qui constitue la portion principale de la conversation;
- la *récapitulation*, qui résume ce qui a été discuté auparavant;
- la *fermeture*, qui termine la conversation.

Certains de ces états peuvent cependant être absents dans une certaine conversation. Nous avons modifié ce cycle de manière à prendre en compte certains phénomènes propres au déroulement d'une conversation au niveau global: l'interruption, la suspension et la réactivation. Nous incluons dans l'état *Corps* les trois états médians proposés par De Vito. Quant aux états d'ouverture et de fermeture, ils correspondent dans notre approche aux états *Début* et *A-terminer*.

D'autres chercheurs en communication [Berlo 1960; Gabor 1985] en linguistique [Francis, Hunston 1992] et en intelligence artificielle [Cawsey 1992; Walker 1993] exploitent également l'idée qu'une conversation passe par plusieurs états, mais la plupart d'entre eux se limitent aux états *Début* (ouverture), *Corps* et *A-terminer* (fermeture).

5.2.2. Transfert des états mentaux et gestion de l'aspect social

Il existe plusieurs façons de modéliser le transfert des états mentaux dans la littérature. Cependant, aucune ne nous semble aussi riche que le réseau d'OCs. En effet, la plupart des approches se limitent à certains types d'états mentaux et certaines relations conceptuelles. De plus, elles ne prennent pas en compte la facette de communication sociale (gestion des relations interpersonnelles et des émotions).

Parmi les approches les plus connues, mentionnons celle de Grosz et Sidner (1986) et celles qui emploient des plans.

Grosz et Sidner (1986) décrivent la structure d'un discours à l'aide de trois composantes interreliées: la structure linguistique, la structure intentionnelle et l'état attentionnel. La structure linguistique comprend des segments de discours autour desquels se regroupent naturellement des énonciations. La structure intentionnelle constitue une hiérarchie d'intentions, chaque intention étant associée à un segment de discours. Deux types de relations seulement peuvent lier des intentions: la dominance et la précédence de la satisfaction³⁰. L'état attentionnel forme une abstraction du focus d'attention des interlocuteurs au fur et à mesure que le discours se déroule. Il touche plus spécifiquement la gestion du sujet de conversation. Plusieurs chercheurs modélisent les conversations à l'aide de plans. Litman et Allen (1987) distinguent deux catégories de plans: les plans de niveau domaine et ceux de niveau discours. Les plans de niveau domaine constituent le sujet de conversation dans un dialogue alors que les plans de niveau discours établissent les relations qui existent entre les énonciations et les plans de niveau domaine (introduction d'un plan, correction de plan, clarification, etc.). Lambert et Carberry (1992) étendent l'approche précédente en employant une troisième catégorie de plans: ceux de niveau résolution de problème. Ces plans concernent la manière dont les participants à un dialogue construisent un plan pour atteindre un but de niveau domaine. Ils constituent le trait d'union entre les plans de niveau domaine et ceux de niveau discours. Le cycle de vie de négociation d'un OC que nous préconisons dans notre approche permet de modéliser les enchaînements valides d'énonciations dans une conversation en indiquant les états de négociation possibles d'un OC. Plusieurs chercheurs traitent le problème de l'enchaînement des énonciations en utilisant des schémas qui précisent les transitions conversationnelles possibles [Reichman-Adar 1984; Winograd, Flores 1986; Traum, Hinkelman 1992; Walker 1993; Von Martial 1992]. Ces transitions ne portent généralement pas sur les états mentaux communiqués (OCs) mais plutôt sur les actes de discours employés. Plusieurs chercheurs portent également une attention toute particulière aux séquences d'actes de discours. Par exemple, Levinson (1983), McLaughlin (1984) et Roulet (1992) suggèrent que l'interprétation des séquences d'actes doit prendre en compte les

³⁰ Un segment de discours en domine un autre si une action qui satisfait le second segment satisfait en partie le premier. La relation de précédence précise l'ordre partiel dans lequel les divers segments dominés par un même segment doivent être satisfaits.

mouvements conversationnels comme les paires question-réponse, offre-acceptation et offre-refus. Nous prenons en compte ces séquences d'actes de discours par le biais du cycle de vie de négociation d'un OC.

5.2.3. Gestion de la prise d'initiative

La gestion de la prise d'initiative ("turn-taking") a été examinée par de nombreux analystes de la conversation, dont Sacks, Schegloff et Jefferson (1978). Ces personnes ont relevé diverses façons selon lesquelles l'initiative pouvait être prise et abandonnée par un locuteur au cours d'une conversation. Certains chercheurs en intelligence artificielle abordent également ce problème dans leur approche [Cawsey 1992; Traum, Hinkelman 1992]. Nous nous sommes basés sur ces travaux pour concevoir un cycle de vie d'initiative qui soit plus complet.

5.2.4. Gestion du sujet

La gestion du sujet est traitée de diverses manières dans les approches existantes. Elle repose généralement sur la notion de focus d'attention dans une conversation. Nous avons déjà mentionné l'état attentionnel proposé par Grosz et Sidner (1986). Les chercheurs qui emploient des plans pour modéliser une conversation utilisent des informations qui indiquent l'endroit où on est rendu dans un plan à un instant donné [Litman, Allen 1987; Lambert, Carberry 1992]. Nous pouvons en conclure que la manière de traiter la gestion du sujet ou, en d'autres mots, de décrire le focus d'attention, dépend beaucoup de la manière de modéliser la sous-facette de transfert d'états mentaux. Cette constatation se confirme dans notre approche qui préconise l'emploi d'un agenda de négociation indiquant les OCs et relations conceptuelles sur lesquels des locuteurs devraient réagir au cours d'une conversation.

5.2.5. Gestion de la qualité de l'information

Les analystes de conversations réelles prennent en compte cette sous-facette de communication [Schegloff et al. 1977; McLaughlin 1984; Clark, Schaefer 1989] en traitant tous les phénomènes propres aux conversations orales, comme les hésitations, les erreurs de prononciation, les corrections effectuées dans une énonciation en cours, etc. Tous ces phénomènes sont représentés dans la transcription des conversations étudiées. Les chercheurs en intelligence artificielle qui s'intéressent aux conversations orales [Traum, Hinkelman 1992; Dowding et al. 1993] prennent également en compte ces phénomènes. De notre côté, nous avons choisi de pas traiter la gestion de la qualité de l'information en supposant que les concepts véhiculés dans les actes de communication sont correctement communiqués, sans aucun bruit, sans aucune hésitation

et sans aucune erreur de prononciation ou d'orthographe. Ces divers problèmes pourraient être traités dans une version ultérieure du modèle.

5.3. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit le contenu du modèle d'une conversation selon notre approche. Nous avons présenté les structures conceptuelles que nous préconisons pour modéliser les diverses facettes de communication dans une conversation, soit:

- le *descripteur de conversation*, qui touche la sous-facette de maintenance de la communication;
- le *réseau d'objets conversationnels*, qui couvre les sous-facettes de transfert d'états mentaux, de gestion des émotions et de gestion des relations interpersonnelles;
- l'*agenda d'initiative*, qui concerne la sous-facette de gestion de la prise d'initiative;
- l'*agenda de négociation*, qui touche la gestion du sujet.

Nous avons par la suite comparé le modèle avec d'autres approches qui nous ont inspiré pour chacune des sous-facettes de communication traitées. Nous avons également mentionné certains travaux qui prennent en compte la gestion de la qualité de l'information et expliqué pourquoi nous avons cru bon de ne pas aborder cette sous-facette de communication dans notre travail. Le modèle d'une conversation est construit au fur et à mesure du déroulement de la conversation. Or, c'est par l'intermédiaire des actes de communication que les agents locuteurs interagissent et enrichissent le modèle de la conversation. Ces actes et l'impact qu'ils ont sur le modèle d'une conversation constituent le sujet du prochain chapitre.

Chapitre 6

Actes de communication et déploiement d'une conversation

Comme nous l'avons déjà mentionné, les agents humains communiquent sous diverses formes (énonciations verbales, attitudes gestuelles, corporelles et faciales) en accomplissant des actes de communication (ACs). Les ACs sont des structures de connaissances avec plusieurs paramètres reflétant les principales caractéristiques des actes de communication humains. Par conséquent, cette approche peut être employée pour simuler divers phénomènes observés dans les conversations entre agents humains ou artificiels. L'AC est une extension de la notion de mouvement conversationnel suggérée par Sinclair et Coulthard (1975) et étendue par Francis et Hunston (1992)³¹.

Tout AC a un impact sur le modèle de la conversation dont il fait partie. Dans notre approche, un agent de conversation s'occupe de mettre à jour le modèle de la conversation quand un AC est exécuté par un agent locuteur. Pour mener à bien cette tâche, l'agent de conversation utilise un moteur d'inférence qui active en chaînage-avant des règles de gestion conversationnelle exploitant diverses connaissances générales et le modèle de la conversation, comme le montre la figure 6.1. Le modèle de la conversation a été décrit au chapitre précédent. Les connaissances générales correspondent aux connaissances stéréotypées que connaît un agent locuteur (voir chapitre 4), incluant des tables lexicales nécessaires à l'analyse des ACs reçus.

Nous décrivons dans ce chapitre les éléments qui interviennent dans la gestion d'une conversation et qui n'ont pas encore été détaillés précédemment dans cette thèse. Tout d'abord, nous proposons le contenu d'un AC et un formalisme inspiré par les graphes conceptuels pour décrire cette structure. Nous décrivons le moteur

³¹ Voir section 6.12.

d'inférence et les règles de gestion conversationnelle tout en explicitant les tables d'expressions d'analyse exploitées par ces règles. Après avoir présenté un exemple de gestion d'une conversation, nous comparons l'approche avec certains travaux qui exploitent différents niveaux de communication.

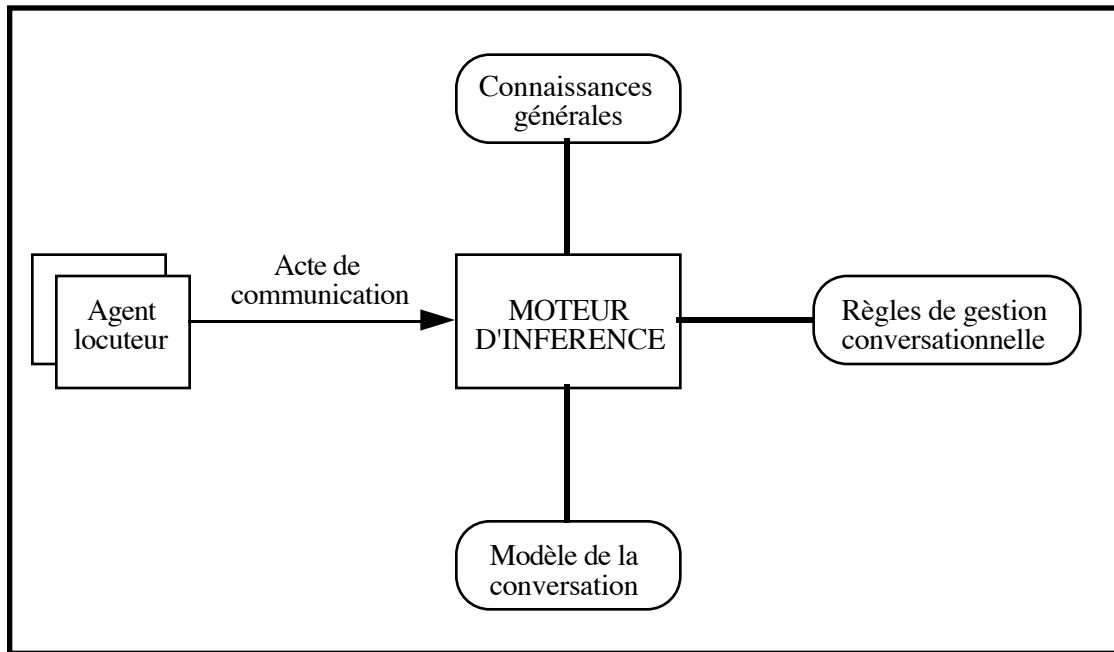


Figure 6.1: Structures exploitées par le moteur d'inférence pour gérer une conversation

6.1. L'acte de communication et ses composantes

La figure 6.2 résume les niveaux de structures de communication que l'on prend en compte dans notre approche.

L'acte de communication (AC) constitue la structure de communication de plus haut niveau. Il peut être composé d'énonciations, de gestes et de pauses. Une énonciation englobe tout ce qu'un agent communique verbalement alors qu'il détient l'initiative au cours d'une conversation. Un geste correspond à un acte non-verbal qui joue un certain rôle de communication dans la conversation. Il peut être exécuté en même temps qu'une énonciation pour la compléter (pointer du doigt dans une direction, sourire, etc.) ou jouer le même rôle qu'une énonciation dans une conversation (hocher la tête pour accepter ce que le locuteur vient de dire, faire signe à un autre de se rapprocher, etc.). Dans l'exemple de

conversation entre Dartagnan et Portos présenté au début de notre thèse (voir figure 1.1), Dartagnan dit dans un seul acte de communication "*Portos! J'ai besoin de ton aide pour transporter une boîte de 500 kg jusqu'à l'atelier de fabrication pour 13:00.*" avant de laisser la parole, sans poser un geste quelconque. Les énonciations et les gestes peuvent être entrecoupés de pauses (silences).

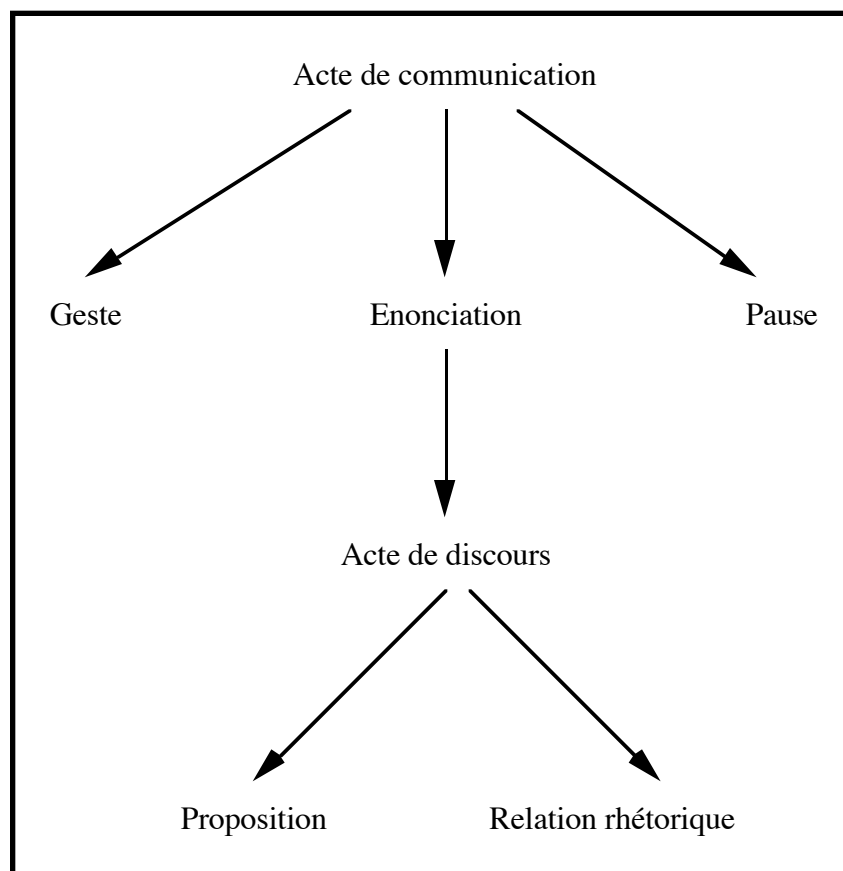


Figure 6.2: Niveaux de structures de communication

Une énonciation se compose d'un ou plusieurs actes de discours. Chacun des actes de discours joue un rôle particulier au niveau de l'énonciation, comme le suggèrent Francis et Hunston (1992)³². Il existe toujours un acte de discours dit principal dans une énonciation. Cet acte sert à communiquer le principal message de l'énonciation. Il correspond à l'énonciation d'une ou plusieurs propositions reliées par des relations rhétoriques [Mann, Thompson 1987; Moeschler 1989; Rambow 1993]. Les propositions décrivent des objets

³² Nous avons adapté la vision de Francis et Hunston (1992) afin d'y intégrer les notions de prise et de cession de l'initiative.

conversationnels et des positionnements communiqués par des agents participant à la conversation.

L'acte de discours principal peut être précédé d'un acte de discours préparatoire et suivi d'un acte de discours complémentaire³³. Ces actes, optionnels, ont un rapport direct avec l'acte principal ou avec l'énonciation précédente: ils servent à renforcer, justifier ou attirer l'attention sur l'acte principal, ou à indiquer que l'on a bien pris connaissance d'une énonciation précédente. Un acte de discours de prise de l'initiative, également optionnel, peut débiter une énonciation. Un tel acte peut prendre diverses formes, selon son rôle: interpellation ("Atos!"), interruption ("Puis-je vous interrompre?"), etc. De la même façon, un acte de cession de l'initiative peut terminer une énonciation et offrir l'occasion à d'autres locuteurs de prendre la parole. Par exemple, il peut être marqué par une intonation montante à la fin d'une phrase interrogative ou par une expression comme "*Qu'est-ce que tu en penses?*" ou même par un silence. Cet acte correspond à un point de transition pertinent ("transition relevance place") dans le modèle de Sacks et al. (1978). Il est optionnel, car un agent locuteur peut désirer garder l'initiative et débiter immédiatement sa nouvelle énonciation sans donner à d'autres agents l'opportunité de prendre la parole.

A titre d'exemple, considérons la réponse de Portos à la requête de Dartagnan (figure 1.1): il n'y a pas d'acte de prise de l'initiative spécifique. "*Désolé!*" correspond à un acte préparatoire utilisé pour marquer la tristesse de Portos. L'acte principal est composé de deux propositions, "*Je ne peux pas t'aider*" et "*Je dois travailler entre 12:00 et 14:00*", reliées par le connecteur "*parce que*". L'acte de cession n'est pas explicite et correspond à une pause après l'énonciation. Maintenant que nous avons présenté les composantes d'un acte de communication, nous allons décrire dans la section suivante de manière plus formelle les structures de connaissances correspondantes.

6.2. Modélisation des actes de communication

6.2.1. Format de description

La structure d'un acte de communication suit le format suivant:

ACTE-COMM(<id-acte-comm>,<id-locuteur>,<allocutaire>,<id-conv>,

³³ Les actes de discours préparatoires et complémentaires correspondent respectivement aux mouvements conversationnels de types "pre-head" et "post-head" proposés par Francis et Hunston (1992).


```
<liste-énonciation>,<liste-geste>,<liste-rel-temp>,  
[<td>,<tf>]]
```

Nous décrivons à la figure 6.3 sous la forme d'une grammaire BNF étendue³⁴ le format de certains arguments de ce prédicat.

```
<allocutaire> ::= <id-allocutaire> | <liste-id-allocutaire>;  
<énonciation> ::= <id-énonc> | '[' AVANT ',' <délai> ']';  
<geste> ::= <id-geste> | '[' AVANT ',' <délai> ']' <id-geste> ']';  
<rel-temp> ::= '[' <él-rel-temp> ',' <id-énonc> ',' <id-geste> ] |  
                '[' <él-rel-temp> ',' <id-geste> ',' <id-énonc> ']';  
<él-rel-temp> ::= '[' AVANT ',' <délai> ']' |  
                '[' APRES <délai> ']' |  
                DEBUT | FIN | EGAL;  
<td> ::= <temps>;  
<tf> ::= <temps>;  
<temps> ::= <id-temps> | <entier> | ' " ' <heure> ' " ' | '_';  
<heure> ::= <entier> ':' <entier>.
```

Figure 6.3: Arguments de la structure d'un acte de communication

L'acte de communication précise son identifiant, les participants impliqués (locuteur et allocutaires), la conversation courante, ses composantes et l'intervalle de temps associé. Les composantes sont décrites sous forme de trois listes: liste des énonciations, liste des gestes et liste des relations temporelles entre énonciations et gestes. A l'intérieur des deux premières listes, on précise les délais qui peuvent se produire entre les composantes. La valeur d'un délai est toujours plus grande ou égale à 0 et associée à une relation temporelle de type AVANT. Cependant, la troisième liste permet une gamme de relations temporelles beaucoup plus variées afin de permettre la modélisation des énonciations et des gestes simultanés. Finalement, les bornes de l'intervalle de temps peuvent être exprimées sous quatre formes différentes: identificateur (*td*, *tf*), entier (930, 1105), heure ("10:00", "13:00") ou valeur indéterminée ("_"). Une énonciation est décrite par:

```
ENONCIATION(<id-énonc>,<id-acte-comm>,<liste-actes-disc>,  
[<td>,<tf>]]
```

Une énonciation est composée d'un ou plusieurs actes de discours énumérés dans *<liste-actes-disc>* et reliés par des relations

³⁴

Voir la section 4.2.5 pour les conventions de représentation utilisées.

temporelles de type AVANT qui précisent la durée <délai> d'une pause entre ces actes. Le format de <liste-actes-disc> suit le format suivant:

```
<liste-actes-disc> ::= '[' <id-acte-disc>
                        {' ','[' AVANT ',' <délai> '] '
                        ',' <id-acte-disc> } '];
```

<délai> ::= <entier>.

L'acte de discours est décrit par:

```
ACTE-DISC(<id-acte-disc>,<id-énonc>,<liste-prop>,[<td>,<tf>])
```

Un acte de discours est composé d'une ou plusieurs propositions énumérées dans <liste-prop> et pouvant être liées explicitement par des relations rhétoriques. Le format de chacun des éléments de <liste-prop> est:

```
<prop> ::= <id-prop> | <relation-rhét>;
```

```
<relation-rhét> ::= '['<relation> ',' <connecteur> ']'.
```

En langue naturelle, les relations rhétoriques sont souvent exprimées explicitement à l'aide de marqueurs qui ont pour rôle de séparer et de relier des unités du discours [Schiffrin 1987] correspondant à des propositions. Les marqueurs en question sont donc porteurs d'une certaine sémantique. Par exemple, "mais" indique une contradiction avec ce qui vient d'être dit, et "donc" une conséquence. Dans notre approche, nous avons choisi d'établir une correspondance directe entre les relations rhétoriques et les relations conceptuelles dans les actes de discours, car ces relations font partie du réseau d'OCs. Nous indiquons également les marqueurs employés en langue naturelle afin de permettre éventuellement que le passage de la forme interne à la forme en langue naturelle soit facilité, même si nous ne considérons pas ce problème dans notre thèse.

Les relations rhétoriques qui peuvent être employées dans notre approche sont répertoriées dans une table (TABLE-REL-RHETO). Cette solution a l'avantage d'ajouter facilement de nouvelles relations rhétoriques et de nouveaux connecteurs si le besoin se fait sentir. Nous traitons plus spécifiquement des tables employées lorsque nous abordons les règles de gestion conversationnelle dans les sections 6.4 à 6.8.

Nous décrivons une proposition avec la structure suivante:

```
PROP(<id-prop>,<id-acte-disc>,<contenu-prop>,<type-prop>,<temps-relatif>,<liste-marqueur>,<prosodie>)
```

La figure 6.4 présente à l'aide d'une grammaire BNF le format de la plupart des arguments.

```

<contenu-prop> ::= <graphe-conceptuel> | EXPRESSION ':' <expression>;
<type-prop> ::= décl | impér | interr | excl ;
<temps-relatif> ::= présent | passé | futur | '_';
<marqueur> ::= '[' <type-marqueur> ',' <marqueur> ']';
<prosodie> ::= '[' <intonation> ',' <accentuation> ',' <intensité> ']' |
               '_';
<intonation> ::= montant | descend | neutre | '_';
<accentuation> ::= <chaîne> | _;
<intensité> ::= 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | '_'.

```

Figure 6.4: Arguments de la structure d'une proposition

Une proposition est caractérisée par un identifiant, l'acte de discours dont elle fait partie, un contenu propositionnel, un type, un temps relatif, une liste de marqueurs et des informations reliées à la prosodie. Apportons quelques précisions sur certains de ces éléments.

Le contenu propositionnel peut être représenté à l'aide d'un graphe conceptuel ou en langue naturelle dans le cas d'une expression courte ("oui", "OK", etc.).

Un marqueur est une particule comme "*surtout*", "*peut-être*", "*aujourd'hui*", "*demain*", etc. qui modifie le contenu propositionnel de la proposition. Tout comme pour les connecteurs, les marqueurs sont définis dans une table (voir section 6.4).

L'intonation indique si le ton de la voix est *neutre*, *montant* ou *descendant*³⁵. Le ton est, par exemple, montant pour une question. Il est souvent descendant lorsqu'un agent termine son tour de parole. L'intonation est particulièrement importante pour prendre en compte la prise et la cession de l'initiative.

L'accentuation indique un ou plusieurs concepts sur lesquels l'agent a mis l'accent lorsqu'il a énoncé la proposition. L'accentuation aide à déterminer plus précisément sur quoi le locuteur se positionne précisément. Par exemple, un locuteur peut mettre l'emphase sur un concept ou sur un marqueur particulier qui modifie le contenu d'un OC.

L'intensité indique un degré situé dans l'intervalle [1,5] correspondant à la force selon laquelle l'énonciation est exécutée. Par défaut, l'intensité vaut 3 (voix normale).

³⁵ Nous employons l'abréviation *descend* dans les structures de connaissances pour indiquer un ton descendant.

Un geste est défini sous la forme suivante:

`GESTE(<id-geste>,<id-acte-comm>,<descr-geste>,[<td>,<tf>])`
`<descr-geste>` décrit le geste avec un graphe conceptuel. Un geste peut jouer plusieurs rôles différents: il peut servir à se retirer d'une conversation, à approuver ou désapprouver ce qui vient d'être dit ou à communiquer un objet conversationnel au même titre qu'une énonciation (voir sections 6.5 et 6.6).

Par exemple, le geste où Dartagnan pointe du doigt vers le Nord serait représenté par:

`GESTE(geste1,acte-comm4,`
`Pointer(AGT(Dartagnan),DIR(Nord),INST(doigt)),[90,91])`

Dans un contexte de conversation, Dartagnan attire l'attention de l'allocutaire vers le Nord par un tel geste. Le nom de l'allocutaire ne fait pas partie de la description du geste mais est mentionné dans celle de l'acte de communication.

6.2.2. Exemple d'acte de communication

Pour illustrer la représentation des actes de communication, nous utilisons l'exemple de la conversation entre Dartagnan et Portos présenté en introduction à la figure 1.1. Cet exemple sera également employé à la section 6.10 pour illustrer la mise à jour du modèle d'une conversation. Nous ne présentons ici que la représentation interne du premier acte de communication accompli par Dartagnan. L'annexe E présente la modélisation complète de l'exemple³⁶.

Dartagnan amorce sa conversation avec Portos en disant:

"Portos!

J'ai besoin de ton aide pour transporter une boîte de 500 kg jusqu'à l'atelier de fabrication pour 13:00 ".

Nous représentons conceptuellement cet acte par:

`ACTE-COMM(acte-comm1,Dartagnan,Portos,conv1,[enonc,énonc7],nil,nil,`
`[14,15])`

`ENONCIATION(énonc7, acte-comm1,[acte-disc3,[AVANT,0],acte-disc5],`
`[14,15])`

`ACTE-DISC(acte-disc3,énonc7,[prop4],[14,14])`

`ACTE-DISC(acte-disc5,énonc7,[prop6],[15,15])`

³⁶ L'annexe E présente la trace courte fournie par le prototype PSICO (voir chapitre 8) pour l'exemple des robots. La syntaxe utilisée est cependant celle de Prolog, et non celle employée dans ce chapitre.

```

PROP(prop4,acte-disc3,[EXPRESSION: "Portos"],excl,_,_,[montant,_,4])
PROP(prop6,acte-disc5,
    Besoin(AGT(#moi),
        OBJ(aide),
        CAUSE(Transporter(AGT([#moi,#toi,_]),
            OBJ(boîte @500 kg),
            ORIG(atelier-travail),
            DEST(atelier-fabrication),
            TPS-FIN([avant,"13:00"])),
        décl,présent,_,[descend,_,3])

```

Nous considérons que les deux propositions prop4 et prop6 font partie de deux actes de discours différents. Cependant, l'acte de communication est composé d'une seule énonciation contenant les deux actes de discours.

6.3. Le moteur d'inférence

Dans cette section, nous décrivons le fonctionnement du moteur d'inférence employé par un agent de conversation pour analyser les ACs reçus et mettre à jour le modèle d'une conversation.

Comme le montre la figure 6.5, le moteur d'inférence s'occupe tout d'abord d'initialiser certaines structures, dont la structure d'analyse, à partir de l'acte de communication reçu. Puis, tant que la structure d'analyse n'est pas vide, le moteur d'inférence entre dans le cycle de fonctionnement proprement dit. Tout d'abord, il effectue une restriction sur les règles de gestion conversationnelle potentiellement applicables, c'est-à-dire qu'il choisit un sous-groupe de règles qui méritent d'être considérées en fonction du premier élément à analyser dans la structure d'analyse. Une fois ce sous-groupe choisi, le moteur teste et exécute les règles qui en font partie dans l'ordre où elles apparaissent. Dès qu'une règle de gestion s'applique ou que toutes les règles du sous-groupe échouent, le moteur passe à la mise à jour de la structure d'analyse.

Détaillons chacun des processus impliqués.

6.3.1. Initialisation

Quand un acte de communication est perçu, le moteur d'inférence s'occupe d'initialiser la structure d'analyse qui consiste en une liste des éléments à analyser. Cette liste désigne les structures de communication à analyser. Le format des composantes de cette liste est défini à l'aide de la grammaire suivante:

```

<élément-à-analyser> ::=
    '[' acte-comm ',' <id-acte-comm> ']' ' |
    '[' énonc ',' <id-énonc> ']' ' |
    '[' geste ',' <id-geste> ']' ' |
    '[' simult ',' '[' <id-énonc> ',' <id-geste> ']' ']' ' |
    '[' acte-disc ',' <id-acte-disc> ']' ' |
    '[' prop ',' <id-prop> ']' ' |
    '[' décl ',' <id-prop> ']' ' |
    '[' interr ',' <id-prop> ']' ' |
    '[' impér ',' <id-prop> ']' ' |
    '[' excl ',' <id-prop> ']' ' |
    '[' relation ',' '[' <type-relation> ',' <arg-rel> ','
        [<arg-rel> ']' ']' ']' ' |
    '[' posit-induit ','
        '[' <id-OC> ',' <id-conv> ',' <locuteur> ']' ']' ']' ' |
    '[' événement ',' <id-événement> ']' ' |
    '[' conv ',' '[' <id-conv> ',' <temps> ']' ']' ' |
    '[' début-comm ',' <id-acte-comm> ']' '.

```

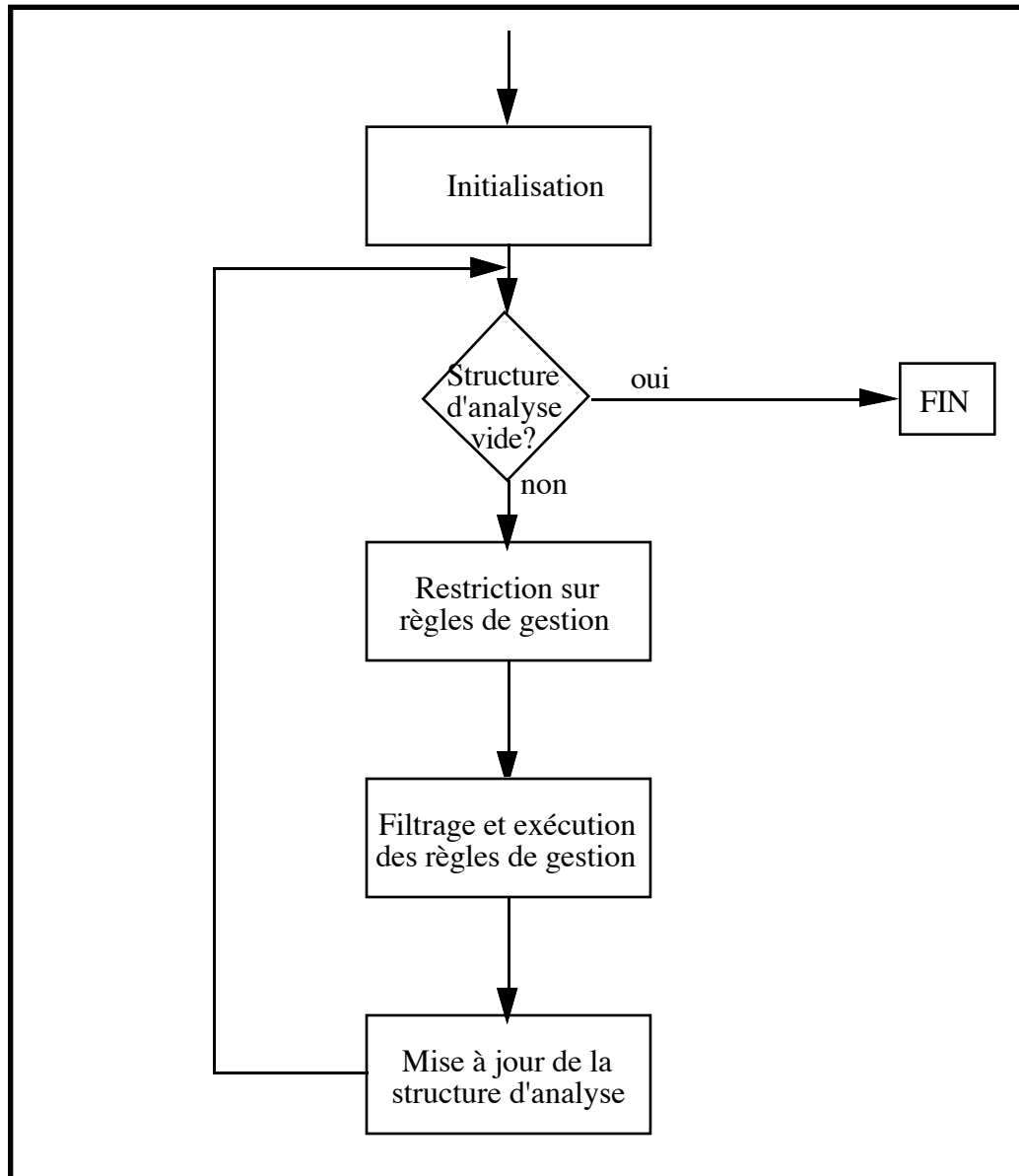


Figure 6.5: Fonctionnement du moteur d'inférence

Chaque composante de la structure d'analyse est une liste à deux éléments dont le premier indique le type de ce qui est à traiter. À ce type est associée une famille de règles de gestion conversationnelle qui peuvent être potentiellement employées pour analyser l'élément en question. Le second élément de la liste peut être soit l'identifiant de la composante à analyser, soit une liste d'informations la concernant, selon son type. Les cinq types de structures de communication décrits à la section 6.1 (acte de communication, geste, énonciation, acte de discours et proposition) correspondent chacun à

une famille de règles de gestion conversationnelle³⁷. D'autres règles sont associées à chacun des types de propositions: propositions déclaratives ("décl"), interrogatives ("interr"), impératives ("impér") et exclamatives ("excl"). Les relations rhétoriques ("relation") et les cas où une énonciation et un geste sont exécutés en même temps ("simult") font également l'objet d'une famille de règles de gestion. Dans ces deux derniers cas, le second argument du doublet n'est pas un simple identifiant, mais une liste des éléments impliqués. Les positionnements induits (posit-induit) sur un OC à partir d'un autre OC forment également un type d'élément à analyser. Finalement, les événements qui ne font pas partie d'un acte de communication, la conversation ("conv") et le début d'un acte de communication ("début-comm") forment trois catégories particulières que nous discuterons plus en profondeur lorsque nous présenterons les règles de gestion conversationnelle dans les sections suivantes. L'initialisation de la structure d'analyse consiste à insérer une liste contenant le mot clé "début-comm" et l'identifiant de l'acte de communication reçu.

6.3.2. Sélection des règles potentielles

La sélection des règles potentielles consiste à considérer les règles de gestion qui font partie de la famille de règles précisée dans la liste placée en tête de la structure d'analyse.

Chaque famille de règles est décrite au préalable à l'aide de la structure suivante:

famille-règles(<nom-famille>,<liste-id-règle>)

Le nom d'une famille de règles doit correspondre à un type possible d'élément à analyser ("début-comm", "acte-comm", "prop", etc.). Les identifiants des règles désignent des règles déjà définies au préalable. Par exemple, la famille de règles de gestion conversationnelle pour l'analyse d'un acte de communication est:

famille-règles(acte-comm,[RD3,RD2,RD1,RP1,RP2])

Nous présentons les règles de gestion conversationnelle aux sections 6.4 à 6.9.

³⁷ Aucune analyse n'est effectuée localement au niveau de l'énonciation et de l'acte de discours par l'agent de conversation, d'où la famille de règles pour ces deux niveaux de structures ne contient en réalité aucune règle.

6.3.3. Filtrage et exécution

Au cours de l'étape de filtrage et d'exécution, le moteur d'inférence teste les conditions mentionnées dans une règle de gestion conversationnelle et exécute les actions qu'elle préconise si ces conditions sont satisfaites. Les conditions portent sur la description de la structure de communication analysée et le modèle de la conversation. Les actions peuvent avoir un impact sur le modèle de la conversation et sur la structure d'analyse. Nous détaillerons ce point à la section 6.4 lorsque nous expliquerons le format de description d'une règle de gestion conversationnelle avec les conditions et actions admises.

L'ordre des règles dans la liste des règles potentielles s'avère important, car le moteur d'inférence tente d'exécuter ces règles dans cet ordre et s'arrête dès qu'une règle s'applique correctement ou lorsque toutes les règles ont été testées. Si on prend l'exemple des règles de gestion potentielles pour un acte de communication mentionné à la section précédente, la règle RD3 est évaluée en tout premier lieu. Si elle s'applique correctement, l'étape de filtrage et d'exécution s'arrête. Sinon, la règle RD2 est testée. Un échec de toutes les règles de la liste met également fin à cette phase.

6.3.4. Mise à jour de la structure d'analyse

Cette étape consiste à retirer le premier élément qui vient d'être traité de la structure d'analyse et à le remplacer éventuellement par ses composantes.

- [début-comm, ?id-acte-comm] est remplacé par [acte-comm, ?id-acte-comm].
- La description d'un acte de communication ?id-acte-comm contient trois listes: la liste des énonciations, celle des gestes et celle des relations entre énonciations et gestes (voir section 6.2.1). Par conséquent, pour remplacer [acte-comm, ?id-acte-comm], le moteur d'inférence place en ordre chronologique les énonciations et les gestes et insère les éléments ordonnés en tête de liste. Si une énonciation et un geste sont exécutés simultanément, le moteur intègre ces deux composantes dans un seul élément de type "simult" (énonciation et geste simultanés).
- Une énonciation retirée de la structure d'analyse est remplacée dans l'ordre chronologique par les actes de discours qui en font partie.
- Un acte de discours est remplacé par les propositions et les relations rhétoriques qui le composent. Les propositions reliées par une relation rhétorique font partie de l'élément de type "relation", comme le spécifie la grammaire de description de la structure d'analyse présentée à la section 6.3.1.

Notons finalement qu'une structure d'analyse vide signifie que l'acte de communication courant a été complètement traité. Dans ce cas, un certain ajustement est effectué au niveau de l'agenda d'initiative. Par défaut, le locuteur laisse l'initiative ouverte. Nous en traiterons plus à fond à la section 6.8. De plus, certains éléments peuvent être ajoutés à la structure d'analyse par le biais d'une règle de gestion conversationnelle utilisée avec succès (voir section 6.4).

6.3.5. Justification des choix effectués

L'emploi d'un moteur d'inférence a le grand avantage de ne pas être dépendant des structures à analyser. Il s'applique pour traiter toutes les structures. L'essentiel de la gestion du modèle d'une conversation est spécifié dans les règles de gestion conversationnelle. Nous croyons ainsi qu'il sera plus facile d'étendre éventuellement la connaissance nécessaire à cette gestion.

Le cycle de base est inspiré des propositions de Farreny et Ghallab (1987). Dans leur approche, ces chercheurs suggèrent que la phase de filtre teste toutes les règles potentielles avant de choisir parmi celles-ci dans la phase de résolution de conflits une règle à exécuter. Nous avons cru bon d'intégrer en un seul processus les phases de filtrage et d'exécution afin de rendre le plus simple possible le moteur d'inférence. Pour cela, nous déterminons à l'avance un ordre d'évaluation des règles de gestion contenues dans un sous-groupe déterminé au cours de la phase de restriction. Comme la première règle de gestion qui réussit est choisie, il n'y a pas besoin dans notre cas de phase de résolution de conflits.

Nous avons repris l'idée de famille de règles de gestion conversationnelle en l'adaptant à nos besoins. Le fait de déterminer à l'avance un groupe de règles potentielles pour traiter un type de situation donné a l'avantage de rendre le moteur d'inférence plus efficace en ne testant pas des règles qui n'ont aucune chance de réussir.

L'emploi de la structure d'analyse est propre à notre approche. Compte tenu de la complexité d'un AC, une telle structure s'avère primordiale pour préciser de manière systématique les éléments à analyser sans en oublier aucun. Elle permet également au moteur d'inférence de faire le lien facilement entre un élément à analyser et une famille de règles de gestion conversationnelle.

6.4. Organisation et description des règles de gestion conversationnelle

Comme nous l'avons mentionné à la section précédente, les règles de gestion conversationnelle sont regroupées en familles. Ces familles sont basées sur la nature de l'élément à analyser et non sur celle de la structure de connaissance gérée dans le modèle de la conversation. Par conséquent, on peut retrouver dans une même famille des règles qui concernent la gestion de structures de connaissances différentes, car des structures de communication de même niveau peuvent affecter des structures différentes. Par exemple, une proposition peut aussi bien affecter le descripteur de la conversation, l'agenda d'initiative ou le réseau d'OCs.

Nous avons conçu les familles de règles de manière à ce que le nombre de règles qui en font partie ne soit pas trop élevé et que la famille de règles à considérer au cours de l'analyse soit déterminée rapidement par le moteur d'inférence à partir de l'élément à analyser. Une manière qui nous semblait naturelle au départ était d'associer une famille de règles à chacune des structures de communication: acte de communication, énonciation, acte de discours, proposition et geste. Or, nous nous sommes aperçu que le nombre de règles associées à l'analyse d'une proposition était beaucoup trop élevé. Nous avons alors décidé de garder une famille de règles générales pour l'analyse d'une proposition afin de gérer le descripteur de conversation et l'agenda d'initiative, et de créer quatre familles pour les quatre types possibles de propositions (déclarative, impérative, interrogative et exclamative). Ces familles concernent plutôt la gestion du réseau d'OCs. Nous avons également conçu des familles de règles pour traiter les relations rhétoriques qui lient des propositions, les gestes et énonciations simultanés et les positionnements sur un OC induits à partir d'un autre OC. Pour décrire une règle de gestion conversationnelle, nous privilégions le format suivant:

`<règle-gestion> ::= <en-tête> <conditions> '=>' <actions>.`

Chacune des règles de gestion conversationnelle est composée de trois parties: un en-tête, des conditions à vérifier et des actions à exécuter. L'en-tête sert à identifier la règle en question et à spécifier la famille à laquelle elle appartient de même que les arguments demandés en entrée. Il précise également dans certains cas les informations qui devraient être ajoutées dans la structure d'analyse (voir section 6.3.4) de même que les OCs et les relations conceptuelles entre OCs touchés par la partie de l'acte de communication analysée. Les conditions à vérifier portent sur des composantes de l'élément à

analyser et sur le contenu du modèle de la conversation. Les actions précisent quoi faire si les conditions de la règle sont satisfaites. Elles affectent le modèle de la conversation ou la structure d'analyse (voir section 6.3).

Le format de l'en-tête d'une règle de gestion conversationnelle est défini comme suit:

```

<en-tête> ::= RGESTION <id-règle> ':' <description-informelle>
              FAMILLE: <famille>
              ENTREE: <argument>
              AJOUT: [<élément-à-analyser>]
              SORTIE: [<liste-OCs-et-relations>];

<id-règle> ::= <identifiant>;
<description-informelle> ::= <texte>;
<famille> ::= acte-comm | énonc | geste | simult | acte-disc | prop |
              décl | interr | impér | excl | relation | posit-induit |
              événement | conv | début-comm;
<arguments> ::= <id-acte-comm> | <id-geste> | <id-énonc> |
                <id-acte-disc> | <id-prop> | <id-événement> |
                '[' <id-conv> ',' <temps> ']' |
                '[' <id-OC> ',' <id-conv> ',' <locuteur> ']' |
                '[' relation ',' <id-prop> ',' [<id-prop>] '];
<OCs-et-relations> ::= <id-OC> | '[' REL ',' <id-relation> ']'.

```

Notons que les familles de règles et les arguments possibles sont ceux que l'on peut retrouver dans la structure d'analyse.

Par exemple, la règle RD1 possède l'en-tête suivant:

```

RGESTION RD1: "Début d'une conversation"
      FAMILLE: acte-comm          ENTREE: ?id-acte-comm
      AJOUT: nil                  SORTIE: nil

```

Nous avons classé les conditions que l'on peut retrouver dans une règle de gestion conversationnelle en plusieurs catégories:

- *Structures de communication*

Actes de communication ou propositions tels que décrits dans la section 6.2.

- *Structures du modèle de conversation*

Structures que l'on retrouve dans le modèle d'une conversation. Concernent l'OC, le positionnement, l'agenda de négociation, le descripteur de conversation ou l'agenda d'initiative (voir chapitre 5).

- *Recherche d'information*

Prédicats servant à trouver des informations nécessaires pour effectuer des tests et utilisables par des actions d'une règle de gestion conversationnelle. Ces informations concernent les caractéristiques de l'acte de communication et le contexte conversationnel, mais ne peuvent être obtenues directement par une condition des deux catégories précédentes. Les prédicats trouvent les données désirées dans plusieurs structures différentes ou dans des tables lexicales servant à analyser le contenu propositionnel d'un acte de discours. Mentionnons que les prédicats que nous proposons dans la présente version du modèle ne traitent pas l'ambiguïté en langue naturelle qui se situe au-delà de notre cadre de travail.

- *Tests relationnels*

Tests portant sur des relations ensemblistes comme, par exemple, l'appartenance et l'inclusion.

- *Tests non-relationnels*

Incluent toute autre vérification concernant le contexte conversationnel comme la satisfaction d'une contrainte et l'acceptation d'un OC.

Comme pour les conditions, nous divisons les actions contenues dans une règle de gestion conversationnelle en plusieurs catégories: recherche d'information, mise à jour du modèle de la conversation et modification du contenu de la structure d'analyse. L'annexe D décrit les principaux prédicats que nous proposons à titre de conditions ou d'actions.

Nous venons de présenter la manière de formaliser une règle de gestion conversationnelle. La description d'une règle peut sembler purement opérationnelle par endroit à cause du formalisme utilisé très proche d'un langage de programmation logique comme Prolog et de la nature des tâches à accomplir par l'agent de conversation. En fait, ces règles peuvent être directement implémentées en Prolog, comme nous le montrons au chapitre 8.

Dans les prochaines sections, nous décrivons les règles qui concernent la gestion de chacune des structures de connaissances du modèle de la conversation. Nous avons choisi de procéder ainsi plutôt que de décrire les règles par famille parce qu'il nous paraît ainsi plus facile de couvrir tous les cas. En fait, nous avons développé les règles par structure de connaissances et nous les avons regroupées par la suite par famille selon des caractéristiques communes. Nous discutons de l'ordre dans les familles de règles à la section 6.9.

Nous détaillons dans l'annexe C les familles de règles que nous avons utilisées dans le prototype PSICO (voir chapitre 8) pour tester les

exemples de conversations présentés en introduction. Nous ne décrivons formellement ici que les règles de gestion conversationnelle les plus représentatives qui nous permettent d'illustrer les principaux cas qu'un agent de conversation doit traiter. Notre but est de montrer l'étendue des possibilités de l'approche tout en expliquant d'une manière à la fois théorique et pratique comment l'agent de conversation peut mettre à jour le modèle d'une conversation à partir de ses règles de gestion conversationnelle et des actes de communication échangés.

6.5. Gestion du descripteur de conversation

La mise à jour du descripteur de la conversation implique la gestion des deux types de structures décrits à la section 5.1.1:

CONVERSATION(?id-conversation,?état,[?td1,?tf1])

PERIODE(?id-période,?id-conversation,?liste-agents,[?td2,?tf2])

La première structure concerne l'état de la conversation. A chaque fois qu'une conversation change d'état, une structure de type conversation est créée, avec indication du nouvel état et du temps où il débute. La borne supérieure de l'intervalle temporel est également instanciée. Le passage de la conversation d'un état à un autre consiste à vérifier les transitions acceptables selon le cycle de vie d'une conversation présenté à la figure 5.1.

La seconde structure enregistre les participants à une conversation en cours. L'ajout d'un participant à une conversation peut être noté lorsqu'un agent prend la parole pour la première fois ou se fait adresser la parole pour la première fois. Un agent se retire de la conversation par une énonciation particulière ("*Je ne veux plus te parler*") ou un geste quelconque (Un agent se détourne des autres agents). Chaque ajout ou retrait a comme conséquence la fin d'une période conversationnelle et le début d'une nouvelle période. Si une conversation se retrouve dans l'état *Interruption* ou *Suspension*, une période se termine. Une nouvelle période est créée quand la conversation se retrouve dans l'état *Reprise* ou *Réactivation*. Dans le reste de cette section, nous décrivons les différentes situations qui permettent de gérer l'état conversationnel et les périodes conversationnelles.

6.5.1. Gestion de l'état conversationnel

Il existe trois situations où l'agent de conversation, dès qu'il reçoit un acte de communication, n'a pas besoin d'analyser en détail l'acte en

question pour mettre à jour le descripteur de conversation. Il s'agit des cas où un acte de communication *débute*, *reprend* ou *réactive* une conversation. L'identification de l'état conversationnel courant (ou la détection de l'absence de descripteur de conversation dans le cas du début d'une conversation) s'avère suffisant pour mettre à jour ou créer le descripteur de la conversation. Par exemple, la règle de gestion conversationnelle RD1 spécifie que le descripteur d'une conversation doit être créé avec l'état conversationnel *Début* s'il n'existe pas et si un acte de communication a été échangé dans le cadre de cette conversation.

RGESTION RD1: "Début d'une conversation"

FAMILLE: acte-comm

ENTREE: ?id-acte-comm

AJOUT: nil

SORTIE: nil

ACTE-COMM(?id-acte-comm,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,_,_,_,
[?td1,?tf1]) &

¬conversation-cour(?id-conv,?état,_)

=> créer-conversation(?id-conv,?td1) &

créer-période(?id-conv,?locuteur,?allocutaire,?td1)

Cependant, la plupart des règles de gestion qui déterminent l'état conversationnel courant d'une conversation analysent une proposition (famille *prop*).

Des règles de gestion déterminent qu'une conversation demeure dans l'état *Début*, *A-suspendre*, *A-terminer*, *Reprise* ou *Réactivation* si la proposition analysée fait partie d'une séquence conversationnelle appropriée. Une séquence conversationnelle est composée d'un ou plusieurs actes de discours stéréotypés qui n'ont pour but que de placer ou de laisser la conversation dans un certain état. Chaque séquence suit la structure générale de la figure 6.6. C'est la manière dont les transitions sont assurées et le contexte de la conversation qui distingue une séquence d'une autre.

La structure générale d'une séquence précise qu'un agent "initiateur" débute la séquence par l'énonciation d'une proposition stéréotypée. Il peut par la suite poursuivre la séquence en posant une question stéréotypée qui demande une réponse de la part d'un autre agent impliqué dans la conversation. L'agent sollicité répond à la question et peut lui-même poser une question stéréotypée. L'agent initiateur peut mettre fin à cette séquence en répondant à cette dernière question. Il peut également poursuivre en demandant une autre question propre à la séquence. La structure générale d'une séquence prévoit que tout agent peut demander une question après avoir pris connaissance d'une réponse d'un autre agent.

Considérons l'exemple de la séquence d'ouverture d'une conversation. L'agent initiateur peut débiter la conversation en disant "*Bonjour!*". S'il ajoute "*Comment vas-tu?*", l'agent sollicité doit répondre en principe "*Très bien, merci.*" Il peut également ajouter "*Et toi?*". Dans ce dernier cas, l'agent initiateur doit répondre également "*Bien, merci*" ou une proposition équivalente pour mettre fin à la séquence d'ouverture.

La règle RD4 est utilisée pour détecter qu'une conversation demeure dans l'état Début. Cette règle vérifie que la conversation se retrouve bien déjà dans l'état Début et consulte la table séquence-ouverture qui spécifie les expressions qui peuvent être employées pour progresser dans la séquence d'ouverture selon l'état courant de la séquence (Début-séq, Dem-réaction, etc.). Le nouvel état de la séquence est noté par l'agent de conversation.

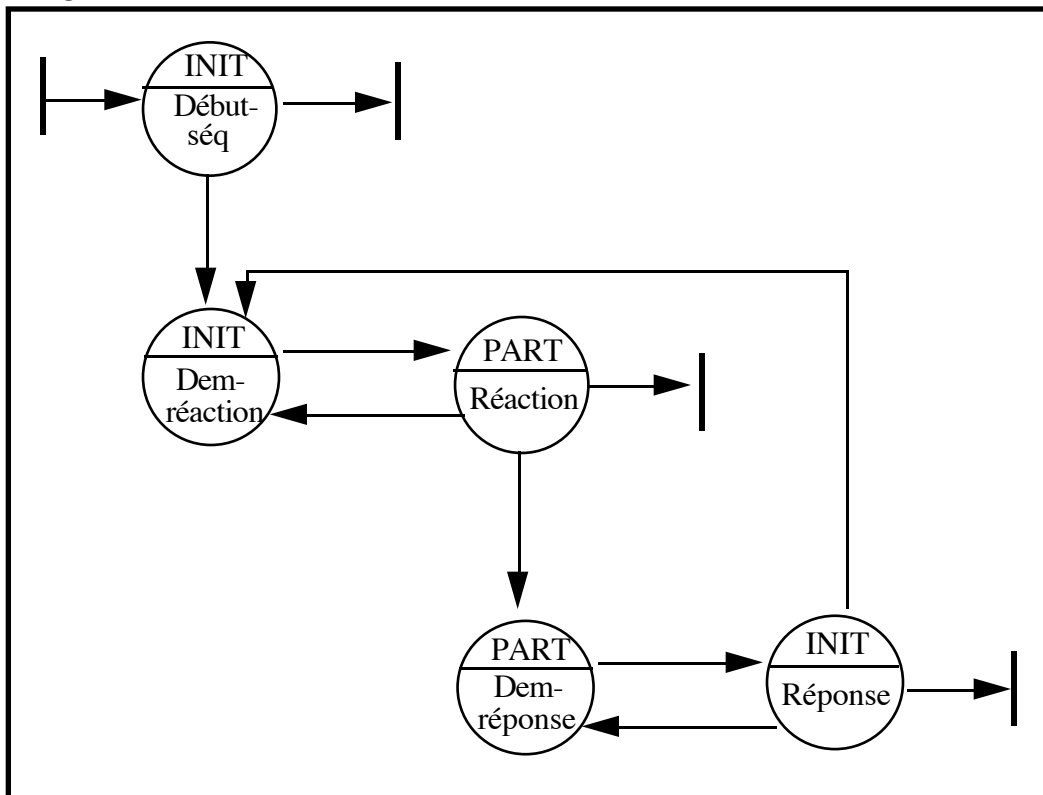


Figure 6.6: Structure générale d'une séquence dans une conversation

RGESTION RD4: "Statu quo dans l'état Début"

FAMILLE: prop

ENTREE: ?id-prop

AJOUT: nil

SORTIE: nil

PROP(?id-prop,?id-acte-disc,?contenu,_,_,_,_) &
info-générale(?id-acte-disc,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,?td,?tf) &
conversation-cour(?id-conv,Début,[?td2,?tf2])&

séquence-ouverture(?état,?contenu,?locutaire,?allocutaire)

=> maj-état-séq(?état)

Des règles de gestion similaires sont employées pour vérifier que la conversation demeure dans l'état A-terminer, A-suspendre, Reprise et Réactivation. Les séquences conversationnelles sont également nécessaires pour détecter la transition entre les états Corps et A-terminer ou A-suspendre.

La règle RD5 détecte les situations où la conversation quitte un état conversationnel impliqué dans une séquence pour se retrouver dans le *Corps* de la conversation. Cette règle n'est déclenchée qu'après que toutes les règles consultant les tables de séquence conversationnelle aient échoué. Le type de la proposition et son identifiant sont ajoutés à la structure d'analyse du moteur d'inférence, car la proposition doit alors être analysée à l'aide de la famille de règles de gestion conversationnelle correspondant à son type.

RGESTION RD5: "Passage d'un état à l'état Corps"

FAMILLE: prop

ENTREE: ?id-prop

AJOUT: [?type,?id-prop]

SORTIE: nil

PROP(?id-prop,?id-acte-disc,?contenu,?type,_,_,_) &
info-générale(?id-acte-disc,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,?td,?tf) &
conversation-cour(?id-conv,?état,_) &
dans(?état,[Début,A-terminer,A-suspendre,Réactivation,Reprise])

=> détruit-état-seq &

maj-conversation(?id-conv,Corps,?td)

La règle RD8, quant à elle, maintient la conversation dans l'état *Corps* si toutes les autres règles de gestion conversationnelle ont échoué.

RGESTION RD8: "Statu quo dans l'état Corps"

FAMILLE: prop

ENTREE: ?id-prop

AJOUT: [?type,?id-prop]

SORTIE: nil

PROP(?id-prop,?id-acte-disc,?contenu,?type,_,_,_) &
info-générale(?id-acte-disc,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,?td,?tf) &
conversation-cour(?id-conv,Corps,_)

=> .

Une conversation est considérée dans l'état *Fin* si aucun acte de communication n'est reçu dans un délai fixé au préalable et que la conversation se retrouve dans l'état A-terminer, comme le montre la règle RD14. L'agent de conversation met alors à jour plusieurs structures de connaissances dans le modèle de la conversation.

RGESTION RD14: "Passage de l'état A-terminer à l'état Fin"

FAMILLE: conv

ENTREE: ?id-conv

AJOUT: nil

SORTIE: nil

conversation-cour(?id-conv,A-terminer,_)

*=> tp-courant(?tf) &
 maj-conversation(?id-conv,Fin,?tf) &
 clore-période(?id-conv,?tf) &
 détruire-agenda-init(?id-conv) &
 détruire-agenda-négo(?id-conv) &
 détruit-état-ség*

La même approche est appliquée pour détecter la transition entre les états conversationnels A-suspendre et Suspension.

Finalement, une règle conversationnelle spéciale, RD13, est utilisée pour traiter le cas où un événement quelconque, comme la rupture d'une ligne téléphonique ou l'agression d'un locuteur, vient *interrompre* une conversation.

RGESTION RD13: "Passage de l'état Corps à l'état Interruption"

FAMILLE: événement

ENTREE: ?id-événement

AJOUT: nil

SORTIE: nil

*EVENEMENT(?id-événement,?description,?contenu,[?td,?tf]) &
 interrupteur(?description) &
 conversation-cour(?id-conv,?état,_)*

=> maj-conversation(?id-conv,Interruption,?td)

Une table des événements possibles pouvant interrompre une conversation est consultée.

6.5.2. Gestion des périodes conversationnelles

Il existe quatre situations où la gestion des périodes conversationnelles s'avère nécessaire:

- le début d'une nouvelle conversation;
- la reprise ou la réactivation d'une conversation;
- l'ajout d'un nouveau participant;
- le retrait d'un interlocuteur.

Les deux premiers cas ont été décrits précédemment. La troisième situation se produit quand un agent locuteur prend la parole dans une conversation dont il ne faisait pas partie auparavant ou quand un nouveau participant est inclus parmi les allocutaires d'un acte de communication. Les deux situations sont détectées d'une manière

similaire à partir des informations contenues dans l'acte de communication.

RGESTION RP1: "Nouveau participant à la conversation à titre de locuteur"

FAMILLE: acte-comm

ENTREE: ?id-acte-comm

AJOUT: nil

SORTIE: nil

ACTE-COMM(?id-acte-comm,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,_,_,_,
[?td1,?tf1]) &

période-cour(?id-pér1,?id-conv,?liste-Membres,_) &

hors-de(?locuteur,?liste-Membres)

=> maj-période(?id-conv,?locuteur,?allocutaire,?td1)

RGESTION RP2: "Nouveau participant à la conversation à titre d'allocutaire"

FAMILLE: acte-comm

ENTREE: ?id-acte-comm

AJOUT: nil

SORTIE: nil

ACTE-COMM(?id-acte-comm,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,_,_,_,
[?td1,?tf1]) &

période-cour(?id-pér1,?id-conv,?liste-Membres,_) &

hors-de(?allocutaire,?liste-Membres)

=> maj-période(?id-conv,?locuteur,?allocutaire,?td1)

Finalement, le retrait d'un participant à une conversation est détecté par la règle RP3 si un agent effectue un geste qui a pour but de se retirer de la conversation (s'éloigner, raccrocher le téléphone ,etc.). Il est à noter que le retrait d'un agent de la conversation entraîne la destruction de son agenda d'initiative (voir section 6.8).

RGESTION RP3: "Retrait d'un participant à une conversation"

FAMILLE: geste

ENTREE: ?id-geste

AJOUT: nil

SORTIE: nil

GESTE(?id-geste,?id-acte-comm,?description,_) &

ACTE-COMM(?id-acte-comm,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,_,_,_,
[?td1,?tf1]) &

TABLE-GESTE-RETRAIT(?description)

=> maj-période(?id-conv,?locuteur,?allocutaire,?tf1) &
détruire-agenda-init(?locuteur,?id-conv)

Dans tous les cas, il faut mettre à jour les périodes conversationnelles.

6.6. Gestion du réseau d'OCs

Pour mettre à jour le réseau d'OCs, l'agent de conversation doit être capable de distinguer les actes de discours qui concernent des OCs ou des relations conceptuelles entre OCs et ceux qui touchent le descripteur de la conversation et l'agenda d'initiative. Mais ce n'est pas tout de détecter qu'un OC est mis en cause: il faut aussi savoir l'identifier correctement de même que le positionnement qui lui est associé. Il en va de même pour une relation conceptuelle entre OCs. Les deux composantes d'un acte de communication qui touchent plus particulièrement la gestion du réseau d'OCs sont l'acte de discours et la proposition. L'acte de discours peut contenir des relations rhétoriques entre des propositions qui correspondent à des relations conceptuelles entre des OCs. La proposition, elle, décrit un OC et le positionnement qui lui est associé. Les marqueurs contenus dans certaines propositions correspondent également à certaines relations rhétoriques. L'acte de communication et l'énonciation contiennent certaines informations utiles concernant les relations temporelles. Un acte de discours est simple (formé d'une seule proposition) ou composé (constitué de plusieurs propositions). Chaque acte de discours composé peut être vu comme un ensemble d'actes de discours simples reliés entre eux par des relations rhétoriques. En d'autres mots, chaque proposition correspond à un acte de discours simple. Chacune d'entre elles peut être interprétée littéralement ou d'une manière indirecte, selon le contexte. Par exemple, la proposition "*Peux-tu fermer la porte?*" est généralement interprétée comme équivalente à la requête "*Ferme la porte.*" (acte de discours indirect), et non comme une question portant sur une capacité (acte de discours direct).

Dans la suite de cette section, nous présentons différents types de règles qui touchent les aspects suivants:

- les propositions directes;
- les positionnements induits à partir d'autres positionnements ;
- les propositions indirectes;
- les propositions dans une séquence conversationnelle;
- les gestes qui permettent de se positionner sur un OC;
- les relations rhétoriques entre propositions.

6.6.1. Propositions directes

Quand il analyse une proposition, un agent de conversation s'efforce de trouver quel type d'OC et quel positionnement sont communiqués. Pour déterminer le type de l'OC, le type de la proposition (déclaratif, impératif, interrogatif, exclamatif) et le contenu propositionnel doivent être pris en compte. Quant au positionnement, il est déduit à partir du contexte conversationnel déterminé par le contenu de l'agenda de négociation. Dans cette section, nous ne présentons que le traitement des propositions directes, en procédant par type de proposition. Nous abordons l'analyse des propositions indirectes dans la section 6.6.3.

Le tableau 6.1 présente sous une forme synthétique les possibilités pour exprimer les états de négociation. Il précise les types de propositions pouvant être employés pour chacun. L'expression "Cas général" indique que l'état en question est généralement atteint par une proposition de ce type. Par exemple, un OC est généralement proposé par une proposition déclarative. L'expression "nil" indique que le type ne permet pas d'atteindre l'état en question. Dans les autres cas, le tableau spécifie les conditions nécessaires pour atteindre l'état de négociation en question, avec indication s'il y a lieu, de la nature de l'OC communiqué. Par exemple, plusieurs situations peuvent être détectées si certaines expressions clés dans la proposition sont utilisées. Ainsi, "OK!" et "D'accord!" constituent deux expressions clés qui permettent à un agent d'accepter un certain OC déjà proposé par un autre agent. Les expressions clés sont répertoriées dans des tables lexicales utilisées par des règles de gestion conversationnelle.

Le tableau ne mentionne pas les états de négociation induits. Un état de négociation est induit s'il est atteint au même moment qu'un autre OC atteint un certain état de négociation. Par exemple, un OC qui est proposé peut permettre à un autre OC d'être précisé ou instancié.

Nous discutons des positionnements induits à la section 6.6.2.

Nous détaillons dans le reste de cette section le traitement des divers types de propositions et donnons des exemples de règles de gestion conversationnelle à titre d'illustration. D'autres règles de gestion sont décrites en annexe C.

Etats	Proposition déclarative	Proposition impérative	Proposition interrogative	Proposition exclamative
propos é	Cas général	Cas général (but)	nil	Expression clé (Emotion)

accepté / refusé	Expression clé ET l'OC a déjà été proposé	nil	nil	Expression clé ET l'OC a déjà été proposé
confirmé	Expression clé ET l'OC a déjà été accepté	nil	nil	Expression clé ET l'OC a déjà été accepté
accepté-refus	Expression clé ET l'OC a déjà été refusé	nil	nil	Expression clé ET l'OC a déjà été refusé
posit-demandé	Expression clé	Expression clé	Question de type oui/non	nil
refus-de-posit.	Expression clé ET posit-demandé	nil	nil	nil
à-instancier	Expression clé	Expression clé	Question sur une instanciation	nil
à-préciser	Expression clé	Expression clé	Question sur une relation conceptuelle	nil
refus-de-répondre	Expression clé	nil	nil	nil
écarté	Expression clé ET l'OC a déjà été proposé	nil	nil	nil

Tableau 6.1: Sommaire des états de négociation atteints par les types de propositions

6.6.1.1. Propositions déclaratives

La proposition déclarative constitue le type de proposition que l'on rencontre le plus souvent dans une conversation. Elle est employée pour communiquer des OCs de divers types auxquels sont associés des positionnements, selon le contexte.

La règle de gestion conversationnelle RGR1 est utilisée pour traiter le cas général où un OC est proposé.

RGESTION RGR1: "Proposition d'un OC"

FAMILLE: décl

ENTREE: ?id-prop

AJOUT: [posit-induit, [?id-OC, ?id-conv, ?loc]]

SORTIE: ?id-OC

PROP(?id-prop, ?id-acte-disc, ?contenu, décl, ?temps, ?marqueur, ?prosodie) & info-générale(?id-acte-disc, ?locuteur, ?allocutaire, ?id-conv, ?td, ?tf)

=> déterminer-type(?contenu, ?temps, ?contenu-OC, ?type, ?locuteur, ?allocutaire) & créer-objet-conv(?id-conv, ?type, ?id-OC, ?contenu-OC) & pondérer-degré(1, marqueur, ?degré) & créer-posit-négo(?id-OC, ?id-conv, ?locuteur, ?allocutaire, proposé, ?degré, ?id-prop, ?td)

Dans un tel cas, l'agent de conversation doit déterminer le type de l'OC proposé et créer l'OC en question de même que le positionnement de négociation associé. Par défaut, le degré d'évaluation associé au positionnement de l'OC est égal à 1. Un marqueur comme "peut-être" pourrait diminuer ce degré, d'où la présence du prédicat *pondérer-degré* qui vérifie si le degré déjà calculé (premier argument) est modifié par un marqueur quelconque. Notons qu'il pourrait y avoir éventuellement d'autres facteurs qui pourraient rendre ce degré moindre, notamment la prosodie.

Par défaut, l'OC communiqué par une proposition déclarative correspond à une croyance. Cependant, d'autres types d'OCs, correspondant aux types d'états mentaux décrits à la section 4.2 (but, capacité, préférence, etc.), peuvent être proposés par une proposition déclarative en employant des prédicats ou des expressions particuliers. Ces prédicats et ces expressions sont répertoriés dans des tables lexicales à la disposition de l'agent de conversation (une table par type, sauf pour les croyances). Ce n'est qu'après avoir consulté ces tables sans succès que l'agent de conversation considère l'OC comme une simple croyance³⁸.

Une table lexicale a le format suivant:

<expr-type-OC>(<contenu-prop>, <temps>, <liste-contraintes>,

³⁸ Un index qui établit directement le lien entre un prédicat (expression) et la table lexicale dans laquelle il se retrouve peut être employé pour accélérer la consultation.

<contenu-OC>)

<expr-type-OC> est formé de l'expression *EXPR-* suivie d'un type d'OC (*EXPR-BUT*, *EXPR-CAPACITE*, etc.). <contenu-prop> et <temps> correspondent respectivement à la description formelle employée et au temps associé. Une liste de contraintes à satisfaire est appliquée.

Finalement, <contenu-OC> désigne le contenu propositionnel de l'OC qui figure dans le modèle de la conversation.

Par exemple, considérons l'expression "*Je veux...*" qui spécifie un but dans une proposition déclarative. Les entrées correspondantes dans la table lexicale des buts sont décrites sous la forme suivante:

```
EXPR-BUT(vouloir(AGT(?agent),OBJ(?prop)),
        présent,
        [Prédicat(?prop)],
        ?prop))
```

```
EXPR-BUT(vouloir(AGT(?agent),OBJ(?objet)),
        présent,
        [Objet(?objet)],
        posséder(AGT(?agent),OBJ(?objet)))
```

Ces entrées permettent de distinguer le cas où un agent désire qu'une action soit exécutée ou un état atteint du cas où il veut posséder un objet quelconque. L'action ou l'état désiré est décrit à l'aide d'un prédicat qui figure comme contrainte de la première règle. Une proposition déclarative ne doit pas toujours être traitée selon le cas général décrit précédemment. Dans plusieurs cas, le positionnement est déterminé en fonction de l'état actuel de l'OC le plus récent figurant dans l'agenda de négociation et par l'expression clé faisant partie de la proposition. Cette expression clé peut être une proposition complète ("*Ce n'est pas vrai.*") ou un préfixe ("*Je te demande si...*"). Le tableau 6.2 présente des exemples de propositions en langue naturelle pour chacun des états de négociation pouvant être détectés à l'aide d'une expression clé.

Par exemple, un OC sera accepté s'il a déjà été proposé au préalable et si une expression clé appropriée, comme "*C'est vrai.*", est employée. Il existe des tables d'expressions clés pour chacun des états de négociation. Ces tables sont consultées par l'intermédiaire de règles de gestion conversationnelle.

<i>Etats de négociation</i>	<i>Exemples d'expressions clés</i>
accepté	C'est vrai.
refusé	Ce n'est pas vrai.
confirmé	Je te remercie.
accepté-refus	Ca ne fait rien.
positionnement-demandé	Je te demande si...
refus-de-positionner	Je refuse de répondre.
à-instancier	Je te demande où...
à-préciser	Je te demande pourquoi.
refus-de-répondre	Je refuse de répondre.
écarté	Je retire ce que j'ai dit.

Tableau 6.2: Exemples d'expressions clés pour les états de négociation

Ainsi, la règle RGR3 identifie l'acceptation ou le refus d'un OC.

RGESTION RGR3: "Acceptation ou refus d'un OC"

FAMILLE: décl

ENTREE: ?id-prop

AJOUT: nil

SORTIE: ?id-OC

```
PROP(?id-prop,?id-acte-disc,?contenu,décl,?temps,?marqueur,?prosodie) &
index-table-expl(décl,?contenu,?table,?état) &
?table(décl,?contenu,?OC,?degré,?id-prop) &
info-générale(?id-acte-disc,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,?td,?tf) &
agenda-négo(?locuteur,?id-conv,?liste-OC) &
tête(?liste-OC,?id-OC)
=> pondérer-degré(?degré,?marqueur,?degré1) &
    maj-posit-négo(?id-OC,?id-conv,?locuteur,?allocutaire,
                    ?état,?degré1,?id-prop,?td)
```

Ces règles détectent si une expression clé appropriée est employée pour accepter ou refuser un OC sur lequel le locuteur avait à se positionner. Si tel est le cas, l'acceptation ou le refus de l'OC est enregistré dans le réseau d'OCs après que le degré de positionnement ait été pondéré en fonction des marqueurs présents dans la proposition analysée.

Il existe un cas particulier qui se produit dans certaines propositions déclaratives et que nous n'avons pas encore mentionné: l'emploi des verbes performatifs (demander, promettre, affirmer, etc.). Utilisés à la première personne, les verbes performatifs se divisent en deux catégories. Dans la première, un verbe performatif, même s'il a une

forme déclarative (indicatif présent), contient en lui-même le type réel de la proposition. Par conséquent, une telle proposition est analysée selon le type véhiculé par le verbe performatif. Par exemple, dans "*Je te demande de P*", *P* est traitée comme une proposition impérative. La seconde catégorie de verbes performatifs précise le type de l'OC proposé. Ainsi, une promesse est vue comme la proposition d'un engagement.

Une règle de gestion conversationnelle traite chacune des catégories de verbe performatifs. Chaque règle utilise une table lexicale appropriée.

La règle RVP1 traite le cas des verbes performatifs qui déterminent le type de l'OC proposé. La table lexicale VERBE-PERF-OC permet d'identifier en plus le degré de positionnement du locuteur et le contenu propositionnel de l'OC. Comme l'OC est proposé, la vérification des positionnements induits s'avère nécessaire (voir section 6.6.2).

RGESTION RVP1: "Proposition déclarative avec un verbe performatif qui détermine le type de l'OC"

FAMILLE: décl

ENTREE: ?id-prop

*AJOUT: [posit-induit, [?id-OC, ?id-conv,
?locuteur]]*

SORTIE: ?id-OC

PROP(?id-prop, ?id-acte-disc, ?contenu, ?type, ?temps, ?marqueur,
?prosodie) &

info-générale(?id-acte-disc, ?locuteur, ?allocutaire, ?id-conv, ?td, ?tf) &

VERBE-PERF-OC(?locuteur, ?contenu, ?contenu1, [?type, ?degré]) &

=> maj-obj-conv(?id-conv, ?type, ?id-OC, ?contenu1, ?locuteur,
?allocutaire, ?attribut) &

maj-posit-négo(?attribut, ?id-OC, ?id-conv, ?locuteur,
?allocutaire, proposé, ?degré, ?id-prop, ?td)

La règle RVP2 traite les propositions contenant des verbes performatifs qui modifient le type et le contenu propositionnel à analyser. Elle constitue un prétraitement à la véritable analyse, car ce n'est pas elle qui détermine l'OC communiqué, mais plutôt une règle de gestion faisant partie de la famille du nouveau type identifié dans la table lexicale VERB-PERF-PROP.

RGESTION RVP2: "Proposition déclarative avec un verbe performatif qui change le type de la proposition"

FAMILLE: décl

ENTREE: ?id-prop

AJOUT: [?type-prop, ?id-prop]

SORTIE: nil

PROP(?id-prop, ?id-acte-disc, ?contenu, décl, ?temps, ?marqueur, ?prosodie) &
VERBE-PERF-PROP(?contenu, ?contenu1, ?type-prop) &
info-générale(?id-acte-disc, ?locuteur, ?allocutaire, ?id-conv, ?td, ?tf)
=> change-prop(?id-prop, ?contenu1, ?type-prop)

6.6.1.2. Propositions interrogatives

Les questions sont généralement posées sous une forme interrogative. Trois états de négociation correspondent à des questions: *posit-demandé*, *à-instancier* et *à-préciser*. A chacun de ces états correspondent des préfixes particuliers en langue naturelle qui permettent d'identifier le type de la question posée. "*Est-ce que*", "*Où*" et "*Pourquoi*" constituent des exemples de préfixes respectivement pour une demande de positionnement, une requête d'instanciation et une demande de précision.

Les préfixes sont absents des questions décrites à l'aide de graphes conceptuels, car un point d'interrogation met en relief l'objet de la question. Si aucun point d'interrogation ne figure dans la description, cela signifie que la question est de type oui/non, donc une demande de positionnement. Une demande d'instanciation est exprimée à l'aide d'un point d'interrogation dans une proposition. Une demande de précision est décrite par un point d'interrogation à la place d'une proposition complète dans un prédicat désignant une relation conceptuelle.

Voici des exemples qui illustrent les trois grands types de questions possibles:

<u>Types de questions</u>	<u>Exemples en langue naturelle</u>	<u>Graphes conceptuels</u>
Demande de positionnement	Est-ce que Dartagnan est dans l'atelier?	Situé(AGT(Dartagnan), LOC(atelier))
Demande d'instanciation	Où est Dartagnan?	Situé(AGT(Dartagnan), LOC(?))
Demande de précision	Pourquoi Dartagnan est-il dans l'atelier?	MOTIV((AGT(Dartagnan), LOC(atelier)), ?)

La règle de gestion RGR10 consulte une table des relations rhétoriques répertoriées et identifie l'OC à préciser.

RGESTION RGR10: "Demande de précision au sujet d'un OC"

FAMILLE: interr

ENTREE: ?id-prop

AJOUT: nil

SORTIE: ?id-OC

```
PROP(?id-prop,?id-acte-disc,?contenu,interr,?temps,?marqueur,
    ?prosodie) &
TABLE-REL-RHETO(?contenu,?descr-OC,?type-rel) &
trouver-id-OC(?descr-OC,?id-OC) &
info-générale(?id-acte-disc,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,?td,?tf)
=>    maj-posit-négo(?id-OC,?id-conv,?locuteur,?allocutaire,
        à-préciser(?type-rel),_,?id-prop,?td) &
        maj-ag-init-syst(?locuteur,?id-conv)
```

La règle RGR11 examine la description de l'OC et trouve s'il y a des arguments associés à des relations conceptuelles à instancier.

RGESTION RGR11: "Demande d'instanciation au sujet d'un OC"

FAMILLE: interr

ENTREE: ?id-prop

AJOUT: nil

SORTIE: ?id-OC

```
PROP(?id-prop,?id-acte-disc,?contenu,interr,?temps,?marqueur,
    ?prosodie) &
trouve-arg-à-instancier(?contenu,?liste-rel-conc) &
non-vide(?liste-rel-conc) &
trouver-id-OC(?contenu,?id-OC) &
info-générale(?id-acte-disc,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,?td,?tf)
=>    maj-posit-négo(?id-OC,?id-conv,?locuteur,?allocutaire,
        à-instancier(?liste-rel-conc),_,?id-prop,
        ?td) &
        maj-ag-init-syst(?locuteur,?id-conv)
```

La règle RGR12, qui traite les questions de type oui/non, entre en fonction quand les deux autres ne s'appliquent pas.

RGESTION RGR12: "Question de type oui/non"

FAMILLE: interr

ENTREE: ?id-prop

AJOUT: nil

SORTIE: ?id-OC

```
PROP(?id-prop,?id-acte-disc,?contenu,interr,?temps,?marqueur,
    ?prosodie) &
info-générale(?id-acte-disc,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,?td,?tf)
=>    déterminer-type(interr,?contenu,?contenu-OC,?type) &
        créer-objet-conv(?id-conv,?type,?id-OC,?contenu-OC) &
        créer-posit-négo(?id-OC,?id-conv,?locuteur,?allocutaire,
            posit-demandé,_,?id-prop,?td) &
        maj-ag-init-syst(?locuteur,?id-conv)
```

Ces trois règles, en plus de mettre le réseau d'OCs à jour, modifient également l'agenda d'initiative, car on considère que le locuteur offre l'initiative à l'allocutaire dans une proposition interrogative (voir section 6.8).

6.6.1.3. Propositions impératives

Une proposition impérative est généralement employée pour proposer un but à un autre agent. "*Ferme la porte*", "*Aide-moi à transporter une boîte*" et "*Apporte le livre*" sont tous des exemples de proposition de but.

La règle de gestion RGR20 traite le cas général.

RGESTION RGR20: "Proposition impérative"

<i>FAMILLE: impér</i>	<i>ENTREE: ?id-prop</i>
<i>AJOUT: nil</i>	<i>SORTIE: ?id-OC</i>

```
PROP(?id-prop,?id-acte-disc,?contenu,impér,?temps,?marqueur,
    ?prosodie) &
info-générale(?id-acte-disc,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,?td,?tf)
    => créer-objet-conv(?id-conv,but,?id-OC,?contenu) &
        pondérer-degré(1,?marqueur,?degré) &
        créer-posit-négo(?id-OC,?id-conv,?locuteur,?allocutaire,
            proposé,1,?id-prop,?td) &
        maj-ag-init-syst(?locuteur,?id-conv)
```

Tout comme pour une proposition interrogative, on considère que dans une proposition impérative le locuteur offre l'initiative à l'allocutaire.

Cependant, certaines propositions impératives contiennent un préfixe qui indique qu'elles ne servent pas à proposer un but, mais plutôt à poser une question. Par exemple, l'expression en langue naturelle "*Dis-moi*" constitue un préfixe qui peut précéder une demande de positionnement ("*Dis-moi si P*"), d'instanciation ("*Dis-moi où P*") ou de précision ("*Dis-moi pourquoi P*").

Les préfixes employés dans les propositions impératives pour décrire une question sont définis à l'intérieur d'une table lexicale QUEST-IMP consultée par la règle de gestion RGR21.

RGESTION RGR21: "Proposition impérative à saveur interrogative"

<i>FAMILLE: impér</i>	<i>ENTREE: ?id-prop</i>
<i>AJOUT: [interr,?id-prop]</i>	<i>SORTIE: nil</i>

```
PROP(?id-prop,?id-acte-disc,?contenu,impér,?temps,?marqueur,
    ?prosodie) &
QUEST-IMP(?contenu,?contenu1) &
info-générale(?id-acte-disc,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,?td,?tf)
    => change-prop(?id-prop,?contenu1,interr)
```

6.6.1.4. Propositions exclamatives

Une proposition exclamative peut être utilisée pour accepter ou refuser un certain OC proposé par un autre agent. Dans un tel cas,

des expressions clés peuvent être utilisées pour signifier l'acceptation ("OK!", "Merci!") ou le refus ("Pas question!", "Non!"). Ces expressions sont répertoriées dans la table EXPR-EXCL utilisée dans la règle RGR30 pour déterminer l'état de négociation de l'OC et le degré de positionnement du locuteur.

RGESTION RGR30: "Proposition exclamative avec expression clé"

FAMILLE: excl

ENTREE: ?id-prop

AJOUT: nil

SORTIE: ?id-OC

PROP(?id-prop, ?id-acte-disc, ?contenu, excl, ?temps, ?marqueur, ?prosodie) &
 EXPR-EXCL(?contenu, ?état, ?degré) &
 info-générale(?id-acte-disc, ?locuteur, ?allocutaire, ?id-conv, ?td, ?tf) &
 vérifie-si-OC-à-posit(?locuteur, ?id-conv, ?id-OC)
 => pondérer-degré(?degré, ?marqueur, ?degré1) &
 maj-posit-négo(?id-OC, ?id-conv, ?locuteur, ?allocutaire,
 ?état, ?degré1, ?id-prop, ?td)

Une proposition exclamative peut également être utilisée pour proposer un OC tel qu'une émotion ou une préférence. Par exemple, "Que je suis triste!" et "Que je m'ennuie!" permettent toutes deux à un agent de proposer une émotion. Une proposition exclamative qui ne contient pas d'expression clé sera traitée comme une proposition déclarative, comme le précise la règle RGR31.

RGESTION RGR31: "Proposition exclamative avec proposition d'un OC"

FAMILLE: excl

ENTREE: ?id-prop

AJOUT: [décl, ?id-prop]

SORTIE: nil

PROP(?id-prop, ?id-acte-disc, ?contenu, excl, ?temps, ?marqueur, ?prosodie) &
 info-générale(?id-acte-disc, ?locuteur, ?allocutaire, ?id-conv, ?td, ?tf)
 => change-prop(?id-prop, ?contenu, décl)

6.6.2. Positionnements induits

Il existe certaines situations où un positionnement sur un OC implique un positionnement sur un autre OC. On dit alors du second positionnement qu'il est induit.

Un premier cas est traité par la règle RID1. Cette règle spécifie que si un OC ?id-OC1 est *proposé* et qu'il est une instanciation d'un objet ?id-OC2 à *instancier*, alors ?id-OC2 devient *instancié*. Cette situation se produit chaque fois qu'un agent répond à une question portant sur une instanciation d'une manière satisfaisante.

RGESTION RID1: "OC instancié à partir d'un OC proposé"

FAMILLE: posit-induit

ENTREE: [?id-OC1, ?id-conv, ?locuteur]

AJOUT: nil

SORTIE: ?id-OC2

```
posit-négo-courant(?id-conv,?locuteur,?id-OC1,proposé,?id-prop,?td) &
posit-négo-courant(?id-conv,?allocutaire,?id-OC2,
    à-instancier(?rel-conc),_,_) &
RELATION-CONV(_,INST (?id-OC1,?id-OC2,?rel-conc1)) &
inclus(?rel-conc,?rel-conc1)
=>    maj-posit-négo(?id-OC2,id-conv,?locuteur,?allocutaire,
    instancié,_,?id-prop,?td)
```

Des règles de gestion conversationnelle similaires, que nous ne présentons pas ici, sont employées pour traiter les cas où une relation conceptuelle est *proposée* et un des OCs qu'elle contient est à-préciser. L'OC devient alors *précisé*. Une telle situation se produit lorsqu'un agent répond à des questions portant sur des demandes de précision ("*Pourquoi?*", "*Qu'est-ce que ça va donner?*", etc.).

La règle de gestion RID4 concerne la situation où le proposeur d'un OC ?id-OC1 en négociation donne raison à son interlocuteur et décide d'écarter ?id-OC1 en acceptant un second OC ?id-OC2 en conflit.

RGESTION RID4: "OC écarté par le proposeur et l'allocutaire"

FAMILLE: posit-induit

ENTREE: [?id-OC1,?id-conv,?locuteur]

AJOUT: nil

SORTIE: ?id-OC1

```
proposeur(?id-conv,?id-OC1,?locuteur) &
posit-négo-courant(?id-conv,?locuteur,?id-OC1,état,?id-prop,?td) &
accepte(?id-conv,?locuteur,?id-OC2) &
RELATION-CONV(_,CONFL(?id-OC1,?id-OC2))
=>    maj-posit-négo(?id-OC1,id-conv,?locuteur,?allocutaire,
    écarté,_,?id-prop,?td)
```

L'état *négocié*, bien que présent dans le cycle de vie de négociation d'un OC, n'a pas besoin d'être mentionné explicitement comme positionnement, car cela n'apporte pas grand chose de plus aux agents locuteurs pour négocier. Par conséquent, nous n'avons prévu aucune règle de gestion conversationnelle particulière pour induire cet état.

Mentionnons finalement une situation où le positionnement par rapport à un OC n'est pas induit à partir d'un autre OC, mais plutôt à partir d'une décision d'un agent. Si l'agent proposeur des OCs encore présents dans l'agenda de négociation (n'ayant pas encore atteint un état de négociation final) décide de mettre fin à une conversation, alors l'agenda de négociation est vidé et les OCs en question sont considérés comme ayant été *ignorés*. L'état de négociation *ignoré* étant l'état par défaut, nul n'est besoin de l'inscrire parmi les positionnements associés à un OC.

6.6.3. Propositions indirectes

Certaines propositions ne doivent pas être interprétées littéralement mais plutôt d'une manière indirecte. Par conséquent, l'agent de conversation doit prendre en compte les situations typiques où il y a proposition indirecte.

Nous pouvons distinguer deux grandes catégories de propositions indirectes. Une première catégorie comprend les propositions qui contiennent certains préfixes stéréotypés qui peuvent être détectés facilement. Par exemple, une question comme "*Peux-tu P?*" correspond généralement à une requête auprès d'un agent pour qu'il effectue P, et non à une question de type oui/non.

La règle de gestion conversationnelle RGPI1 traite ce premier cas de proposition indirecte quand celle-ci est interrogative. La table FORME-PROP-INTERR-IND spécifie le type et le contenu propositionnel réels de la proposition analysée. Ainsi, dans l'exemple "*Peux-tu P?*", P serait considérée comme la véritable description d'une proposition impérative, et non interrogative.

RGESTION RGPI1: "*Proposition contenant une forme indirecte*"

FAMILLE: *interr*

ENTREE: *?id-prop*

AJOUT: [*?type-prop, ?id-prop*]

SORTIE: *nil*

PROP(*?id-prop, ?id-acte-disc, ?contenu, interr, ?temps, ?marqueur, ?prosodie*) &

FORME-PROP-INTERR-IND(*?contenu, ?type-prop, ?contenu1*)

=> *change-prop(?id-prop, ?contenu1, ?type-prop)*

La seconde catégorie de propositions indirectes est beaucoup plus difficile à traiter, car elle dépend très fortement du contexte. Elle comprend les réponses indirectes et coopératives. Quand une question quelconque est posée ou un ordre est donné par un agent A à un agent B, on s'attend à ce que B réagisse à la question ou l'ordre en question. La réaction peut se traduire par une réponse directe ou indirecte [Green, Carberry 1992]. Si la réponse n'est pas directe, l'agent de conversation va tenter de trouver une interprétation indirecte satisfaisante à l'aide de certaines règles de gestion. Par exemple, un agent peut proposer indirectement qu'il était à Québec en disant "*J'ai visité ma soeur*" ou "*Je me suis promené sur la terrasse Dufferin*", en sachant que sa soeur et la terrasse Dufferin sont à Québec. Il peut également répondre négativement à la question "*Etais-tu à Québec?*" en disant: "*Je suis resté à Montréal*" ou "*J'ai travaillé sur ma thèse*".

Les règles de gestion conversationnelle qui traitent ce genre de situations font partie de la famille des positionnements induits, car la proposition indirecte d'un OC peut être inférée à partir de

positionnements connus de l'agent de conversation. A titre d'exemple, mentionnons la règle de gestion RGPI2 qui permet à un agent de se positionner indirectement sur un OC suite à une demande de positionnement. Le prédicat `propose-indirect` vérifie si le contenu propositionnel de l'OC `?id-oc1` peut être inféré à partir du contenu propositionnel de l'OC `?id-oc2` (voir section 4.2.5).

RGESTION RGPI2: "Positionnement indirect positif suite à une demande de positionnement"

FAMILLE: *posit-induit* ENTREE: [*?id-OC1, ?id-conv, ?locuteur*]

AJOUT: nil SORTIE: [?id-OC1,rel(?id-relation)]

posit-négo-courant(?id-conv,?locuteur,?id-OC1,à-positionner,
?id-prop,?td) &

posit-négo-courant(?id-conv,?allocutaire,?id-OC2,proposé, ,) &

```
propose-indirect(?id-OC1,?id-OC2)
```

```
=> maj-posit-négo(?id-OC1,?id-conv,?locuteur,?allocutaire,
                  proposé,?degré,?id-prop,?td) &
```

```
créer-relation(?id-conv,?id-relation,INFER,?id-OC2,?id-OC1)
```

Il existe beaucoup d'autres situations que l'on peut imaginer mais qui débordent le cadre de notre travail.

6.6.4. Propositions dans une séquence conversationnelle

Certaines propositions ne communiquent pas un OC ou une relation conceptuelle entre OCs, mais touchent plutôt la progression du discours au niveau global en faisant partie d'une séquence conversationnelle d'ouverture, de fermeture, de suspension, de reprise ou de réactivation d'une conversation. Nous avons déjà mentionné les règles qui traitent ce genre de proposition à la section 6.2.1.1.

6.6.5. Gestes

Certains gestes jouent le même rôle que des énonciations. Certains d'entre eux concernent la prise de l'initiative, alors que d'autres touchent le réseau d'OCs. Dans cette section, nous n'abordons que cette dernière catégorie de geste. Nous traiterons de la première catégorie à la section 6.8.

Un geste peut accompagner une énonciation en renforçant le message transmis par celui-ci. Par exemple, un agent peut hocher la tête de haut en bas en disant "*Je suis d'accord*" ou frapper la table du poing en disant "*C'est moi le patron ici*". Le geste va alors dans la direction exprimée par l'énonciation.

Un agent peut également exécuter un geste sans l'accompagner d'une énonciation. Dans ce cas, le geste constitue le seul porteur du message. Un tel geste constitue une réaction à un acte de communication exécuté par un autre agent. Nous avons identifié trois situations où un geste peut être employé à la place d'une énonciation:

- acceptation d'un OC proposé par un geste comme un hochement de tête de haut en bas;
- refus d'un OC proposé par un geste comme un hochement de tête de gauche à droite;
- proposition positive ou négative d'un OC faisant l'objet d'une demande de positionnement par un geste comme un hochement de tête.

Un geste, qu'il soit exécuté seul ou en même temps qu'une énonciation, est traité de la même façon. Cependant, il faut par la suite prendre en compte les relations temporelles entre énonciations et gestes pour compléter la mise à jour du réseau d'OCs (voir section 6.2.1).

La règle de gestion RGG1 permet de détecter les gestes d'acceptation d'un OC. Les divers gestes connus et les degrés de positionnement associés sont répertoriés dans la table lexicale GESTE-POS.

RGESTION RGG1: "Geste d'acceptation d'un OC"

FAMILLE: geste

ENTREE: ?id-geste

AJOUT: nil

SORTIE: ?id-OC

```

GESTE(?id-geste,?id-acte-comm,?description,[?td,?tf]) &
GESTE-POS(?description,?degré) &
ACTE-COMM(?id-acte-comm,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,_,_,_,
[?td1,?tf1]) &
posit-négo-courant(?id-conv,?allocutaire,?id-OC,proposé,_,_)
=>    maj-posit-négo(?id-OC,?id-conv,?locuteur,?allocutaire,
proposé,?degré,?id-geste,?tf)

```

Des règles de gestion conversationnelle similaires sont utilisées pour traiter les gestes de refus et de proposition d'un OC.

6.6.6. Relations rhétoriques

Une relation conceptuelle fait partie des composantes d'un acte de discours au même titre qu'une proposition, comme nous l'avons vu à la section 6.1.3. En examinant ces composantes, nous pouvons distinguer deux grandes catégories de situations qui peuvent se produire. La première catégorie correspond aux cas où tous les OCs impliqués dans une relation conceptuelle sont décrits dans un même acte de discours par l'intermédiaire de propositions. C'est le cas habituel des actes de discours composés de plusieurs propositions.

Nous disons alors que la relation est *complète*. La seconde catégorie comprend les actes de discours qui ne mentionnent pas tous les OCs impliqués dans une relation conceptuelle. Ceci implique qu'au moins l'un des OCs impliqués dans la relation conceptuelle n'est pas communiqué par l'intermédiaire du même acte de discours que la relation. Nous disons alors d'une telle relation qu'elle est *partielle*. Dans une relation partielle, l'OC manquant peut avoir été communiqué au préalable par le même agent ayant accompli l'acte de discours courant ou par un autre agent.

A titre d'illustration, examinons l'extrait de conversation suivant énoncé en langue naturelle:

A: *Je n'irai pas te visiter vendredi **parce que** je dois travailler.*

B: ***Mais** tu m'avais promis de me visiter.*

Le premier acte de discours décrit un exemple de relation rhétorique complète, où le marqueur "parce que" indique que le fait d'avoir trop de travail motive chez l'agent A le but négatif de ne pas visiter B vendredi. Le second énoncé contient un exemple de relation rhétorique partielle, où le connecteur "Mais" signifie qu'il y a conflit entre la promesse effectuée par A et son incapacité à venir. Au niveau conceptuel, les actes de discours et les propositions correspondantes sont représentés comme suit:

```

ACTE-DISC(acte-disc30,énonc40,
          [prop35,[MOTIV,"parce que"],prop36],[1030,1032])

ACTE-DISC(acte-disc31,énonc41,
          [[CONFL,"mais"],prop37],[1032,1033])

PROP(prop35,acte-disc30,
      NON(Visiter(AGT(#moi),OBJ(#toi),TEMPS(vendredi)),
          décl,futur,_,[neutre,_,3])

PROP(prop36,acte-disc30,
      OBL(Travailler(AGT(#moi)),
          décl,présent,_,[neutre,3,_])

PROP(prop37,acte-disc31,
      Promettre(AGT(#toi),RCP#moi),
          OBJ(Visiter(AGT(#toi),OBJ(#moi)),
              décl,passé,_,[descend,_,3])

```

Nous utilisons dans le reste de cette section cet exemple pour illustrer le fonctionnement des règles de gestion qui permettent de traiter chacune des deux catégories de relations rhétoriques. Avant d'analyser une relation rhétorique, l'agent de conversation veille à analyser les deux propositions impliquées afin d'identifier les OCs communiqués par celles-ci. Ces OCs sont insérés dans le modèle de la conversation et peuvent être employés par des règles de gestion conversationnelle qui traitent plus particulièrement la relation rhétorique.

La règle de gestion RRR1 analyse les relations rhétoriques complètes. L'agent de conversation retrouve la description des OCs impliqués dans la relation par le prédicat `traite-OC-par-prop` et crée les structures appropriées dans le modèle de la conversation.

RGESTION RRR1: "Relation rhétorique complète"

<i>FAMILLE:</i> relation	<i>ENTREE:</i> [<i>?Relation</i> , <i>?id-prop1</i> , <i>?id-prop2</i>]
<i>AJOUT:</i> [<i>posit-induit</i> , <i>[?id-relation,?id-conv,</i> <i>?locuteur]</i>]	<i>SORTIE:</i> <i>rel(?id-relation)</i>

```
PROP(?id-prop1,?id-acte-disc,_,_,_,_) &
info-générale(?id-acte-disc,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,?td,?tf)
=> traite-OC-par-prop(?id-prop1,?locuteur,?allocutaire,?OC1,
                        ?id-conv) &
    traite-OC-par-prop(?id-prop2,?locuteur,?allocutaire,?OC2,
                        ?id-conv) &
    créer-relation(?id-conv,?id-relation,?Relation,?OC1,?OC2) &
    créer-posit-négo(?id-relation,?id-conv,?locuteur,
                     ?allocutaire,proposé,1,?id-acte-disc,?td)
```

Reprenons le premier acte de discours dans l'exemple présenté précédemment. Tout d'abord, les propositions `prop35` et `prop36` sont analysées pour produire respectivement les objets `but35` et `but36`.

```
OBJET-CONV(but,but35,NON(Visiter(AGT(A),OBJ(B))),
           TEMPS(vendredi))
```

```
OBJET-CONV(but,but3,Travailler(AGT(A)),TEMPS(vendredi))
```

Comme les deux OCs en question sont proposés, les positionnements ne sont pas exprimés directement, mais inclus par la suite dans le positionnement associé à la relation rhétorique:

```
RELATION-CONV(motiv1,MOTIV(but35,but36))
```

```
POSIT-NEGO(motiv1,conv3,A,[proposé,1,acte-disc30,[1032,?tf1]])
```

Le positionnement associé à la relation de motivation exprime que le but `but36` motive `but35`.

Une règle de gestion similaire à la règle `RRR1` est employée par l'agent de conversation pour traiter les relations rhétoriques partielles. La seule différence avec `RR1` est la recherche de l'OC manquant, non mentionné dans l'acte de discours courant mais communiqué dans un acte de discours précédent, à partir de la nature de la relation rhétorique, de l'OC déjà connu, du contenu du modèle de la conversation et de certaines connaissances stéréotypées (voir section 4.2.6). Les OCs ayant déjà fait l'objet d'un positionnement non final sont considérés, en débutant par le plus récent. Le premier OC satisfaisant les contraintes de la relation est choisi comme étant celui qui fait partie de la relation. Sa structure de positionnement est alors mise à jour avant de créer la structure propre à la relation conceptuelle dans le modèle de la conversation. A titre d'illustration, considérons le second acte de discours de l'exemple, compte tenu du positionnement communiqué par le premier acte de discours.

Tout d'abord, la proposition impliquée est analysée. L'OC suivant est alors ajouté au réseau d'OCs:

```
OBJET-CONV(croyance,croyance37,eng37,_)
```

```
OBJET-CONV(engagement,eng37,Visiter(AGT(A),OBJ(B)),
           TEMPS(vendredi))
```

B propose en fait une croyance au sujet d'un engagement effectué par A. Comme la relation est de type conflit, la règle de gestion prévoit ensuite de chercher l'OC qui vient en conflit avec la croyance. Le but `but35` vient en conflit avec `croyance37`, car le contenu de la croyance concerne un but contraire à `but35`. Par la suite, la relation conceptuelle et le positionnement associé sont ajoutés au réseau d'OCs:

```
RELATION-CONV(conflit2,CONFL(eng37,but35))
```

```
POSIT-NEGO(conflit2,conv3,B,[proposé,1,acte-disc31,[1033,?tf2]])
```

Dans le cas où une relation conceptuelle n'est pas proposée, mais plutôt acceptée, refusée ou l'objet de tout autre positionnement, le traitement s'effectue d'une manière similaire aux OCs, particulièrement dans le cas où des expressions clés sont employées. Par exemple, un agent peut dire "*C'est vrai*" aussi bien pour accepter un OC qu'une relation conceptuelle entre OCs.

6.7. Gestion de l'agenda de négociation

La mise à jour de l'agenda de négociation s'effectue en parallèle avec la mise à jour du réseau d'OCs. A chaque fois qu'un OC ou une relation conceptuelle entre OCs aboutit dans un état de négociation non final, une entrée est ajoutée ou mise à jour dans l'agenda de négociation pour l'OC ou la relation en question. Si un positionnement final est communiqué (proposé, refusé, écarté), l'entrée correspondante est retirée de l'agenda de négociation.

6.8. Gestion de l'agenda d'initiative

La gestion de l'agenda d'initiative est intégrée à celle des autres structures de connaissances dans le modèle d'une conversation. Nous exprimons ici le traitement approprié sous forme de règles, bien qu'en pratique, ce traitement est disséminé dans certains cas avec celui des autres structures de connaissances.

Au tout début d'une conversation, les structures suivantes sont créées dans l'agenda d'initiative respectivement pour l'initiateur de la conversation et tous les autres participants:

AGENDA-INIT(?Initiateur,?id-conv,Détenue)

AGENDA-INIT(?Agent,?id-conv,En-attente)

La seconde structure est également créée à chaque fois qu'un agent locuteur s'ajoute à la conversation en tant qu'allocutaire d'un AC. L'agent de conversation qui reçoit un acte de communication vérifie si aucun autre AC n'est accompli en même temps. La règle de gestion conversationnelle RAI1 est tout d'abord employée. Si elle échoue, l'agent de conversation utilise la règle RAI2.

RGESTION RAI1: "Cas général par défaut"

FAMILLE: début-comm

ENTREE: id-acte-comm

AJOUT: nil

SORTIE: nil

ACTE-COMM(?id-acte-comm,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,_,_,_,
[?td,?tf]) &
seul(?id-acte-comm)

=> maj-agenda-init(?allocutaire,?id-conv,En-attente) &
maj-agenda-init(?locuteur,?id-conv,Détenue)

RGESTION RAI2: "Locuteur interrompu"

FAMILLE: début-comm

ENTREE: id-acte-comm

AJOUT: nil

SORTIE: nil

ACTE-COMM(?id-acte-comm,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,_,_,_,

[?td,?tf])

=> maj-agenda-init(?allocutaire,?id-conv,Interrompue) &
maj-agenda-init(?locuteur,?id-conv,Détenue)

Les autres règles de gestion qui touchent l'agenda d'initiative demandent que l'agent de conversation examine les propositions et les gestes contenus dans l'AC courant. Ainsi, la règle RD15, déjà présentée à la section 6.5.2, dit que l'agenda d'initiative d'un agent doit être détruit si celui-ci se retire de la conversation par un geste. D'autres règles de gestion détectent les situations où l'initiative est *demandée* ou *offerte* par un geste ou une proposition, et celles où l'initiative est *laissée ouverte* par une proposition. Des tables lexicales répertorient les gestes et propositions connues qui jouent un tel rôle.

Par exemple, la règle de gestion RAI6 traite le cas où l'initiative est offerte par un geste.

RGESTION RAI6: "Offre de l'initiative à un agent par un geste"

FAMILLE: geste

ENTREE: id-geste

AJOUT: nil

SORTIE: nil

GESTE(?id-geste,?id-acte-comm,?description,[?td,?tf]) &

GESTE-OFFRIR-INIT(?geste) &

ACTE-COMM(?id-acte-comm,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,_,_,_,_) &

AGENDA-INIT(?allocutaire,?id-conv,Demandée)

=> maj-agenda-init(?locuteur,?id-conv,Offerte) &
maj-agenda-init(?allocutaire,?id-conv,Potentielle)

Les autres situations où l'initiative est demandée, offerte ou laissée ouverte sont détectées par des règles de gestion similaires à RAI6. Notons finalement que dans le cas où un agent emploie une proposition interrogative ou impérative, l'agent de conversation met systématiquement à jour l'agenda d'initiative en considérant que le locuteur offre l'initiative à l'allocutaire. Cette mise à jour systématique est réalisée dans les règles de gestion faisant partie des familles *interr* et *impér*.

6.9. Ordre des règles de gestion dans une famille

Pour déterminer l'ordre d'évaluation des règles de gestion dans une même famille, nous avons tenu compte des facteurs suivants:

- Les règles les plus générales qui supposent que d'autres règles ont été vérifiées avant elles sans succès doivent être testées en tout dernier lieu. Par exemple, la règle RGR1 qui traite le cas général d'une proposition déclarative (voir section 6.6.1.1) doit être vérifiée seulement après que toutes les autres règles aient échoué. Par conséquent, elle

est placée à la toute fin de la liste des composantes de la famille des règles de gestion traitant les propositions déclaratives.

- Les règles dont les premières conditions peuvent être testées à partir d'une structure de connaissance doivent être placées avant les règles qui privilégient des conditions demandant plus de travail. Par exemple, les conditions qui testent l'état conversationnel sont rapidement vérifiables, car l'information à tester est contenue directement dans le descripteur de conversation. De même, l'appel à une table permet de vérifier sans beaucoup de travail une condition.

Afin d'illustrer nos propos, prenons le cas de la famille des règles de gestion concernant les propositions interrogatives. Cette famille se compose des règles suivantes: RGR10, RGR11 et RGR12 (voir section 6.6.1.3).

L'ordre d'évaluation que nous privilégions pour cette famille de règles est le suivant: RGR10, RGR11 et RGR12. La règle RGR10, qui concerne les questions impliquant des relations conceptuelles, est évaluée en tout premier lieu, car elle fait appel à une table (TABLE-REL-RHETO). La règle RGR11, traitant les questions sur des arguments d'un OC, est vérifiée en second lieu parce qu'elle fait appel à un prédicat (trouve-arg-à-instancier) un peu plus difficile à tester qu'une entrée dans une table. La règle RGR12, analysant les questions de type oui/non, est testée en tout dernier lieu, car elle est plus générale que les deux autres. En fait, elle suppose que les deux autres règles ont été vérifiées auparavant.

Nous décrivons en annexe C les familles de règles de gestion conversationnelle que nous avons utilisées dans le prototype PSICO (voir chapitre 8), tout en indiquant l'ordre d'évaluation des règles pour chacune.

6.10. Exemple de déploiement d'une conversation

Afin d'illustrer la manière dont le modèle d'une conversation est mis à jour à partir des actes de communication (ACs) exécutés par les agents locuteurs, revenons à l'exemple de la conversation entre Dartagnan et Portos dont nous avons présenté le premier AC à la section 6.1.6. La représentation conceptuelle des autres ACs du dialogue est décrite en annexe E. Nous faisons également mention dans notre description du déploiement de la conversation des règles de gestion utilisées avec succès par l'agent de conversation.

L'AC *acte-comm1*, accompli par Dartagnan, correspond à l'énonciation suivante en langue naturelle: *"Portos! (acte-disc3) J'ai besoin de ton aide pour transporter une boîte de 500 kg jusqu'à l'atelier de*

fabrication pour 13:00 (acte-disc5)". Nous indiquons entre parenthèses les identifiants des actes de discours qui composent l'AC. Après la réception de l'AC *acte-comm1*, l'agent de conversation place dans la structure d'analyse l'élément [*début-comm, acte-comm1*]. Il teste alors les règles de la famille correspondante. Comme la règle RAI1 s'applique, il met à jour l'agenda d'initiative:

AGENDA-INIT(Dartagnan,conv1,Détenue)

AGENDA-INIT(Portos,conv1,En-attente)

Puis il place dans la structure d'analyse l'élément [*début-comm, acte-comm1*]. Il crée le descripteur de conversation comme le précise la règle RD1:

CONVERSATION(conv1,Début,[14,_])

PERIODE(pér1,conv1,[Dartagnan,Portos],[14,_])

Le moteur d'inférence analyse par la suite l'énonciation qui fait partie de l'AC *acte-comm1*. Celle-ci est composée de deux acte de discours, *acte-disc3* et *acte-disc5*, contenant chacun une seule proposition. L'agent de conversation va tout d'abord essayer d'analyser la première proposition en testant les règles de la famille de règles concernant les propositions en général.

La proposition exclamative *prop4*, membre de *acte-disc3*, est identifiée comme une expression qui fait partie d'une séquence pour débiter une conversation, comme le précise la règle RD4. Aucun changement n'est apporté au modèle de la conversation à ce stade.

La seconde proposition est alors analysée. La règle de gestion RD5, membre de la famille *prop*, précise que la conversation passe dans l'état *corps*. Le descripteur de la conversation est alors mis à jour.

CONVERSATION(conv1,Début,[14,15])

CONVERSATION(conv1,Corps,[15,_])

L'agent de conversation choisit ensuite de tester les règles concernant les propositions déclaratives. Grâce à la règle RGR1, la proposition est identifiée comme étant la communication d'un but proposé par Dartagnan à cause de l'emploi de l'expression "*J'ai besoin*". Les structures suivantes sont alors insérées dans le réseau d'OCs:

OBJET-CONV(but,but2,

Transporter(AGT([Dartagnan,Portos,_]),

OBJ(boîte @500 kg),

ORIG(atelier-travail),

DEST(atelier-fabrication)),

TPS-FIN(avant, "1:00 PM"))

POSIT-NEGO(but2, conv1, Dartagnan, [proposé, 1, prop6, [15, _]])

L'agenda de négociation est également mis à jour:

AGENDA-NEGO(Portos, conv1, [but2])

Comme la proposition d'un but doit être vue comme une proposition impérative, l'agenda d'initiative doit être modifié de manière à indiquer que Dartagnan offre à Portos l'initiative:

AGENDA-INIT(Dartagnan, conv1, Offerte)

AGENDA-INIT(Portos, conv1, Potentielle)

Portos réplique dans l'AC *acte-comm2*: "*Désolé! (acte-disc3) Je ne peux pas t'aider parce que j'ai du travail à faire entre 12:00 et 14:00 (acte-disc4)* ". L'agent de conversation met tout d'abord à jour l'agenda d'initiative après avoir appliqué la règle RAI1 au tout début du traitement de l'AC:

AGENDA-INIT(Portos, conv1, Détenue)

AGENDA-INIT(Dartagnan, conv1, En-attente)

Il passe ensuite à l'analyse des deux actes de discours *acte-disc9* et *acte-disc11* qui composent l'énonciation dans l'AC.

La proposition exclamative *prop10* forme l'acte de discours *acte-disc9*. La règle RD8 précise tout d'abord que la conversation demeure dans l'état *corps*. Puis elle spécifie que la proposition doit être analysée en fonction de son type. La famille des règles de gestion pour les propositions exclamatives est alors considérée. La règle RGR30 s'applique pour préciser que la proposition est une manière stéréotypée de refuser un OC déjà proposé. La structure de positionnement sur l'OC *but2* est alors mise à jour:

POSIT-NEGO(but2, conv1, Portos, [refusé, -1, prop10, [16, _]])

L'agenda de négociation est alors vidé, car l'état de négociation "*refusé*" est un état final.

Par la suite, l'acte de discours *acte-disc11* est analysé. Cet acte de discours est composé de deux propositions, *prop12* et *prop13*, liées par une relation rhétorique de *motivation* exprimée en langue naturelle par "*parce que*".

La proposition déclarative *prop12* est analysée pour déterminer la nature des OCs proposés. La proposition *prop12* est vue comme l'expression d'un but négatif qui vise à ne pas aider Dartagnan à transporter la boîte jusqu'à l'atelier de fabrication, c'est-à-dire

exactement le contraire de l'OC but2. L'OC et le positionnement associé sont exprimés comme suit:

OBJET-CONV(but,but3,NON(but2),_)

POSIT-NEGO(but3,conv1,Portos,[proposé,1,prop12,[17,_]])

La proposition déclarative prop5 est également analysée par RGR1 pour être considérée comme l'expression d'un but:

OBJET-CONV(but,but4,
Travailler(AGT(Portos)),
TEMPS(["12:00","14:00"]))

POSIT-NEGO(but4,conv1,Portos,[proposé,1,prop13,[17,_]])

Comme il y a relation rhétorique complète, la règle RRR1 s'applique par la suite.

Les structures suivantes sont ajoutées au réseau d'OCs pour exprimer la proposition de la relation de motivation:

RELATION-CONV(motiv1,MOTIV(but4,but3))

POSIT-NEGO(motiv1,conv1,Portos,[proposé,1,acte-disc11,[16,_]])

Les positionnements associés aux OCs impliqués dans la relation sont éliminés et l'entrée suivante est ajoutée dans l'agenda de négociation:

AGENDA-NEGO(Dartagnan,conv1,[motiv1])

Avec son énonciation "*Ca ne fait rien.*" contenue dans l'AC acte-comm3, Dartagnan exécute en réalité plusieurs actions: il accepte le refus de Portos justifié par la relation motiv1 tout en proposant de terminer la conversation. Après que l'agenda d'initiative ait été mis à jour avec la règle RAI1, la règle RD6 identifie l'expression employée par Dartagnan comme étant une manière d'accomplir ces deux actions simultanément selon le contexte conversationnel. Voici les mises à jour effectuées par l'agent de conversation suite à l'application des règles RAI1 et RD6:

AGENDA-INIT(Dartagnan,conv1,Détenue)

AGENDA-INIT(Portos,conv1,En-attente)

CONVERSATION(conv1,Corps,[15,20])

CONVERSATION(conv1,à-terminer,[20,_])

POSIT-NEGO(but2,conv1,Dartagnan,
[[accepté-refus,-1,prop17,[20,_]],
[proposé,1,prop6,[15,20]]])

Il est à noter que Dartatgnan ne se prononce pas explicitement sur tous les OCs présents dans son agenda de négociation. Cependant, il abandonne le but `but2` qu'il avait proposé en acceptant le refus de Portos.

Comme les deux agents locuteurs n'ajoutent plus rien à la conversation, la règle RD14 place la conversation dans l'état `Fin`.

```
CONVERSATION(conv1,A-terminer,[20,21])
```

```
CONVERSATION(conv1,Fin,[21,_])
```

La fin de la conversation implique que toutes les entrées dans l'agenda d'initiative et l'agenda de négociation sont éliminées.

6.11. Gestion de plusieurs conversations simultanées

Il n'est pas rare que dans un univers multi-agent plusieurs conversations se déroulent au même moment. Par exemple, un agent A discute avec B alors que C converse avec D. Si un seul agent s'occupait de la gestion de plusieurs conversations à la fois, les ACs faisant partie de ces conversations se retrouveraient pris dans un goulot d'étranglement, car un agent de conversation ne peut traiter qu'un AC à la fois.

Pour éviter ce problème, nous prévoyons dans notre approche la présence de plusieurs agents de conversation. En fait, nous privilégions un agent de conversation par conversation. Aussitôt qu'une conversation est terminée, l'agent de conversation qui en est responsable devient disponible pour gérer une autre conversation. Tous les agents de conversations ont accès aux mêmes connaissances, c'est-à-dire aux mêmes règles de gestion et ont le même moteur d'inférence. Cependant, les règles pourraient être différentes dans le modèle général pour permettre diverses interprétations possibles d'un gestionnaire de conversation.

6.12. Comparaison avec les approches pertinentes

Nous présentons dans cette section certains travaux sur lesquels nous nous sommes basés pour élaborer le contenu d'un acte de communication: ceux de Francis et Hunston (1992) et ceux de Traum et Hinkelman (1992). Nous expliquons comment ces travaux reposent sur plusieurs niveaux de communication et comment notre approche permet de simuler la plupart de ces niveaux.

6.12.1. L'approche de Francis et Hunston

Francis et Hunston (1992) ont proposé une approche pour décomposer les diverses parties d'une conversation quotidienne en étendant celle proposée par Sinclair et Coulthard (1975) pour représenter les composantes d'une leçon donnée par un professeur à ses étudiants. Francis et Hunston distinguent cinq niveaux de composantes dans une conversation:

- l'interaction;
- la transaction;
- l'échange;
- le mouvement conversationnel ("move");
- l'acte de discours.

L'interaction désigne une conversation. Elle se compose d'une ou plusieurs transactions. Francis et Hunston affirment qu'il y a peu de chose à dire sur la structure d'une conversation à ce niveau.

Une transaction correspond à la notion de sous-conversation que l'on retrouve dans diverses approches. Elle concerne un sujet de conversation bien précis. Elle renferme un ou plusieurs échanges.

Un échange se compose d'une ou plusieurs énonciations qui touchent localement un même sujet. Généralement, un agent A amorce l'échange par une énonciation, et un agent B la complète en réagissant. Parfois, l'échange comprend une seconde énonciation de la part de A suite à celle exécutée par B. C'est notamment le cas lorsque A pose une question à B, B y répond et A accepte ou refuse la réponse en question.

Les énonciations qui composent les échanges sont appelées par Francis et Hunston des mouvements conversationnels ("moves"). Chaque mouvement conversationnel correspond à un ou plusieurs actes de discours accomplis alors qu'un agent détient l'initiative. Le mouvement conversationnel contient toujours un acte de discours principal ("head"). Cependant, l'acte principal peut être précédé d'un signal et d'un acte préparatoire ("pre-head"). Un signal correspond à un marqueur ("Bien", "Oh", etc.) qui indique le début d'un mouvement conversationnel. Un acte préparatoire annonce l'acte principal³⁹. L'acte principal peut également être suivi d'un acte complémentaire ("post-head") qui constitue un commentaire sur le premier acte⁴⁰.

³⁹ Dans *"Ecoute! Je suis d'accord avec toi!"*, *"Ecoute!"* est un acte préparatoire.

⁴⁰ Dans *"Qui sont ces gens? Je suis sûr que tu le sais."*, le second acte constitue un acte complémentaire.

Francis et Hunston distinguent les échanges organisationnels des échanges conversationnels. Les échanges organisationnels concernent la structure de la conversation. Ils peuvent délimiter certaines parties de la conversation, la structurer, la débiter, la terminer, y ajouter ou y retirer un agent. Les échanges conversationnels touchent plus spécifiquement le sujet de la conversation. Ils sont composés de mouvements conversationnels adjacents qui traitent le même sujet.

Francis et Hunston proposent également certaines catégories de mouvements conversationnels et d'actes de discours basées sur les travaux de Sinclair et Coulthard. Ces catégories sont prises en compte pour établir les agencements acceptables des diverses composantes d'une conversation. Pour plus d'informations à ce sujet, le lecteur est invité à consulter [Francis, Hunston 1992].

Notre approche reprend certaines notions employées par Francis et Hunston, mais appelées et modélisées différemment. L'AC et l'énonciation reprennent la notion de "mouvement conversationnel". L'AC est un concept plus général, car il permet non seulement l'emploi d'énonciations, mais également celui de gestes. Une énonciation peut contenir plusieurs actes de discours. Ceux-ci se décomposent eux-mêmes en propositions qui constituent les actes de discours élémentaires. Cependant, nous n'incluons pas le rôle des actes de discours dans la structure d'une énonciation (signal, acte préparatoire, acte principal, acte complémentaire), car cette information peut être déterminée au cours de l'analyse du contenu d'une énonciation. De plus, nous n'utilisons pas cette information dans la version actuelle des règles de gestion.

Les transactions et les échanges sont des concepts qui regroupent des séquences d'actes de communication exécutés par plusieurs agents. Dans notre approche, nous simulons ces concepts par l'intermédiaire des positionnements sur les OCs qui doivent respecter le cycle de vie de négociation.

Notons finalement que l'approche de Francis et Hunston n'est appliquée que pour l'analyse de conversations.

6.12.2. L'approche de Traum et Hinkelman

Traum et Hinkelman (1992) proposent quatre niveaux d'actions pour gérer la cohérence et le contenu d'une conversation. Chaque niveau d'action concerne une partie de la conversation dont la taille varie selon le niveau.

Les actes de prise de l'initiative concernent la prise de la parole. Ils peuvent servir à la conserver ("keep-turn"), la prendre ("take-turn"),

la céder ("release-turn") ou la donner ("assign-turn"). Plusieurs actes de prise de l'initiative peuvent être contenus dans une même énonciation définie comme une parole plus ou moins continue émise par un même agent. Notre approche prend également en compte la gestion de l'initiative au cours d'une conversation.

Les actes de fondement ("grounding acts") correspondent à l'ensemble d'une énonciation. Ces actes permettent de débiter une énonciation ("Initiate"), de poursuivre une autre énonciation émise par le même agent ("Continue"), de montrer une compréhension d'une énonciation précédente ("Acknowledge"), de demander une telle preuve de compréhension ("ReqAck"), de réparer le contenu d'une énonciation ("Repair"), de demander une telle réparation ("ReqRepair") et d'annuler ce qui vient d'être dit ("Cancel"). Certains de ces actes, comme "Initiate" et "Acknowledge", correspondent dans notre approche à la communication des états de négociation par rapport aux OCs. D'autres actes, comme "Repair" et "ReqRepair", n'ont pas d'équivalent dans notre modèle, parce que nous supposons que les énonciations émises ne contiennent pas d'erreur et n'ont donc pas besoin d'être réparées.

Les actes de discours principaux correspondent à la notion conventionnelle d'acte de discours que l'on retrouve dans divers travaux, comme la promesse, l'affirmation et la requête. Ces actes concernent une unité de discours qui s'apparente à l'OC dans notre approche. Par conséquent, une unité de discours couvre habituellement plusieurs énonciations.

Les actes d'argumentation combinent plusieurs actes de discours fondamentaux. Ils peuvent servir à élaborer, résumer ou clarifier le contenu d'une conversation. Ces actes couvrent plusieurs unités de discours et peuvent référer à des relations rhétoriques. Notre approche permet de d'exprimer certains de ces actes grâce aux positionnements associés à un OC (à-instancier, à-préciser, négocié, etc.) et aux relations rhétoriques qui les relient dans le réseau d'OCs de la conversation.

6.13. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit le contenu et la modélisation d'un acte de communication selon notre approche. Puis nous avons décrit l'impact qu'un tel acte a sur le déploiement d'une conversation. Nous avons examiné la gestion des structures de connaissances dans le modèle d'une conversation. Cette gestion s'effectue principalement grâce à des règles de gestion et à un moteur d'inférence qui décide de l'ordre dans lequel ces règles sont employées par un agent de

conversation quand il reçoit un acte de communication. Après avoir commenté un exemple complet de gestion d'une conversation, nous avons discuté du problème des conversations simultanées. Nous avons finalement comparé l'approche avec certains travaux reposant sur plusieurs niveaux de communication.

Nous n'avons abordé dans ce chapitre que l'interprétation et la modélisation d'une conversation. Or, ce sont les agents locuteurs qui contribuent à faire évoluer une conversation. Pour cela, ils doivent réagir en fonction du contexte de la conversation, c'est-à-dire en fonction du modèle de la conversation et de leur propre modèle mental. C'est le sujet du prochain chapitre.

Chapitre 7

Fonctionnement d'un agent locuteur

Pour être considérés comme des planificateurs autonomes capables de prendre leurs propres décisions et d'interagir, les agents locuteurs doivent être dotés de capacités de compréhension, de raisonnement, de planification et d'exécution. Un agent locuteur perçoit des positionnements effectués par d'autres agents et des changements dans l'environnement. Il évalue alors la validité des états mentaux sous-jacents et réagit en mettant à jour son modèle mental et en exécutant des actions appropriées et planifiées en fonction des buts poursuivis.

La planification des actes de communication est un problème complexe. Dans la présente version du modèle, nous privilégions une approche simple et facilement implantable, mais qui traite adéquatement les problèmes de raisonnement sur les états mentaux et ceux de la planification du comportement à partir du modèle de la conversation.

Nous décrivons tout d'abord le fonctionnement d'un agent locuteur de manière informelle en expliquant en termes d'états mentaux le raisonnement des robots impliqués dans l'exemple présenté à la figure 1.1. Puis nous présentons l'architecture de base d'un agent locuteur et examinons les fonctions et structures de connaissances employées par un agent locuteur. Nous formalisons ensuite l'exemple des robots au moyen de l'architecture proposée et nous comparons l'approche retenue avec des travaux antérieurs.

7.1. Présentation informelle du raisonnement

Les agents locuteurs raisonnent à deux niveaux: celui de leur modèle mental et celui du modèle de la conversation. Dans la présente section, nous illustrons ce raisonnement à l'aide de l'exemple des robots déjà présenté à la figure 1.1 et que nous rappelons à la figure 7.1. Nous numérotions les interventions pour aider le lecteur à suivre le raisonnement associé.

- 1) Dartagnan veut transporter une boîte de 500 kg jusqu'à l'atelier de réparation pour 13:00 et il doit mettre oeuvre un plan pour y arriver. Il connaît plusieurs plans stéréotypés: réaliser une tâche lui-même ou avec l'aide d'un ou de plusieurs autres agents ou la faire exécuter par quelqu'un d'autre. Comme il réalise qu'il est incapable de lever la boîte seul, il écarte le premier plan. Par contre, comme il peut la lever avec le concours de deux autres agents, il retient la seconde solution. Il a maintenant le but de "Transporter la boîte avec de l'aide de deux autres agents pour 13:00".

Conversation entre Dartagnan et Portos

- (1) Dartagnan: *Portos!*
J'ai besoin de ton aide pour transporter une boîte de 500 kg jusqu'à l'atelier de fabrication pour 13:00.
- (2) Portos: *Désolé!*
Je ne peux pas t'aider parce que je dois travailler entre 12:00 et 14:00.

- (3) Dartagnan: *Ca ne fait rien.*

Conversation entre Dartagnan et Atos

- (4) Dartagnan: *Atos!*
J'ai besoin de ton aide pour transporter une boîte de 500 kg jusqu'à l'atelier de fabrication pour 13:00.
Portos n'est pas disponible.
- (5) Atos: *Je suis libre avant 13:00.*
Nous avons besoin d'un autre robot pour transporter la boîte.
Attends une minute!
Je vais demander à Aramis de nous aider.

- (6) Dartagnan: *OK.*

Conversation entre Atos et Aramis

- (7) Atos: *Aramis!*
Peux-tu nous aider, moi et Dartagnan, à transporter une boîte de 500 kg jusqu'à l'atelier de fabrication pour 13:00?
- (8) Aramis: *Je suis occupé jusqu'à 12:30.*
Je promets de venir vous aider vers 12:45.

- (9) Atos: *Je compte sur toi.*

Conversation entre Atos et Dartagnan

- (10) Atos: *Dartagnan!*

Je promets de venir t'aider avec Aramis vers 12:45.

(11) Dartagnan: *Merci!*
Je compte sur vous.

Figure 7.1: Conversations entre quatre robots

Effectuer une tâche avec l'aide d'autres agents implique que ceux-ci aient l'intention d'aider Dartagnan. Pour qu'ils aient cette intention, Dartagnan doit les avertir de son besoin en effectuant une requête auprès d'eux. Il choisit de contacter le premier agent disponible sur sa liste: Portos.

Demander à un agent un service implique une conversation qui, doit être amorcée si elle n'est pas déjà en cours. C'est ce que fait Dartagnan en interpellant Portos avant de lui faire part de sa requête (proposition d'un but).

- 2) Portos perçoit la demande de Dartagnan. Peut-il s'engager auprès de son interlocuteur? Il confronte le but de Dartagnan avec ses propres buts et malheureusement, il découvre un conflit avec un de ses buts: "Travailler entre 12:00 et 14:00". Comme ce dernier but s'avère prioritaire, Portos refuse la demande de Dartagnan. Une manière de refuser d'aider quelqu'un est d'employer une expression figée ("Désolé"), puis de mentionner le refus du but proposé par l'allocutaire et sa raison.
- 3) Dartagnan perçoit le refus de Dartagnan et la justification de ce refus. Comme il a d'autres solutions disponibles à sa disposition (comme contacter un autre robot), il choisit tout simplement d'accepter ce refus en énonçant une expression toute faite ("Ca ne fait rien"). Il n'y a plus rien à ajouter à la conversation qui se termine.
- 4) Dartagnan contacte le second robot disponible sur sa liste: Atos. Comme précédemment, il amorce la conversation en interpellant Atos et en lui faisant part de sa requête. Mais cette fois-ci, il ajoute la contrainte que Portos n'est pas disponible.
- 5) Atos perçoit la demande de Dartagnan de même que la contrainte mentionnée. Il compare la requête avec ses propres buts et s'aperçoit qu'il n'y a pas de conflit. Il se sent donc prêt à aider Dartagnan. Cependant, avant d'accepter explicitement le but proposé, il doit vérifier s'il peut appliquer un plan (s'il y a des chances d'atteindre le but en question). Il sait qu'il ne peut pas lever la boîte seul, ni avec la seule aide de Dartagnan. Comme Aramis demeure le seul autre agent disponible, Atos considère le

plan où l'on doit contacter un autre robot pour effectuer une tâche supplémentaire. Pour contacter ce robot, il doit interrompre la présente conversation. Il indique alors à Dartagnan qu'il est prêt à l'aider, mais qu'un robot supplémentaire s'avère nécessaire. Il suggère également une interruption de la conversation afin d'effectuer une requête auprès d'Aramis.

- 6) Dartagnan est d'accord avec la proposition d'Atos qui ne vient aucunement en conflit avec ses propres états mentaux, ce qui interrompt la conversation entre les deux robots.
- 7) Atos interpelle Aramis et effectue sa requête impliquant Dartagnan et lui.
- 8) Aramis perçoit la requête d'Atos et la compare à ses buts. Il y a conflit avec un but actuel qui sera terminé à 12:30, mais cela laisse amplement de temps pour effectuer la tâche demandée après cela. Une façon de répondre est de mentionner que l'on est occupé jusqu'à 12:30, mais que l'on promet d'effectuer la tâche après (12:45). La tâche peut s'effectuer en dix minutes.
- 9) Atos reçoit la promesse d'Aramis. Cette promesse satisfait sa demande, donc il l'accepte en disant qu'il compte sur lui, ce qui met fin à la conversation.
- 10) Atos doit reprendre la conversation avec Dartagnan pour faire part de l'accord avec Aramis. Il interpelle Dartagnan, puis lui promet de venir l'aider avec le concours d'Aramis pour 12:45.
- 11) Dartagnan reçoit la promesse d'Atos qui satisfait sa demande. Il choisit donc de l'accepter. Une manière simple de l'accepter est de remercier l'agent et de dire que l'on compte sur lui. La requête à l'origine de la conversation étant satisfaite, la conversation entre Dartagnan et Atos est terminée.

Cette description du raisonnement des agents locuteurs fait ressortir les diverses étapes par lesquelles passent les agents avant de réagir. Une situation provoque chez un agent le besoin d'entamer une conversation avec un autre agent: un tel besoin peut être spécifié comme un but conversationnel à atteindre prescrit par une règle d'activation ou dans un plan stéréotypé. Par exemple, Dartagnan a besoin d'autres robots pour transporter une boîte, donc il doit convaincre quelqu'un de l'aider. Un agent allocutaire doit décider de la réaction à adopter en fonction de son propre modèle mental et du contexte de la conversation. Il évalue le bien-fondé de ce qu'il vient de percevoir avant d'exécuter un autre acte de communication. Le

fonctionnement d'un agent locuteur peut être résumé à l'aide des trois processus suivants: Perception - Evaluation - Réaction.

7.2. Principes directeurs pour le fonctionnement d'un agent

locuteur

Compte tenu des remarques précédentes, nous proposons une architecture d'agent locuteur qui suit certaines lignes directrices associées à chacun des processus de base (Perception - Evaluation - Reaction). Examinons ces lignes directrices.

7.2.1. Principes relatifs à la perception

- *Un agent locuteur peut percevoir dans le cadre d'une conversation différents types d'éléments présents dans le modèle de la conversation: des OCs, des états conversationnels inscrits dans un descripteur de conversation et des changements d'initiative inscrits dans un agenda d'initiative.*

C'est l'agent de conversation qui signale les modifications apportées au modèle de la conversation.

- *Un agent locuteur, en plus d'être impliqué dans des conversations, peut percevoir directement des modifications dans l'environnement.*

Ces modifications s'expriment en termes d'états et d'actions non-linguistiques exécutées par d'autres agents. Ces modifications sont signalées par l'agent d'environnement.

7.2.2. Principes relatifs à l'évaluation

- *Chaque positionnement concernant un OC communiqué par le biais d'un acte de communication exprime certains états mentaux.*

Tous les agents locuteurs participant à une conversation sont conscients des états mentaux sous-jacents aux positionnements communiqués et doivent raisonner sur ces états mentaux pour décider des nouveaux états mentaux à ajouter à leur modèle mental et de la réaction à adopter.

Deux approches sont possibles concernant le raisonnement sur les états mentaux communiqués dans une conversation. Une première approche serait de transformer systématiquement les positionnements sur les OCs en termes d'états mentaux et de

raisonner sur ces états mentaux et le modèle mental de l'agent locuteur. Cette approche s'avère plutôt lourde, car elle demande une transformation systématique de tous les positionnements et la conservation de deux formes de modèle de la conversation: une première contenant un réseau d'OCs, et une seconde contenant un réseau d'états mentaux. Une seconde approche serait de raisonner directement sur les positionnements sans avoir à les transformer sous forme d'états mentaux, tout en sachant qu'ils expriment certains états mentaux d'une manière implicite. Nous adoptons cette seconde approche, car elle s'avère beaucoup moins lourde que la première et elle profite de la capacité d'expression des positionnements et des OCs.

- *Il peut y avoir conflit entre ce qui est reçu dans une conversation et ce qui est contenu dans le modèle mental d'un agent, d'où il faut savoir détecter et traiter les conflits.*

Les conflits doivent être traités de manière à maintenir la cohérence dans le modèle mental de l'agent.

- *Dans le contexte d'une conversation, l'agent locuteur doit déterminer sa réaction à ce qui vient de lui être dit en fonction de ses états mentaux et du modèle de la conversation.*

Nous privilégions l'emploi de règles de réaction conversationnelle inspirées des règles de changement d'états mentaux proposées par Shoham (1993) et Thomas (1993). Ces règles expriment les nouveaux états mentaux à adopter et les buts à atteindre quand un OC ou un état conversationnel ou d'initiative est reçu.

7.2.3. Principes relatifs à la réaction

- *Un agent locuteur adopte tour à tour des buts d'émission et de réception dans une conversation.*

Dans une conversation, un agent locuteur joue à la fois un rôle d'émetteur et de récepteur d'actes de communication, selon le contexte. A chacun de ces rôles conversationnels correspond une catégorie de but conversationnel. L'agent locuteur qui désire émettre un message poursuit un but d'émission. Un tel but pourra être atteint par l'exécution d'un acte de communication. L'agent qui attend la réaction d'un autre agent dans le contexte d'une conversation joue un rôle de récepteur en poursuivant un but de réception. Un tel but sera atteint lorsque l'autre agent se sera

effectivement positionné sur un OC sur lequel l'agent récepteur s'est déjà positionné au préalable.

Par exemple, Dartagnan joue un rôle d'émetteur d'acte de communication lorsqu'il débute une conversation avec Portos en l'interpellant et en lui proposant un but. Par la suite, il joue un rôle de récepteur en attendant que Portos se positionne sur le but proposé. Une fois que Portos a refusé le but en question, Dartagnan joue encore le rôle d'émetteur en acceptant le refus de Portos pour mettre fin à la conversation.

- *L'agent locuteur distingue essentiellement dans son approche deux grandes catégories de buts: les buts de niveau domaine et les buts de communication.*

Les buts de communication se rapprochent des buts de niveau discours proposés par Litman et Allen (1987), sauf que nous ne reprenons pas la catégorisation que ces chercheurs ont proposé. Nous divisons plutôt ces buts en buts conversationnels, buts d'émission et buts de réception. Le premier type de but désigne un but qui motive un agent à avoir une conversation. Les deux autres catégories de buts sont associées respectivement aux rôles d'émetteur et de récepteur que peuvent jouer les agents dans le cadre d'une conversation. Nous exprimons ces buts en termes d'OCs et de positionnements à communiquer ou à recevoir. Les buts de niveau domaine, quant à eux, varient en fonction du domaine dans lequel évoluent les agents.

- *Un agent connaît plusieurs façons stéréotypées d'atteindre un but.*

Pour les buts de niveau domaine, ces façons sont décrites sous forme de plans stéréotypés conventionnels que l'on retrouve habituellement dans les planificateurs. Les plans stéréotypés pour les buts de communication sont différents. L'agent connaît des *plans conversationnels* pour les buts conversationnels qui spécifient l'OC et le positionnement à transmettre pour débiter une conversation. Des *schémas de communication* sont utilisés pour atteindre les buts d'émission une fois la conversation amorcée. Ces schémas spécifient une gamme d'actes de communication possibles qui permettent la transmission d'un positionnement dans un certain contexte. Ils précisent divers éléments qui peuvent accompagner le positionnement à communiquer dans le contexte de la conversation. Par exemple, un agent peut proposer simplement un but, ou proposer ce but tout en le justifiant pour convaincre l'autre agent d'adopter ce but. Aucun plan stéréotypé n'est associé aux buts de réception, car l'atteinte de ces buts dépend de la réaction de l'allocutaire.

- *Un agent locuteur ne réagit pas à tous les OCs qu'il reçoit, mais seulement aux plus importants.*

Un agent locuteur n'a pas nécessairement à se positionner systématiquement sur tous les OCs communiqués, mais seulement sur certains d'entre eux, ceci afin d'alléger le contenu des conversations. D'ailleurs, c'est l'approche qui est employée dans les conversations humaines. Par exemple, on peut considérer que certains OCs proposés, comme les croyances et les émotions, sont acceptés par défaut à moins d'avis contraire. Cependant, des OCs comme les buts doivent être acceptés explicitement. Les positionnements autres que l'acceptation doivent être exprimés de manière explicite dans le cadre d'une conversation.

- *Un agent locuteur emploie des méta-règles de planification qui lui permettent de profiter de l'aide d'autres agents pour atteindre ses buts.*

L'agent locuteur évolue dans un univers multi-agent. Le fait qu'il ne soit pas seul affecte son comportement, car il peut faire appel à d'autres agents pour atteindre ses buts. Il y a alors coopération entre les agents. Une certaine compétition peut également exister entre des agents, particulièrement au niveau du partage des ressources. La coopération et la compétition sont deux facteurs très importants qui doivent être pris en compte lorsqu'un agent planifie. Dans notre approche, nous mettons l'accent sur la coopération, car celle-ci s'avère plus importante au niveau de la conversation. Quand l'agent doit atteindre un but, il cherche à trouver une solution pour atteindre le but en question par lui-même⁴¹. S'il ne le peut pas, il cherche une solution où il sera impliqué avec d'autres agents. S'il ne trouve pas une solution satisfaisante, il cherche une solution qui fait appel uniquement à d'autres agents (délégation). Ces deux dernières approches demandent que l'agent locuteur converse avec d'autres agents. Ce n'est qu'après avoir envisagé les trois situations précédentes sans succès que l'agent se résout à abandonner son but. Les solutions possibles pour l'atteinte d'un but sont spécifiées par des méta-règles de planification qui sont employées systématiquement au cours de la planification d'un but considéré prioritaire.

- *Les OCs ne sont intégrés au modèle mental d'un agent qu'à la fin d'une conversation, et seuls les OCs les plus importants le sont.*

⁴¹ Les méta-règles de planification pourraient être différentes afin de rendre les agents moins individualistes. D'autres facteurs autres que l'incapacité à réaliser une tâche par soi-même peuvent être pris en compte par un agent pour faire appel à d'autres agents.

Dans notre approche, les agents locuteurs raisonnent directement sur le contenu du modèle de la conversation. Par conséquent, les états mentaux communiqués par l'intermédiaire des positionnements associés aux OCs ne sont pas intégrés directement au modèle mental des agents, car certains de ces positionnements sont temporaires ou vraiment secondaires. Par contre, à la fin d'une conversation, l'agent locuteur a la faculté de se rappeler des éléments les plus importants de la conversation en effectuant une intégration sélective des OCs à son modèle mental. Certains critères, pouvant varier d'un agent à l'autre, affectent l'ensemble des états mentaux intégrés.

7.3. Architecture d'un agent locuteur

L'architecture que nous proposons pour modéliser le fonctionnement d'un agent locuteur est basée sur les trois processus de base Perception - Evaluation - Réaction. Elle prend également en compte les particularités de notre approche, spécialement le contenu du modèle d'une conversation et celui du modèle mental d'un agent locuteur.

La figure 7.2 présente l'architecture qui précise qu'un agent effectue les fonctions suivantes:

- Perception de positionnements sur les OCs et de nouveaux états de l'environnement;
- Mise à jour des états mentaux et de l'agenda de buts selon la nature de l'élément perçu, le contenu du modèle mental et celui du modèle de la conversation⁴²;
- Planification des buts poursuivis;
- Exécution des actions non-linguistiques ou des actes de communication à exécuter;
- A la fin d'une conversation, intégration sélective des OCs dans le modèle mental.

La perception correspond à l'un des processus de base mentionnés à la section 7.2.1. La mise à jour des états mentaux pour un élément perçu comprend une phase d'évaluation pour la détection de conflit avec le contenu du modèle mental, comme nous le verrons à la section 7.6.1. La majeure partie de la mise à jour des états mentaux et les autres fonctions peuvent être considérées comme faisant partie de la réaction d'un agent locuteur face à ce qu'il perçoit. Nous détaillons les fonctions dans les sections 7.4 à 7.10.

42

Le modèle de la conversation est une base de données partagée avec l'agent de conversation.

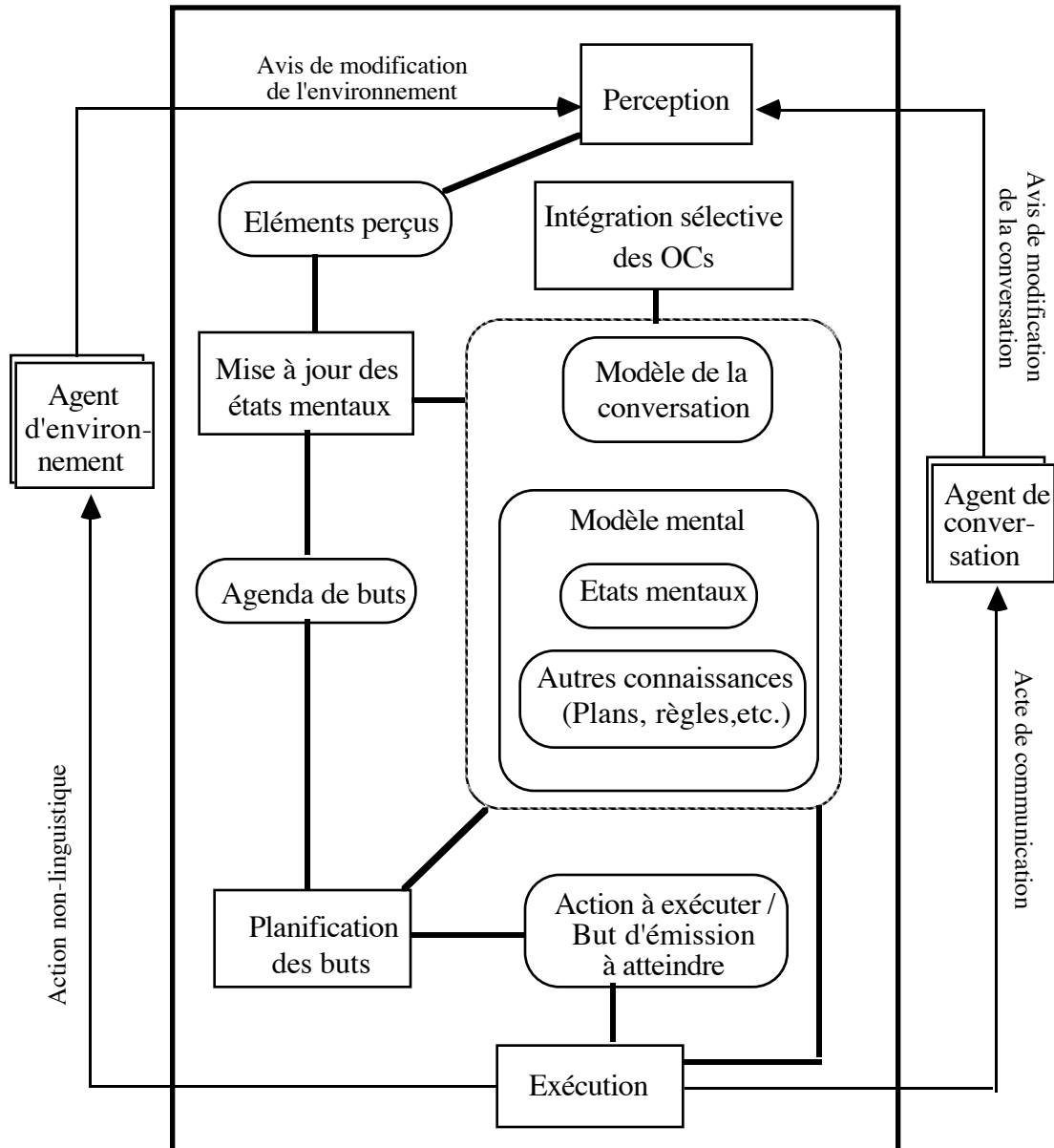


Figure 7.2: Architecture d'un agent locuteur

7.4. Perception

Deux grandes catégories d'événements pouvant apporter des modifications au niveau des états mentaux des agents locuteurs sont perçues:

- les positionnements sur les objets conversationnels;
- les nouveaux états présents dans le modèle de l'environnement, y compris les actions non-linguistiques exécutées.

L'agent locuteur destinataire d'un acte de communication reçoit de l'agent de conversation un avis de modification du modèle de la conversation. Cet avis signale la conversation affectée, l'agent locuteur et la liste des éléments touchés par les modifications sous le format suivant:

```
AVIS-ACTE-COMM(<id-locuteur>,<id-conv>,<id-allocutaire>,  
               <liste-éléments-reçus>)
```

Chaque composante de la liste est une sous-liste composée du type d'un élément (conversation, objet-conv, relation-conv) et de son identifiant. Par exemple, l'avis de modification suivant destiné à Portos, indique que Dartagnan s'est positionné par rapport à l'OC but2:

```
AVIS-ACTE-COMM(Portos,conv1,Dartagnan,[[objet-conv,but2]])
```

Les nouveaux états ajoutés au modèle de l'environnement font l'objet d'un avis de modification par l'agent d'environnement aux agents qui peuvent percevoir ces modifications sans l'aide d'un acte de communication. Un tel avis communique directement le nouvel état exécuté sous la forme suivante:

```
AVIS-ETAT-ENVIR(<Agents>,<Etat>)
```

Par exemple, le fait que *"une boîte de 500 kg se retrouve dans l'atelier de travail depuis 9:00"* est communiqué à Dartagnan, Portos, Atos et Aramis à l'aide de l'avis suivant:

```
AVIS-ETAT-ENVIR([Dartagnan,Portos,Atos,Aramis],  
                Situé(AGT(boîte @500 kg),  
                      LOC(atelier-de-travail),  
                      TPS-DEBUT("9:00")))
```

7.5. Mise à jour des états mentaux pour les états de l'environnement perçus

La mise à jour des états mentaux suite à la perception d'un nouvel état dans l'environnement implique les fonctions suivantes, comme le montre la figure 7.3:

- Ajout d'un état perçu;
- Révision des états mentaux en fonction du nouvel état mental perçu;
- Activation de nouveaux états mentaux;
- Mise à jour de l'agenda de buts.

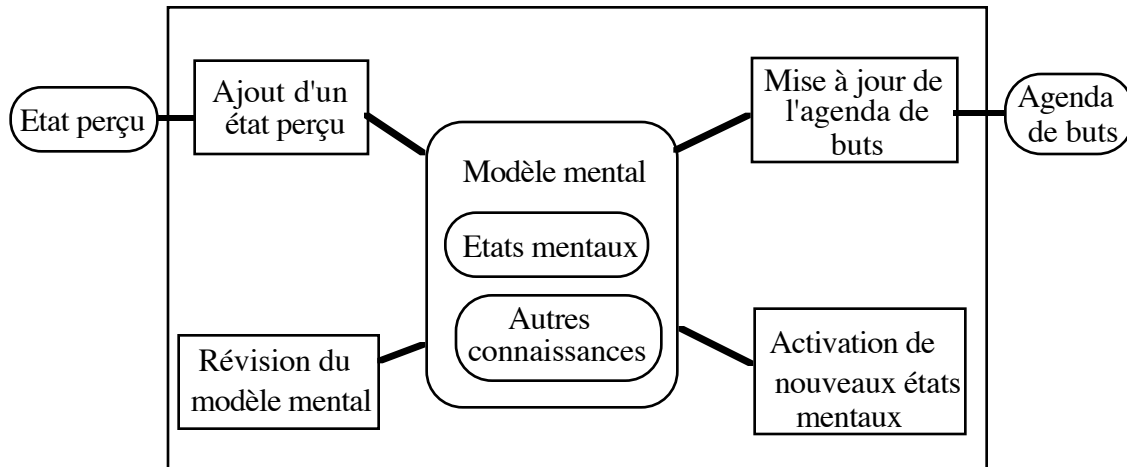


Figure 7.3: Mise à jour des états mentaux à partir d'un état perçu

Un état de l'environnement perçu directement par un agent locuteur a un impact direct sur son modèle mental: l'agent va croire que l'état en question est effectif. Par exemple, si Dartagnan voit Portos dans la même pièce que lui, il va croire aussitôt qu'il en est ainsi. Un agent croit en ce qu'il perçoit. En d'autres mots, l'agent locuteur enregistre dans son modèle mental chacun des états qu'il perçoit, en indiquant que ces états font maintenant l'objet de croyances dont l'origine est la perception. Il vérifie également si ces nouveaux états mentaux entrent en conflit avec les états mentaux déjà présents. Des règles d'incompatibilité (voir section 4.2.6.4) sont alors employées. Quand une règle d'incompatibilité s'applique, l'agent locuteur indique dans son modèle mental que l'état mental en conflit n'est plus effectif. Si l'état mental en conflit justifie la présence (constitue l'origine) d'un second état mental dans le modèle mental d'un agent, alors ce second état mental disparaît. On dit du second état mental qu'il est dépendant du premier. Rappelons qu'un état mental constitue l'origine d'un autre état lorsque ce dernier a été créé par le biais d'une règle d'activation (voir section 4.2.5).

Par exemple, supposons que Dartagnan pensait que Portos se trouvait dans l'atelier de réparation parce qu'il était brisé. Dartagnan ne croira plus que Portos se trouve à l'atelier de réparation s'il le voit dans l'atelier de travail. Et il ne croira plus également que Portos est brisé, car Portos n'est plus dans l'atelier de réparation.

L'agent locuteur vérifie également s'il y a des règles d'activation d'états mentaux applicables pour les nouveaux états mentaux ajoutés dans son modèle mental, en particulier au niveau des buts à atteindre. Si oui, les états mentaux appropriés sont ajoutés au modèle mental de l'agent. Dans le cas d'un but, celui-ci est ajouté à

l'agenda des buts. Un tel agenda contient tous les buts qu'un agent cherche à atteindre avec leur degré de priorité. Le locuteur vérifie également qu'un état perçu ou ajouté à son modèle mental lui permet d'atteindre un but en particulier.

7.6. Mise à jour des états mentaux à partir des positionnements

reçus

Un agent qui perçoit certaines modifications au niveau du modèle d'une conversation doit réagir de manière cohérente selon le contexte. Ces réactions s'expriment tant au niveau du modèle mental de l'agent locuteur qu'au niveau de l'acte de communication exécuté. Evidemment, la mise à jour des états mentaux concerne le modèle mental de l'agent. L'acte de communication à exécuter est choisi par l'agent locuteur dans une phase ultérieure.

Les positionnements communiqués par un agent locuteur expriment certains états mentaux qui peuvent être perçus par l'allocutaire. Par exemple, quand un agent A propose une croyance CR à un agent B, A croit le contenu propositionnel CR et il a par défaut le but que l'autre agent croit CR. Un agent peut raisonner directement sur les positionnements perçus sans effectuer la transformation en termes d'états mentaux. Ce n'est qu'au moment où un agent désire intégrer en tout ou en partie le contenu d'une conversation à son modèle mental que la transformation s'avère nécessaire (voir section 7.10). Nous présentons en annexe A les états mentaux cachés derrière les différents positionnements possibles pour des agents sincères et crédibles.

La figure 7.4 montre les principales fonctions impliquées dans la mise à jour des états mentaux à partir de positionnements perçus. Tout d'abord, l'agent doit vérifier pour chacun des positionnements perçus s'il y a conflit ou non avec ses propres états mentaux. Par la suite, l'agent locuteur doit décider de la réaction à adopter face à chacun des positionnements, selon s'il y a conflit ou non. La réaction adoptée implique chez l'agent la création de nouveaux états mentaux dans son modèle mental et la poursuite de buts de communication potentiels. Deux types de buts de communication sont possibles: les buts d'émission et les buts de réception. Un but d'émission signifie que l'agent a l'intention de communiquer un OC ou un état conversationnel à l'autre agent. Un but de réception implique que l'agent locuteur a l'intention de recevoir un certain positionnement de la part d'un autre agent par rapport à ce qu'il vient de dire.

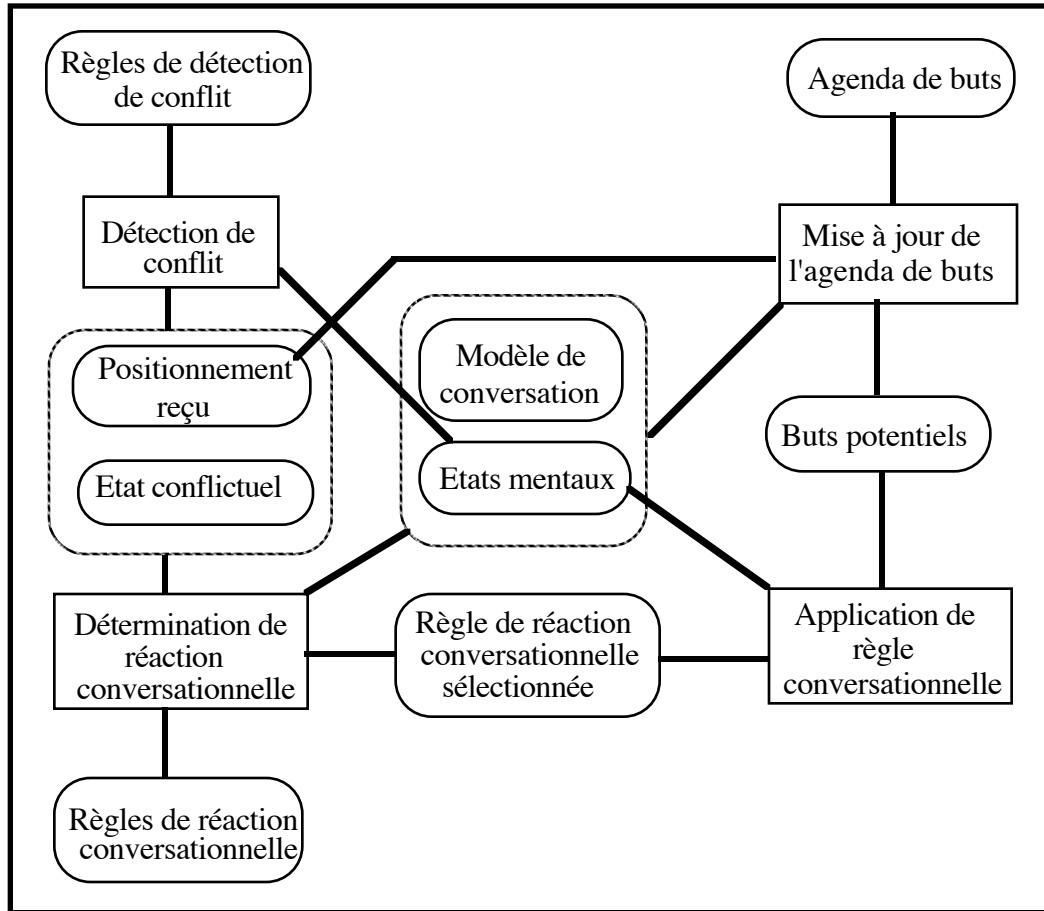


Figure 7.4: Mise à jour des états mentaux à partir des positionnements reçus

Des réactions types sont spécifiées à l'aide de règles de réaction conversationnelle constituant une adaptation des règles de changement d'états mentaux proposées par Shoham (1993) et Thomas (1993). Ces règles prennent en compte le positionnement perçu et l'objet conversationnel concernés, la présence et la nature d'un conflit avec le modèle mental de l'agent, le modèle de la conversation, les modifications à apporter au modèle mental et la poursuite potentielle d'un but conversationnel exprimé sous forme de positionnement à communiquer. L'application de la règle conversationnelle sélectionnée implique une mise à jour du modèle mental de l'agent et de sa liste de buts d'émission potentiels. Par la suite, l'agent doit retenir effectivement le ou les buts d'émission qu'il va chercher à atteindre en plaçant ceux-ci dans l'agenda des buts. Les autres buts sont tout simplement écartés. Nous justifierons ce point à la section 7.6.4. Il doit également vérifier à ce niveau si un positionnement perçu satisfait un but de réception qu'il poursuit, si

tel est le cas, afin de s'assurer de la cohérence de la conversation. Dans le cas où aucun positionnement ne satisfait un but de réception, l'agent peut insérer dans l'agenda des buts un but d'émission prioritaire pour demander à l'autre agent de se positionner sur l'OC concerné.

Examinons les principales phases impliquées dans la mise à jour des états mentaux d'un agent locuteur.

7.6.1. Détection de conflit avec le positionnement perçu

Parmi les états mentaux exprimés par un positionnement de type proposition (de croyance, de but, etc.) se retrouvent certains effets perlocutoires que l'agent locuteur espère produire chez l'allocutaire. L'allocutaire qui perçoit un positionnement de ce type doit vérifier s'il y a conflit avec ses propres états mentaux en comparant les états mentaux inclus parmi les effets perlocutoires du positionnement avec le contenu de son propre modèle mental. Des règles de d'incompatibilité (voir section 4.2.6.4), définissant les faits ne pouvant être vrais simultanément, sont employées pour effectuer cette vérification sur le contenu propositionnel des états mentaux et des OCs impliqués.

Quand un conflit est détecté, l'agent locuteur détermine l'importance de celui-ci en comparant la différence entre les deux degrés d'intensité⁴³ associés aux états mentaux conflictuels impliqués. Les informations suivantes sont alors notées: l'indication du conflit, l'état mental en conflit et la différence existant entre les degrés d'intensité. Ces informations seront par la suite employées pour la suite du traitement au niveau du modèle de la conversation.

Par exemple, quand Dartagnan propose à Portos un but, Portos doit vérifier si le but en question entre en conflit avec son propre but. Malheureusement, cela est le cas, car Portos doit travailler jusqu'à 14:00 et ce but comporte un degré de priorité très élevé. Par conséquent, il doit noter que la proposition de Dartagnan entre en conflit avec un de ses buts avec une différence entre les degrés de priorité négative (celui du but déjà présent dans le modèle mental de l'agent est plus élevé que le degré associé au but proposé).

Dans le cas où le positionnement n'est pas de type proposition, il n'est pas nécessaire pour l'agent de déterminer si l'état mental correspondant est conflictuel ou non, car ce positionnement (accepté, refusé, à-instancier, etc.) est communiqué en réaction à ce qui a été

⁴³ Rappelons que le degré d'intensité d'un état mental varie selon la nature de l'état mental: degré de croyance pour une croyance, degré de priorité pour un but, etc.

proposé auparavant par l'agent. Dans le cas où un positionnement est demandé, les réactions à appliquer seront choisies directement sans qu'il soit nécessaire de déterminer s'il y a conflit ou non. Notons finalement qu'en plus des positionnements sur un OC, de nouveaux états conversationnels (Début, Corps, etc.) peuvent également être perçus par un agent locuteur. Ces nouveaux états peuvent nécessiter une certaine réaction, selon les circonstances. Par exemple, dans une séquence d'ouverture de conversation, un agent locuteur peut tout simplement dire bonjour à un autre pour entamer la conversation. La bienséance exige que l'autre agent réponde en disant également bonjour. Par la suite, l'agent initiateur de la conversation peut passer, s'il le désire, au corps de la conversation en proposant un OC quelconque.

7.6.2. Détermination des réactions conversationnelles

Après avoir déterminé si un positionnement vient en conflit avec le contenu de son état mental, l'agent locuteur doit déterminer la réaction à adopter dans le contexte de la conversation. Cette étape consiste à choisir la règle de réaction conversationnelle la plus adéquate en fonction du positionnement perçu et du contexte conversationnel.

La notion de règle de réaction conversationnelle est inspirée de la notion de règle de changement d'états mentaux employée par Shoham (1993) et Thomas (1993). Une règle de changement d'états mentaux spécifie que si un certain acte de discours est perçu et si certains états mentaux sont présents dans le modèle mental de l'agent, alors celui-ci doit réagir en adoptant certains états mentaux et en exécutant un certain acte de communication. La notion de règle de réaction conversationnelle que nous employons est différente, car elle prend en compte les particularités du modèle de la conversation et celles du modèle mental d'un agent. Elle s'applique en réaction à un positionnement reçu et précise un but d'émission que l'agent devrait chercher à atteindre dans ce cas, compte tenu du contexte conversationnel. Comme nous l'avons déjà mentionné, un but d'émission exprime la nécessité de communiquer un certain positionnement de négociation ou un certain état conversationnel pour faire progresser la conversation courante dans une certaine direction. Une règle de réaction conversationnelle suppose que la présence d'un conflit existant entre le positionnement perçu et le contenu du modèle mental de l'agent a été détectée au préalable. Plus spécifiquement, la syntaxe d'une règle de réaction conversationnelle a le format suivant:


```
<règle-réact-conv> ::= <en-tête> <perception> <état-conflictuel>
                        <conditions> <nouv-états-mentaux>
                        <but-potentiel>.
```

L'en-tête d'une règle comprend un identifiant de règle et la description sous forme de texte en langue naturelle:

```
<en-tête> ::= R-RCNV <id-règle> ':' <text>.
```

L'élément <perception> correspond à l'élément communiqué par l'agent <locuteur> qui doit provoquer une réaction chez l'agent <agent>.

Cet élément peut concerner un positionnement sur un OC ou une relation conceptuelle entre OCs, ou bien un état conversationnel.

<valeur-positionnement> correspond à un état présent dans le cycle de vie de négociation d'un OC alors que <état-conv> est un état valide dans le cycle de vie d'une conversation.

```
<perception> ::= PERCU: <positionnement> | PERCU: <état-conv>;
```

```
<positionnement> ::= '[' <type> ',' <id-élément> ',' <agent> ','  
                        <locuteur> ',' <id-conv> ','  
                        <valeur-positionnement> ',' <v-degré> '']';
```

```
<type> ::= OBJECT-CONV | RELATION;
```

```
<état-conv> ::= '[' CONV ',' <id-conv> ',' <agent> ',' <locuteur> ','  
                <valeur-état> ']'.
```

$$\langle \text{état-conflituel} \rangle ::= \text{ETAT-CONFLIT} : \langle \text{valeur-état-conflit} \rangle;$$

```
<valeur-état-conflit> ::= OK ! '[' CONFLIT ',' <id-état-mental> ','  
                                <diff-degré> ']' ;
```

$$\langle \text{diff-degré} \rangle ::= \langle \text{chiffre} \rangle.$$

Il est à noter que les éléments qui font partie de <perçu> et de <état-conflictuel> sont en réalité des arguments de la règle de réaction conversationnelle.

Une ou plusieurs conditions d'application de la règle peuvent s'appliquer. Ces conditions peuvent concerner des états mentaux, des structures présentes dans le modèle mental ou la différence au niveau du degré d'intensité notée lors de la détection d'un conflit.

44

Par défaut, il n'y a pas de conflit quand on examine un état conversationnel.

```

<conditions> ::= CONDITIONS: {<condition>};
<condition> ::= <état-mental> | <structure-conversation> |
                <condition-diff-degré>.

```

Les nouveaux états mentaux à ajouter et le but potentiel à atteindre constituent les deux dernières composantes d'une règle de réaction conversationnelle.

```

<nouv-états-mentaux> ::= ETATS-MENTAUX: {adopte-état '(' <id-OC> ','
                                           <degré> ')'};

<but-potentiel> ::= BUT-POTENTIEL: [<description-but>];
<description-but> ::= <but-émission> | <but-variable>;
<but-émission> ::= but-émission '(' <id-OC> ',' <info-posit> ','
                                   <degré> ',' <type-OC> ','
                                   <description> ',' <id-conv> ','
                                   <locuteur> ')' |
                                   but-émission '(' <id-conv> ',' <action-état-conv>
                                   ',' <locuteur> ')';

<action-état-conv> ::= accepte-suspendre | accepte-fin | débiter |
                       propose-terminer | suspendre | reprendre |
                       accepte-reprise | réactive | accepte-réactive;
<but-variable> ::= but-variable '(' <id-OC> ',' <id-état-mental> ','
                                   <descr-but> ')'.

```

Les états mentaux à ajouter dans le modèle mental de l'agent sont propres à l'agent et ne sont pas sous-entendus dans un positionnement. Les états mentaux sous-entendus ne sont ajoutés dans le modèle mental de l'agent qu'à la fin d'une conversation si l'agent les considère importants (voir section 7.10). Les buts potentiels sont des buts d'émission qui peuvent être fixes ou variables. Un but d'émission variable nécessite la résolution d'un conflit détecté de manière à communiquer une solution alternative à l'OC originalement proposé. Si le conflit ne peut pas être résolu, le but d'émission consiste à refuser l'OC conflictuel proposé.

Il est possible d'avoir des règles de réaction conversationnelle différentes pour divers agents, car on peut concevoir que des agents réagissent différemment jusqu'à une certaine limite dans le contexte d'une conversation. Cependant, le respect des cycles de vie (négociation, conversation, initiative) s'avère dans tous les cas essentiel. Une règle de réaction conversationnelle est sélectionnée si elle s'applique pour l'élément perçu, et si l'état conflictuel ainsi que les conditions sont vérifiés.

Pour compléter cette section, nous présentons à titre d'illustration quelques règles de réaction conversationnelle que nous avons utilisées pour traiter l'exemple des robots de la figure 7.1.

La règle de réaction conversationnelle *rconv2* spécifie que l'agent locuteur accepte un but sans conflit qui implique sa participation.

R-RCONV *rconv2*: "Acceptation d'un but sans conflit impliquant l'allocutaire"

PERCU: [OBJET-CONV, ?id-OC, ?agent, ?locuteur, ?id-conv, proposé, ?degré]

ETAT-CONFLIT: OK

CONDITIONS: OBJET-CONV(*but*, ?id-OC, ?descr, _) &
agent(?agent, ?descr)

ETATS-MENTAUX: adopte-état(?id-OC, ?degré, ?description)

BUT-POTENTIEL: but-émission(?id-OC, [accepté, nil], ?degré, *but*,
?description, ?id-conv, ?locuteur)

Il est à noter que la règle proposée pourrait être quelque peu différente et un peu plus complexe. On pourrait imaginer des agents locuteurs qui n'accepteraient pas systématiquement les buts proposés même si aucun conflit n'est détecté avec le contenu de leur modèle mental. Dans un tel cas, des conditions supplémentaires seraient ajoutées à la règle de réaction conversationnelle pour évaluer si l'OC devrait être accepté ou pas. L'approche des règles conversationnelles est assez générale pour permettre d'étendre cette phase d'évaluation de la situation.

La règle *rconv6* précise que l'agent locuteur refuse un but proposé ?id-OC qui entre en conflit avec un de ses buts ?id-but si ?id-OC a un degré d'intensité moins élevé.

R-RCONV *rconv6*: "Refus d'un but moins prioritaire avec conflit"

PERCU: [OBJET-CONV, ?id-OC, ?agent, ?locuteur, ?id-conv, proposé, ?degré]

ETAT-CONFLIT: [CONFLIT, ?id-but, ?diff-degré]

CONDITIONS: OBJET-CONV(*but*, ?id-OC, ?descr, _) &
?diff-degré < 0

ETATS-MENTAUX:

BUT-POTENTIEL: but-émission(?id-OC, [refusé, ?id-but], nég(?degré), *but*,
?descr, ?id-conv, ?locuteur)

L'agent cherche à résoudre le conflit entre un but proposé ?id-OC et un but ?id-but qu'il a déjà si le degré de priorité de ?id-OC est supérieur comme le montre la règle *rconv7*. Le but d'émission est déterminé suite à la résolution du conflit.

R-RCONV rconv7: "But plus prioritaire avec conflit"

PERCU: [OBJET-CONV, ?id-OC, ?agent, ?id-locuteur, ?id-conv, proposé, ?degré]

ETAT-CONFLIT: [CONFLIT, ?id-but, ?diff-degré]

CONDITIONS: OBJET-CONV(*but*, ?id-OC, ?descr, _) &
 ?diff-degré ≥ 0

ETATS-MENTAUX:

BUT-POTENTIEL: *but-variable*(?id-OC, ?id-but, ?but-émission)

Certaines règles de gestion conversationnelle concernent une réaction à un état conversationnel proposé. Par exemple, la règle *rconv12* permet à un agent d'accepter par défaut une demande de suspension de la conversation.

R-RCONV rconv12: "Acceptation de la suspension de conversation sans conflit"

PERCU: [CONV, ?id-conv, ?agent, ?locuteur, A-suspendre]

ETAT-CONFLIT: OK

CONDITIONS:

ETATS-MENTAUX:

BUT-POTENTIEL: *but-émission*(?id-conv, accepte-suspension, ?locuteur)

D'autres règles de réaction conversationnelle employées dans le prototype PSICO sont présentées en annexe B.

7.6.3. Application de la règle de réaction conversationnelle sélectionnée

Une fois une règle de réaction conversationnelle sélectionnée, l'agent locuteur met à jour les états mentaux spécifiés par la règle dans le modèle mental de l'agent. Si un état mental n'est plus effectif, comme une croyance ou un but, l'agent doit désactiver s'il y a lieu les états mentaux justifiés par la présence du premier état mental. De manière similaire, si un nouvel état mental figure parmi les prémisses d'une règle d'activation d'état mental, alors la règle d'activation en question est exécutée pour créer éventuellement un nouvel état mental.

Après avoir complété la mise à jour des états mentaux, l'agent ajoute le but d'émission prescrit par la règle de réaction conversationnelle parmi les buts potentiels à atteindre.

7.6.4. Mise à jour de l'agenda de buts

Lorsque l'agent locuteur a terminé de traiter les éléments perçus dans le modèle de la conversation, il doit décider quels sont les buts d'émission qu'il va chercher à atteindre pour réagir à ce qui vient de

lui être communiqué dans le contexte de la conversation. Il serait beaucoup trop lourd et inutile que l'agent réagisse à tous les positionnements et tous les états conversationnels. Il faut voir que la réaction conversationnelle a pour but de communiquer un ou plusieurs positionnements ou un nouvel état conversationnel sous la forme d'un acte de communication. Certains positionnements, particulièrement l'acceptation d'un OC, peuvent être considérés comme étant effectifs par défaut sans devoir être communiqués explicitement, à moins d'avis contraire.

D'un autre côté, il convient que les agents réagissent de manière cohérente aux sujets discutés dans une conversation. Par exemple, si un but est proposé, il convient que l'agent ait une réaction conséquente avec le but en question. Donc, les buts de réception non satisfaits peuvent entraîner une certaine réaction chez un agent frustré. Il convient donc pour l'agent locuteur qui poursuit un but de réception de vérifier si un positionnement reçu lui permet d'atteindre le but en question. Si oui, il l'enlève de l'agenda des buts. Sinon, il doit le conserver et ajouter, parmi les buts d'émission potentiels, celui de relancer l'autre agent qui ne s'est pas positionné de manière satisfaisante.

Par la suite, l'agent locuteur évalue les buts d'émission potentiels qui sont envisagés. Les buts potentiels sont au préalable classés comme étant obligatoires ou non. Généralement, un seul but potentiel s'avérera obligatoire. Tous les buts obligatoires sont placés dans l'agenda des buts. Si aucun but ne s'avère obligatoire, cela signifie qu'un agent doit choisir un but d'émission qu'il va chercher à atteindre parmi l'ensemble des buts existants. Si un seul but d'émission est considéré, cela ne pose pas de problème. Dans le cas où il y en a plusieurs, un choix doit être effectué selon le contexte. Le but de relance d'un positionnement est considéré comme étant obligatoire ou optionnel, selon la nature de l'OC impliqué. Par exemple, un agent va tenir à ce qu'un agent se positionne sur un but déjà proposé, mais pas nécessairement sur une croyance. Parmi les buts d'émission que l'on considère obligatoires, mentionnons les suivants:

- Acceptation d'un but ou d'un engagement;
- Refus d'un OC ou d'une relation conceptuelle;
- Acceptation ou refus d'une proposition de suspension.

La plupart des autres situations sont considérées comme optionnelles.

Par exemple, après que Dartagnan ait interpellé Portos et lui ait proposé de l'aider à transporter une boîte, Portos a les buts

d'émission suivants: répondre à l'opération de début de conversation de Dartagnan ou refuser le but proposé. Comme seul le second but est considéré obligatoire, Portos ne retient finalement à titre de but d'émission à atteindre que le refus du but proposé par Dartagnan. Ce but est alors inséré dans l'agenda des buts à atteindre.

7.7. Planification des buts poursuivis

Cette étape consiste à chercher une manière d'atteindre les buts présents dans l'agenda des buts en respectant l'ordre de priorité dans lequel ils se trouvent. Dans la version actuelle du modèle, nous considérons que les buts d'émission ont un degré de priorité égal à 1. Ce sont les plus prioritaires. Un but d'un autre type a un degré de priorité hérité de la règle d'activation de but utilisée (voir section 4.2.5) ou de son parent dans la hiérarchie des buts.

Nous privilégions un planificateur hiérarchique qui construit ses plans à partir de plans stéréotypés. Si aucun plan stéréotypé n'est connu pour atteindre un but donné, le planificateur doit employer les actions primitives connues pour construire un nouveau plan.

Nous distinguons six types de buts (voir section 4.1.2) traités de manière différente au moment où l'agent cherche un plan pour atteindre le but.

Une *action non-linguistique* est exécutée immédiatement .

Un *but d'émission* est atteint par la construction de la structure d'un acte de communication adéquat suivie de l'exécution de ce dernier.

Des *plans d'émission* et des *schémas de communication*, que nous présentons à la section 7.9, sont utilisés.

Dans le cas d'un *but de réception*, l'agent locuteur attend une certaine réaction de la part de son interlocuteur. Aucune planification ne s'avère nécessaire, sauf si l'interlocuteur n'a pas le comportement attendu dans le cadre de la conversation. Dans ce dernier cas, l'agent locuteur demande explicitement la réaction désirée.

Pour trouver un plan afin d'atteindre un *but conversationnel*, l'agent locuteur consulte un *plan conversationnel*. Un tel plan précise un but d'émission pour débiter une conversation avec un autre agent de manière à obtenir l'acceptation ou la proposition d'un OC en particulier. Par exemple, Dartagnan entre en conversation avec Portos parce qu'il désire obtenir un engagement concernant le transport d'une boîte de 500 kg jusqu'à l'atelier de fabrication. Un plan conversationnel est décrit sous la forme suivante:

```
<plan-conv> ::= <PLAN-CONV: <id-plan> <entrée> <corps>;
<entrée> ::= TYPE: <type-OC>;
```

<corps> ::= CORPS: <contenu-corps> ['&' <contenu-corps> ''];

<contenu-corps> ::= <but-émission> | <autre-prédicat>.

Ainsi, le plan conversationnel appliqué par Dartagnan pour débiter sa conversation avec Portos est décrit comme suit:

PLAN-CONV: *plan-conv1*

TYPE: *engagement*

CORPS: BUT-EMISSION(., *proposé*, ?*degré*, *but*, ?*description-OC*,
?*id-conv*, ?*allocutaire*)

Ce plan spécifie que Dartagnan doit débiter la conversation avec Portos en lui proposant directement le but sur lequel il désire obtenir un engagement. Les arguments variables figurant dans le but d'émission dépendent du contexte.

Le plan d'un *but décomposable* est construit à partir d'un *plan stéréotypé* connu pour un tel but. Si les préconditions d'un plan stéréotypé sont vérifiées dans le contexte courant, alors l'agent ajoute dans son agenda de buts les sous-buts qui font partie du corps du plan stéréotypé. Les prérequis non-satisfaits deviennent également de nouveaux buts.

La planification d'un *état* suit le même patron, sauf que l'agent locuteur recherche un plan stéréotypé pour lequel une postcondition correspond à l'état désiré.

Dans les deux derniers cas, l'agent fait appel à des *méta-règles de planification* qui lui permettent de considérer éventuellement l'aide d'autres agents pour atteindre un but. Ces règles reposent sur la notion de capacité à atteindre un but et celle de disponibilité d'un agent. Un agent ou un groupe d'agents est capable d'atteindre un but s'il satisfait toutes les préconditions de ce but. Un agent est disponible pour atteindre un but s'il ne s'est pas déjà engagé à poser des actions en vue d'atteindre un autre but prioritaire qui l'empêcheraient de poser en même temps des actions nécessaires pour l'atteinte du premier but. Par exemple, il est clair que Portos n'est pas disponible pour transporter une boîte entre 12:00 et 14:00 s'il s'est déjà engagé à effectuer une tâche dans le même intervalle de temps.

Les méta-règles de planification que nous préconisons dans la version actuelle du modèle sont les suivantes:

- 1 - *SI le planificateur est capable d'atteindre le but seul et qu'il est disponible*
ALORS poursuivre le but seul.
- 2 - *SI le planificateur est capable de contribuer à l'atteinte d'un but avec de l'aide*

ET SI il croit qu'un agent disponible est capable de contribuer à l'atteinte du but

ALORS obtenir un engagement de l'agent à propos du but;

SI un engagement est reçu, ALORS poursuivre le but en question.

- 3 - *SI le planificateur est incapable de contribuer à l'atteinte du but*

ET SI il croit qu'un agent disponible est capable de contribuer à l'atteinte du but

ALORS obtenir un engagement de l'agent à propos du but;

SI un engagement est reçu, ALORS poursuivre le but en question.

- 4 - *SI le planificateur ne peut trouver de solutions par les méta-règles précédentes*

ALORS abandonner le but.

Les méta-règles sont appliquées dans l'ordre où elles apparaissent. L'agent va chercher en premier lieu à atteindre un but seul (1), puis envisage l'aide d'autrui s'il ne trouve pas de solution satisfaisante. Il cherche à être impliqué (2), s'il le peut, sinon il se résigne à déléguer complètement les responsabilités de l'atteinte du but à quelqu'un d'autre (3). S'il ne trouve aucune solution possible, il abandonne tout simplement le but (4).

L'ensemble des méta-règles pourrait être étendu ou différent, comme le montre les travaux concernant la planification multi-agent [Lesser, Corkill 1981; Smith, Davis 1981; Chaib-draa 1990]. Chaque règle pourrait prendre en compte des facteurs beaucoup plus sophistiqués que la capacité et la disponibilité des agents. Les agents pourraient avoir un comportement moins individualiste. Des méta-règles concernant la compétition entre agents et les interactions positives et négatives entre buts pourraient également être employées [Wilensky 1983]. Elles rendraient le planificateur plus complet. Pour le moment, nous nous contentons d'une version qui a l'avantage d'être simple et facilement implantable.

Notons pour terminer que l'origine des buts qui figurent dans l'agenda des buts est diverse. Généralement, un but provient d'une règle d'activation de buts, d'un plan stéréotypé, d'un plan de communication ou d'une règle de réaction conversationnelle.

7.8. Exécution d'actions non-linguistiques

L'action non-linguistique est exécutée dès qu'elle figure à titre de but prioritaire en autant que ses préconditions et que les contraintes de

temps soient satisfaites. L'agent qui l'exécute enregistre dans le modèle mental le fait qu'il exécute cette action. Un message d'exécution de l'action est également envoyé à l'agent d'environnement.

Par exemple, si Dartagnan doit prendre un objet, il exécute cette action et avertit l'agent d'environnement de ce qu'il est en train de faire.

7.9. Exécution d'actes de communication

Quand un but d'émission devient le but prioritaire dans l'agenda des buts, l'agent locuteur doit décider du contenu de l'acte de communication à exécuter avant de l'exécuter effectivement.

Rappelons que le but d'émission est exprimé en termes de positionnement de négociation ou d'état conversationnel à communiquer. Il existe plusieurs façons d'atteindre de tels buts. On peut communiquer uniquement le positionnement en question, ou on peut le faire en l'accompagnant d'un certain nombre d'autres positionnements et d'états conversationnels. Pour tenir compte de cette diversité, nous préconisons l'emploi de schémas de communication.

Le lien entre un but d'émission et un schéma de communication est établi à l'aide d'un plan d'émission. Le plan d'émission est défini sous le format suivant:

```
<plan-émission> ::= <en-tête> <préconditions> <corps>;
<en-tête> ::= PLAN-EMISSION: <id-plan> ':' <but-émission>;
<préconditions> ::= PREC: [<précond>];
<précond> ::= <condition> {'&' <condition>};
<corps> ::= CORPS: SCH-COMM '(' <id-schéma-comm> ')'.

```

Par exemple, le plan d'émission suivant précise une façon de proposer un OC tout en débutant une conversation:

```
PLAN-EMISSION plan-em1: but-émission(_,proposé,?degré,?type,
                                     ?description,?id-conv,?locuteur)
PREC: ¬conversation(?id-conv,?état,_)
CORPS: SCH-COMM(Propose-début)

```

Ce schéma de communication sera appliqué si aucun descripteur de conversation n'existe pour la conversation. Cela signifie que l'agent doit débiter la conversation.

Un schéma de communication précise les possibilités de formulation pour atteindre un but conversationnel. Un schéma est décrit ainsi:

```

<schéma-comm> ::= <description> <en-tête> [<préconditions>] <contenu>;
<en-tête> ::= <prédicat> '(' <identifiant> ')';
<prédicat> ::= SCH-COMM | SCH-S-ACTE-DISC | SCH-ACTE-DISC;
<description> ::= <texte>;
<préconditions> ::= PREC: <précondition> {'&' <précondition>};
<précondition> ::= <prédicat-de-test>;
<contenu> ::= <élément> {',' <élément>} | <forme> {<forme>};
<élément> ::= <en-tête> | <utilise-pot> | <prédicat-niveau-prop>;
<utilise-pot> ::= UTILISE-POT '(' <prédicat-de-test>
                        {',' <prédicat-de-test>} ','
                        <contenu> ')';

```

```

<forme> ::= <id-forme> ':' [<préconditions>] <élément> {'&' <élément>}.

```

Le prédicat du schéma de communication varie en fonction du niveau de la composante sur laquelle on travaille. Au niveau le plus élevé se retrouve l'acte de communication (SCH-COMM). Les autres niveaux que nous proposons sont la suite d'actes de discours (SCH-S-ACTE-DISC) et l'acte de discours (SCH-ACTE-DISC). L'énonciation ne fait pas partie d'un niveau, mais est spécifiée à l'intérieur d'un schéma de communication pour un acte de communication. La proposition est construite à partir de prédicats qui réfèrent à des tables d'expressions et de graphes conceptuels similaires à celles employées par l'agent de conversation pour interpréter les propositions (voir chapitre 6). Dans certains cas, l'agent locuteur a le choix entre plusieurs formes d'expressions possibles (<forme>). Dans d'autres cas, il applique certains schémas de communication décrits dans le prédicat UTILISE-POT seulement si les contraintes associées sont satisfaites.

Quand l'agent doit décider d'un acte de communication, il effectue un choix en fonction du schéma de communication prescrit dans son agenda de buts. Le schéma en question réfère lui-même à d'autres schémas de niveau inférieur. Quand le contenu de l'acte de communication est complètement déterminé, l'agent locuteur l'exécute et remplace le but d'émission dans l'agenda de buts par un but de réception concernant l'OC approprié s'il y a lieu. Par exemple, un agent qui propose un but s'attend à ce que l'allocutaire accepte ou refuse le but en question (positionnement final sur l'OC). S'il n'y a pas de positionnement sur l'OC en question dans un temps raisonnable, l'agent est en droit de demander à nouveau le positionnement. C'est pourquoi il est important pour l'agent exécutant l'acte de communication de considérer la réaction désirée par l'autre agent comme étant un but en soi (but de réception). Dans le reste de cette section, nous présentons divers schémas de communication utilisés pour l'exemple des conversations entre les

robots. Ces schémas pourraient être enrichis pour permettre d'autres possibilités.

Quand un agent a le but de proposer un OC dans un contexte de début de conversation, il doit nécessairement s'occuper de débiter la conversation avant de proposer le but en question. Il peut, s'il le croit nécessaire, ajouter des contraintes reliées à l'OC proposé. Par exemple, Dartagnan, après avoir débuté sa conversation avec Atos et proposé un but, ajoute la contrainte que Portos n'est pas disponible.

"Proposition au début d'une conversation"

SCH-COMM(Proposé-début)

SCH-ACTE-DISC(Début-conv) &

SCH-S-ACTE-DISC(Proposé) &

UTILISE-POT(contrainte-néc-prop, SCH-ACTE-DISC(Contrainte-proposée))

Le schéma de communication de niveau acte de discours *Début-conv* spécifie que l'agent choisit une proposition appropriée pour démarrer la conversation en utilisant le prédicat *Choisir-prop-début-conv*.

"Début d'une conversation"

SCH-ACTE-DISC(Début-conv)

Choisir-prop-début-conv

L'agent locuteur, selon le schéma *Proposé*, a le choix entre proposer un OC tout en le justifiant ou sans le justifier.

"Proposition d'un objet"

SCH-S-ACTE-DISC(Proposé)

P1: PREC: justification-nécessaire

SCH-S-ACTE-DISC(Proposé-justifié)

P2: SCH-ACTE-DISC(Proposé)

La justification d'un OC peut-être placée dans un même acte de discours ou dans un acte de discours différent de l'OC proposé, en autant qu'il s'avère nécessaire de communiquer cette justification.

"Proposition et justification d'un objet"

SCH-S-ACTE-DISC(Proposé-justifié)

PREC: Justification-nécessaire(OC)

P1: SCH-ACTE-DISC(Proposé-justifié)

P2: SCH-ACTE-DISC(Proposé) & SCH-ACTE-DISC(Justifié)

P3: SCH-ACTE-DISC(Justifié) & SCH-ACTE-DISC(Proposé)

Pour proposer un OC et le justifier dans un même acte de discours, l'agent doit trouver une proposition pour exprimer l'OC, un opérateur de relation exprimant la motivation et une proposition pour décrire la justification.

"Proposer et justifier un OC"

SCH-ACTE-DISC(Proposé-justifié)

Choisir-prop-proposé &

Applique-relation('parce que') &

Choisir-prop-justification

Finalement, des schémas de communication permettent de former un acte de discours composé d'une seule proposition exprimant un élément d'une certaine nature (OC proposé, justification, contrainte). Ces schémas s'avèrent nécessaires pour construire les blocs de base (proposition) à partir desquels les actes de communication sont construits.

"Proposer un OC"

SCH-ACTE-DISC(Proposé)

Choisir-prop-proposé

"Justifier un OC"

SCH-ACTE-DISC(Justifié)

PREC: Justification-nécessaire

Choisir-prop-justification

"Proposer une contrainte"

SCH-ACTE-DISC(Contrainte-proposée)

Choisir-prop-contrainte

Nous présentons d'autres schémas de communication utilisés pour simuler l'exemple des robots dans l'annexe B.

7.10. Intégration sélective des OCs dans le modèle mental

Une fois qu'une conversation est terminée, l'agent locuteur ne se rappelle pas nécessairement de tous les OCs communiqués, mais seulement des plus importants. Par conséquent, les états mentaux sous-jacents aux positionnements associés à ces OCs seront intégrés au modèle mental de l'agent. L'équivalence entre les positionnements d'un agent sur des OCs et les états mentaux sous-jacents est établie à partir de règles d'équivalence que nous présentons à l'annexe A. La question qui reste à éclaircir est la suivante: comment déterminer l'ensemble des OCs importants qui valent la peine d'être mémorisés dans le modèle mental de l'agent (ou plutôt les états mentaux associés à ces OCs).

La manière de déterminer ces OCs peut être sophistiquée ou très simple. Dans la version actuelle du modèle, nous retenons tous les OCs qu'un agent a proposés, acceptés ou refusés. Cela consiste à se

rappeler de presque tous les OCs. Nous pourrions éventuellement mettre au point une liste de critères plus "sélectifs" pour déterminer les OCs à conserver.

Une fois déterminé l'ensemble des OCs à se rappeler, l'agent locuteur transforme explicitement les positionnements associés en états mentaux et ajoute ces états mentaux dans son modèle mental.

7.11. Exemple formel de conversation simulée

Pour illustrer le fonctionnement des agents locuteurs, nous reprenons dans cette section l'exemple de conversation entre Dartagnan et Portos que nous avons décrite de manière informelle à la section 7.1. Rappelons cette conversation:

Dartagnan: *Portos!*

J'ai besoin de ton aide pour transporter une boîte de 500 kg jusqu'à l'atelier de fabrication pour 13:00.

Portos: *Désolé!*

Je ne peux pas t'aider parce que je dois travailler entre 12:00 et 14:00.

Dartagnan: *Ca ne fait rien.*

Nous décrivons les principales connaissances stéréotypées nécessaires au déroulement de la conversation et les états mentaux initiaux de chacun des agents avant le début de la conversation. Puis nous décrivons de manière formelle le fonctionnement des agents locuteurs (Dartagnan et Portos) en mettant l'accent sur les diverses phases de raisonnement et sur les états mentaux et actes de communication générés.

7.11.1. Contenu initial du modèle mental des agents locuteurs

Nous avons déjà présenté formellement à la section 4.3 les principaux états mentaux de Dartagnan et Portos avant le début de la conversation. Nous rappelons brièvement ces états mentaux afin de permettre au lecteur de suivre plus facilement la simulation de la conversation à la section 7.11.3.

Dartagnan et Portos croient que tous les robots et une boîte de 500 kg sont dans l'atelier de travail. Ils sont capables de lever chacun un poids maximal de 500 kg, mais peuvent s'unir pour lever des objets plus lourds. Ils peuvent également déplacer et déposer un objet. Dartagnan a comme but que la boîte de 500 kg soit rendue à l'atelier de fabrication pour 13:00. Portos, quant à lui, doit travailler entre

12:00 et 14:00. Les buts des agents ne sont pas mutuellement connus, contrairement aux croyances et aux capacités.

7.11.2. Connaissances stéréotypées préalables

Pour mener à bien une conversation simple comme celle de Dartagnan et Portos, plusieurs connaissances stéréotypées s'avèrent nécessaires. Dans cette section, nous décrivons d'une manière formelle les connaissances utiles pour l'exemple. Pour fin de simplification, nous supposons que ces connaissances stéréotypées sont les mêmes pour les deux agents. Les agents connaissent le plan stéréotypé pour transporter un objet d'un endroit à un autre de même que les actions qui composent ce plan: lever, déplacer et déposer un objet.

"Plan stéréotypé pour transporter un objet d'un endroit à un autre"

PLAN: *plan1*

Transporter(AGT(?agent),OBJ(?objet),ORIG(?lieu1),DEST(?lieu2))

PREC: *Situé(AGT(?objet),LOC(?lieu1))*

PRERQ: *Situé(AGT(?agent),LOC(?lieu1))*

CORPS: *Action1: Lever(AGT(?agent),OBJ(?objet)) &*
Action2: Déplacer(AGT(?agent),OBJ(?objet),ORIG(?lieu1),
DEST(?lieu2)) &
Action3: Déposer(AGT(?agent),OBJ(?objet),DEST(?lieu2))

POSTC: *[FIN,Situé(AGT(?agent),LOC(?lieu1))] &*
[FIN,Situé(AGT(?objet),LOC(?lieu2))] &
[DEBUT,Situé(AGT(?agent),LOC(?lieu2))] &
[DEBUT,Situé(AGT(?objet),LOC(?lieu2))]

CONTR: *AVANT(Action1,Action2) &*
AVANT(Action2,Action3)

"Action de lever un objet"

ACTION: *Lever(AGT(?agent),OBJ(?objet))*

PRERQ: *Situé(AGT(?agent),LOC(?lieu)) &*
Situé(AGT(?objet),LOC(?lieu)) &
A-terre(AGT(?objet))

POSTC: *[DEBUT,En-main(AGT(?agent),OBJ(?objet))] &*
[FIN,A-terre(AGT(?objet))]

"Action de déplacer un objet d'un endroit à un autre"

ACTION: Déplacer(AGT(?agent), OBJ(?objet), ORIG(?lieu), DEST(?lieu2))

PRERQ: En-main(AGT(?agent), OBJ(?objet)) &
Situé(AGT(?agent), LOC(?lieu)) &
Situé(AGT(?objet), LOC(?lieu))

POSTC: [FIN, Situé(AGT(?agent), LOC(?lieu))] &
[FIN, Situé(AGT(?objet), LOC(?lieu2))] &
[DEBUT, Situé(AGT(?agent), LOC(?lieu2))] &
[DEBUT, Situé(AGT(?objet), LOC(?lieu2))]

"Action de déposer un objet"

ACTION: Déposer(AGT(?agent), OBJ(?objet), DEST(?lieu))

PRERQ: En-main(AGT(?agent), OBJ(?objet)) &
Situé(AGT(?agent), LOC(?lieu)) &
Situé(AGT(?objet), LOC(?lieu))

POSTC: [FIN, En-main(AGT(?agent), OBJ(?objet))] &
[DEBUT, A-terre(AGT(?objet))]

Les états nécessaires pour décrire un plan sont persistants, c'est-à-dire que les préconditions et les prérequis d'un plan ou d'une action resteront vrais après l'application du plan ou de l'action à moins d'une indication de la fin de ces états. Pour communiquer, Dartagnan et Portos connaissent également le plan conversationnel *plan-conv1*, décrit à la section 7.7, qui précise qu'un agent qui désire obtenir un engagement sur un but devrait démarrer la conversation en proposant directement ce but. Les agents connaissent également des règles de réaction conversationnelle qui leur permettent de réagir dans le contexte d'une conversation. Nous avons déjà présenté à la section 7.6.2 la règle *rconv6* qui pousse Portos à refuser le but proposé par Dartagnan. Nous présentons ici les deux autres règles de réaction conversationnelle utilisées dans le cadre de la conversation entre Dartagnan et Portos. Dartagnan accepte le refus de Portos selon la règle *rconv10* alors que Portos ne réagit pas suite à ce refus selon la règle *rconv9*.

R-RCONV *rconv10*: "Acceptation du refus d'un but"

PERCU: [OBJET-CONV, ?id-OC, ?agent, ?locuteur, ?id-conv, refusé, ?degré]

ETAT-CONFLIT: OK

CONDITIONS: OBJET-CONV(but, ?id-OC, ?descr, _) &
?degré < -.5

ETATS-MENTAUX:

BUT-POTENTIEL: but-émission(?id-OC, accepte-refus, ?degré, but,
?description, ?id-conv, ?locuteur)

R-RCONV rconv9: "Absence de réaction suite l'acceptation d'un refus"

PERCU: [OBJET-CONV, ?id-OC, ?agent, ?locuteur, ?id-conv,
accepté-refus, ?degré]

ETAT-CONFLIT: OK

CONDITIONS:

ETATS-MENTAUX:

BUT-POTENTIEL:

Dans l'exemple, nous supposons qu'un agent ne peut pas exécuter deux actions en même temps. La règle d'incompatibilité suivante motive le refus de Portos face à la requête de Dartagnan.

REGLE-INCOMPT: rincompt2

ENTRE: PROP(?id-prop1, ?description1)
PROP(?id-prop2, ?description2)

CONTR: action(?description1) &
action(?description2) &
(AVANT(?id-prop1, ?id-prop2) OU AVANT(?id-prop2, ?id-prop1))

Les agents disposent de plans d'émission qui spécifient les schémas de communication à utiliser dans une conversation. A part le plan plan-ém1, décrit à la section 7.9, Portos et Dartagnan utilisent les plans d'émission suivants:

"Refus d'un OC"

PLAN-EMISSION plan-ém2: but-émission(, [refusé, ?id-état], ?degré, ?type,
?description, ?id-conv, ?locuteur)

CORPS: SCH-COMM(Refusé)

"Acceptation du refus d'un OC"

PLAN-EMISSION plan-ém3: but-émission(, accepté-refus, ?degré, ?type,
?description, ?id-conv, ?locuteur)

CORPS: SCH-COMM(Accepté-refus)

Les agents connaissent plusieurs schémas de communication qui leur permettent d'employer divers actes de communication différents pour atteindre un même but d'émission. Nous avons déjà mentionné à la section 7.9 les schémas de communication qui ont permis à Dartagnan d'amorcer la conversation. Les autres schémas employés par Dartagnan et Portos sont les suivants:

"Refus d'une conversation"

SCH-COMM(Refusé)

SCH-S-ACTE-DISC(refusé)

"Acceptation d'un refus"

SCH-COMM(Accepté-refus)

SCH-ACTE-DISC(Accepte-refus)

"Refus d'un objet"

SCH-S-ACTE-DISC(Refusé)

P1: PREC: justification-refus-nécessaire

SCH-S-ACTE-DISC(Refusé-justifié)

P2: SCH-ACTE-DISC(Refusé)

"Refus d'un OC et justification"

SCH-S-ACTE-DISC(Refusé-justifié)

PREC: Justification-refus-nécessaire(OC)

P1: SCH-ACTE-DISC(Refusé-court) & SCH-ACTE-DISC(Refusé-justifié)

P2: SCH-ACTE-DISC(Refusé-justifié)

P3: SCH-ACTE-DISC(Refusé) & SCH-ACTE-DISC(Justifié-refus)

P4: SCH-ACTE-DISC(Justifié-refus) & SCH-ACTE-DISC(Refusé)

"Refuser un OC à l'aide d'une expression courte"

SCH-ACTE-DISC(Refusé-court)

Choisir-prop-refusé-court

"Refuser un OC"

SCH-ACTE-DISC(Refusé)

Choisir-prop-refusé

"Refus et justification du refus d'un OC"

SCH-ACTE-DISC(Refusé-justifié)

Choisir-prop-refusé &

Applique-relation("parce que") &

Choisir-prop-justification-refus)

"Justifier le refus d'un OC"

SCH-ACTE-DISC(Justifié-refus)

PREC: Justification-refus-nécessaire

Choisir-prop-justification-refus(OC)

"Acceptation du refus d'un OC"

SCH-ACTE-DISC(Accepte-refus)

Choisir-prop-accepte-refus

Nous présentons à l'annexe B d'autres connaissances stéréotypées qui s'avèrent nécessaires pour simuler les autres conversations de l'exemple des robots.

7.11.3. Simulation de la conversation

L'agenda de buts de Dartagnan contient le but `but6` (*La boîte de 500 kg est située dans l'atelier de fabrication pour 13:00*) alors que celui de Portos contient le but `but25` (*Portos travaille entre 12:00 et 14:00*).

Dartagnan essaie de trouver un plan pour atteindre son but. Il consulte le plan stéréotypé pour transporter un objet d'un endroit à un autre. Il vérifie tout d'abord s'il peut l'appliquer seul. La précondition du plan est satisfaite, mais malheureusement il ne peut pas exécuter seul une des actions qui le composent, soit "*lever la boîte*". Il envisage alors de faire appel à un autre robot. Comme les agents peuvent s'unir pour lever un objet trop pesant, et que les agents peuvent lever un poids maximal de 200 kg chacun, Dartagnan doit trouver des agents (deux dans son cas) qui auront l'intention de l'aider.

Il considère le premier agent sur sa liste qu'il croit disponible:

Portos. Il adopte alors le but de *transporter la boîte de 500 kg jusqu'à l'atelier de fabrication avant 13:00 avec Portos et un autre agent* en l'insérant dans son agenda de buts.

Dartagnan doit obtenir un engagement de Portos suivant la seconde méta-règle de planification énoncée à la section 7.7. Selon le plan conversationnel `plan-conv1`, il adopte le but d'émission de lui proposer de l'aider à transporter la boîte.

Il trouve un plan pour atteindre ce nouveau but. Un plan d'émission précise que l'agent doit suivre le schéma de communication pour la proposition d'un objet alors que la conversation n'est pas encore débutée. Selon ce schéma, Dartagnan construit un acte de communication qui lui permet de débiter une conversation avec Portos et de proposer le but désiré (voir section 6.2.2). Il exécute l'acte en question et ajoute dans son agenda de buts le but de réception suivant lequel il s'attend à une certaine réaction de Portos concernant le but proposé.

L'agent de conversation reçoit l'acte de communication de Dartagnan. Il crée un modèle de la conversation contenant le descripteur de conversation, l'OC proposé par Dartagnan, l'agenda d'initiative et l'agenda de négociation (voir section 6.10). La conversation se retrouve alors dans l'état `corps`.

Portos perçoit l'avis de communication suivant de l'agent de conversation:

AVIS-ACTE-COMM(Portos,conv1,Dartagnan,[[objet-conv,but2]])

Portos consulte l'OC `but2` dans le modèle de la conversation OC pour vérifier la description de l'OC et le positionnement associé à cet OC.

Par la suite, il doit mettre à jour son modèle mental en fonction de ce positionnement. Tout d'abord, il examine si l'OC proposé (*Transporter la boîte*) entre en conflit avec un de ses buts. Malheureusement, le but en question entre en conflit avec son but de "*Travailler entre 12:00 et 14:00*". Portos applique alors la règle de réaction conversationnelle *rconv6* qui ne précise aucun nouvel état mental à ajouter dans son modèle mental mais un but d'émission potentiel précisant qu'il refuse l'OC proposé. Ce but est ajouté à l'agenda de buts, car il est le seul but d'émission potentiel considéré en réaction à l'acte de communication de Dartagnan. Portos trouve un plan pour ce but qui préconise l'application du schéma de communication pour refuser un OC. Selon ce schéma, Portos choisit de mentionner qu'il refuse d'aider Dartagnan tout en justifiant son refus. Il exécute l'acte de communication approprié qui est reçu par l'agent de conversation. Celui-ci met à jour le modèle de la conversation et envoie l'avis d'acte de communication suivant à Dartagnan:

AVIS-ACTE-COMM(Dartagnan,conv1,Portos,
 [[objet-conv,but2],[objet-conv,but3],
 [objet-conv,but3],[relation,motiv1]])

Dartagnan examine s'il y a des OCs proposés parmi la liste qui entrent en conflit avec ses états mentaux. Cela n'est pas le cas ici. Par la suite, il détermine la réaction qu'il doit adopter. Il voit que l'OC *but2* qu'il avait proposé a été refusé par Portos. Cela satisfait son but de réception concernant l'OC *but2*. Ce but de réception est enlevé de son agenda de buts. Par la suite, selon la règle de réaction conversationnelle *rconv10*, il doit considérer le but d'émission potentiel "*Accepter le refus de l'agent*". Finalement, les OCs *but3*, et *but4* de même que la relation conceptuelle entre ces deux OCs sont acceptés par Dartagnan, d'où un but d'émission est envisagé pour communiquer chacune de ces acceptations.

Parmi les quatre buts potentiels, Dartagnan ne retient que celui qui concerne le refus de l'OC proposé. Il applique alors le schéma de communication pour mettre fin à la conversation en acceptant le refus de Portos. L'agent de conversation reçoit l'acte de communication et émet l'avis d'acte de communication suivant à Portos:

AVIS-ACTE-COMM(Portos,conv1,Dartagnan,[objet-conv,but2])

Selon la règle de réaction conversationnelle *rconv3*, Portos n'ajoute rien à la conversation. L'agent de conversation, ne recevant aucune réaction de la part de Portos, émet par la suite un autre avis de

communication avisant Portos et Dartagnan de la fin de la conversation:

AVIS-ACTE-COMM([Dartagnan,Portos],conv1,_,[conversation,conv1])

Dartagnan et Portos intègrent dans leur modèle mental de manière sélective les OCs de la conversation.

7.12. Avantages et limites de l'approche

L'approche proposée offre l'avantage de permettre à un agent locuteur de raisonner directement sur le contenu du modèle d'une conversation. Elle permet également d'intégrer de manière sélective dans le modèle de l'agent les états mentaux sous-jacents aux OCs les plus importants dans le modèle d'une conversation, ce qui lui permet d'éviter d'encombrer son modèle mental pour rien. De plus, le fait d'utiliser des règles de réaction conversationnelle et des schémas de communication rend l'approche très facile à enrichir au besoin. La notion de méta-règle de planification rend également la coopération entre agents et la planification multi-agent très naturelles.

Le modèle suggéré fonctionne très bien pour des agents impliqués dans un dialogue. Il prend en compte la structure de conversation et le réseau d'OCs. Cependant, il oublie l'initiative. Pour traiter les conversations de groupe (plus de deux interlocuteurs), il faudrait prendre en compte le contenu de l'agenda d'initiative.

Le planificateur employé est un peu simpliste pour traiter adéquatement les interactions entre les buts. Nous avons mis de côté ce problème, sauf en ce qui concerne les conflits, car nous voulions avoir une approche qui puisse facilement être implantée et traiter adéquatement la notion d'enchaînement d'actes de communication dans le contexte d'une conversation. Un planificateur plus complet devrait pouvoir prendre en compte à la fois les interactions positives et négatives entre buts, et non seulement les conflits. De plus, le traitement des conflits pourrait être plus sophistiqué.

7.13. Comparaison avec les travaux pertinents

Plusieurs types de planificateurs différents ont été mis au point au fil des années dans différents contextes qui, dans bien des cas, excluaient les actes de communication. Dans cette section, nous examinons les principaux types de planificateurs qui existent dans divers domaines, puis nous décrivons certaines techniques employées dans des systèmes de planification utilisés dans un contexte de conversation et d'autres domaines multi-agents.

7.13.1. Planification en général

Les premières recherches en planification ont débuté à la fin des années 1960. Elles reposaient sur l'hypothèse des plans linéaires. Une telle hypothèse suppose que la séquence des opérations à exécuter pour atteindre un but B est obtenue par la concaténation des N plans construits pour l'atteinte des N sous-buts de B. C'est le cas idéal, où aucune interaction n'existe entre les sous-buts. STRIPS [Fikes, Nilsson 1971] et ABSTRIPS [Sacerdoti 1974] comptent parmi les systèmes de planification les plus importants de cette génération. C'est dans ces systèmes qu'est apparue la manière conventionnelle de décrire des plans et des actions en termes de préconditions et de postconditions.

La seconde génération de planificateurs, réalisée dans les années 1970, préconisait une planification non-linéaire, car elle tenait compte des interactions qui pouvaient exister entre les buts. Certains de ces systèmes de planification ne traitaient que les interactions négatives [Sussman 1975; Warren 1974] alors que d'autres traitent à la fois les interactions positives et négatives [Sacerdoti 1975; Tate 1977]. Le concept de contraintes pour décrire les valeurs possibles des variables figurant dans les plans fut également employé [Stefik 1981; Wilkins 1984].

Les deux premières générations privilégiaient une approche où l'on construisait complètement un plan avant de l'exécuter. Vers la fin des années 1970, certains chercheurs ont plutôt préconisé une approche incrémentielle, où l'on exécutait des plans incomplets. Dans NASL [McDermott 1978], deux types de tâches vues comme des méthodes de changement d'état ont été introduites: les primitives et les problèmes. Les primitives étaient exécutées immédiatement plutôt que d'être accumulées. Les problèmes, eux, étaient divisés en sous-tâches et nécessitaient la construction d'un plan. Le système de compréhension HEARSAY-II [Hayes-Roth, Hayes-Roth 1979] est basé également sur une approche où le planificateur adapte son plan selon les occasions qui se présentent, même pendant l'exécution d'un plan. L'humain fonctionne d'une manière similaire dans la vie de tous les jours.

Une autre catégorie de planificateurs traitait des problèmes plutôt simples à résoudre pour des personnes mais difficiles pour des ordinateurs à cause de l'utilisation du sens commun dans le raisonnement humain. Contrairement à la plupart des autres systèmes de planification, les systèmes guidés par le sens commun bénéficient de stratégies pour solutionner les interactions négatives inter-agents [Carbonell 1978; Wilensky 1983]. Wilensky, entre autres, s'est attardé à la notion de métaplanification, c'est-à-dire à la

tâche de trouver une stratégie⁴⁵ qui permette l'atteinte d'un objectif de planification comme, par exemple, la résolution d'une interaction négative entre deux buts.

Les systèmes de planification réactifs sont apparus à la fin des années 1980. Ces systèmes évitent de planifier à l'avance une séquence d'actions à exécuter. Ils utilisent plutôt la situation observable pour déterminer quelle action exécuter. De tels systèmes ont accès à une base de connaissances qui contient la description des circonstances dans lesquelles chaque action devrait être exécutée.

Les systèmes de planification réactifs réalisés jusqu'à maintenant ont surtout été utilisés pour le contrôle de robots qui doivent réagir rapidement à tout changement que subit leur environnement.

La planification basée sur les cas ("case-based planning") a donné lieu à d'autres types de planificateurs. Ces systèmes de planification réutilisent de vieux plans pour en créer de nouveaux comme, par exemple, le système CHEF [Hammond 1986]. Il bénéficie d'une banque de plans indexée par type de plans et type de changements. La librairie est consultée si un but ne peut pas être satisfait intégralement à l'aide d'un plan connu. Tout nouveau plan est conservé dans la banque de plans.

Finalement, il existe plusieurs systèmes coopératifs dans lesquels on retrouve les systèmes à rôles conversationnels [Allen 1983b; Litman, Allen 1987; Cawsey 1992; Shoham 1993]. Nous avons déjà présenté certains travaux représentatifs à la section 2.4.

L'architecture d'un agent locuteur que nous suggérons retient les caractéristiques suivantes des divers types de planificateurs: la définition des actions et plans stéréotypées en termes de préconditions et de postconditions, le traitement des interactions négatives entre buts et autres états mentaux, l'utilisation de contraintes pour définir les valeurs possibles sur les variables figurant dans un plan, l'exécution de plans incomplets, l'emploi de méta-règles de planification adaptées à la planification multi-agent.

7.13.2. Les systèmes multi-agents

Plusieurs systèmes de planification coopératifs, de nature multi-agent, ont été mis au point à partir des années 1980. Ces systèmes permettent à plusieurs agents d'atteindre des buts communs. Un raisonnement adéquat sur les connaissances et les états mentaux des agents, une bonne synchronisation et une excellente communication entre les agents s'avèrent nécessaires. Parmi eux on retrouve les

⁴⁵ Wilensky appelle une telle stratégie un méta-plan.

systèmes à rôles conversationnels que nous avons présentés à la section 2.4.

La coopération entre agents s'avère très importante en intelligence artificielle distribuée, car les agents s'entraident pour résoudre plus facilement leurs problèmes et atteindre leurs buts. Il existe plusieurs formes de coopération. Dans une première forme, les agents composent un groupe qui vise dès le départ l'atteinte d'un même objectif [Lesser, Corkill 1981]. Dans d'autres cas, un agent poursuit ses propres buts et ne sollicite l'aide d'un autre agent que s'il en sent le besoin [Smith, Davis 1981]. C'est l'approche que nous avons retenue, où un agent sollicité se montre coopératif et adopte lui-même le but poursuivi par le demandeur, à moins qu'il y ait conflit avec ses propres buts. En cas de conflit, il peut y avoir négociation par contrats entre les agents pour obtenir un compromis qui satisfasse les deux parties impliquées. La coopération peut s'exprimer par un partage des tâches ou des ressources, les connaissances étant considérées comme des ressources.

Le degré de coopération entre les agents s'avère très variable selon les situations, pouvant aller de la coopération totale à l'antagonisme le plus complet [Decker 1987]. Les agents à coopération totale sont capables de résoudre des sous-problèmes interdépendants grâce à beaucoup de communication avec d'autres agents. Ils peuvent même modifier leurs objectifs pour satisfaire les besoins des autres agents si la situation l'exige. D'un autre côté, les agents antagonistes échangent beaucoup moins avec leurs semblables, car ils ont souvent des objectifs contradictoires. Entre les deux extrêmes se situent les agents coopératifs confrontés à des conflits entre leurs buts respectifs qui peuvent être résolus par l'intermédiaire d'une phase de négociation, comme dans une conversation.

La relation sociale entre les agents joue un rôle important au niveau de la manière dont s'exprime la coopération entre agents. Elle a également une influence déterminante sur la coordination des activités, la répartition des tâches, la cohérence et l'organisation du groupe d'agents coopératifs [Rich, Knight 1991]. Souvent, les agents s'échangent les rôles, selon le contexte. Par exemple, dans la négociation par contrats [Smith, Davis 1981], un agent peut jouer le rôle de contracteur, puis celui de contractant, selon s'il fait appel à d'autres agents pour atteindre un but ou s'il répond à une demande d'aide. Cette notion de rôle s'applique dans une conversation, car un agent locuteur peut proposer un OC ou réagir face à un OC proposé. La plupart des systèmes multi-agents supposent que les agents peuvent communiquer entre eux. C'est évidemment le cas des systèmes conversationnels. Cependant, Roseinschein (1985) s'est

attardé à développer une théorie des jeux où des agents peuvent vouloir coopérer pour une même tâche sans communiquer. Une telle coopération s'avère possible s'il existe un but commun implicitement fixé, si les deux agents sont rationnels et si chacun essaie d'obtenir de meilleurs résultats que l'autre.

Les agents coopératifs peuvent communiquer par transmission de messages ou par tableau noir. La transmission de messages permet à un agent de communiquer directement avec un autre agent par l'intermédiaire d'actes de communication. Ces échanges peuvent être limités aux agents impliqués ou rendus publics. Les approches les plus prometteuses font intervenir les états mentaux des agents [Cohen, Levesque 1990b; Singh 1991]. La communication par tableau emploie une base de connaissances partagée par plusieurs agents [Hayes-Roth, Hayes-Roth 1979]. Les agents, considérés comme des sources de connaissances, peuvent y écrire des messages, y déposer des résultats partiels et y lire certaines informations laissées par d'autres agents. Dans notre approche, le modèle de la conversation peut être considéré comme un tableau noir auquel les participants à la conversation ont accès. Cependant, c'est l'agent de conversation qui s'occupe de gérer le contenu du modèle. Par conséquent, les agents communiquent par messages sous la forme d'actes de communication. L'ensemble des actes de communication échangés forme une conversation.

Le raisonnement et la maintenance de la cohérence des états mentaux de même que le transfert de certains états mentaux constituent des fonctions essentielles chez un agent évoluant dans un univers multi-agent. Mazer (1991) propose une approche basée sur la négociation par contrats et la communication par tableau noir dans laquelle les agents n'ont qu'une vision partielle de l'environnement dans lequel ils évoluent et des agents qu'ils côtoient. Les agents peuvent poser certaines hypothèses sur les états inconnus et lever les incertitudes au besoin en communiquant avec les autres agents. Les systèmes distribués de maintenance de la vérité [Huhns, Bridgeland 1991], quant à eux, sont beaucoup employés pour maintenir la cohérence dans une base de connaissances. Ces systèmes constituent une extension des systèmes de maintenance de la vérité basés sur la justification employés dans les systèmes mono-agents, où l'on associe à chaque état mental un ensemble de justifications crues et non-crues. Les systèmes distribués utilisent le même principe en distinguant les justifications internes (connues seulement de l'agent) des justifications externes (partagées avec d'autres agents). Dans le cadre de notre approche, nous accordons à

la notion de justification un rôle important dans le processus de mise à jour des états mentaux d'un agent locuteur.

7.14. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit le fonctionnement d'un agent locuteur de manières formelle et informelle. Nous avons présenté l'architecture globale d'un tel agent capable de raisonner sur le contenu de son modèle mental et sur celui du modèle de la conversation dans lequel il est impliqué et d'exécuter des actes de communication et des actions non-linguistiques. Nous avons détaillé les principales fonctions d'un tel agent: perception d'états de l'environnement et de positionnements, mise à jour des états mentaux, planification des buts poursuivis, exécution des actions et intégration sélective des OCs dans le modèle mental. Nous avons notamment distingué dans la mise à jour des états mentaux les processus de détection de conflit, de détermination de la réaction à adopter et la mise à jour du modèle mental de l'agent et de son agenda de buts. Nous avons suggéré la notion de règle de réaction conversationnelle pour décider comment réagir face à un positionnement perçu, celle de schéma de communication pour construire le contenu d'un acte de communication avant de l'exécuter et celle de méta-règle de planification pour prendre en compte les possibilités de coopération pour l'atteinte d'un but.

Nous avons présenté jusqu'à maintenant le modèle théorique de notre approche: le cadre général au chapitre 3, le contenu du modèle mental d'un agent locuteur au chapitre 4, celui du modèle d'une conversation au chapitre 5, le fonctionnement d'un agent de conversation et d'un agent locuteur aux chapitres 6 et 7. Le chapitre suivant va présenter un prototype de système de simulation de conversations que nous avons implanté pour tester les idées avancées dans l'approche théorique.

Chapitre 8

Evaluation de l'approche proposée

Nous décrivons le prototype PSICO (Prototype de SIMulation de CONversations) que nous avons réalisé pour tester le coeur de la théorie proposée dans les chapitres précédents. Après avoir présenté un exemple de session d'utilisation de PSICO, nous procédons à une évaluation de la théorie à la lumière du prototype réalisé et nous énonçons quelques extensions futures possibles de notre travail.

8.1. Le prototype PSICO

Nous avons choisi un sous-ensemble représentatif de notre théorie pour construire un prototype réalisé dans un temps relativement court: PSICO. Ce prototype nous a permis de concrétiser et de tester nos idées théoriques. Il doit être considéré comme une preuve de faisabilité plutôt qu'un système destiné à être employé à grande échelle.

PSICO, implanté en Prolog⁴⁶, simule le comportement d'agents locuteurs interagissant dans le cadre de conversations. Une fois le contenu du modèle mental des agents locuteurs spécifié, il permet de suivre le raisonnement de ces agents, les actes de communication échangés et la construction des modèles de conversations.

Dans la présente section, nous présentons le prototype PSICO, dont nous mentionnons d'abord quelques restrictions par rapport au modèle proposé précédemment. Nous décrivons ensuite l'architecture et les principales caractéristiques du prototype. Nous présentons finalement un exemple de scénario préparé pour PSICO et nous commentons un exemple de sortie du système.

⁴⁶ Nous avons utilisé Quintus Prolog, version 3.1.4.

8.1.1 Restrictions du prototype

PSICO comporte des limites par rapport à l'approche théorique décrite aux chapitres 3 à 7.

Quasi-parallélisme des agents

Dans PSICO, un agent superviseur gère une horloge et le contrôle de l'exécution. L'horloge de PSICO indique une valeur numérique correspondant à un temps simulé pendant lequel un ou plusieurs événements peuvent se produire. Plusieurs agents peuvent s'exécuter simultanément selon le temps simulé. En temps réel, cependant, les agents s'exécutent les uns après les autres. Par exemple, après avoir fixé le temps virtuel à 20, le superviseur détermine que les agents locuteurs A et B doivent s'exécuter à ce moment. L'agent superviseur donne alors le contrôle de l'exécution à A, puis à B avant de modifier le temps virtuel. Un agent locuteur ou l'agent de conversation peut détenir le contrôle de l'exécution. Une trace permet de visualiser quel agent détient le contrôle de l'exécution.

Modèle mental

Le modèle mental des agents locuteurs est divisé dans deux modules. Le premier contient les connaissances statiques des agents locuteurs. Pour simplifier notre prototype, on suppose que ces connaissances sont communes à tous les agents. Le second module contient les connaissances dynamiques des agents. Même si les états mentaux des agents sont contenus dans un même module, un agent locuteur ne peut accéder qu'aux états mentaux et aux connaissances qui lui appartiennent.

Modèles des conversations

Les modèles des conversations sont contenus dans un même module pour les mêmes raisons qui justifient que l'on n'a qu'un seul module pour les modèles mentaux. Cependant, seuls les agents locuteurs impliqués dans une conversation et l'agent de conversation peuvent accéder au modèle de conversation correspondant.

Capacité des agents locuteurs

Les agents locuteurs sont des planificateurs plutôt simples. Dans un certain contexte, un agent planifie un but et s'aperçoit qu'il doit faire appel à d'autres agents pour atteindre ce but. Il débute alors la conversation avec un autre agent qui réagit par la suite en fonction

de ses règles de réaction conversationnelle (voir section 7.6.2). Dans PSICO, les actes de communication ne sont composés que d'énonciations. Les processus de révision des états mentaux et d'intégration des OCs au modèle de la conversation demeurent assez sommaires. Nous nous sommes plutôt concentré dans PSICO sur le raisonnement qui amène un agent à faire appel à un autre agent pour atteindre un but et à l'enchaînement des actes de communication dans un contexte de conversation.

Contenu des conversations

Dans PSICO, les agents s'échangent principalement des buts et des croyances. Tous les dialogues employés constituent des situations où un agent recherche un engagement d'un autre agent. Peu de relations conceptuelles entre OCs sont communiquées explicitement, mais des relations d'instanciation entre OCs sont communiquées implicitement et jouent un rôle capital dans le raisonnement des agents. Les agents prennent en compte les cycles de vie d'une conversation et de négociation d'un OC dans leurs réactions. Le cycle de vie d'initiative joue un rôle beaucoup moins important que les deux autres cycles dans PSICO.

Expression des actes de communication

Les paramètres des actes de communication comme les degrés d'évaluation, les marqueurs et la prosodie sont fixés par défaut à l'intérieur de tables de données qui font partie du lexique de PSICO. Les actes de communication sont affichés à l'écran au fur et à mesure qu'ils sont générés selon le format interne décrit au chapitre 6.

Agent d'environnement

L'agent d'environnement ne figure pas dans le prototype PSICO. Les agents locuteurs ne perçoivent pas de changement dans l'environnement en cours de conversation. Cependant, l'architecture de PSICO pourrait facilement être étendue pour prévoir cette possibilité.

Préparation des scénarios

PSICO ne permet actuellement que des scénarios figés. Pour construire un scénario, l'utilisateur doit décrire le modèle mental initial des agents locuteurs impliqués dans le module "modele_mental" contenant les connaissances dynamiques de ces agents. Dans le cadre de nos expérimentations, nous avons employé l'exemple des robots

décrit dans cette thèse. Cependant, le système a été conçu de manière à ne pas être spécifique pour un scénario particulier. Il suffit de modifier le contenu des modules "modele_mental" et "bboard" (voir section suivante).

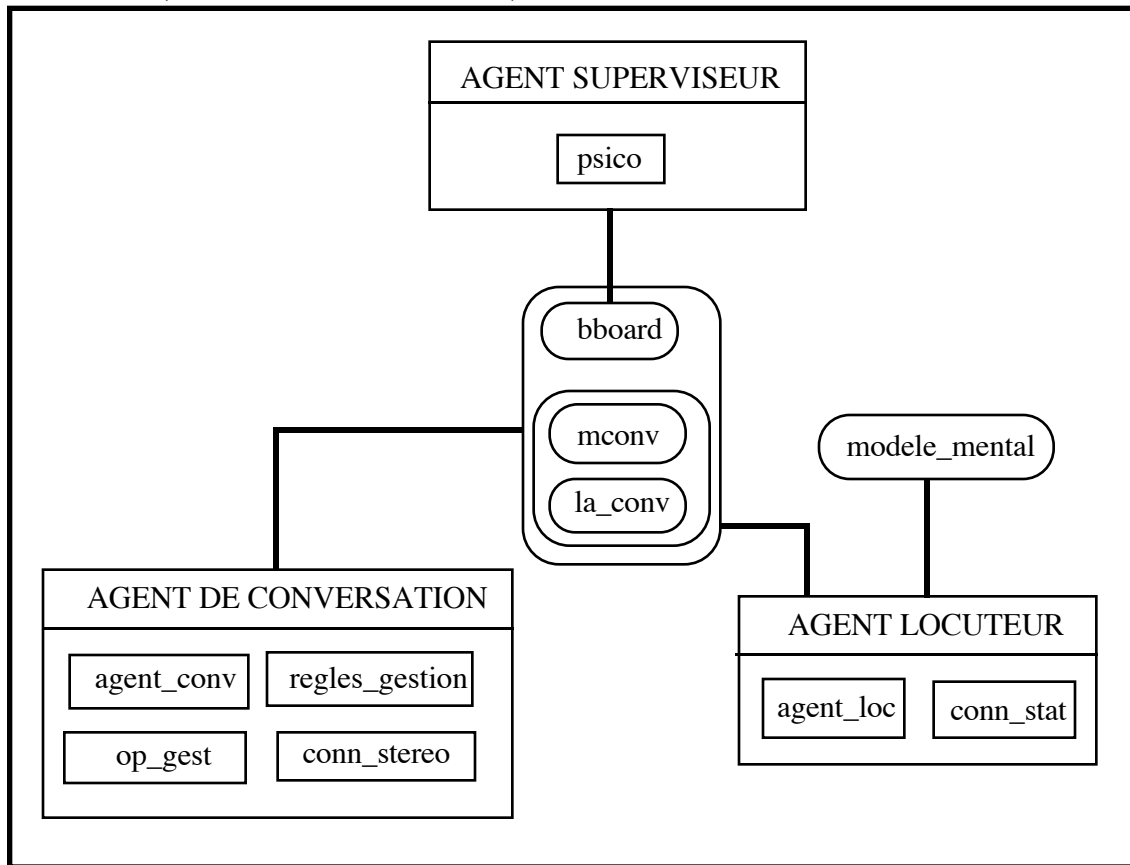


Figure 8.1: Architecture du prototype PSICO

8.1.2. Description de PSICO

PSICO est composé de douze modules regroupés en agents locuteurs, un agent de conversation et un agent superviseur, comme le montre la figure 8.1, où les rectangles réguliers correspondent à des modules dont le contenu est statique et les rectangles à coins arrondis représentent des modules dont le contenu est dynamique. Nous fournissons dans le tableau 8.1 une brève description et la taille⁴⁷ des modules de même qu'une référence aux sections pertinentes de la thèse.

⁴⁷ La taille initiale des modules dynamiques pour le scénario utilisé est suivie d'un astérisque. Les modules "mconv" et "la_conv" sont vides au départ.

MODULE	DESCRIPTION	SECTIONS	TAILLE (Lignes)
psico	Supervision du système	8.1	190
agent_conv	Moteur d'inférence de l'agent de conversation	6.3	176
regles_gestion	Règles de gestion conversationnelles	6.4 à 6.9	452
op_gest	Opérations disponibles pour les règles de gestion conversationnelle	6.4	509
conn_stereo	Connaissances stéréotypées employées par l'agent de conversation	6.5 à 6.8	342
agent_loc	Corps de l'agent locuteur	7.3 à 7.10	1564
conn_stat	Connaissances statiques employées par un agent locuteur	4.2.5, 4.2.6, 7.6.2, 7.7, 7.9	842
modele_mental	Modèle mental des agents locuteurs	4.2.1 à 4.2.4	251*
mconv	Modèle des conversations	5.1	- - -
la_conv	Actes de communication échangés	6.1, 6.2	- - -
bboard	Tableau noir contenant des informations générales et de contrôle	8.1.5	10*
ut	Utilitaires	- - -	980
TOTAL	- - -	- - -	5316

Tableau 8.1: Modules du prototype PSICO

8.1.3. Notation en Prolog

Les structures conceptuelles décrites dans les chapitres précédents de notre thèse ont été traduites en Prolog. Nous décrivons dans cette section les transformations les plus importantes que nous avons dû effectuer sur les structures conceptuelles pour nous adapter à la notation Prolog ou à cause de nos choix d'implantation.

Pour les structures déjà exprimées sous la forme de prédicat, la traduction n'a pas posé de problème majeur. Par exemple, soit la structure conceptuelle suivante, décrite à la section 7.4 pour annoncer qu'un acte de communication a été exécuté par un agent locuteur pour un certain allocutaire:

```
AVIS-ACTE-COMM(<id-locuteur>,<id-conv>,<id-allocutaire>,  
               <liste-éléments-reçus>)
```

Cette structure devient en Prolog:

```
avis_acte_comm(Id_locuteur,Id_conv,Id_allocutaire,  
               Liste_elements_recus)48.
```

Pour les structures plus complexes, la transformation à effectuer s'avère un peu plus importante. Par exemple, soit la règle de gestion conversationnelle suivante (voir section 6.5.1):

```
RD3: "Reprise d'une conversation"  
FAMILLE: acte-comm      ENTREE: ?id-acte-comm  AJOUT: _    OC: _  
ACTE-COMM(?id-acte-comm,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,_,_,_,  
           [?td1,?tf1]) &  
conversation_cour(?id-conv,?état,[?td2,?tf2]) &  
dans(?état, [Suspension, Interruption])  
=>    maj-conversation(?id-conv,Reprise,?td1) &  
       créer-période(?id-conv,?locuteur,?allocutaire,?td1)
```

Cette règle devient en Prolog:

```
% Reprise d'une conversation  
  
rgestion(rd3,acte_comm,Id_acte_comm,[],[]) :-  
    acte_comm(Id_acte_comm,Loc,Alloc,Id_conv,_,_,_,[Td1,Tf1]),  
    conversation_cour(Id_conv,Etat,_),  
    member(Etat,[suspension,interruption]),  
    maj_conversation(Id_conv,reprise,Td1),  
    creer_periode(Id_conv,Loc,Alloc,Td1).
```

⁴⁸ En Prolog, les variables débutent par une lettre majuscule et les traits soulignés remplacent les traits d'union. Dans la version utilisée, les accents français ne peuvent pas être employés.

Nous avons choisi de placer tous les arguments d'un graphe conceptuel dans une liste afin de jouir d'une plus grande flexibilité au niveau de leur manipulation. Par exemple, soit le graphe conceptuel suivant:

```
Transporter(AGT([Dartagnan,Portos,?agent]),
            OBJ(boîte),
            ORIG(atelier-travail),
            DEST(atelier-fabrication))
```

Dans PSICO, un tel graphe conceptuel devient:

```
transporter([agt([dartagnan,portos,_agent]),
            obj(boite),
            orig(atelier_travail),
            dest(atelier_fabrication)]).
```

L'avantage de placer les arguments du graphe conceptuel dans une liste est la possibilité de raisonner plus facilement sur des graphes conceptuels incomplets, c'est-à-dire des graphes où il manque certains arguments.

8.1.4. Contrôle du système

Comme nous l'avons déjà mentionné auparavant, la gestion du contrôle du système est assurée par le superviseur. L'algorithme de base est le suivant:

- Tant que l'interaction n'est pas terminée:
 - Trouver à qui revient le contrôle;
 - Modifier le temps simulé;
 - Passer le contrôle de l'exécution à qui de droit;
 - Déterminer si l'usager désire poursuivre l'interaction.
- Indiquer la fin de l'interaction.

Le contrôle de l'exécution revient toujours au superviseur après qu'un agent, locuteur ou de conversation, ait terminé la tâche qu'il devait effectuer.

8.1.5. Création d'un scénario

Dans cette section, nous expliquons la manière de décrire un scénario pour le prototype PSICO. Tout scénario, même simple, demande une somme de connaissances assez considérable. Ces connaissances sont réparties dans les modules "conn_stereo", "conn_stat", "modele_mental" et "bboard".

Dans "conn_stereo", nous décrivons les tables lexicales permettant à l'agent de conversation d'analyser les actes de communication du scénario (voir chapitre 6).

"conn_stat" contient les connaissances statiques nécessaires à l'agent locuteur. Ces connaissances incluent les connaissances statiques du modèle mental (sections 4.2.5 et 4.2.6), les règles de réaction conversationnelle (section 7.6.2), les plans conversationnels (section 7.7), les plans d'émission, les schémas de communication et les tables lexicales employées pour générer les actes de communication (section 7.9).

Les connaissances dynamiques des agents locuteurs impliqués sont décrites dans "modele_mental". Ces connaissances comprennent les états mentaux (section 4.2.1), les informations temporelles (section 4.2.2), les contraintes d'instanciation (section 4.2.3), les relations conceptuelles (4.2.4) et l'agenda des buts (section 7.6.4).

Finalement, "bboard" contient initialement certaines structures utilisées par PSICO. Ces structures, non décrites dans la thèse, concernent des informations de bas niveau employées par le système.

8.2. Exemple de session d'utilisation

Nous présentons un exemple d'utilisation de PSICO. La conversation entre Dartagnan et Portos décrite à la figure 1.1 et utilisée dans les chapitres précédents constitue le scénario que nous avons retenu pour cet exemple. Nous montrons tout d'abord la définition du scénario en termes de structures Prolog. Puis nous expliquons la manière de débiter une session d'utilisation. Finalement, nous décrivons les deux niveaux de trace offerts par PSICO.

8.2.1. Définition du scénario

Comme il serait fastidieux de décrire toutes les informations nécessaires pour spécifier le scénario (voir section 8.1.5), nous ne présentons dans cette section que les informations les plus importantes du module "modele_mental" pour la conversation entre Dartagnan et Portos. Ces informations constituent le coeur du scénario et permettent de suivre le déroulement des interactions. Le lecteur intéressé est invité à consulter les annexes B et C pour des renseignements supplémentaires sur la définition du scénario préparé pour PSICO. Pour faciliter la présentation, nous regroupons les règles Prolog présentées aux états mentaux auxquels elles se rattachent, et non par paquets comme dans le programme de PSICO.

• Capacités

Dans le scénario, les capacités des agents sont les mêmes pour tous les interlocuteurs. Nous employons par conséquent une variable contrainte pour désigner l'agent à qui se rapporte la capacité. Le lien entre la capacité et un agent est établi par l'intermédiaire d'une croyance. Nous montrons plus loin la manière d'établir cette relation. Des contraintes sont employées pour spécifier les valeurs permises sur divers arguments du contenu propositionnel de la capacité. Les capacités que nous montrons ici sont importantes pour Dartagnan qui doit trouver un plan pour transporter une boîte de 500 kg jusqu'à l'atelier de fabrication.

*% Un agent est capable de lever un objet dont le poids est inférieur à
% 200 kg.*

```
capacite(cap4,Agent,[1,Tf],10,prop4).49
prop(prop4,lever([agt(Agent),obj(Objet)])).
contr(contr3,[agt(Agent),obj(Objet)],
        [member(Agent,[dartagnan,portos,atos,aramis]),
         Objet = [Objet1,
                  attr(poids([agt(Objet1),val(Valeur)]))],
         Valeur < 200]).
```

*% Un groupe d'agents est capable de lever un objet si chacun des agents
% n'a pas à soulever plus de 200 kg.*

```
capacite(cap5,Agent,[1,Tf],10,prop5).
prop(prop5,lever([agt([Agent|Gr_agent]),obj(Objet)])).
contr(contr4,[agt(Agent),obj(Objet)],
        [ut:dans(Agent,[dartagnan,portos,atos,aramis]),
         Objet = [Objet1,
                  attr(poids([agt(Objet1),val(Valeur)]))],
         ut:div_arrondi(Valeur,200,N),
         length(Agent,N1),
         N =< N1]).
```

Des capacités similaires sont spécifier pour les actions consistant à déplacer et déposer un objet.

• Croyances

Nous spécifions certaines croyances de Dartagnan. Les croyances de Portos sont similaires. La plupart des croyances réfèrent à une proposition à laquelle est associé un intervalle de temps. Des

⁴⁹ Le degré d'intensité employé dans PSICO prend une valeur discrète située dans l'intervalle [-10,10].
Ce choix d'implantation a été effectué pour ne pas avoir à travailler avec des valeurs réelles.

structures spéciales sont employées pour spécifier la valeur d'une borne temporelle ou une contrainte s'appliquant sur celle-ci.

*% Dartagnan croit depuis le temps 1 que Dartagnan, Portos, Atos
% et Aramis sont situés dans l'atelier de travail.*

```
croyance(croyance1,dartagnan,[1,Tf],10,percu,prop1).
prop(prop1,situe([agt(Agent),loc(atelier_travail)])).
contr(contr1,[agt(Agent)],
      [ut:dans(Agent,[dartagnan,portos,atos,aramis])]).
intervalle(prop1,[tp1,tp2]).
```

% Une boîte de 500 kg est située dans l'atelier de travail.

```
croyance(croyance3,dartagnan,[1,Tf],10,percu,prop3).
prop(prop3,
      situe([agt([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
            loc(atelier_travail)]))).
intervalle(prop3,[tp1,tp3]).
```

Une croyance est définie pour chacune des capacités d'un agent. Par exemple:

% Dartagnan croit en la capacité "cap4".

```
croyance(croyance4,dartagnan,[1,Tf],10,percu,
      etat_mental(capacite,cap4)).
```

• *Buts*

Nous définissons les buts initiaux engagés par Dartagnan et Portos qui sont pris en compte dans le scénario. Une contrainte temporelle s'applique sur la borne temporelle tp4 reliée au contenu propositionnel du but de Dartagnan ("avant 1:00 PM"). De même, les valeurs des bornes temporelles de l'intervalle associé au but de Portos sont précisées. Dans chaque cas, une valeur temporelle est exprimée en termes de temps usuel ('1:00 PM') et de temps simulé (372). Ces deux formes d'expression s'avèrent utiles pour permettre à PSICO de raisonner sur le temps et d'afficher les informations temporelles selon une forme plus compréhensible.

*% Dartagnan veut qu'une boîte de 500 kg soit située dans l'atelier de
% fabrication avant 13:00.*

```
but(but6,dartagnan,[11,Tf],8,prop6,etat).
```

```

prop(prop6,situe([agt([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))],
loc(atelier_fabrication)]))].

intervalle(prop6,[tp4,tp5]).

contr_tmp(tp4,[[avant,['13:00',372]]]).

etat_but(but6,engage).

% Portos doit travailler entre 12:00 et 14:00.

but(but25,portos,[10,Tf],8,prop9,action).

prop(prop9,travailler([agt(portos)])).

intervalle(prop9,[tp6,tp7]).

tp(tp6,['12:00',12]).
tp(tp7,['14:00',732]).

etat_but(but25,engage).

```

8.2.2. Lancement d'une session d'utilisation

Après avoir appelé Quintus Prolog, l'utilisateur charge l'ensemble du prototype PSICO en tapant la commande: *[psico]*.

L'exécution est déclenchée en tapant la commande: *go*.

PSICO demande alors à l'utilisateur de choisir entre deux niveaux de trace par la question "Conversations seulement (o/n)?" . Une réponse positive appelle le premier niveau qui présente les actes de communication échangés par les agents locuteurs. Le second niveau, déclenché par une réponse négative, affiche certaines informations supplémentaires permettant de suivre le raisonnement des agents locuteurs et de l'agent de conversation.

Mentionnons finalement que PSICO offre régulièrement la possibilité à l'utilisateur d'interrompre l'exécution par la question "Encore? (o/n)". Une telle question constitue également une pause dont l'utilisateur peut profiter pour examiner la trace du système.

8.2.3. Les traces de PSICO

Nous présentons dans cette section des extraits pour les deux niveaux de trace fournis par PSICO pour le scénario décrit précédemment. Le lecteur intéressé à consulter les traces complètes est invité à consulter les annexes E et F. Les sorties de trace sont numérotées ici afin d'y référer plus facilement dans notre thèse.

8.2.3.1. Trace de premier niveau

Pour chacun des actes de communication échangés, la trace de premier niveau affiche l'identifiant de l'acte, le nom du locuteur et celui de l'allocutaire de même que les structures conceptuelles décrivant l'acte de communication suivant le format décrit à la section 6.2. Ainsi, pour le dialogue entre Dartagnan et Portos, la trace présente les informations suivantes (nous ajoutons en italique la transcription de l'acte de communication en langue naturelle):

- (1) *"Portos! J'ai besoin de ton aide pour transporter une boîte de 500 kg jusqu'à l'atelier de fabrication pour 13:00."*

*** ACTE DE COMMUNICATION: acte_comm1 ***

dartagnan DIT A portos:

```
acte_comm(acte_comm1,dartagnan,portos,conv1,[[enonc,enonc7]],[],
          [],[14,15])
```

```
enonciation(enonc7,acte_comm1,
             [[acte_disc,acte_disc3],
              [avant,0],[acte_disc,acte_disc5]], [14,15])
```

```
acte_disc(acte_disc3,enonc7,[prop4],[14,14])
```

```
prop(prop4,acte_disc3,portos,excl,_14870,_14871,[montant,_14889,4
])
```

```
acte_disc(acte_disc5,enonc7,[prop6],[15,15])
```

```
prop(prop6,acte_disc5,
      besoin([agt(ind(moi)),obj(aide),
              cause(transporter([agt([ind(moi),ind(toi),_14988]),
                                   obj([boite,
                                       attr(poids([agt(boite),
                                                    val(500)]))]),
                                       orig(atelier_travail),
                                       dest(atelier_fabrication),
                                       tps_fin([avant,13:00]))])),
              decl,present,_14934,[descend,_15044,3])
```

- (2) *Désolé! Je ne peux pas t'aider parce que je dois travailler entre 12:00 et 14:00."*

*** ACTE DE COMMUNICATION: acte_comm2 ***

portos DIT A dartagnan:

```
acte_comm(acte_comm2,portos,dartagnan,conv1,[[enonc,enonc14]],
          [],[],[16,19])
```

```
enonciation(enonc14,acte_comm2,
             [[acte_disc,acte_disc9],[avant,0],
              [acte_disc,acte_disc11]], [16,19])
```

```

acte_disc(acte_disc9,enonc14,[prop10],[16,16])

prop(prop10,acte_disc9,desole,excl,_54883,_54884,
      [mont,_54902,3])

acte_disc(acte_disc11,enonc14,[prop12,[motiv,parce que],prop13],
      [17,19])

prop(prop12,acte_disc11,
      poss_neg(aider([agt(ind(moi)),pat(ind(toi))])),
      decl,present,_54955,[neutre,_54993,3])

prop(prop13,acte_disc11,
      obl(travailler([agt(ind(moi)),temps([12:00,14:00]))]),
      decl,present,_55011,[descend,_55051,3])

```

(3) *"Ca ne fait rien."*

*** ACTE DE COMMUNICATION: acte_comm3 ***

dartagnan DIT A portos:

```

acte_comm(acte_comm3,dartagnan,portos,conv1,[enonc,enonc18]],
      [],[],[20,20])

enonciation(enonc18,acte_comm3,[acte_disc,acte_disc16]],
      [20,20])

acte_disc(acte_disc16,enonc18,[prop17],[20,20])

prop(prop17,acte_disc16,
      neg(faire([agt(ca),obj(rien)])),
      decl,_62476,_62477,[descend,_62511,3])

```

Chaque acte de communication est composé d'une seule énonciation. Chaque phrase du dialogue est considérée comme un acte de discours distinct. Par exemple, pour l'acte de communication *acte-comm1*, *"Portos!"* et *"J'ai besoin de ton aide pour transporter une boîte de 500 kg jusqu'à l'atelier de fabrication pour 13:00."* font partie de deux actes de discours différents. Les actes de discours sont généralement formés d'une seule proposition, sauf *acte-disc11* dans le second acte de communication qui contient une relation rhétorique entre deux propositions.

8.2.3.2. Trace de second niveau

La trace de second niveau affiche des informations supplémentaires qui permettent de suivre le raisonnement des agents locuteurs et de l'agent de conversation. Nous expliquons le contenu de cette trace pour le début du dialogue entre Dartagnan et Portos. La trace complète est présentée en annexe F.

La trace montre le raisonnement d'un agent locuteur en indiquant au fur et à mesure les buts à planifier, les nouveaux buts ajoutés à son

agenda de buts, les états mentaux à transmettre à d'autres agents et ceux ajoutés à son modèle mental.

Au départ, la trace indique que Dartagnan cherche à trouver un plan pour qu'une boîte de 500 kg soit placée à l'atelier de fabrication avant 13:00 (4). Dartagnan trouve un but qui consiste à transporter la boîte avec Portos et un autre agent (5). Ce but demande qu'une conversation soit entamée avec Portos afin d'obtenir un engagement de celui-ci concernant le transport de la boîte (6). Des sous-buts pour transporter la boîte font également partie du plan (7, 8 et 9).

- (4) *** BUT A PLANIFIER: but6 POUR: dartagnan ***
- ```

 situe([agt([boite,
 attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 loc(atelier_fabrication)])

 INTERVALLE:[[avant,13:00],tp5]

```
- (5)                   \*\*\* NOUVEAU BUT:    but100       POUR: dartagnan   \*\*\*
- ```

    transporter([agt([dartagnan,portos,_8554]),
                obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
                orig(atelier_travail),
                dest(atelier_fabrication)])

    INTERVALLE:[tp100,[avant,13:00]]

```
- (6) *** BUT A ENGAGER: but102 POUR: dartagnan ***
- DE: portos
- ```

 transporter([agt([dartagnan,portos,_9438]),
 obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication),
 tps_fin([avant,13:00])])

```
- (7)                   \*\*\* NOUVEAU BUT:    but104       POUR: dartagnan   \*\*\*
- ```

    lever([agt([dartagnan,portos,_9944]),
           obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))])])

    INTERVALLE:[tp100,tp103]

```
- (8) *** NOUVEAU BUT: but106 POUR: dartagnan ***
- ```

 deplacer([agt([dartagnan,portos,_10409]),
 obj([boite,[attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication)])

 INTERVALLE:[tp104,tp105]

```

(9) \*\*\* NOUVEAU BUT: but108 POUR: dartagnan \*\*\*

```
deposer([agt([dartagnan,portos,_10847]),
 obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 dest(atelier_fabrication)])
```

```
INTERVALLE:[tp106,[avant,13:00]]
```

Par la suite, Dartagnan cherche un plan pour obtenir un engagement de la part de Portos par le biais d'une conversation (10). Il adopte le but d'émission de proposer le but de transporter la boîte jusqu'à l'atelier de fabrication (11).

(10) \*\*\* BUT A PLANIFIER: but102 POUR: dartagnan \*\*\*

CONVERSATION AVEC: portos POUR OBTENIR:

TYPE: engagement

DEGRE: 8

DESCRIPTION:

```
transporter([agt([dartagnan,portos,_12078]),
 obj([boite,
 attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication),
 tps_fin([avant,13:00])])
```

(11) \*\*\* NOUVEAU BUT D'EMISSION: but110 POUR: dartagnan

\*\*\*

ETAT: propose

DEGRE: 8

TYPE: but

DESCRIPTION:

```
transporter([agt([dartagnan,portos,_12078]),
 obj([boite,
 attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication),
 tps_fin([avant,13:00])])
```

Au temps suivant, Dartagnan cherche un plan pour atteindre le but d'émission (12). Ce but est atteint par l'accomplissement de l'acte de communication acte\_comm1 décrit à la section précédente (1). La trace de second niveau affiche cet acte de communication.

(12) \*\*\* BUT A PLANIFIER: but110 POUR: dartagnan \*\*\*

EMISSION A: portos

ETAT: propose

DEGRE: 8



```

TYPE: but
DESCRIPTION:
 transporter([agt([dartagnan,portos,_12078]),
 obj([boite,
 attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication),
 tps_fin([avant,13:00])])

```

Un but de réception est ajouté à l'agenda de buts de Dartagnan pour indiquer que celui-ci s'attend à une certaine réaction de Portos par rapport au but proposé (13).

```

(13) *** NOUVEAU BUT DE RECEPTION: but112 POUR: dartagnan

```

```

DE: portos
CONVERSATION: conv1
DESCRIPTION:
 transporter([agt([dartagnan,portos,_12078]),
 obj([boite,
 attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication),
 tps_fin([avant,13:00])])

```

L'agent de conversation construit le modèle de la conversation entre Dartagnan et Portos à partir de l'acte de communication `acte_comm1`. La conversation est placée dans l'état début, puis `corps`, et le but proposé par Dartagnan est inséré dans le modèle de la conversation (14).

```

(14) *** ACTE DE COMMUNICATION A TRAITER: acte_comm1 ***

```

```

DESCR-CONV: conv1 ETAT: debut

PERIODE: per1 MEMBRES: [dartagnan,portos]

DESCR-CONV: conv1 ETAT: corps

OC: but2 TYPE: but
DESCRIPTION:
 transporter([agt([dartagnan,portos,_51007]),
 obj([boite,
 attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication)])
TEMPS DE FIN: [avant,13:00]
POSIT DE: dartagnan ETAT: propose DEGRE: 8

```

La trace se poursuit ensuite avec la réaction de Portos (voir l'annexe F).

### 8.3. Evaluation de PSICO

Le prototype PSICO, loin d'être complet, nous a néanmoins permis de montrer que le noyau de l'approche théorique proposée dans cette thèse est assez formel et cohérent pour être employé dans un système informatique simulant des conversations entre des agents artificiels. Le prototype ne couvre pas toute la théorie, mais il touche les aspects que nous considérons les plus importants.

#### *Prise en compte de plusieurs facettes de communication*

Les agents locuteurs et de conversation prennent en compte le transfert des états mentaux, la maintenance de la communication et la gestion du sujet. La gestion de la prise d'initiative est prise en compte à un degré moindre étant donné la nature du scénario employé. Une telle facette jouerait un rôle beaucoup plus important dans le cas de conversations impliquant plus de deux agents locuteurs. La facette sociale, quant à elle, n'est pas testée du tout dans PSICO.

#### *Conversation vue comme le résultat d'une négociation*

Cette vision est appliquée dans PSICO tant au niveau du raisonnement et de la génération d'actes de communication par les agents locuteurs qu'au niveau de l'analyse de ces mêmes actes par l'agent de conversation.

#### *Raisonnement des agents locuteurs*

Le raisonnement des agents locuteurs impliqués dans une conversation simulée par PSICO est directement influencé par les OCs déjà échangés et les états mentaux comme nous l'avons dans cette thèse. Dans PSICO, nous avons mis l'accent sur le processus qui pousse un agent à entrer en conversation avec un autre agent et sur l'enchaînement des actes de communication. Le planificateur qui simule le comportement d'un agent locuteur pourrait être beaucoup plus complexe, particulièrement aux niveaux suivants: la détection et la révision de conflits entre OCs et états mentaux, la gestion de l'agenda des buts, du temps et des contraintes de diverses natures, la prise en compte des interactions positives et négatives entre buts, l'intégration des OCs dans le modèle mental d'un agent. Nous nous sommes contenté d'adopter des solutions simples, qui, bien qu'incomplètes, nous permettent néanmoins de traiter adéquatement

le scénario étudié. Nous avons pris soin d'adopter des solutions assez générales pour pouvoir changer de scénario.

#### *Modélisation des conversations et analyse des actes de communication*

PSICO montre qu'il est possible pour un agent de conversation de modéliser une conversation en termes d'un réseau d'OCs, d'un descripteur de conversation, d'un agenda d'initiative et d'un agenda de négociation. L'exemple employé est assez complexe pour tester au niveau de l'analyse des actes de communication par l'agent de conversation la détection des états de conversation, y compris l'interruption et la reprise d'une conversation, et l'extraction des positionnements associés à des buts, croyances et engagements figurant comme OCs. Les positionnements repérés n'incluent pas seulement des positionnements directs mais également des positionnements induits par le biais de relations d'instance entre des OCs. L'exemple contient également un exemple de relation conceptuelle entre OCs. Avec plus de temps, nous pourrions procéder à des tests plus exhaustifs en employant d'autres scénarios impliquant des OCs, des relations conceptuelles et des positionnements (autres que la proposition, l'acceptation et le refus) de types différents de ceux contenus dans l'exemple des robots.

#### *Génération des actes de communication*

PSICO montre également qu'il est possible de générer un acte de communication à partir d'un but d'émission en employant l'approche des schémas de communication. Il serait possible de rendre cette approche plus sophistiquée de manière à donner aux agents locuteurs la possibilité d'employer des actes de communication différents dans un même contexte. Dans la version actuelle de PSICO, les agents locuteurs vont toujours employer le même acte de communication quand ils se retrouvent dans un certain contexte. Par conséquent, les tables lexicales employées par les agents ont été définies de manière à ce que le choix d'une expression dans un acte de communication soit déterministe. PSICO offre deux niveaux de traces: un premier pour suivre uniquement les conversations et une seconde pour obtenir l'affichage du raisonnement des agents.

#### *Evaluation et améliorations*

PSICO est une maquette suffisamment complète et générale pour simuler des conversations entre des agents artificiels en utilisant les

principaux concepts décrits dans notre approche. Certaines améliorations pourraient y être apportées à court terme: module d'édition pour faciliter la préparation de scénarios, emploi de scénarios variés, enrichissement des tables lexicales employées par les agents locuteurs et de conversation, apprentissage de connaissances dites "statiques", emploi de phrases en langue naturelle au lieu de graphes conceptuels dans la trace, prise en compte exhaustive de l'initiative, enrichissement du planificateur. A plus long terme, il serait intéressant que PSICO permette à un agent humain d'interagir avec des agents artificiels à l'aide d'énonciations, exprimées en langue naturelle ou sous une autre forme, et par des gestes, comme le pointage à l'écran.

#### **8.4. Avantages et limites de l'approche théorique**

Maintenant que nous avons vu la faisabilité de notre approche, nous en soulignons les principaux avantages et progrès par rapport aux travaux existants.

- La conversation est le résultat d'un processus de négociation sur des états mentaux entre des agents autonomes. Cette vision originale nous semble naturelle pour expliquer l'enchaînement des actes de communication.
- Plusieurs facettes de communication sont prises en compte au moyen de techniques de planification alors que la plupart des approches existantes ne tiennent compte que d'une seule facette de communication: le transfert d'états mentaux [Allen 1983b; Litman, Allen 1987]. Seuls quelques chercheurs [Traum, Hinkerman 1992; Cawsey 1992] tiennent compte de plusieurs facettes, mais d'une manière moins générale.
- Des conventions de communication sont formalisées au moyen de cycles de vie comme le font Von Martial (1992) et Reichman-Adar (1984). Nos cycles de vie sont cependant adaptés aux facettes de communication. Les transitions acceptables sont spécifiées dans les règles de gestion conversationnelle pour l'interprétation des actes de communication et dans les règles de réaction conversationnelle.
- Le modèle de la conversation est modélisé d'une manière explicite pour décrire les positionnements de négociation rendus publics, l'état conversationnel et l'état d'initiative. Les agents locuteurs utilisent ces informations pour raisonner avant de choisir leur comportement.
- Le modèle de la conversation est l'expression d'une partie du modèle mental des agents locuteurs impliqués, étendant ainsi la vision selon laquelle un acte de communication est

exécuté par un agent afin de modifier l'état du monde en affectant les états mentaux de l'allocutaire [Cohen, Levesque 1990; Beun 1993]. Des règles par défaut sont employées pour inférer les changements sans bénéficier d'informations complètes [Perrault 1990]. Par exemple, une croyance proposée par un agent peut être considérée comme étant acceptée par défaut par un autre agent à moins d'avis contraire. De telles règles permettent d'éviter à un agent d'avoir à accepter explicitement par le biais d'un acte de communication tout ce qui lui est proposé.

- Les actes de communication sont composés d'énonciations et de gestes. La plupart des études concernant la communication inter-agents décrivent des actes de discours isolés selon le point de vue du locuteur seulement, sans se soucier de celui de l'allocutaire [Searle 1979; Searle, Vanderveken 1985]. Comme Francis et Hunston (1992), nous considérons qu'un acte de discours fait partie d'une structure plus complexe, est relié à d'autres dans des mouvements conversationnels et doit être interprété selon le point de vue de l'allocutaire [Levinson 1983].
- La description conceptuelle des actes de communication prévoit déjà plusieurs informations pertinentes pour générer des expressions en langue naturelle: temps, prosodie, marqueurs. Une étude plus approfondie des éléments de prosodie et des marqueurs serait cependant nécessaire pour exploiter correctement ces informations.
- L'approche ne se limite pas aux dialogues, mais pourrait s'appliquer aux conversations de groupes, moyennant certaines extensions de la théorie au niveau de la gestion du contrôle de l'initiative. L'agenda d'initiative est déjà prévu à cet effet.

L'approche proposée comporte également certaines limites.

- Elle ne prend pas en compte certains phénomènes que l'on retrouve dans les conversations orales comme les hésitations, les erreurs de prononciation, le bruit ambiant et les corrections dans une énonciation en cours. Tous ces phénomènes touchent la facette de la gestion de la qualité de l'information. De même, les problèmes d'ambiguïté sémantique ne sont pas prises en compte. La portée d'un positionnement d'acceptation ou de refus n'est pas toujours évident à déterminer. Par exemple, si un agent dit "OK" après qu'un autre agent ait proposé des OCs, cela signifie-t-il que l'agent accepte tout ce qui vient d'être dit ou seulement une partie de ce qui vient d'être proposé? Une certaine ambiguïté peut se produire dans ce cas, ambiguïté que l'on retrouve très souvent dans les conversations humaines.
- L'approche suppose que tous les agents locuteurs respectent les conventions de communication. Elle ne traite pas les situations où plusieurs agents parlent en même temps pendant une période prolongée. Dans notre approche, nous prévoyons le cas où un agent peut interrompre un autre agent, mais alors l'agent interrompu va soit s'arrêter

de parler, soit essayer de reprendre l'initiative en demandant la parole. De plus, les agents locuteurs sont supposés être attentifs à tout ce qui leur est dit.

### **8.5. Extensions futures**

Notre travail théorique pourrait être étendu pour obtenir une approche plus complète et des outils informatiques plus utiles.

#### *Degrés d'intensité (certitude, priorité, etc.) dans les états mentaux et les positionnements*

Une approche exhaustive pour déterminer la valeur de ces degrés et la manipulation de ceux-ci est nécessaire pour rendre notre approche plus complète. Plusieurs éléments devraient être pris en compte, dont les marqueurs et les éléments de prosodie figurant à titre de paramètres dans les actes de communication. Une étude sérieuse de ces paramètres devrait donc être effectuée quant à leur utilisation et à leur impact sur les degrés d'évaluation et de positionnement.

#### *Conversations de groupes*

Notre approche fournit déjà les structures nécessaires à la gestion et à la simulation de conversations de groupes: périodes conversationnelles, agenda d'initiative. Mais il reste à développer des protocoles adaptés à ce type de conversations. Par exemple, la gestion de l'initiative pose des problèmes que l'on ne retrouve pas dans les dialogues, étant donné le nombre d'agents locuteurs impliqués. Ainsi, quand un agent locuteur a terminé de parler, tous les allocutaires peuvent potentiellement prendre l'initiative. Dans une conversation efficace et satisfaisante, un seul de ces agents doit prendre la parole. Une façon formelle de déterminer le prochain locuteur doit être élaborée. L'ajout et le retrait d'agents constituent également d'autres problèmes intéressants qui demandent à être approfondis.

#### *Enrichissement de l'agent locuteur*

Il existe plusieurs problèmes qui méritent d'être abordés de manière plus approfondie pour rendre un agent locuteur plus complet: le traitement du temps et des contraintes, la prise en compte des interactions positives et négatives entre buts, la révision des états mentaux, la gestion de l'agenda des buts, l'intégration des OCs dans le modèle mental à la fin d'une conversation, l'emploi de gestes et d'autres actions non-linguistiques, etc.. Des mécanismes spéciaux

pourraient être ajoutés aux agents pour leur permettre de ne pas être sincères et d'interagir avec des agents non-sincères.

#### *Formalisation de l'agent d'environnement et de son modèle*

Cet axe de recherche touche le fonctionnement de l'agent d'environnement, le contenu du modèle de l'environnement et l'impact de ces deux composantes sur les agents locuteurs. Inversement, l'impact des agents locuteurs sur le modèle de l'environnement par l'exécution d'actions non-linguistiques doit également être traité.

#### *Généralisation de notre approche théorique*

Dans une telle généralisation (voir figure 3.1), chaque agent locuteur a son propre modèle de la conversation et son propre gestionnaire de conversation responsable de l'interprétation des actes de communication reçus. Le problème des différences d'interprétation d'une même conversation doit alors être abordé. Une autre amélioration importante du modèle serait la prise en compte de la gestion de la qualité de l'information.

### **8.6. Conclusion**

Nous avons présenté dans ce chapitre une évaluation de l'approche suggérée dans notre thèse pour modéliser et simuler des conversations. Nous avons décrit le prototype PSICO en commentant ses limites, son architecture, ses entrées et ses sorties. Après l'avoir critiqué, nous avons énuméré des avantages, des limites et des extensions de notre approche.

## Conclusion

La conversation nous semble si naturelle que nous oublions très souvent la complexité des phénomènes qui y sont associés. Notre travail a le mérite de mettre en lumière ces phénomènes et de proposer des solutions pour les modéliser afin de pouvoir les utiliser dans des systèmes informatiques où la communication personne-machine ou machine-machine s'avère importante. Notre approche offre également un cadre empirique pour l'étude des conversations réelles entre agents humains.

Nous avons proposé une approche formelle basée sur la négociation pour modéliser et simuler des conversations dans un contexte multi-agent. Cette approche repose sur la nature coopérative des conversations et les capacités de raisonnement, de planification et de négociation des agents locuteurs.

Après avoir examiné divers travaux existants touchant la modélisation de la conversation, nous avons établi un cadre conceptuel général pour modéliser et simuler des conversations personne-personne et personne-machine et un cadre conceptuel simplifié pour les conversations entre agents artificiels. Ce cadre simplifié met en présence des agents locuteurs s'échangeant des actes de communication, un agent de conversation responsable de l'interprétation de la gestion du modèle de la conversation et un agent d'environnement. Nous avons formalisé les composantes touchant directement la conversation, c'est-à-dire les agents locuteurs et de conversation de même que les connaissances accédées et échangées par ces agents.

Nous avons décrit le contenu du modèle mental d'un agent locuteur en termes de connaissances dynamiques et statiques. Nous avons formalisé les protocoles de communication touchant diverses facettes de communication à l'aide de cycles de vie et nous avons représenté explicitement le contenu d'une conversation pour distinguer les diverses connaissances associées à chacune des facettes.

Nous avons proposé une description exhaustive des actes de communication employés par les agents locuteurs en termes d'énonciations, de gestes et de pauses. Nous avons par la suite suggéré une architecture d'agent de conversation responsable de



l'interprétation des actes de communication et de la gestion du modèle de la conversation. L'architecture repose sur l'utilisation de règles de gestion conversationnelle par un moteur d'inférence. Nous avons présenté un modèle simplifié d'agent locuteur, capable de raisonner sur le contenu de son modèle mental et celui de la conversation avant d'agir. Ce modèle prévoit la perception, la mise à jour des états mentaux, la planification des buts, l'exécution d'actes de communication et d'actions non-linguistiques, l'intégration sélective d'objets conversationnels dans le modèle mental. Le prototype PSICO, simulant des conversations entre agents artificiels, a servi de plate-forme d'expérimentation pour tester notre approche théorique. Après l'avoir décrit et critiqué, nous avons énuméré des avantages, des limites et des extensions de notre approche.

Qui sait? Peut-être qu'un jour nous aurons à notre disposition des agents artificiels doués des mêmes capacités de communication que les humains. Mais ce n'est pas pour demain. Il reste beaucoup de travail à faire avant d'en arriver là. Peut-être est-ce un but utopique? Nous espérons néanmoins que notre travail aura constitué une nouvelle étape dans cette direction.

# Bibliographie

Agre P. E., Chapman D. (1987), *Penji: An Implementation of a Theory of Activity*, Proceedings of AAAI-87, pp. 268-272.

Allen J. F. (1979), *A Plan-Based Approach to Speech Act Recognition*, Rapport technique no 131, Department of Computer Science, University of Toronto.

Allen J. F. (1983a), *Maintaining Knowledge about Temporal Intervals*, Communications of the ACM, vol. 26, no 11.

Allen J. F. (1983b), *Recognizing Intentions from Natural Language Utterances*, Computational Models of Discourse, M. Bradie et R. C. Berwick éditeurs, MIT Press, Cambridge, chap. 2, pp. 108-166.

Allen J. F. (1990), *Two Views of Intention: Comments on Bratman and on Cohen and Levesque*, Intentions in Communication, P. R. Cohen, J. Morgan et M. E. Pollack éditeurs, MIT Press, Cambridge, chap. 4, pp. 71-75.

Allen J. F., Kantz H. A., Pelavin R. N., Tenenbergs J. D. (1991), *Reasoning about Plans*, Morgan Kaufmann.

Appelt D. E. (1985), *Planning English Sentences*, Cambridge University Press, Cambridge.

Atkinson M., Heritage J. éditeurs (1984), *Structures of Social Action, Studies in Conversation Analysis*, Cambridge University Press.

Austin J. L. (1962), *How to do Things with Words*, Oxford University Press.

Berlo D. K. (1960), *The Process of Communication: An Introduction to Theory and Practice*, Holt, Rinehart and Winston, Inc.

Beun R. J. (1993), *Mental State Recognition and Communicative Effects*, Rapport technique 865/III, Institute for Perception Research, Eindhoven, The Netherlands. Aussi à paraître dans the Journal of Pragmatics.

- Boden D., Zimmerman D.H. (1991), *Talk and Social Structure*, University of California Press, Berkeley.
- Boisvert J.-M., Beaudry M. (1979), *S'affirmer et communiquer*, Les Editions de l'Homme, Montréal.
- Bond A. H. (1989), *Commitments, Some DAI Insights from Symbolic Interactionist Sociology*, 9th International AAAI Workshop on Distributed Artificial Intelligence, pp. 239-261.
- Bond A. H., Gasser L. (1988), *Readings in Distributed Artificial Intelligence*, Morgan Kaufmann Publishers, Los Altos.
- Bouron T. (1992), *Structures de communication et d'organisation pour la coopération dans un univers multi-agents*, Thèse de doctorat, Université Paris 6.
- Brassac C. (1993), *Théorie des actes de langage et intelligence artificielle distribuée*, "P.R.C.-G.D.R. Intelligence Artificielle", Journée "Systèmes Multi-Agents", Montpellier, France, décembre 1993.
- Brassac C. (1994), *L'interaction inter-agents: non littéralité et processualité*, Actes des Deuxièmes journées francophones Intelligence Artificielle Distribuée et Systèmes Multi-Agents, Voiron, mai 1994, pp. 15-24.
- Bratman M. (1990), *What is Intention*, Intentions in Communication, P. R. Cohen, J. Morgan et M. E. Pollack éditeurs, MIT Press, Cambridge, chap. 2, pp. 15-31.
- Bunt H.C. (1989), *Information Dialogues as Communicative Action in Relation to Partner Modelling and Information Processing*, The Structure of Multimodal Dialogue, M.M. Taylor, F. Néel et D.G. Bouwdhuis éditeurs, North Holland, 47-73.
- Carbonell J. (1978), *POLITICS: Automated Ideological Reasoning*, Cognitive Science, vol. 2, pp. 27-51.
- Cawsey A. (1992), *Explanation and Interaction: The Computer Generation of Explanatory Dialogues*, The MIT Press, Cambridge.
- Chaib-draa B. (1990), *Contribution à la Résolution Distribuée de Problème: Une Approche Basée sur les Etats Intentionnels*, Thèse de Doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, juin 1990.

- Chaib-draa B., Moulin B., Mandiau R., Millot P. (1992), *Trends in Distributed Artificial Intelligence*, Artificial Intelligence Review, no 6, pp. 35-66.
- Clark H. H., Schaefer E. F. (1989), *Contributing to Discourse*, Cognitive Science, vol. 13, pp. 259-294.
- Cohen P. R. (1978), *On Knowing What to Say: Planning Speech Acts*, Rapport technique no 118, Department of Computer Science, University of Toronto.
- Cohen P. R., Levesque H. J. (1990a), *Persistence, Intention and Commitment*, Intentions in Communication, P. R. Cohen, J. Morgan et M. E. Pollack éditeurs, MIT Press, Cambridge, chap. 3, pp. 33-69.
- Cohen P. R., Levesque H. J. (1990b), *Rational Interaction as the Basis for Communication*, Intentions in Communication, P. R. Cohen, J. Morgan and M. E. Pollack éditeurs, MIT Press, Cambridge, chap. 12, pp. 221-255.
- Cohen P. R., Levesque H. J. (1990c), *Intention is Choice with Commitment*, Artificial Intelligence, vol. 42, pp. 213-261.
- Cohen P. R., Levesque H. J. (1991), *Teamwork*, Note technique no 504, SRI International, Menlo Park, mars 1991.
- Coulthard M. éditeur (1992), *Advances in Spoken Discourse Analysis*, Routledge.
- Dascal M. (1992), *On the Pragmatic Structure of Conversation*, On Searle on Conversation, H. Parret and J. Verschueren éditeurs, John Benjamins Publishing Company, pp. 35-56.
- Decker K. S. (1987), *Distributed Problem-Solving Techniques: A Survey*, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. SMC-17, no 5, septembre/octobre 1987, pp. 729-740.
- De Vito J. A. (1992), *The Interpersonal Book*, Sixième édition, Harper Collins Publishers, New York.
- Dowding J., Gawron J. M., Appelt A., Bear J., Cherny L., Moore R., Moran D. (1993), *GEMINI: A Natural Language System for Spoken-Language Understanding*, Proceedings of the 31st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Ohio State University, Columbus, juin 1993, pp. 54-61.

- Duncan S., Fiske D. (1977), *Face to Face Interaction: Research Method and Theory*, Lawrence Erlbaum.
- Durfee E. H., Lesser V. R., Corkill D. D. (1987), *Cooperation Through Communication in a Distributed Problem Solving Network*, Distributed Artificial Intelligence, M. N. Huhns éditeur, Morgan Kaufmann Publishers, Los Altos, chap. 2, pp. 29-58.
- Dyer M. G. (1983), *In-Depth Understanding: A Computer model of Integrated Processing for Narrative Comprehension*, The MIT Press, Cambridge.
- Erceau J., Ferber J. (1991), *L'intelligence artificielle distribuée*, La recherche, no 733, vol. 22, juin 1991, pp. 750-758.
- Farreny H., Ghallab M. (1987), *Eléments d'intelligence artificielle*, Hermès, Paris.
- Fauconnier G. (1985), *Mental Spaces*, The MIT Press, Bradford Book.
- Fikes R. E. (1982), *A Commitment-Based Framework for Describing Informal Cooperative Work*, Cognitive Science, vol. 6, pp. 331-347.
- Fikes R. E., Nilsson N. J. (1971), *STRIPS: A New Approach to the Application of Theorem Proving to Problem Solving*, Artificial Intelligence, vol 2, pp. 189-208.
- Francis G., Hunston S. (1992), *Analysing Everyday Conversation*, Advances in Spoken Discourse Analysis, M. Coulthard éditeur, Routledge, pp. 123-161.
- Gabor D. (1985), *L'art d'engager la conversation et de se faire des amis*, traduit par C. Balta, Le Jour éditeur.
- Galliers J. R. (1988), *A Theoretical Framework for Computer Models of Cooperative Dialogue, Acknowledging Multi-agent Conflict*, Thèse de Ph. D., Department of Psychology, Open University, septembre 1988.
- Garfinkel H. (1972), *Remarks on Ethnomethodology*, Directions in Sociolinguistics, J.J. Gumperz et D.H. Hymes éditeurs, New-York: Holt, Rinehart and Winston, pp. 301-324.
- Gibbs R.W. (1985), *Situational Conventions and Requests*, Language and Social Situations, J.P. Forgas éditeur, Springer-Verlag, New York.

- Gibbs R. W., Mueller R. A. G. (1990), *Conversation as Coordinated Cooperative Interaction*, Cognition, Computation and Cooperation, W. W. Zachary et S. P. Robertson éditeurs, Ablex.
- Giroux S. (1993), *Agents et systèmes, une nécessaire unité*, Thèse de doctorat et Rapport de recherche no 883, Département d'Informatique et de Recherche Opérationnelle, Université de Montréal, août 1993.
- Grau B., Sabah G., Vilnat A. (1993), *Pragmatique et dialogue homme-machine*, Rapport de recherche, LIMSI-CNRS, Orsay.
- Green N., Carberry S. (1992), *Conversational Implicatures in Indirect Replies*, Proceedings of the 30th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, University of Delaware, Newark, juillet 1992, pp. 64-71.
- Grice H. P. (1957), *Meaning*, The Philosophical Review, vol. 66, no 3, pp. 377-388.
- Grice H. P. (1975), *Logic and Conversation*, Syntax and Semantics, vol. III: Speech Acts, P. Cole et J. L. Morgan éditeurs, Academic Press, New York, pp. 41-58.
- Grosz B. J., Kraus S. (1993), *Collaborative Plans for Group Activities*, Proceedings of International Joint Conference on Artificial intelligence IJCAI'93, Chambéry, août 1993, pp. 367-373.
- Grosz B. J., Sidner C. L. (1986), *Attention, Intentions and the Structure of Discourse*, Computational Linguistics, vol. 12, no 3, juillet-septembre 1986, pp. 175-204.
- Grosz B. J., Sidner C. L. (1990), *Plans for Discourse*, Intentions in Communication, P. R. Cohen, J. Morgan et M. E. Pollack éditeurs, MIT Press, Cambridge, pp. 417-444.
- Hammond K. J. (1986), *Chef: a Model of Case-Based Planning*, AAAI 1986 Proceedings, pp. 261-271.
- Hayes-Roth B., Hayes-Roth F. (1979), *A Cognitive Model of Planning*, Cognitive Science, vol. 3, no 4, pp. 275-310.
- Hobbs J.R., Evans D.A. (1980), *Conversation as Planned Behavior*, Cognitive Science, vol. 4, pp. 349-377.

- Huhns M. N., Bridgeland D. M. (1991), *Multiagent Truth Maintenance*, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 21, no 6, novembre-décembre 1991.
- Kaplan S. J. (1983), *Cooperative Responses From a Portable Natural Language Database Query System*, Computational Models of Discourse, M. Bradie et R. C. Berwick éditeurs, MIT Press, chap. 3, pp. 167- 208.
- Kornfeld W. A., Hewitt C. E. (1981), *The Scientific Community Metaphor*, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. SMC-11, no 1, janvier 1981, pp. 24-33.
- Johnson-Laird P.H. (1983), *Mental Models*, Harvard University Press, Cambridge.
- Jucker A. H. (1992), *Conversation: Structure or Process?*, On Searle on Conversation, H. Parret et J. Verschueren éditeurs, John Benjamins Publishing Company, pp. 77-90.
- Lambert L., Carberry S. (1992), *Modeling Negotiation Subdialogues*, Proceedings of the Conference of the 30th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Newark, Delaware, pp. 193-200, juin 1992.
- Langacker R. W. (1991), *Concept, Image and Symbol, the Cognitive Basis of Grammar*, Mouton de Gruyter.
- Lesser V. R., Corkill D. D. (1981), *Functionally Accurate, Cooperative Distributed Systems*, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. SMC-11, no 1, janvier 1981, pp. 81-96.
- Levinson S.C. (1983), *Pragmatics*, Cambridge University Press.
- Linde C. (1987), *The Life Story: Discontinuous Discourse Type*, Psycholinguistic Models of Production, H.W. Dechert et M. Raupach éditeurs, Kassel.
- Litman D. J., Allen J. F. (1987), *A Plan Recognition Model for Subdialogues in Conversations*, Cognitive Science, vol. 11, pp. 163-200.
- Lizotte M. (1988), *Système de Planification et Simulation de Comportements*, Mémoire de maîtrise, Université Laval, décembre 1988.

- Lizotte M., Moulin B. (1989), *SAIRVO: a Planning System Implementing the ACTEM Concept*, Knowledge-Based Systems, vol. 2, no 4, décembre 1989.
- Mann W. C., Thompson S. A. (1987), *Rhetorical Structure Theory: Description and Construction of Text Structures*, Natural Language Generation, G. Kempen éditeur, Dordrecht: DorMartinus Nijhoff, pp. 85-95.
- Maybury T. (1993), *On Structure and Intention*, Proceedings of the ACL Workshop "Intentionality and Structure in Discourse Relations", O. Rambow éditeur, Columbus, juin 1993, pp. 74-77.
- Mazer M. S. (1991), *Reasoning about Knowledge to Understand Distributed AI Systems*, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 21, no 6, novembre-décembre 1991.
- McDermott D. (1978), *Planning and Acting*, Cognitive Science, vol. 2, no 2, pp. 71-109.
- McKeown K. R. (1985), *Text Generation: Using Discourse Strategies and Focus Constraints to Generate Natural Language Text*, Cambridge University Press.
- McLaughlin M. L. (1984), *Conversation: How Talk is Organized*, Sage Publications.
- Moeschler J. (1989), *Modélisation du dialogue*, Hermès.
- Moulin B. (1985), *La méthode E.P.A.S. pour la modélisation et la conception de systèmes*, Rapports de recherche, DIUL-RR-85-07, 08 et 09, Université Laval, septembre 1985.
- Moulin B. (1987), *Le concept d'actem dans le projet Ludus*, Rapport de recherche DIUL-RR-8704, Université Laval, Québec, mars 1987.
- Moulin B., Rousseau D. (1995), *An Approach for Modelling and Simulating Conversations*, à paraître dans Essays in Speech Act Theory, D. Vanderveken et S. Kubo éditeurs, John Benjamins Publishing company. Aussi Rapport de recherche DIUL-RR-9402, Université Laval, mai 1994.
- Moulin B., Rousseau D., Lapalme G. (1994), *A Multi-Agent Approach for Modelling Conversations*, Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence and Natural Language, Paris, juin 1994.



- Numaoka C., Tokoro C. (1990), *Conversation among Situated Agents*, Proceedings of the 10th International Workshop on Distributed Artificial Intelligence, octobre 1990.
- Ortony A., Clore G., Collins A. (1988), *The Cognitive Structure of Emotions*, Cambridge University Press.
- Perrault R. C. (1990), *An Application of Default Logic to Speech Act Theory*, Intentions in Communication, P. R. Cohen, J. Morgan et M. E. Pollack éditeurs, MIT Press, chap. 9, pp. 161-185.
- Pollack M. E. (1990), *Plans as Complex Mental Attitudes*, Intentions in Communication, P. R. Cohen, J. Morgan and M. E. Pollack éditeurs, MIT Press, chap. 5, pp. 77-103.
- Rambow O. éditeur (1993), *Intentionality and Structure in Discourse Relations*, Proceedings of the ACL Workshop on "Intentionality and Structure in Discourse Relations", Columbus, juin 1993.
- Reichman-Adar R. (1984), *Extended Person-Machine Interface*, Artificial Intelligence, vol. 22, pp. 157-218.
- Rich E., Knight K. (1991), *Artificial Intelligence*, McGraw-Hill, New York.
- Rosenschein J. S. (1985), *Rational Interaction: Cooperation among Intelligent Agents*, Thèse de Ph. D, Stanford University.
- Rosenschein J.S., Zlotkin G. (1994), *Rules of Encounter: Designing Conventions for Automated Negotiation among Computers*, The MIT Press, Cambridge.
- Roulet E. (1985), *L'articulation du discours en français contemporain*, Peter Lang, Berne.
- Roulet E. (1992), *On the Structure of Conversation as Negotiation*, On Searle on Conversation, H. Parret et J. Verschueren éditeurs, John Benjamins Publishing Company, pp. 91-99.
- Rousseau D. (1993), *Un mécanisme de coopération entre agents: le dialogue*, Analyse de Systèmes, vol. 19, nos 1-2, mars-juin 1993, pp. 93-120.

- Rousseau D., Moulin B., Lapalme G. (1993), *Modélisation des conversations basée sur une perspective de systèmes multi-agents*, Actes du Colloque "Informatique et Langue Naturelle" I.L.N.'93, Université de Nantes, décembre 1993, pp. 129-150.
- Rousseau D., Moulin B., Lapalme G. (1994), *Une approche multi-agents pour modéliser les conversations*, Actes des Deuxièmes journées francophones Intelligence Artificielle Distribuée et Systèmes Multi-Agents, Voiron, mai 1994, pp. 3-14.
- Sabah G. (1989), *L'intelligence Artificielle et le Langage, Volume 2: Processus de Compréhension*, Editions Hermès, Paris.
- Sacerdoti E. D. (1974), *Planning in a Hierarchy of Abstraction Spaces*, Artificial Intelligence, vol. 5, pp. 115-135.
- Sacerdoti E. D. (1975), *The Nonlinear Nature of Plans*, Proceedings of the 4th International Joint Conference on Artificial Intelligence, Tbilisi, pp. 206-214.
- Sacks H., Schegloff E.A., Jefferson, G. (1978), *A Simplest Systematics for the Organization of Turn Taking for Conversation*, Studies in the Organization of Conversational Interaction, Schenkein J. éditeur, Academic Press, New York, pp. 7-55.
- Sadek M. D. (1990), *Dialogue Acts are Rational Plans*, Rapport de Recherche, Centre National d'Etudes des Télécommunications, Lannion.
- Schegloff E.A. (1992), *To Searle on Conversation: a Note in Return*, On Searle on Conversation, H. Parret and J. Verschueren éditeurs, John Benjamins Publishing Company, pp. 113-128.
- Schegloff E. A., Jefferson G., Sacks H. (1977), *The Preference for Self Correction in the Organization of Repair in Conversation*, Language, no 53, pp. 361-382.
- Schiffrin D. (1987), *Discourse Markers*, Studies in Interactional Sociolinguistics, no 5, Cambridge University Press.
- Searle J. R. (1969), *Speech Acts*, Cambridge University Press.
- Searle J. R. (1975), *Indirect Speech Acts*, Cambridge University Press.
- Searle J. R. (1979), *Expression and Meaning*, Cambridge University Press.

- Searle J. R. (1992), *Conversation*, On Searle on Conversation, H. Parret et J. Verschueren éditeurs, John Benjamins Publishing Company, pp. 7-30.
- Searle J. R., Vanderveken D. (1985), *Foundations of Illocutionary Logic*, Cambridge University Press.
- Shafer G. (1976), *A Mathematical Theory of Evidence*, Princeton University Press.
- Shoham Y. (1993), *Agent-Oriented Programming*, Artificial Intelligence, vol. 60, no 1, pp. 51-92, mars 1993.
- Shortliffe E.H. (1976), *Computer-Based Medical Consultations: MYCIN*, Elsevier, New York.
- Sinclair J., Coulthard M. (1975), *Towards an Analysis of Discourse*, Oxford University Press, London.
- Singh M. P. (1991), *Towards a Formal Theory of Communication for Multiagent Systems*, Proceedings of the 12th International Conference on Joint Artificial Intelligence, Darling Harbour, août 1991, pp. 69-74.
- Smith R. G., Davis R. (1981), *Frameworks for Cooperation in Distributed Problem Solving*, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. SMC-11, no 1, pp. 61-70, janvier 1981.
- Sowa J. F. (1984), *Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine*, Addison Wesley.
- Stefik M. J. (1981), *Planning with Constraints*, Artificial Intelligence, vol. 16, pp. 111-140.
- Steiner D., Burt A., Kolb M., Lerin C. (1993), *The Conceptual Framework of MAI2L*, Pre-Proceedings of the 5th European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World, MAAMAW'93, K. Ghedira et F. Sprumont éditeurs, Institut d'Informatique et Intelligence Artificielle, Cote # RI-93/8-1, pp. 1-11.
- Sussman G. J. (1975), *A Computer Model of Skill Acquisition*, MIT Press, Cambridge.
- Tate A. (1977), *Generating Project Networks*, Proceedings of the 5th International Conference on Artificial Intelligence, Cambridge, pp. 888-893.

- Thomas S. R. (1993), *PLACA, an Agent Oriented Programming Language*, Thèse de Ph.D., Stanford University, août 1993.
- Traum D.R., Hinkelman E.A. (1992), *Conversation Acts in Task-Oriented Spoken Language*, Computational Intelligence, vol. 8, no 3, août 1992.
- Trognon A., Brassac C. (1993), *L'enchaînement conversationnel*, Théorie des actes de langages et analyse des conversations, J. Moeschler éditeur, Les Cahiers de Linguistique Française, Université de Genève, Faculté des Lettres, Unité de linguistique Française, no 13, pp. 76-107.
- Vanderveken D. (1988), *Les actes de discours: Essai de Philosophie du Langage et de l'Esprit sur la Signification des Enonciations*, Pierre Margada Editeur, Liège-Bruxelles.
- Vanderveken D. (1993), *La théorie des Actes de Discours et l'Analyse de la Conversation*, Théorie des actes de langages et analyse des conversations, J. Moeschler éditeur, Les Cahiers de Linguistique Française, Université de Genève, Faculté des Lettres, Unité de linguistique Française, no 13, pp. 9-61.
- Von Martial F. (1992), *Coordinating Plans of Autonomous Agents*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, no 610, Springer-Verlag.
- Walker M. (1993), *Informational Redundancy and Resource Bounds in Dialogue*, Thèse de Ph. D., University of Pennsylvania, Philadelphie, décembre 1993.
- Warren D. H. D. (1974), *WARPLAN: a System for Generating Plans*, Department of Computational Logic, Mémo no 76, Artificial Intelligence, Edinburgh University.
- Wilensky R. (1983), *Planning and Understanding: a Computational Approach to Human Reasoning*, Addison-Wesley Publishing Company.
- Wilkins D. E. (1983), *Domain Independent Planning: Representation and Plan Generation*, Artificial Intelligence, vol. 22, pp. 269-301.
- Wilkins D. E. (1988), *Practical Planning: Extending the Classical AI Planning Paradigm*, Morgan Kaufmann.
- Winograd T. (1988), *Where the Action is*, Byte, décembre 1988.

Winograd T., Flores F. (1986), *Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design*, Norwood, Ablex.

Wittgenstein L. (1958), *Philosophical Investigations*, Blackwell, Oxford.

## Annexe A

### Equivalence entre positionnements et états mentaux

Les positionnements sur les OCs reflètent certains états mentaux des agents locuteurs. Un agent locuteur peut raisonner directement sur ces positionnements sans que ceux-ci soient transformés en états mentaux afin de déterminer son comportement dans le contexte d'une conversation. Ce n'est qu'à la fin d'une conversation que l'agent établit la correspondance entre les positionnements et les états mentaux afin d'intégrer dans son modèle mental les OCs les plus importants.

Nous proposons des règles formelles d'équivalence entre les positionnements reliés à des OCs et les états mentaux pour des agents sincères et crédibles. Ces règles traduisent les états mentaux *nécessairement* exprimés par des positionnements quand le locuteur est sincère. A ces règles d'équivalence s'ajoutent des règles d'inférence par défaut qui permettent d'inférer d'autres états mentaux *généralement* présents dans le modèle mental du locuteur à moins d'un avis contraire si certaines conditions sont respectées.

Nous discutons également de manière informelle des positionnements portant sur des relations entre des OCs.

Afin d'alléger la présentation des règles d'équivalence et des règles d'inférence par défaut, nous employons quelques prédicats spéciaux qui décrivent d'une manière concise certains paramètres importants à prendre en compte dans les OCs, les positionnements et les états mentaux. D'autres paramètres ne sont pas mentionnés implicitement: les informations temporelles associés aux positionnements et aux états mentaux, l'identifiant de la conversation courante et le degré de positionnement. On suppose que les positionnements et états mentaux mentionnés dans les règles sont vrais au moment présent selon la conversation courante.

Nous utilisons, entre autres, les prédicats suivants:

POSIT(<loc>,<id-OC>,<type>,<descr>,<posit>,<alloc>)

Indique le positionnement d'un locuteur concernant un OC (ou une relation entre OCs) d'un certain type, de même que l'allocutaire qui le reçoit.

<type>(<loc>,<contenu-prop>)

Spécifie le type d'un état mental d'un agent locuteur et son contenu propositionnel.

Agent(<agent>,<description>)

Indique que <agent> figure à titre d'agent dans la description d'un but ou d'une relation interpersonnelle.

Dans(<élément>,<liste>)

Teste si un élément fait partie de la liste ou des arguments d'un prédicat.

Examinons maintenant chacun des positionnements prévus dans le cycle de vie de négociation d'un OC.

- **Proposition**

*"Règle d'équivalence"*

POSIT(?loc,?id-OC,?type,?descr,proposé,?alloc) =  
?type(?loc,?descr)

*"Règle d'inférence par défaut pour une croyance"*

POSIT(?loc,?id-OC,croyance,?descr,proposé,?alloc) =>  
but(?loc,croyance(?alloc,?descr))

*"Règle d'inférence par défaut pour un but ou une relation interpersonnelle"*

POSIT(?loc,?id-OC,?type,?descr,proposé,?alloc) &  
Dans(?type,[but,relation-int]) &  
Agent(?alloc,?descr) =>  
but(?loc,?type(?alloc,?descr))

Dans tous les cas, la règle d'équivalence s'applique, car le locuteur a nécessairement dans son modèle mental l'état mental correspondant à l'OC proposé. Dans le cas d'une croyance, un but par défaut est également exprimé qui consiste à convaincre l'allocutaire d'intégrer dans son modèle mental l'OC communiqué. Un but similaire existe pour un OC exprimant un but ou une relation interpersonnelle si l'allocutaire est impliqué dans le but ou la relation interpersonnelle. Dans un tel cas, le locuteur s'attend à ce que l'allocutaire montre explicitement son acceptation par un acte de communication. Dans les autres cas, l'acceptation peut être implicite (voir section 7.6.4).

Même si cela n'est pas indiqué explicitement dans les règles, le locuteur a également le but que l'allocutaire croit que le locuteur croit le contenu propositionnel de l'OC. En fait, ce but est implicite dans toutes les règles qui établissent l'équivalence entre un positionnement et des états mentaux du locuteur. Nous pouvons le généraliser en disant qu'un locuteur a toujours comme but de rendre public les états mentaux sous-jacents à un positionnement en espérant que l'allocutaire va croire que ces états mentaux sont présents dans le modèle mental de l'agent locuteur. En fait, la proposition d'un OC est un moyen de modéliser les croyances mutuelles [Allen 1983b; Cohen Levesque 1990b] partagées par le biais d'une conversation.

La proposition d'une relation conceptuelle entre des OCs est interprétée d'une manière similaire. Elle exprime le fait que le locuteur croit tous les états mentaux correspondant aux OCs impliqués dans la relation proposée. Cette dernière relie les états mentaux dans le modèle mental du locuteur.

- **Acceptation**

*"Règle d'équivalence"*

```
POSIT(?loc,?id-OC,?type,?descr,accepté,?alloc) =
 croyance(?loc,?type(?alloc,?descr))
```

*"Règle d'inférence par défaut pour une croyance"*

```
POSIT(?loc,?id-OC,croyance,?descr,accepté,?alloc) =>
 croyance(?loc,?descr)
```

*"Règle d'inférence par défaut pour un but ou une relation interpersonnelle"*

```
POSIT(?loc,?id-OC,?type,?descr,accepté,?alloc) &
Dans(?type,[but,relation-int]) &
Agent(?alloc,?descr) =>
 ?type(?alloc,?descr)
```

En acceptant un OC, le locuteur montre qu'il croit que l'allocutaire possède l'état mental correspondant. Des règles d'inférence par défaut spécifient les conditions qui font qu'un agent adopte un état mental avec un contenu propositionnel similaire à celui proposé. Ajoutons finalement qu'un agent qui accepte une relation conceptuelle entre des OCs accepte tous les OCs impliqués dans la relation.



- **Refus**

*"Règle d'équivalence"*

```
POSIT(?loc,?id-OC,?type,?descr,refusé,?alloc) =
 croyance(?loc,?type(?alloc,?descr)) &
 NON(croyance(?loc,?type(?loc,?descr)))
```

*"Règle d'inférence par défaut"*

```
POSIT(?loc,?id-OC,?type,?descr,refusé,?alloc) =>
 but(?loc,NON(?type(?alloc,?descr)))
```

Le refus d'un OC par un agent implique que l'agent ne croit pas qu'il a un état mental correspondant à l'OC mais croit que c'est le cas pour l'allocutaire. Par défaut, il désire modifier l'état mental de son allocutaire. Mentionnons que le refus d'une relation conceptuelle entre des OCs est un peu plus problématique que celui d'un seul OC, car la raison du refus peut concerner autant la nature de la relation que l'un des OCs impliqués.

**Confirmation**

*"Règle d'équivalence"*

```
POSIT(?loc,?id-OC,?type,?descr,confirmé,?alloc) =
 croyance(?loc,?type(?alloc,?descr))
```

Un agent qui confirme un OC ne fait que dire explicitement qu'il croit que l'autre agent a adopté un état mental dont le contenu propositionnel est similaire.

- **Acceptation d'un refus**

*"Règle d'équivalence"*

```
POSIT(?loc,?id-OC,?type,?descr,accepté-refus,?alloc) =
 croyance(?loc,NON(?type(?alloc,?descr)))
```

*"Règle d'inférence par défaut"*

```
POSIT(?loc,?id-OC,?type,?descr,accepté-refus,?alloc) =>
 NON(?type(?loc,?descr))
```

L'acceptation du refus d'un OC par un agent implique que l'agent croit que l'allocutaire n'a pas adopté l'état mental correspondant à l'OC proposé. Par défaut, le locuteur abandonne l'état mental qu'il avait communiqué.

- **Positionnement demandé**

*"Règle d'équivalence"*

POSIT(?loc,?id-OC,?type,?descr,posit-demandé,?alloc) =

but(?loc,POSIT(?alloc,?id-OC,?type,?descr,?posit,?alloc))

Un locuteur qui demande un positionnement sur un OC exprime qu'il a le but que l'allocutaire exprime son positionnement sur l'OC.

- **Refus de se positionner**

*"Règle d'équivalence"*

POSIT(?loc,?id-OC,?type,?descr,refus-posit,?alloc) =

NON(but(?loc,POSIT(?loc,?id-OC,?type,?descr,?posit,?alloc)))

Le refus de se positionner sur un OC exprime que le locuteur n'a pas le but de se positionner sur l'OC.

- **Refus de répondre à une question d'instanciation ou de précision portant sur un OC**

*"Règle d'inférence par défaut face à une demande d'instanciation"*

POSIT(?loc,?id-OC,?type,?descr,refus-de-répondre,?alloc) &

POSIT(?alloc,?id-OC,?type,?descr,à-instancier(\_),?loc) =>

NON(but(?loc,POSIT(?loc,?id-OC,?type,?descr,instancié,?alloc)))

*"Règle d'inférence par défaut face à une demande de précision"*

POSIT(?loc,?id-OC,?type,?descr,refus-de-répondre,?alloc) &

POSIT(?alloc,?id-OC,?type,?descr,à-préciser(\_),?loc) =>

NON(but(?loc,POSIT(?loc,?id-OC,?type,?descr,précisé,?alloc)))

Un agent qui refuse de répondre à une question portant sur un OC exprime qu'il n'a pas le but d'instancier ou de préciser cet OC.

- **Mise de côté d'un OC**

*"Règle d'équivalence"*

POSIT(?loc,?id-OC,?type,?descr,écarté,?alloc) =

NON(croyance(?loc,?type(?loc,?descr)))

Un agent qui écarte un OC exprime qu'il ne croit pas en l'état mental correspondant à l'OC.

- **OC à instancier**

*"Règle d'équivalence"*

POSIT(?alloc,?id-OC,?type,?descr,à-instancier(\_),?loc) =

but(?loc,POSIT(?alloc,?id-OC,?type,?descr,instancié,?alloc))

Un agent qui demande qu'un OC soit instancié communique son but à l'allocutaire.

- **OC à préciser**

*"Règle d'équivalence"*

POSIT(?alloc,?id-OC,?type,?descr,à-préciser(\_),?loc) =

but(?loc,POSIT(?alloc,?id-OC,?type,?descr,précisé,?alloc))

Un agent qui demande qu'un OC soit précisé communique son but à l'allocutaire.

- **Instanciation d'un OC**

*"Règle d'équivalence"*

POSIT(?loc,?id-OC1,?type,?descr1,instancié,?loc) &

POSIT(?loc,?id-OC2,?type,?descr2,proposé,?alloc) &

INST(?id-OC2,?id-OC1,?liste-relations) =

croyance(?loc,INST(?id-OC2,?id-OC1,?liste-relations))

Quand un agent instancie un objet OC1 par la proposition d'un autre objet OC2, il communique sa croyance que OC2 est une instance de OC1.

- **Précision d'un OC**

*"Règle d'équivalence"*

POSIT(?loc,?id-OC,?type,?descr,précisé,?loc) &

POSIT(?loc,?id-relation,?type1,?descr1,proposé,?alloc) &

Dans(?id-OC,?descr1) =

croyance(?loc,?descr1)

Quand un agent précise un objet OC1 par la proposition d'une relation conceptuelle liant un objet OC1 et un autre objet , il communique sa croyance en la relation conceptuelle.

- **Négociation d'un OC**

Quand un OC est négocié, le locuteur ne refuse pas l'objet, mais suggère un autre objet à la place. Plus tard au cours de la conversation, l'agent peut accepter ou refuser l'OC. Par conséquent,

on ne peut établir d'états mentaux précis à partir de ce positionnement.

- **Ignorance d'un OC**

L'ignorance d'un OC se produit à la fin d'une conversation lorsqu'un agent ne s'est pas positionné explicitement sur cet OC. Par défaut, on peut considérer que l'agent a accepté l'OC, mais il n'y a aucune certitude à ce sujet. Le contenu de la conversation peut cependant donner un indice.

## Annexe B

### Plans stéréotypés dans PSICO

Nous décrivons conceptuellement les divers niveaux de plans stéréotypés utilisés par un agent locuteur dans PSICO pour simuler les conversations impliquant Dartagnan, Portos, Atos et Aramis. Nous ne répétons pas les plans déjà présentés dans le chapitre 7 dans la thèse; nous référons alors aux sections pertinentes.

#### B.1. Définition des actions non-linguistiques

Nous avons déjà défini à la section 7.11.2 les actions pour lever, déplacer et déposer un objet. Aucune autre action n'est définie dans PSICO.

#### B.2. Plan stéréotypé pour un but décomposable

Un seul plan stéréotypé de cette catégorie est nécessaire pour l'exemple des robots. Présenté à la section 7.11.2, il spécifie comment transporter un objet d'un endroit vers un autre endroit.

#### B.3. Plan conversationnel

Un seul plan conversationnel, décrit à la section 7.7, est utilisé dans le scénario des robots. Dans chacune des trois conversations, l'agent qui débute la conversation a le but d'obtenir un engagement de la part d'un autre agent.

#### B.4. Règles de réaction conversationnelle

Plusieurs des règles de réaction conversationnelle implantées dans PSICO ont été décrites dans les sections 7.6.2 et 7.11.2. A ces règles s'ajoutent les suivantes:

R-RCONV rconv1: *"Acceptation d'un OC sans conflit - Cas général"*

PERCU: [OBJET-CONV, ?id-OC, ?agent, ?locuteur, ?id-conv, proposé, ?degré]

ETAT-CONFLIT: OK

CONDITIONS: OBJET-CONV(?type, ?id-OC, ?description, \_)

ETATS-MENTAUX:

BUT-POTENTIEL: *but-émission(?id-OC, [accepté, nil], ?degré, ?type,*

*?description, ?id-conv, ?locuteur)*

R-RCONV rconv3: *"Acceptation d'un engagement sans conflit correspondant à un but que le locuteur avait déjà proposé"*

PERCU: *[OBJET-CONV, ?id-OC, ?agent, ?locuteur, ?id-conv, proposé, ?degré]*

ETAT-CONFLIT: *OK*

CONDITIONS: *OBJET-CONV(engagement, ?id-OC, ?description, \_) & but-déjà-proposé(?id-OC, ?agent)*

ETATS-MENTAUX:

BUT-POTENTIEL: *but-émission(?id-OC, [accepté, nil], ?degré, ?type, ?description, ?id-conv, ?locuteur)*

R-RCONV rconv5: *"Acceptation d'une relation entre OCs sans conflit"*

PERCU: *[RELATION, ?id-rel, ?agent, ?locuteur, ?id-conv, proposé, ?degré]*

ETAT-CONFLIT: *OK*

CONDITIONS: *RELATION-CONV(?id-rel, ?description)*

ETATS-MENTAUX:

BUT-POTENTIEL: *but-émission(?id-rel, [accepté, nil], ?degré, ?type, ?description, ?id-conv, ?locuteur)*

R-RCONV rconv11: *"Acceptation d'une proposition de fin d'une conversation"*

PERCU: *[CONV, ?id-conv, ?agent, ?locuteur, à-terminer]*

ETAT-CONFLIT: *OK*

CONDITIONS: *but-conversationnel-atteint(?id-conv)*

ETATS-MENTAUX:

BUT-POTENTIEL:

R-RCONV rconv13: *"Absence de réaction suite à une instanciation"*

PERCU: *[OBJET-CONV, ?id-OC, ?agent, ?locuteur, ?id-conv, instancié, ?degré]*

ETAT-CONFLIT: *OK*

CONDITIONS:

ETATS-MENTAUX:

BUT-POTENTIEL:

R-RCONV rconv14: *"Suspension de la conversation pour un but que l'on serait prêt à accepter mais pour lequel on désire l'aide d'un ou plusieurs autres agents"*

PERCU: *[OBJET-CONV, ?id-OC, ?agent, ?locuteur, ?id-conv, proposé, ?degré]*

ETAT-CONFLIT: *OK*

CONDITIONS: *OBJET-CONV(but, ?id-OC, ?description, \_) & Agent-variable(?description) & trouve-agent-disponible(?agent)*

ETATS-MENTAUX:

BUT-POTENTIEL: *but-émission(?id-OC, suspension-conv,\_, but,*  
*[?agent2, ?description], ?id-conv, ?locuteur)*

R-RCONV rconv15: *"Confirmation de la suspension de la conversation"*

PERCU: *[OBJET-CONV, ?id-OC, ?agent, ?locuteur, ?id-conv, accepté, ?degré]*

ETAT-CONFLIT: OK

CONDITIONS: *CONVERSATION(?id-conv, A-suspendre,\_)*

ETATS-MENTAUX:

BUT-POTENTIEL:

### B.5. Plans d'émission

Nous avons déjà présenté dans les sections 7.9 et 7.11.2 les plans d'émission pour proposer un OC, en refuser et accepter un refus.

PSICO utilise également les plans suivants:

*"Suspension d'une conversation dans le but de trouver un autre agent pour réaliser un but"*

PLAN-EMISSION *plan-ém4: but-émission(?id-OC, suspension-conv,\_, but,*  
*?description, ?id-conv, ?locuteur)*

CORPS: *SCH-COMM(Suspension-pour-trouver-agent)*

*"Acceptation de la suspension proposée"*

PLAN-EMISSION *plan-ém5: but-émission(?id-conv, accepte-suspension,\_,*  
*conv, ?description,*  
*?id-conv, ?locuteur)*

CORPS: *SCH-COMM(Accepte-suspension)*

*"Acceptation de la proposition d'un OC"*

PLAN-EMISSION *plan-ém6: but-émission(?id-OC, [accepté, ?info], ?degré,*  
*but, ?description,*  
*?id-conv, ?locuteur)*

CORPS: *SCH-COMM(Accepte-but)*

*"Acceptation de la proposition d'un engagement"*

PLAN-EMISSION *plan-ém7: but-émission(?id-OC, [accepté, ?info], ?degré,*  
*engagement, ?description,*  
*?id-conv, ?locuteur)*

CORPS: *SCH-COMM(Accepte-engagement)*

## B.6. Schémas de communication

Nous avons décrit plusieurs schémas de communication dans les sections 7.9 et 7.11.2. A ces schémas s'ajoutent dans PSICO les suivants:

### B.6.1. Schémas de communication globaux

*"Suspension d'une conversation dans le but de trouver un autre agent pour aider"*

```
SCH-COMM(Suspension-pour-trouver-agent)
 SCH-ACTE-DISC(Emploi-du-temps-personnel) &
 SCH-ACTE-DISC(Besoin-autre-agent) &
 PAUSE(2),
 SCH-ACTE-DISC(Suspension-conv) &
 SCH-ACTE-DISC(Prop-demander-autre-agent)
```

*"Acceptation d'une suspension"*

```
SCH-COMM(Accepte-suspension)
 SCH-ACTE-DISC(Accepte-suspension)
```

*"Acceptation d'un but"*

```
SCH-COMM(Accepte-but)
 SCH-ACTE-DISC(Accepte-but)
```

*"Acceptation d'un engagement"*

```
SCH-COMM(Accepte-engagement)
 SCH-ACTE-DISC(Accepte-engagement)
```

### B.6.2. Schémas de communication pour une série d'actes de discours

*"Acceptation d'un but"*

```
SCH-S-ACTE-DISC(Accepte-but)
 P1: PREC: agent-impliqué
 SCH-S-ACTE-DISC(Prop-engagement)
 P2: SCH-S-ACTE-DISC(Accepté)
```

*"Proposition d'un engagement"*

```
SCH-S-ACTE-DISC(Prop-engagement)
 P1: PREC: emploi-pers-non-communicé
 SCH-ACTE-DISC(Emploi-du-temps-personnel) &
 SCH-ACTE-DISC(Prop-engagement)
 P2: SCH-ACTE-DISC(Prop-engagement)
```



*"Acceptation d'un engagement"*

SCH-S-ACTE-DISC(Accepte-engagement)

UTILISE-POT(conv-suspendu,SCH-ACTE-DISC(Merci)) &

SCH-ACTE-DISC(Accepte-eng)

### **B.6.3. Schémas de communication pour un acte de discours**

*"Proposition des contraintes liées à l'emploi du temps de l'agent"*

SCH-ACTE-DISC(Emploi-du-temps-personnel)

Choisir-prop-emploi-du-temps

*"Proposition que l'on a besoin d'un autre agent"*

SCH-ACTE-DISC(Besoin-autre-agent)

Choisir-prop-besoin-autre-agent

*"Suspension d'une conversation"*

SCH-ACTE-DISC(Suspension-conv)

Choisir-prop-suspension-conv

*"Demande à un autre agent pour se faire aider"*

SCH-ACTE-DISC(Prop-demander-autre-agent)

Choisir-prop-demander-autre-agent

*"Acceptation d'une suspension"*

SCH-ACTE-DISC(Accepte-suspension)

Choisir-prop-accepte-suspension

*"Proposition d'un engagement"*

SCH-ACTE-DISC(Prop-engagement)

Choisir-prop-engagement

*"Acceptation d'un engagement"*

SCH-ACTE-DISC(Accepte-eng)

Choisir-prop-pour-accepte-eng

*"Remerciement"*

SCH-ACTE-DISC(Merci)

Choisir-prop-pour-merci

## Annexe C

### Familles de règles de gestion conversationnelle dans PSICO

Nous présentons les familles de règles de gestion conversationnelle implantées dans PSICO en spécifiant pour chacune les règles qui en font partie selon l'ordre dans lequel l'agent de conversation les vérifie. Nous ne décrivons ici que les règles qui n'ont pas déjà été décrites au chapitre 6. Nous référons aux sections pertinentes en ce qui concerne les autres règles

- **FAMILLE: début-comm**

REGLES: RAI2,RAI1

DEJA DECRITES: toutes (section 6.8)

- **FAMILLE: acte-comm**

REGLES: RD3,RD2,RD1,RP1,RP2

DEJA DECRITES: RD1 (section 6.5.1)  
RP1,RP2 (section 6.5.2)

REGLES NON DECRITES:

*RGESTION RD2: "Réactivation d'une conversation"*

*FAMILLE: acte-comm*

*ENTREE: ?id-acte-comm*

*AJOUT: nil*

*SORTIE: nil*

ACTE-COMM(?id-acte-comm,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,\_,\_,\_,  
[?td1,?tf1]) &

conversation-cour(?id-conv,Fin,\_)

=> maj-conversation(?id-conv,Réactivation,?td1) &  
créer-période(?id-conv,?locuteur,?allocutaire,?td1)

*RGESTION RD3: "Reprise d'une conversation"*

*FAMILLE: acte-comm*

*ENTREE: ?id-acte-comm*

*AJOUT: nil*

*SORTIE: nil*

ACTE-COMM(?id-acte-comm,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,\_,\_,\_,  
 [?td1,?tf1]) &  
 conversation-cour(?id-conv,?état,\_) &  
 dans(?état,[Suspension,Interruption])  
 => maj-conversation(?id-conv,Reprise,?td1) &  
 créer-période(?id-conv,?locuteur,?allocutaire,?td1)

• **FAMILLE: énonc**

REGLE: aucune

• **FAMILLE: acte-disc**

REGLE: aucune

• **FAMILLE: prop**

REGLES: RD6,RD7,RD8,RD4,RD9,RD10,RD11,RD12,RD5

DEJA DECRITES: RD4,RD5,RD8 (section 6.5.1)

REGLES NON DECRITES:

*RGESTION RD6: "Passage de l'état Corps à l'état A-terminer"*

*FAMILLE: prop*

*ENTREE: ?id-prop*

*AJOUT: nil*

*SORTIE: ?liste*

PROP(?id-prop,?id-acte-disc,?contenu,?type,\_,\_,\_) &  
 info-générale(?id-acte-disc,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,?td,tf) &  
 conversation-cour(?id-conv,Corps,\_) &  
 séquence-fermeture(Début-séq,?id-conv,?locuteur,?allocutaire,  
 ?id-prop,?td,?contenu,?liste)  
 => maj-état-séq(Début-séq) &  
 maj-conversation(?Id-conv,A-terminer,?td)

*RGESTION RD7: "Passage de l'état Corps à l'état A-suspendre"*

*FAMILLE: prop*

*ENTREE: ?id-prop*

*AJOUT: [?type,?id-prop]*

*SORTIE: nil*

PROP(?id-prop,?id-acte-disc,?contenu,?type,\_,\_,\_) &  
 info-générale(?id-acte-disc,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,?td,tf) &  
 conversation-cour(?id-conv,Corps,\_) &  
 séquence-suspension(Début-séq,?contenu,?type,?locuteur,?allocutaire)  
 => maj-état-séq(Début-séq) &  
 maj-conversation(?id-conv,A-suspendre,?td)

RGESTION RD9: "Statu quo dans l'état A-terminer"

FAMILLE: *prop* ENTREE: *?id-prop*

AJOUT: [conv, [?id-conv, ?tf]]      SORTIE: ?liste

```
PROP(?id-prop,?id-acte-disc,?contenu,?type,_,_,_) &
info-générale(?id-acte-disc,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,?td,?tf) &
conversation-cour(?id-conv,A-terminer,_) &
séquence-fermeture(?état,?id-conv,?contenu,?locuteur,?allocutaire,
 ?id-prop,?td,?contenu,?liste)
=> maj-état-ség(?état)
```

*RGESTION RD10: "Statu quo dans l'état A-suspendre"*

FAMILLE: *prop*                      ENTREE: *?id-prop*

AJOUT: ?liste1                      SORTIE: nil

```

PROP(?id-prop,?id-acte-disc,?contenu,?type,_,_,_) &
info-générale(?id-acte-disc,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,?td,?tf) &
conversation-cour(?id-conv,A-suspendre,_) &
séquence-suspension(?état,?contenu,?type,?id-prop,?liste) &
construit-liste(?liste,[[conv,[?id-conv,?tf]]],?liste1)
=> maj-état-ség(?état)

```

*RGESTION RD11: "Statu quo dans l'état Réactivation"*

FAMILLE: prop ENTREE: ?id-prop

AJOUT: nil SORTIE: nil

```
PROP(?id-prop,?id-acte-disc,?contenu,?type,_,_,_) &
info-générale(?id-acte-disc,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,?td,?tf) &
conversation-cour(?id-conv,Réactivation,_) &
séquence-réactivation(?état,?contenu,?locuteur,?allocutaire)
=> maj-état-ség(?état)
```

*RGESTION RD12: "Statu quo dans l'état Reprise"*

FAMILLE: *prop*                      ENTREE: ?*id-prop*

AJOUT: nil                      SORTIE: nil

```
PROP(?id-prop,?id-acte-disc,?contenu,?type,_,_,_) &
info-générale(?id-acte-disc,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,?td,?tf) &
conversation-cour(?id-conv,Reprise,_) &
séquence-reprise(?état,?contenu,?locuteur,?allocutaire)
=> maj-état-ség(?état)
```

- **FAMILLE:** décl

REGLES: RGR3, RGR4, RGR2, RVP1, RVP2, RGR1

DEJA DECRITES: RGR1, RGR3, RVP1, RVP2 (section 6.6.1.1)

### AUTRES REGLES:

*RGESTION RGR2: "Positionnement demandé par rapport à un OC"*

*FAMILLE: décl*

*ENTREE: ?id-prop*

*AJOUT: nil*

*SORTIE: ?id-OC*

PROP(?id-prop, ?id-acte-disc, ?contenu, ?type, \_\_, \_\_, \_\_) &  
 TABLE-EXP-POSIT-DEM(décl, ?contenu, ?descr-OC) &  
 info-générale(?id-acte-disc, ?locuteur, ?alloc, ?id-conv, ?td, ?tf) &  
 déterminer-type(?contenu, ?temps, ?descr-OC, ?type, ?locuteur, ?alloc)  
 => créer-objet-conv(?id-conv, ?type, ?id-OC, ?descr-OC) &  
 créer-posit-négo(?id-OC, ?id-conv, ?locuteur, ?alloc,  
 posit-demandé, ?degré, ?id-prop, ?td)

*RGESTION RGR4: "Divers positionnements non finaux sur un OC"*

*FAMILLE: décl*

*ENTREE: ?id-prop*

*AJOUT: nil*

*SORTIE: ?id-OC*

PROP(?id-prop, ?id-acte-disc, ?contenu, ?type, \_\_, \_\_, \_\_) &  
 INDEX-TABLE-EXP2(décl, ?contenu, ?table, ?état) &  
 ?table(?contenu) &  
 info-générale(?id-acte-disc, ?locuteur, ?allocutaire, ?id-conv, ?td, ?tf) &  
 AGENDA-NEGO(?locuteur, ?id-conv, ?liste) &  
 tête(?liste, ?id-OC)  
 => maj-posit-négo(?id-OC, ?id-conv, ?locuteur, ?alloc, ?état, \_\_,  
 ?id-prop, ?td)

• **FAMILLE: interr**

REGLES: RGR13, RGR10, RGR11, RGR12

DEJA DECRITES: RGR10, RGR11, RGR12 (section 6.6.1.2)

AUTRE REGLE:

*RGESTION RGR13: "Statu quo dans l'état Reprise"*

*FAMILLE: interr*

*ENTREE: ?id-prop*

*AJOUT: [?type1, ?id-prop]*

*SORTIE: nil*

PROP(?id-prop, ?id-acte-disc, ?contenu, ?type, \_\_, \_\_, \_\_) &  
 info-générale(?id-acte-disc, ?locuteur, ?allocutaire, ?id-conv, ?td, ?tf) &  
 FORME-PROP-IND(?locuteur, interr, ?contenu, ?type1, ?contenu1)  
 => change-prop(?id-prop, ?contenu1, ?type1)

• **FAMILLE: excl**

REGLE: RGR30

DEJA DECRITE: RGR30 (section 6.6.1.4)

• **FAMILLE: relation**

REGLES: RRR1,RRR2

DEJA DECRITES: toutes (section 6.6.6)

• **FAMILLE: posit-induit**

REGLE: RID1

DEJA DECRITE: RID1 (section 6.6.2)

• **FAMILLE: conv**

REGLE: RD14,RD15

DEJA DECRITE: RD14 (section 6.5.1)

AUTRE-REGLE:

*RGESTION RD15: "Passage de l'état A-suspendre à l'état Suspension"*

*FAMILLE: conv*

*ENTREE: ?id-conv*

*AJOUT: nil*

*SORTIE: nil*

conversation-cour(?id-conv,A-suspendre,\_) &

tp-courant(?tf)

=> maj-conversation(?id-conv,A-suspendre,?tf) &  
 clore-période(?id-conv,?tf) &  
 détruit-état-ség

## Annexe D

### Opérations de gestion d'une conversation

Nous décrivons les principales opérations de gestion que nous employons dans les règles de gestion conversationnelle présentées dans notre thèse. Plusieurs autres opérations pourraient être ajoutées au besoin. Pour distinguer les paramètres qui doivent être nécessairement instanciés lors de l'appel de ceux ne le sont pas, nous utilisons respectivement les symboles "+" et "?" au début de chaque variable.

#### D.1. Tests relationnels

Les tests relationnels portent sur l'appartenance ou l'inclusion dans une liste.

- `dans(+id-élément,+liste)`
- `hors-de(+id-élément,+liste)`
- `inclus(+liste,+liste)`
- `non-inclus(+liste,+liste)`

#### D.2. Conditions de test

Les conditions de test consistent à vérifier si une certaine condition tient. Généralement, ces conditions ne renvoient aucune valeur: elles réussissent ou elles échouent.

`non-vide(+liste)`

Regarde si une liste est vide.

`propose-indirect(+id-OC1,+id-OC2)`

Vérifie si la proposition d'un OC correspond à une proposition indirecte d'un autre OC.

`seul(+id-acte-comm)`

S'assure qu'un acte de communication n'est pas exécuté en même temps qu'un autre acte de communication.

### **D.3. Recherche d'information**

Les prédicats de recherche d'information fournissent des données à d'autres prédicats employés dans la règle de gestion.

`construit-liste(+liste1,+liste2,?liste)`

Concatène deux listes.

`conversation courante(+id-conv,?état,?temps)`

Indique l'état conversationnel et l'intervalle de temps associé pour une conversation.

`déterminer-type(+contenu-prop,+temps,?description-OC,?type-OC,  
+locuteur,+allocutaire)`

Détermine le type et la description d'un OC.

`info-générale(+id-acte-disc,?locuteur,?allocutaire,?id-conv,  
?temps-début,?temps-fin)`

Sert à retrouver l'information concernant l'acte de discours courant.

`période-cour(?id-période,+id-conv,?liste-agents,?temps)`

Retourne les informations associées à la période conversationnelle courante d'une conversation.

`pondérer-degré(+degré,+marqueur,?degré1)`

Pondère le degré d'évaluation en fonction du marqueur présent dans une proposition.

`posit-négo-courant(+id-conv,+locuteur,+id-OC,?état,?id-prop,?temps)`

Indique le positionnement courant du locuteur par rapport à un OC.

`tête(+liste,?élément)`

Trouve la tête d'une liste

`tp-courant(?temps)`

Retourne le temps courant.

`traite-OC-par-prop(+id-prop,+locuteur,+allocutaire,?id-OC,+id-conv)`

Trouve l'OC correspondant à la proposition courante.



trouve-arg-à-instancier(+description,?liste-rel-conc)

Trouve les arguments à instancier dans un OC.

trouver-id-OC(+descr-OC,?id-OC)

Recherche l'OC dont la description est fournie.

vérifie-si-OC-à-posit(+locuteur,+id-conv,?id-OC)

Trouve s'il y a un OC sur lequel le locuteur avait à se positionner.

#### **D.4. Tables lexicales**

EXPR-BUT(+description,+temps,?contraintes,?nouvelle-description)

Détermine si la description de l'OC analysé est celle d'un but et modifie cette description, s'il y a lieu.

EXPR-EXCL(+contenu,?état,?degré)

Trouve l'état de négociation et le degré de positionnement communiqués par une proposition exclamative.

FORME-PROP-IND(+type-prop,+contenu,?type-prop1,?contenu1)

Trouve le véritable contenu et le vrai type d'une proposition indirecte.

GESTE-OFFRIR-INIT(+geste)

Vérifie si un geste permet d'offrir l'initiative.

GESTE-POS(+description,?degré)

Détermine si un geste permet d'accepter un OC.

INDEX-TABLE-EXP1(+type-prop,+description,?table,?état)

Orienté l'analyse d'une proposition vers une table lexicale pour un état de négociation d'acceptation ou de refus en fonction du type de la proposition et de sa description.

INDEX-TABLE-EXP2(+type-prop,?description,?table,?état)

Orienté l'analyse d'une proposition vers une table lexicale pour un état de négociation non final en fonction du type de la proposition et de sa description.

interrupteur(+description)

Vérifie si la description analysée correspond à un événement qui peut interrompre une conversation.

QUEST-IMP(+contenu, ?contenu1)

Trouve le contenu réel d'une proposition impérative à saveur interrogative.

séquence-fermeture(?état, +id-conv, +locuteur, +allocutaire,  
+id-prop, +temps, +contenu, ?liste)

séquence-ouverture(?état, +contenu, +locutaire, +allocutaire)

séquence-réactivation(?état, +contenu, +locuteur, +allocutaire)

séquence-reprise(?état, +contenu, +locuteur, +allocutaire)

séquence-suspension(?état, +contenu, +type, +locuteur, +allocutaire)

Vérifie si le contenu propositionnel permet d'atteindre un état dans une séquence conversationnelle de fermeture, d'ouverture, de réactivation, de reprise ou de suspension.

TABLE-EXP-POSIT-DEM(?type-prop, ?contenu, ?descr-OC)

Détermine si la proposition analysée permet de demander un positionnement.

TABLE-GESTE-RETRAIT(+description)

Examine si la description peut correspondre à un geste de retrait d'une conversation.

TABLE-REL-RHETO(+contenu, ?descr-OC, ?type-rel)

Détermine pour une demande de précision la description de l'OC impliqué et le type de la relation rhétorique sur lequel porte la question.

VERBE-PERF-OC(+locuteur, +contenu, ?description-OC, [type, ?degré])

Détermine pour un contenu propositionnel contenant un verbe performatif la description de l'OC, son type et son degré de positionnement.

VERBE-PERF-PROP(+contenu, ?contenu1, ?type)

Détermine pour un contenu propositionnel contenant un verbe performatif le contenu propositionnel réel et le type de la proposition.

## **D.5. Mise à jour du modèle de la conversation**

close-période(+id-conv, +temps)

Instancie la borne temporelle supérieure de la période conversationnelle courante.

créer-conversation (+id-conv, +temps)

Crée le descripteur de conversation.

`créer-objet-conv(+id-conv,+type,?id-OC,+description)`

Crée un OC.

`créer-période(+id-conv,+locuteur,+allocutaire,+temps)`

Crée une période conversationnelle.

`créer-posit-négo(+id-OC,+id-conv,+locuteur,+allocutaire,+état,+degré,  
+id-prop,+temps)`

Crée la structure de positionnement associé à un OC.

`créer-relation(+id-conv,?id-relation,+type-rhét,+id-OC1,+id-OC2)`

Crée une relation entre OCs.

`détruire-agenda-init(+id-conv)`

Détruit l'agenda d'initiative de tous les interlocuteurs d'une conversation.

`détruire-agenda-négo(+id-conv)`

Détruit l'agenda de négociation de tous les interlocuteurs d'une conversation.

`détruit-état-séq`

Détruit la structure temporaire indiquant l'état courant d'une séquence conversationnelle.

`maj-ag-init-syst(+locuteur,+id-conv)`

Met à jour de manière systématique l'agenda d'initiative en supposant que le locuteur offre l'initiative à l'allocutaire.

`maj-agenda-init(+locuteur,+id-conv,+état)`

Met à jour l'agenda d'initiative.

`maj-conversation(+id-conv,+état,+temps)`

Met à jour le descripteur de conversation.

`maj-état-séq(+état)`

Enregistre l'état courant d'une séquence conversationnelle dans une structure temporaire.

maj-objet-conv(+id-conv,+type,?id-OC,+description,+locuteur,  
+allocutaire,?attribut)

Crée un OC s'il n'existe pas déjà, et indique s'il y a eu création ou non dans ?attribut.

maj-période(+id-conv,+locuteur,+allocutaire,+temps)

Met à jour une période conversationnelle.

maj-posit-négo(+id-OC,+id-conv,+locuteur,+allocutaire,+état,+degré,  
+id-prop,+temps)

Met à jour la structure de positionnement d'un OC.

#### **D.6. Modification du contenu de la structure d'analyse**

Finalement, l'action suivante modifie le contenu de la structure d'analyse en changeant le contenu et le type de la proposition de même que la famille de règles de gestion potentielle:

change-prop(+id-acte-disc,+description,+type-prop)

## Annexe E

### Session d'utilisation de PSICO: trace courte

Nous présentons la trace courte de PSICO pour l'exemple complet des robots présenté à la figure 1.1 et discuté à la section 8.2.3.1.

```
| ?- go.
```

```
*** DEBUT DE LA SIMULATION ***
```

```
Conversations seulement (o/n)? o
```

```
*** ACTE DE COMMUNICATION: acte_comm1 ***
```

```
dartagnan DIT A portos:
```

```
acte_comm(acte_comm1,dartagnan,portos,conv1,[[enonc,enonc7]],[],[],
[14,15])
```

```
enonciation(enonc7,acte_comm1,
[[acte_disc,acte_disc3],[avant,0],[acte_disc,acte_disc5]],
[14,15])
```

```
acte_disc(acte_disc3,enonc7,[prop4],[14,14])
```

```
prop(prop4,acte_disc3,portos,excl,_13759,_13760,[montant,_13778,4])
```

```
acte_disc(acte_disc5,enonc7,[prop6],[15,15])
```

```

prop(prop6,acte_disc5,
 besoin([agt(ind(moi)),obj(aide),
 cause(transporter([agt([ind(moi),ind(toi),_13877]),
 obj([boite,
 attr(poids([agt(boite),
 val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication),
 tps_fin([avant,13:00])))])),
 decl,present,_13823,[descend,_13933,3])

```

Encore (o/n)? o

\*\*\* ACTE DE COMMUNICATION: acte\_comm2 \*\*\*

portos DIT A dartagnan:

```

acte_comm(acte_comm2,portos,dartagnan,conv1,[enonc,enonc14],[],[[16,19])

```

```

enonciation(enonc14,acte_comm2,
 [[acte_disc,acte_disc9],[avant,0],[acte_disc,acte_disc11]],
 [16,19])

```

```

acte_disc(acte_disc9,enonc14,[prop10],[16,16])

```

```

prop(prop10,acte_disc9,desole,excl,_53449,_53450,[montant,_53468,3])

```

```

acte_disc(acte_disc11,enonc14,[prop12,[motiv,parce
que],prop13],[17,19])

```

```

prop(prop12,acte_disc11,poss_neg(aider([agt(ind(moi)),pat(ind(toi))])),
 decl,present,_53521,[neutre,_53559,3])

```

```

prop(prop13,acte_disc11,
 obl(travailler([agt(ind(moi)),temps([12:00,14:00])))),
 decl,present,_53577,[descend,_53617,3])

```

Encore (o/n)? o

\*\*\* ACTE DE COMMUNICATION: acte\_comm3 \*\*\*

dartagnan DIT A portos:

acte\_comm(acte\_comm3,dartagnan,portos,conv1,[[enonc,enonc18]],[],[],  
[20,20])

enonciation(enonc18,acte\_comm3,[[acte\_disc,acte\_disc16]], [20,20])

acte\_disc(acte\_disc16,enonc18,[prop17],[20,20])

prop(prop17,acte\_disc16,neg(faire([agt(ca),obj(rien)])),  
decl,\_60868,\_60869,[descend,\_60903,3])

Encore (o/n)? o

\*\*\* ACTE DE COMMUNICATION: acte\_comm4 \*\*\*

dartagnan DIT A atos:

acte\_comm(acte\_comm4,dartagnan,atos,conv19,[[enonc,enonc27],[avant,0],  
[enonc,enonc28]],[],[],[25,27])

enonciation(enonc27,acte\_comm4,  
[[acte\_disc,acte\_disc21],[avant,0],  
[acte\_disc,acte\_disc23]],  
[25,26])

acte\_disc(acte\_disc21,enonc27,[prop22],[25,25])

prop(prop22,acte\_disc21,atos,excl,\_90757,\_90758,[montant,\_90776,4])

acte\_disc(acte\_disc23,enonc27,[prop24],[26,26])

```

prop(prop24,acte_disc23,
 besoin([agt(ind(moi)),obj(aide),
 cause(transporter([agt([ind(moi),ind(toi),_90875]),
 obj([boite,
 attr(poids([agt(boite),
 val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication),
 tps_fin([avant,13:00])))]),
 decl,present,_90821,[neutre,_90931,3])

enonciation(enonc28,acte_comm20,[acte_disc,acte_disc25],[27,27])

acte_disc(acte_disc25,enonc28,[prop26],[27,27])

prop(prop26,acte_disc25,neg(disponible([agt(portos)])),
 decl,present,_91007,[descend,_91035,3])

```

Encore (o/n)? o

\*\*\* ACTE DE COMMUNICATION: acte\_comm5 \*\*\*

atos DIT A dartagnan:

```

acte_comm(acte_comm5,atos,dartagnan,conv19,
 [[enonc,enonc38],[avant,0],[enonc,enonc39],[avant,2],
 [enonc,enonc40]],
 [],[],[28,33])

enonciation(enonc38,acte_comm5,[acte_disc,acte_disc30],[28,28])

acte_disc(acte_disc30,enonc38,[prop31],[28,28])

prop(prop31,acte_disc30,libre([agt(ind(moi)),tps_fin([avant,13:00]))),
 decl,present,_116096,[neutre,_116136,3])

enonciation(enonc39,acte_comm29,[acte_disc,acte_disc32],[29,29])

acte_disc(acte_disc32,enonc39,[prop33],[29,29])

```



```

prop(prop33,acte_disc32,
 besoin([agt(ind(nous)),obj(_116242),
 cause(transporter([agt([ind(toi),ind(moi),_116242]),
 obj([boite,
 attr(poids([agt(boite),
 val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication)]))]),
 decl,present,_116212,[neutre,_116310,3])

enonciation(enonc40,acte_comm29,
 [[acte_disc,acte_disc34],[avant,0],
 [acte_disc,acte_disc36]],
 [32,33])

acte_disc(acte_disc34,enonc40,[prop35],[32,32])

prop(prop35,acte_disc34,attendre([agt(ind(toi)),duree(une minute)]),
 imper,present,_116398,[neutre,_116432,4])

acte_disc(acte_disc36,enonc40,[prop37],[33,33])

prop(prop37,acte_disc36,
 demander([agt(ind(moi)),rcp(aramis),
 obj(aider([agt(aramis),pat(ind(nous))]))]),
 decl,futur,_116477,[descend,_116533,3])

```

Encore (o/n)? o

\*\*\* ACTE DE COMMUNICATION: acte\_comm6 \*\*\*

dartagnan DIT A atos:

```

acte_comm(acte_comm6,dartagnan,atos,conv19,[[enonc,enonc44]],[],[],
 [34,34])

enonciation(enonc44,acte_comm6,[[acte_disc,acte_disc42]],[34,34])

acte_disc(acte_disc42,enonc44,[prop43],[34,34])

prop(prop43,acte_disc42,ok,excl,_123298,_123299,[neutre,_123317,3])

```

Encore (o/n)? o

\*\*\* ACTE DE COMMUNICATION: acte\_comm7 \*\*\*

atos DIT A aramis:

acte\_comm(acte\_comm7,atos,aramis,conv45,[[enonc,enonc51]],[],[],  
[38,39])

enonciation(enonc51,acte\_comm7,  
[acte\_disc,acte\_disc47],[avant,0],  
[acte\_disc,acte\_disc49]],  
[38,39])

acte\_disc(acte\_disc47,enonc51,[prop48],[38,38])

prop(prop48,acte\_disc47,aramis,excl,\_129747,\_129748,  
[montant,\_129766,4])

acte\_disc(acte\_disc49,enonc51,[prop50],[39,39])

prop(prop50,acte\_disc49,  
poss(aider([agt(ind(toi)),pat([dartagnan,ind(moi)]),  
obj(transporter([agt([dartagnan|ind(nous)]),  
obj([boite,  
attr(poids([agt(boite),  
val(500)]))]),  
orig(atelier\_travail),  
dest(atelier\_fabrication),  
tps\_fin([avant,13:00])))))]),  
interr,present,\_129811,[montant,\_129923,3])

Encore (o/n)? o

\*\*\* ACTE DE COMMUNICATION: acte\_comm8 \*\*\*

aramis DIT A atos:

```
acte_comm(acte_comm8,aramis,atos,conv45,
 [[enonc,enonc57],[avant,0],[enonc,enonc58]],
 [],[],[40,41])
```

```
enonciation(enonc57,acte_comm8,[[acte_disc,acte_disc53]],[40,40])
```

```
acte_disc(acte_disc53,enonc57,[prop54],[40,40])
```

```
prop(prop54,acte_disc53,occupe([agt(ind(moi)),tps_fin(12:30)]),
 decl,present,_138309,[neutre,_138343,3])
```

```
enonciation(enonc58,acte_comm52,[[acte_disc,acte_disc55]],[41,41])
```

```
acte_disc(acte_disc55,enonc58,[prop56],[41,41])
```

```
prop(prop56,acte_disc55,
 promettre([agt(ind(moi)),rcp(ind(toi)),
 obj(aider([agt(ind(moi)),pat(ind(toi)),
 tps_debut([avant,12:45])))])),
 decl,present,_138419,[descend,_138491,3])
```

Encore (o/n)? o

\*\*\* ACTE DE COMMUNICATION: acte\_comm9 \*\*\*

atos DIT A aramis:

```
acte_comm(acte_comm9,atos,aramis,conv45,[[enonc,enonc62]],[],[],
 [42,42])
```

```
enonciation(enonc62,acte_comm59,[[acte_disc,acte_disc60]],[42,42])
```

```
acte_disc(acte_disc60,enonc62,[prop61],[42,42])
```

```
prop(prop61,acte_disc60,compter([agt(ind(moi)),sur(ind(toi))]),decl,
 present,_145238,[descend,_145274,3])
```

Encore (o/n)? o

\*\*\* ACTE DE COMMUNICATION: acte\_comm10 \*\*\*

atos DIT A dartagnan:

acte\_comm(acte\_comm10,atos,dartagnan,conv19,[[enonc,enonc68]],[],[],  
[45,46])

enonciation(enonc68,acte\_comm10,  
[[acte\_disc,acte\_disc64],[avant,0],  
[acte\_disc,acte\_disc66]],  
[45,46])

acte\_disc(acte\_disc64,enonc68,[prop65],[45,45])

prop(prop65,acte\_disc64,dartagnan,excl,\_151728,\_151729,  
[montant,\_151747,4])

acte\_disc(acte\_disc66,enonc68,[prop67],[46,46])

prop(prop67,acte\_disc66,  
promettre([agt,ind(moi)),rcp(ind(toi)),  
obj(aider([agt([ind(moi),aramis]),pat(ind(toi)),  
tps\_debut([avant,12:45]))])),  
decl,present,\_151792,[descend,\_151868,3])

Encore (o/n)? o

\*\*\* ACTE DE COMMUNICATION: acte\_comm11 \*\*\*

dartagnan DIT A atos:

acte\_comm(acte\_comm11,dartagnan,atos,conv19,[[enonc,enonc74]],[],[],  
[47,48])

```

enonciation(enonc74,acte_comm11,
 [[acte_disc,acte_disc70],[avant,0],
 [acte_disc,acte_disc72]],
 [47,48])

acte_disc(acte_disc70,enonc74,[prop71],[47,47])

prop(prop71,acte_disc70,merci,excl,_157944,_157945,[montant,_157963,3])

acte_disc(acte_disc72,enonc74,[prop73],[48,48])

prop(prop73,acte_disc72,compter([agt(ind(moi)),sur(ind(vous))]),
 decl,present,_158008,[descend,_158044,3])

Encore (o/n)? o

*** Fin des Interactions ***

```

## Annexe F

### Session d'utilisation de PSICO: trace longue

Nous présentons la trace longue de PSICO pour le premier dialogue entre Dartagnan et Portos. Cette trace, qui a été expliquée à la section 8.2.3.2, permet de suivre le raisonnement des agents locuteurs et de l'agent de conversation.

\*\*\* DEBUT DE LA SIMULATION \*\*\*

Conversations seulement (o/n)? n

--> Temps courant: 12

\*\*\* BUT A PLANIFIER: but6 POUR: dartagnan \*\*\*

situe([agt([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),  
loc(atelier\_fabrication)])

INTERVALLE:[[avant,13:00],tp5]

\*\*\* NOUVEAU BUT: but100 POUR: dartagnan \*\*\*

transporter([agt([dartagnan,portos,\_8554]),  
obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),  
orig(atelier\_travail),  
dest(atelier\_fabrication)])

INTERVALLE:[tp100,[avant,13:00]]

\*\*\* BUT A ENGAGER: but102 POUR: dartagnan \*\*\*  
 DE: portos

```
transporter([agt([dartagnan,portos,_9438]),
 obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication),
 tps_fin([avant,13:00])])
```

\*\*\* NOUVEAU BUT: but104 POUR: dartagnan \*\*\*  
 lever([agt([dartagnan,portos,\_9944]),
 obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))])])

INTERVALLE:[tp100,tp103]

\*\*\* NOUVEAU BUT: but106 POUR: dartagnan \*\*\*  
 deplacer([agt([dartagnan,portos,\_10409]),
 obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier\_travail),
 dest(atelier\_fabrication)])

INTERVALLE:[tp104,tp105]

\*\*\* NOUVEAU BUT: but108 POUR: dartagnan \*\*\*  
 déposer([agt([dartagnan,portos,\_10847]),
 obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 dest(atelier\_fabrication)])

INTERVALLE:[tp106,[avant,13:00]]

Encore (o/n)? o

--> Temps courant: 13

\*\*\* BUT A PLANIFIER: but102 POUR: dartagnan \*\*\*

CONVERSATION AVEC: portos POUR OBTENIR:

TYPE: engagement

DEGRE: 8

DESCRIPTION:

```
transporter([agt([dartagnan,portos,_12078]),
 obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication),
 tps_fin([avant,13:00])])
```

\*\*\* NOUVEAU BUT D'EMISSION: but110 POUR: dartagnan \*\*\*

ETAT: propose

DEGRE: 8

TYPE: but

DESCRIPTION:

```
transporter([agt([dartagnan,portos,_12576]),
 obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication),
 tps_fin([avant,13:00])])
```

Encore (o/n)? o

--> Temps courant: 14

\*\*\* BUT A PLANIFIER: but110 POUR: dartagnan \*\*\*

EMISSION A: portos

ETAT: propose

DEGRE: 8

TYPE: but



## DESCRIPTION:

```

transporter([agt([dartagnan,portos,_13283]),
 obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication),
 tps_fin([avant,13:00])])

```

\*\*\* ACTE DE COMMUNICATION: acte\_comm1 \*\*\*

dartagnan DIT A portos:

```

acte_comm(acte_comm1,dartagnan,portos,conv1,[[enonc,enonc7]],[],[],
 [14,15])

```

```

enonciation(enonc7,acte_comm1,
 [[acte_disc,acte_disc3],[avant,0],[acte_disc,acte_disc5]],
 [14,15])

```

```

acte_disc(acte_disc3,enonc7,[prop4],[14,14])

```

```

prop(prop4,acte_disc3,portos,excl,_14870,_14871,[montant,_14889,4])

```

```

acte_disc(acte_disc5,enonc7,[prop6],[15,15])

```

```

prop(prop6,acte_disc5,
 besoin([agt(ind(moi)),obj(aide),
 cause(transporter([agt([ind(moi),ind(toi),_14988]),
 obj([boite,
 attr(poids([agt(boite),
 val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication),
 tps_fin([avant,13:00])]))]),
 decl,present,_14934,[descend,_15044,3])

```

\*\*\* NOUVEAU BUT DE RECEPTION: but112      POUR: dartagnan \*\*\*

DE: portos

CONVERSATION: conv1

## DESCRIPTION:

```

transporter([agt([dartagnan,portos,_15512]),
 obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication),
 tps_fin([avant,13:00])])

```

Encore (o/n)? o

\*\*\* ACTE DE COMMUNICATION A TRAITER: acte\_comm1 \*\*\*

DESCR-CONV: conv1 ETAT: debut

PERIODE: per1 MEMBRES: [dartagnan,portos]

DESCR-CONV: conv1 ETAT: corps

OC: but2 TYPE: but

## DESCRIPTION:

```

transporter([agt([dartagnan,portos,_51007]),
 obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication)])

```

TEMPS DE FIN: [[avant,13:00]]

POSIT DE: dartagnan ETAT: propose DEGRE: 8

Encore (o/n)? o

--> Temps courant: 16

\*\*\* NOUVEAU BUT D'EMISSION: but115 POUR: portos \*\*\*

ETAT: [refuse,[[but25,0]]]

DEGRE: -8

TYPE: but

## DESCRIPTION:

```
transporter([agt([dartagnan,portos,_52713]),
 obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication)])
```

\*\*\* BUT A PLANIFIER: but115      POUR: portos \*\*\*

EMISSION A: dartagnan

ETAT: [refuse,[[but25,0]]]

DEGRE: -8

TYPE: but

## DESCRIPTION:

```
transporter([agt([dartagnan,portos,_53134]),
 obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication)])
```

\*\*\* ACTE DE COMMUNICATION: acte\_comm2 \*\*\*

portos DIT A dartagnan:

```
acte_comm(acte_comm2,portos,dartagnan,conv1,[[enonc,enonc14]],[],[],
 [16,19])
```

```
enonciation(enonc14,acte_comm2,
 [[acte_disc,acte_disc9],[avant,0],[acte_disc,acte_disc11]],
 [16,19])
```

```
acte_disc(acte_disc9,enonc14,[prop10],[16,16])
```

```
prop(prop10,acte_disc9,desole,excl,_54883,_54884,[montant,_54902,3])
```

```
acte_disc(acte_disc11,enonc14,[prop12,[cause,parce que],prop13],
 [17,19])
```

```
prop(prop12,acte_disc11,poss_neg(aider([agt(ind(moi)),pat(ind(toi))])),
 decl,present,_54955,[neutre,_54993,2])
```

```
prop(prop13,acte_disc11,
 obl(travailler([agt(ind(moi)),temps([12:00,14:00])))),
 decl,present,_55011,[descend,_55051,3])
```

\*\*\* NOUVEAU BUT DE RECEPTION: but117 POUR: portos \*\*\*

DE: dartagnan  
CONVERSATION: conv1  
DESCRIPTION: \_55498

Encore (o/n)? o

\*\*\* ACTE DE COMMUNICATION A TRAITER: acte\_comm2 \*\*\*

OC: but2 TYPE: but

DESCRIPTION:

```
transporter([agt([dartagnan,portos,_56587]),
 obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication)])
```

TEMPS DE FIN: [avant,13:00]

POSIT DE: portos ETAT: refuse DEGRE: -8

OC: but3 TYPE: but

DESCRIPTION:

```
neg(but2)
```

POSIT DE: portos ETAT: propose DEGRE: 8

OC: but4 TYPE: but

DESCRIPTION:

```
travailler([agt(portos)])
```

INTERVALLE DE TEMPS: [12:00,14:00]

POSIT DE: portos ETAT: propose DEGRE: 8

RELATION: motiv5 DESCRIPTION: motiv(but4,but3)

POSIT DE: portos ETAT: propose DEGRE: 8

Encore (o/n)? o

--> Temps courant: 20

\*\*\* NOUVEAU BUT D'EMISSION: but119 POUR: dartagnan \*\*\*

ETAT: accepte\_refus

DEGRE: -8

TYPE: but

DESCRIPTION:

```
transporter([agt([dartagnan,portos,_61087]),
 obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication)])
```

\*\*\* BUT A PLANIFIER: but119 POUR: dartagnan \*\*\*

EMISSION A: portos

ETAT: accepte\_refus

DEGRE: -8

TYPE: but

DESCRIPTION:

```
transporter([agt([dartagnan,portos,_61585]),
 obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication)])
```

\*\*\* ACTE DE COMMUNICATION: acte\_comm3 \*\*\*

dartagnan DIT A portos:

```
acte_comm(acte_comm3,dartagnan,portos,conv1,[[enonc,enonc18]],[],[],
 [20,20])
```

```
enonciation(enonc18,acte_comm3,[[acte_disc,acte_disc16]], [20,20])
```

```
acte_disc(acte_disc16,enonc18,[prop17],[20,20])
```

```
prop(prop17,acte_disc16,neg(faire([agt(ca),obj(rien)])),
 decl,_62476,_62477,[descend,_62511,3])
```

Encore (o/n)? o

\*\*\* ACTE DE COMMUNICATION A TRAITER: acte\_comm3 \*\*\*

OC: but2 TYPE: but

DESCRIPTION:

```
transporter([agt([dartagnan,portos,_63871]),
 obj([boite,attr(poids([agt(boite),val(500)]))]),
 orig(atelier_travail),
 dest(atelier_fabrication)])
```

TEMPS DE FIN: [avant,13:00]

POSIT DE: dartagnan ETAT: accepte\_refus DEGRE: 8

DESCR-CONV: conv1 ETAT: a\_terminer

Encore (o/n)? o

--> Temps courant: 21

\*\*\* Plus rien a ajouter a la conversation conv1 \*\*\*

Encore (o/n)? o

\*\*\* FIN DE LA CONVERSATION: conv1 \*\*\*

DESCR-CONV: conv1 ETAT: fin

Encore (o/n)? o

--> Temps courant: 22

\*\*\* MISE A JOUR DU MODELE MENTAL DE dartagnan \*\*\*

\*\*\* MISE A JOUR DU MODELE MENTAL DE portos \*\*\*

Encore (o/n)? n

\*\*\* Fin des Interactions \*\*\*

