Cohérence et conversations entre agents : vers un modèle basé sur la consonance cognitive

Philippe Pasquier, Brahim Chaib-draa

DAMAS(Dialogues, agents et systèmes multi-agents)
Université Laval
Sainte-Foy G1K 7P4 - Canada (Québec)
http ://DAMAS.ift.ulaval.ca
courriels : pasquier@iad.ift.ulaval.ca, chaib@iad.ift.ulaval.ca

RÉSUMÉ. La théorie de la dissonance cognitive est une des théories majeures en psychologie cognitive. Cet article en présente une version adaptée au cadre distribué des systèmes multi-agents tout en montrant en quoi une théorie de la cohérence cognitive vient compléter les cadres interactionnels habituels.

ABSTRACT. The cognitive dissonance theory is one of the major theory of consistency in psychology. This papper adapt it to a distributed framework. Then, it shows how this theory could be use to solve common problems and answer critical questions in agent communication theory. Actualy, this theory allow us to define consistency measure wich could help decision making in MAS.

MOTS-CLÉS : communication entre agents, dissonance cognitive, cohérence, dialogue

KEYWORDS: agent communication, cognitive dissonance, consistancy, dialogue

1re soumission à *JFIADSMA'02*, le 20 juin 2002.

1. Introduction

Les technologies agents et multi-agents permettent de concevoir et développer des applications complexes. La caractéristique fondamentale de celles-ci dans le paradigme actuel de l'informatique répartie est l'habileté des agents à communiquer entre eux de manière utile à leurs objectifs tant individuels que collectifs. Si de nombreux travaux se sont préoccupés de définir des langages de communication agents (notés ACL pour Agent Communication Language dans la suite), peu se sont concentrés sur la mesure de l'utilité des échanges effectués.

Si on suppose la souplesse et la cohérence structurale des dialogues engagés garanties par les contraintes fournies par le cadre interactionnel (ACL classique, police de conversation ou jeux de dialogue), un certain nombre de problèmes subsistent :

– quand et quoi communiquer, à qui et pourquoi ?

– choix des degrés d'intensité des actes de langage utilisés.

– mesure de l'utilité du dialogue : Quelle est l'utilité du dialogue pour un agent ? Quelle est l'utilité de la conversation pour le groupe d'agent impliqué ?

– problème de l'alignement de la satisfaction des aspects conventionnels (dictés par le cadre interactionnel) avec les aspects cognitifs.

Après une étude attentive des théories de la communication, nous pensons que la théorie de la dissonance cognitive (section 2) fournie des pistes de réponses génériques pour ces problématiques et plus généralement des indications pour structurer les conversations dans les systèmes multi-agents (section 3).

2. La dissonance cognitive et la communication

2.1. *Définitions préliminaires : intentionnalité, cognitions et attitudes*

En sciences cognitives (et donc en intelligence artificielle), l'intentionnalité est la propriété qu'ont les états mentaux de représenter des états de choses du monde :

– réalisées : c'est le cas des croyances, dont le contenu fixe l'état du monde représenté ;

– à réaliser : c'est le cas des désirs, buts et aspirations dont le contenu fixe l'état que le monde devrait atteindre.

Notons que les états représentés ne sont pas nécessairement des états existants ni même des états possibles du monde. Par exemple, on peut désirer rencontrer le père Noël et on peut croire que $4 + 3 = 9$. Les cas paradigmatiques d'états intentionnels sont les attitudes propositionnelles (notées AP dans la suite) : «On regroupe sous le nom d'attitudes propositionnelles les croyances, buts, désirs, intentions, obligations, craintes, espoirs, souhaits, attentes, etc., qui ont en commun d'être identifiés par leur contenu propositionnel.» [HOU 98]

Les cognitions regroupent tous les éléments cognitifs : les perceptions, les attitudes propositionnelles (composante cognitive), les émotions (composante affective), les comportements (internalisation des actions, volitions). De l'ensemble des cognitions résultent les attitudes qui sont des dispositions psychologiques positives ou négatives en rapport à un objet concret, abstrait ou à un comportement. Toutes les théories des attitudes, également appelées théories de la cohérence cognitive (on pense aux plus classiques : Festinger [FES 57], Heider [HEI 58], Osgood [OSG 63]) font appel au concept d'homéostasie, c'est-à-dire à la faculté qu'ont les êtres vivants de maintenir ou de rétablir certaines constantes physiologiques ou psychologiques qu'elles que soient les variations du milieu extérieur. Ces théories partagent en prémisse le *principe de cohérence* qui pose la cohérence comme mécanisme organisateur premier : l'individu est plus confortable avec la cohérence qu'avec l'incohérence.

2.2. *Généralités sur la théorie de la dissonance cognitive*

La théorie de la dissonance cognitive, initialement présentée en 1957 par Festinger [FES 57] est l'une des plus importante théorie de psychologie sociale. Elle a généré des centaines d'études et d'extrapolations sur les attitudes, les comportements et les croyances humaines, l'internalisation (sic) des valeurs, les conséquences des prises de décisions, les désaccords inter-personnels et autres phénomènes psychologiques important [HAR 99]. Ceci s'explique en partie par la formulation très générale et abstraite de cette théorie qui la rend facile à manipuler. Dans les théories de la communication [LIT 92] elle apparaît comme l'une des principales théories de réception et de traitement des messages.

Dans sa version originale, cette théorie considère que deux éléments de cognition (perceptions, attitudes propositionnelles ou comportements) sont en rapport ou pas (un lien pertinent les relie ou non). Deux cognitions liées sont soit consonnantes (ou cohérentes) soit dissonantes (incohérentes). Elles sont dites consonantes si l'une entraîne ou supporte l'autre. A l'inverse, deux cognitions sont dites dissonantes si l'une entraîne ou supporte le contraire de l'autre.

L'hypothèse de base de cette théorie est que la dissonance produit chez le sujet une tension qui l'incite au changement. L'existence d'une dissonance plonge le sujet dans un état inconfortable de sorte que cela le *motive* à réduire cette dissonance. Plus la dissonance est intense, plus ce "malaise" psychologique est fort et plus la pression pour réduire la dissonance l'est aussi. Une dissonance peut être réduite en : (1) supprimant ou réduisant l'importance des cognitions dissonantes, (2) ajoutant ou augmentant l'importance des cognitions consonnantes.

La seconde hypothèse de Festinger est qu'en cas de dissonance, l'individu ne va pas seulement changer ses cognitions ou essayer de changer celles des autres pour essayer de la réduire, il va aussi éviter toutes les situations qui risquent de l'accroître.

Ces deux hypothèses ont été vérifiées par de nombreuses expériences de psychologie cognitive [WIC 76].

Un des intérêts majeur de la théorie de la dissonance cognitive est de fournir une mesure de la dissonance, c'est à dire une métrique de la cohérence cognitive. Initialement, Festinger définissait l'intensité (la magnitude) de la dissonance introduite par une cognition X avec une mesure du taux de dissonance[1] définie informelement comme suit :

$$dissonance_X = \frac{produit\ des\ importances\ des\ cognitions\ dissonantes\ avec\ X}{produit\ des\ importances\ de\ toutes\ les\ cognitions\ en\ rapport\ avec\ X}$$

La dissonance globale d'un agent peut, elle aussi, être calculée à partir des dissonances introduites par ses différentes cognitions. Toutes ces mesures ont été raffinées par la suite, donnant lieu à de nombreuses formalisations de modèles de dissonances cognitives [SHU 99, SAK 01][2].

On peut se demander dans quelles circonstances la dissonance survient. En fait, il y a différentes situations dans lesquelles la dissonance est presque inévitable :

1) *contact direct initial avec une situation* : une situation entièrement nouvelle est susceptible d'introduire un certain nombre de nouveaux éléments de cognition dissonants avec ceux qui pré-existent ;

2) *un changement dans la situation* : de la même façon, un changement dans la situation peut amener des items de cognition jusqu'alors consonants à devenir dissonants ;

3) *communication* : la communication avec les autres est susceptible d'introduire de nouveau items qui sont dissonants avec ceux de l'agent ;

4) *existence simultanée de différentes cognitions dont certaines sont consonantes et d'autres dissonantes* : dans le cas général, une cognition est liée à plusieurs autres dont certaines sont consonantes et d'autres dissonantes.

Étant donné un état de consonance, il existe un équilibre et aucune force n'agit pour changer la relation entre les cognitions. Si une dissonance existe, il y a une pression pour l'éliminer et rétablir la consonance. Étant donné une dissonance, ces forces peuvent agir de différentes façons :

– changer la cognition afin qu'elle soit consonante avec la situation : c'est le principe de base de l'apprentissage ou adaptation dans la théorie de Festinger.

– changer la situation afin qu'elle soit consonante avec la cognition : un agent peut agir sur l'environnement pour l'amener dans un état où la cognition est de nouveau consonante avec la situation en question.

1. On peut tout aussi bien mesurer la notion duale de la dissonance : la consonance.
2. Nous travaillons actuellement sur une formalisation dans un formalisme hybride symbolique-conexionniste adapté aux SMAs. Ces travaux feront l'objet de communications ultérieures.

Si une consonance existe, l'agent va éviter les changements d'attitudes ou de comportements susceptibles d'introduire de la dissonance. De même, si une dissonance est présente l'agent va éviter les changements de cognition susceptibles d'augmenter la magnitude de la dissonance et s'orienter vers des changements susceptibles de la diminuer. En l'absence d'équilibre, ces tendances se manifestent donc par des changements d'attitudes ou de comportements. Pour rendre la théorie plus utilisable, il faut pouvoir déterminer quelles sont les conditions qui décident si ce sont les attitudes ou les comportements qu'il faut changer. Cela dépend de la balance entre ces tendances et de la résistance au changement des différentes cognitions et comportements en jeu.

Résistance au changement

Les cognitions ne sont pas toutes également manipulables, la probabilité qu'une cognition soit modifiée pour réduire la dissonance dépend de sa résistance au changement. La résistance au changement d'une cognition est directement fonction du nombre et de l'importance des éléments avec lesquels elles est consonante, de son ancienneté ainsi que de la manière dont elle a été acquise : perception, cognition, communication.

Sur la communication

Festinger a écrit sur la communication en se restreignant au problème de l'acquisition des cognitions. Pour Festinger [FES 54], un individu a deux sources majeures d'informations : sa propre expérience et la communication avec les autres. L'impact de l'expérience directe est plus grand en ce qu'elle exerce une forte pression cognitive pour s'y conformer. En effet, la communication peut-être vue comme une source d'expérience indirecte. L'intensité de l'impact des communications dépend de la relation entre ceux qui communiquent. Cette relation peut-être analysée en terme de rôle, de confiance/réputation, d'attraction et de passif. Plus cette relation est “forte”, plus la communication aura de l'impact sur la cognition des agents communiquants. Souvant, ces deux sources, directe et indirecte, sont utilisées simultanément : un enfant peut apprendre de sa mère que le feu est dangereux et également se brûler au toucher.

2.3. *Proposition d'une typologie des dissonances cognitives*

Cette section propose une typologie des dissonances qui adapte la théorie de la dissonance à un cadre explicitement distribué comme celui des SMA. La typologie que nous avançons a pour but d'introduire un vocabulaire simple mais utile pour traiter des problèmes de dissonance. La dissonance cognitive étant conceptuellement très proche de la notion de conflit, la typologie suivante est empruntée aux travaux sur les conflits [DEH 00].

– **dissonances internes et externes** : une dissonance est **interne** quand toutes les cognitions (volitions ou attitudes) impliquées sont relatives à un même agent et **externe** quand la dissonance implique au moins deux agents. Plus concrètement, une dissonance est externe pour un agent si c'est une dissonance entre des éléménts de son modèle du monde et des éléments de ce qu'il connaît des modèles des autres.

– **dissonances explicites et implicites** : nous définissons **explicite** par le fait d'être dans "l'état d'avoir connaissance de", et **implicite** par celui d'être dans "l'état de ne pas avoir connaissance de". On peut avoir connaissance de quelque chose sans être dans "l'état d'avoir connaissance". C'est le cas de l'oubli par exemple (on a la connaissance que pour conduire la nuit, il faut allumer les phares, mais il peut arriver que l'on oublie). Une dissonance est **explicite** pour un agent si toutes les cognitions en dissonance sont explicites pour l'agent. Une dissonance est **implicite** si au moins une des cognitions en dissonance est implicite pour au moins une des parties concernées.

Il est à noter qu'une dissonance implicite est une dissonance explicite potentielle. Notons également que dans un cadre multi-agent la dissonance interne sera sans doute toujours explicite. La figure 1 de la section 3.2 détaille cette typologie et la section 4 fournie un exemple de chaque type de dissonance.

2.4. *Application aux SMA*

La théorie de la dissonance cognitive est une théorie cognitive générale et complète. Les mesures qu'elle propose définissent une métrique de la cohérence cognitive de l'agent et du groupe. Le modèle de consonance que nous proposons s'articule sur deux axes :

– *moteur cognitif et comportemental* : un agent travaille à maintenir une consonance interne la plus élevée possible. Une dissonance qui ne peut être réduite par l'agent seul fera l'objet de communication ;

– *moteur social* : dans un cadre coopératif, les agents travaillent à maintenir la consonance du groupe la plus élevée possible.

Ces deux principes répondent au besoin d'un système de régulation (une homéostasie) de la cohérence aussi bien au niveau de l'agent qu'au niveau du groupe, au moins dans les situations coopératives. En effet les agents (cognitifs) sont des systèmes complexes et cette complexité est accrue par leur multiplicité dans le groupe. Ainsi se pose pour les systèmes multi-agents les mêmes questions que pour les systèmes complexes : garantir la convergence, la cohérence individuelle ou collective. La théorie de la dissonance cognitive fournit un tel système de régulation de la cohérence de méta-niveau. Il nous semble que cette théorie peut fournir de nombreuses indications pour résoudre des problèmes de conception des systèmes multi-agents. Dans la section suivante nous indiquons différents problèmes théoriques spécifiques aux communications dans les systèmes multi-agents pour lesquels cette théorie peut être utile.

3. Dissonance et dialogue entre agents

3.1. *Motivation : cohérence structurale et cohérence de fond*

Dans les théories de la communication, on distingue les théories cognitives des théories interactionnelles [LIT 92]. Les théories interactionnelles traitent de la forme de la communication : comment modéliser un énoncé, un discours, une conversation ? Quelles sont les régularités structurelles des conversations ou quelles sont les contraintes conventionnelles qui pèsent sur la forme du dialogue ? sur les enchaînement permis (enchaînement d'énoncés, d'actes de langage) ? Il existe de nombreuses théories interactionnelles : analyse de conversation, théories des actes de langage.

Les théories cognitives s'intéressent à la production des messages (quoi dire, quand le dire et à qui le dire) ainsi qu'à la perception et la réception des messages (quoi comprendre, comment le comprendre, et comment réagir). Elles adressent l'aspect fonctionnel de la communication au niveau interne et externe. Quelles sont les éléments qui poussent un agent à former tel énoncé plutôt que tel autre ? Comment un agent réagit à un énoncé au niveau interne et en terme de mise à jour du modèle d'autrui et de ses propres croyances ? Au niveau externe (vis-à-vis de son environnement), quels sont les engagements que l'agent veut obtenir ? pourquoi ? Quelle est l'utilité de la conversation, quelle est son importance ? L'agent et plus généralement le groupe d'agents conversant est-il satisfait par la conversation ? Il y a bien une différence entre la satisfaction des conventions qui pèsent sur le dialogue (par exemple, satisfaire un jeu de dialogue) et la satisfaction des agents.

Si dans les deux approches, la cohérence est une notion centrale, il faut se garder de confondre la cohérence structurale du dialogue (souvent appelée cohérence conversationnelle) - est-ce qu'il est permis de poursuivre le dialogue de cette façon ? - de sa cohérence interne ou cohérence de fond. Est-ce que le contenu du message est approprié à la vue des messages précédents et des états mentaux de(s) l'agent ? Est ce que le contenu du message est cohérent avec l'état interne de l'agent ? Est ce que les agents ont tenu des propos pertinents quant à leurs objectifs ? Est-ce que la conversation leur est profitable ? Même si ces deux dimensions de la cohérence sont souvent liées, c'est sur la seconde que notre apport se situe principalement. L'objet de cet article est de montrer comment et pourquoi une mesure de cohérence telle que fournie par la théorie de la dissonance cognitive est un élément à considérer pour la communication dans les SMA.

Travailler sur une théorie cognitive comme celle de la dissonance cognitive ne signifie pas nier le besoin d'une théorie interactionnelle. En effet, lorsque l'on a déterminé quoi dire, quand le dire et à qui le dire, reste à savoir comment le dire. Par contre, cela permet de transcender ce niveau et les idées avancées ici sont valables pour tout cadre de communication suffisamment riche au niveau interactionnel.

Pour ce qui est des communications, la communauté SMA se concentre depuis quelques années sur l'élaboration d'un cadre interactionnel standard. Les principaux langages de communication agent actuels, KQML [FIN 94] et FIPA-ACL [INT], sont basés sur la théorie des actes de langage [SEA 69] augmentée d'une sémantique mentaliste [FIN 98]. Le dialogue est censé émerger de l'enchaînement des productions d'actes issus des intentions de chaque agent via la reconnaissance et le raisonnement sur les intentions des autres.

Cette approche, dite "mentaliste", a été critiquée [MOU 97, SIN 98] et une redéfinition de la sémantique en terme plus social ainsi que la construction d'une surcouche conversationnelle a été rendue nécessaire à différent égards [DIG 00]. Les protocoles se sont fait reprocher leur manque de souplesse et les polices de conversation puis plus récemment les jeux de dialogues sont proposés pour palier aux défauts de ceux-ci [CHA 02, MAU 01]. Dans tous les cas, l'emphase est mise sur la cohérence structurelle.

À ce niveau, il est important de noter qu'une sémantique du cadre interactionnel, quel qu'en soit la forme ne garanti pas l'utilité des conversations tenues dans ce cadre. Pour nous, comme pour d'autres : philosophes du langage (Searle, Witgenstein [WIT 53]), épistémologues [BAR 95] ou encore chercheurs en sciences cognitives [VIG 91], la possibilité d'aboutir à un modèle complet qui soit purement structurel/interactionnel est hypothétique et ce, du fait même de l'existence et de la prédominance de la cohérence de fond du dialogue, des aspects cognitifs, psychologiques et des conditions de satisfaction qui s'y rapportent. Dans de nombreux cas, c'est cet aspect sémantique et fonctionnel qui domine. L'important est ce qui est dit, pas comment cela est dit ni même dans quel ordre. L'exercice classiquement réalisé en cours de linguistique pour s'en convaincre est le suivant : à la suite d'une intervention radio d'une dizaine de minutes, force est de constater qu'aucun des élèves n'est capable de se souvenir ou de reproduire les cinq premiers énoncés de la conversation ni de savoir si ils constituaient un enchaînement cohérent alors que tous savent ce qui c'est dit à ce moment. La cohérence et la pertinence du dialogue sont jugées au niveau des idées qui transitent dans le dialogue, de leur impact sur la consonance cognitive, pas au niveau de sa forme qui n'en est que le média. Une étude approfondie serait nécessaire pour étudier les rapports entre ces deux types de cohérences. Prenons deux exemples pour bien différencier ces deux types de cohérence :

Exemple 1

1.*A : Est-ce que je peux te poser une question ?*

2.*B : Oui, vas-y.*

3.*A : Est-ce que tu as l'heure ?*

4.*B : Non, j'aimerai bien la connaître ?*

L'exemple précédent montre une conversation dans laquelle tous les aspects interactionnels sont remplis. Le dialogue est bien formé et les engagements pris par les agents sont respectés (notamment l'engagement de répondre à une question pris par B en $2.B$). Pourtant, cette conversation a en définitive une très faible utilité si elle s'arrête à ce moment-là. En effet, malgré que les intervenants finissent par partager une dissonance interne commune (la volonté de connaître l'heure en l'absence de connaissances précises à cet égard), la dissonance n'est pas réduite.

Exemple 2

1.A *: Est-ce que tu peux me prêter ta règle ?*
2.B *: Si on ne part pas tout de suite, nous serons en retard.*

A l'inverse, dans l'exemple précédent, la cohérence structurale n'est pas respectée, le dialogue est un dialogue mal formé du point de vue de la dialectique. Les règles conventionnelles de gestion du topique dans les paires d'adjacence ne sont pas respectées mais l'échange est sans doute très utile. En effet, la cohérence de fond est indéniable dès lors que B fait allusion à une urgence et se permet donc de violer les règles structurelles les plus élémentaires pour expliciter une dissonance commune qu'il juge plus importante que la dissonance interne pour laquelle A réclame son aide. C'est un type de "court-circuit" utilitariste et opportuniste très courant en langage naturel.

Ainsi, il est probable qu'une théorie purement structurale des conversations énonceraient des règles qui, si elles sont souvent respectées, sont également très largement enfreintes pour des raisons de cohérence de fond. Comme le montre l'exemple 2, pour augmenter l'utilité du dialogue, un agent peut être amené à ne pas respecter les règles interactionnelles standard. Ces infractions seraient sans doute comparables aux violations des maximes de Grice [GRI 57]. En, effet, comme elles, les théories interactionnelles définissent généralement un cadre normatif dont le manque de souplesse pose des problèmes. Cependant, dans les systèmes multi-agents, les conversations doivent supporter une caractéristique plus générale d'utilité. Le cadre de consonance définit une métrique pour juger de cette utilité en terme de cohérence de fond.

3.2. *Lien dissonance - types de dialogue*

Les classifications des types de dialogues abondent, elles sont toutes issues des recherches sur les théories interactionnelles. Dans cette section, nous analysons comment les types de dialogues observés en dialectique peuvent être liés au phénomène de dissonance et à la cohérence de fond. Un certain nombre d'articles récents utilisent pour les dialogues la typologie de Walton et Krabbe [WAL 95]. Ils y distinguent six types de dialogues définis par leur but premier (auquel les interlocuteurs souscrivent) et les buts/intentions propres à chacun (qui peuvent être incompatibles, i.e. dissonants).

1) ***la persuasion*** : la situation initiale est une dissonance externe de point de vue et le but global est de la résoudre. Chaque participant essaye de ne pas changer ses croyances (c'est la résistance au changement) et de faire changer celles des autres. Pour se faire, les agents ont typiquement recourt à l'argumentation [KEE 91]. Il s'agit donc d'une technique de réduction de dissonance externe.

2) ***la négociation*** : à partir d'un conflit d'intérêt (un type de dissonance externe), le but global est de faire un marché, de passer un contrat ou d'arriver à un accord. Chaque agent a son propre but et veut maximiser son profit, ses intérêts. La résolution du conflit se fait habituellement par un échange d'offres et de contres-offres. Il est fréquent que des dialogues de persuasion soient imbriqués dans une négociation, les offres étant ainsi argumentées. C'est une technique de réduction de dissonance externe.

3) ***l'investigation*** : les participants de ce type de dialogues sont dans une situation de dissonance interne partagée (ils ont tous une dissonance interne qui a été reconnue comme commune). Le but commun coïncide avec les buts individuels. Il s'agit de prouver un fait pour renforcer la consonance. C'est une réduction de dissonance interne partagé (c'est à dire que les agents impliqués dans le dialogue ont reconnu qu'ils ont la même dissonance à résoudre et ils s'entraident)

4) ***la délibération*** : Chaque agent a ses préférences (les préférences doivent être différentes pour qu'il y ait délibération) et tous doivent choisir parmis les offres de chacun. Les participants ont pour but commun de prendre une décision (choisir un plan, une action). Leur but individuel est d'influencer la décision dans leur intérêt ou dans ce qu'ils considèrent être l'intérêt commun (afin d'accroître leurs consonance). C'est une technique de réduction de dissonance externe explicite.

5) ***la recherche d'information*** : C'est le seul type de dialogue qui est toujours asymétrique. Un agent cherche à obtenir de l'information des autres. Il s'agit d'une technique de réduction de dissonance interne. Dans ce type de dialogue seul l'agent demandeur d'information est dans un état de dissonance. La réduction est asymétrique mais pour la faciliter, il est fréquent que le demandeur explicite sa dissonance aux autres agents (en indiquant pourquoi il cherche de l'information, c'est-à-dire en explicitant sa dissonance). Cette technique de réduction peut prendre la forme d'un dialogue, mais peut aussi prendre la forme d'autres actions (par exemple : lire un livre de référence, chercher sur internet...) pour autant que la dissonance soit réduite.

6) ***l'engueulade*** : On part d'une situation initiale conflictuelle et dissonante. Contrairement aux autres types de dialogues, l'engueulade n'est pas rationnelle, elle fait généralement plus appel aux sentiments, émotions et pulsions qu'à la raison et à la cohérence. C'est pourquoi, nous ne la détaillerons pas ici.

Comme on peut le constater, tous les dialogues naissent d'une situation de dissonance. Notons que la réciproque n'est pas vraie, i.e. toutes les dissonances ne sont pas traitées par le dialogue. Notre conjecture est donc que deux agents communiquent si une dissonance les y contraint. Dès lors, la conversation est vue, en outre de ces caractéristiques déjà connues, comme une procédure générique d'explicitation et/ou de réduction de dissonance. De par la proximité conceptuelle entre la notion de dissonance et celle de conflit, cette conjecture est proche de la position classique de la dialectique : tout dialogue naît d'un conflit [HAM 70]. Depuis quelques années, plusieurs auteurs insistent de nouveau sur le rôle des conflits dans le processus conversationnel :

– pour Walton et Krabbe [WAL 95], la question «y a-t-il un conflit ?» est à la base de l'analyse des situations initiales du dialogue ;

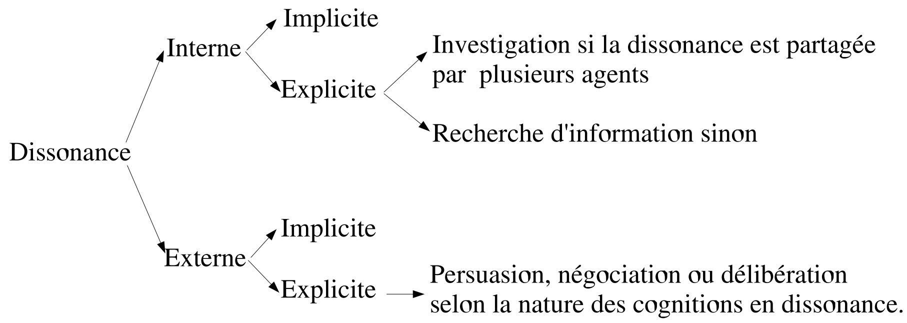

Figure 1. *Typologie des dissonances cognitives et lien avec les types de dialogue.*

– pour Reeds et Long [REE], «nombres de dialogues ont pour situation initiale un conflit» ;

– pour Dessalles [DES 98], «un grand nombre de dialogues trouvent leurs origines dans les conflit cognitifs entre désirs et/ou croyances» ;

– pour Baker [BAK 91], «les dialogues résultent d'une opposition entre des buts conflictuelles».

Finalement, la figure 1 résume les différents types de dissonance ainsi que les types de dialogue qu'elles peuvent engendrer.

3.3. *Lien dissonance - projet commun*

La communication entre agents se fait par conversation, séquence d'actes de langage dont la somme des sens isolés ne rend pas compte de la signification. C'est pourquoi, de nombreux chercheurs rendent aux conversations leur dimension sociale et tentent d'analyser le dialogue du niveau conversationnel vers le niveau des actes de langage plutôt que le contraire. Cohen et Levesque ont proposé leur point de vue avec les buts persistants et les croyances mutuelles [COH 90]. Grosz a proposé les plans partagés [GRO 96], Singh l'engagement commun [SIN 94] et Traum étudie les croyances mutuelles [TRA 97]. Chaib-draa et Vongkasem [CHA 00] partent dans la même voie avec les idées de Searle et Clark qui voient la conversation comme une activité commune [CLA 96].

A notre sens, le modèle de consonance cognitive peut fournir des éléments de compréhension sur la nature du caractère commun des conversations. Selon notre hypothèse, les agents communiquent pour réduire, éviter ou empêcher l'accroissement d'une dissonance cognitive.

Dès lors que le dialogue est entamé parce qu'une dissonance ne peut être réduite par un seul agent, cette réduction (le dialogue) est un projet commun, une activité commune. On y reconnaît bien une intention commune quand à un but commun, même si cette intention reste généralement implicite dans les dialogues entre humains[3]. Ajoutons que les étapes de mise en commun (grounding et validation) introduites dans le cadre interactionnels sont indispensables pour que cette réduction commune soit un succès. Sans mise en commun, la réduction risquerait d'être unilatérale c'est-à-dire un leurre (un malentendu, une incompréhension, un qui-proquo...).

Plus précisément, un agent peut être amené à communiquer à cause d'une dissonance interne ou externe (dissonance entre son modèle du monde et ce qu'il connaît des modèles d'autrui). Dans les deux cas, le dialogue devra passer par une phase d'explicitation de la dissonance. La dissonance devra être mise en commun, l'exemple 3 illustre cette nécéssité.

En effet, les dialogues de type négociation, persuasion et délibération sont tous initiés dans des cas de dissonance externe. Les agents qui participent au dialogue sont généralement les agents impliqués dans la-dite dissonance et sa résolution constitue leur projet commun. Dès lors, il est indispensable que chaque étape soit validée, acceptée par chacun des agents (grounding) ce sans quoi la résolution ne sera pas commune et la dissonance risque de subsister.

Dans le cas de l'investigation, la dissonance n'est pas externe mais interne partagée. Les agents doivent alors expliciter cette dissonance pour s'assurer qu'elle est bien commune (et que les dissonances de chacun ne différent pas trop, de sorte que le problème à résoudre soit adopté comme étant commun). Ensuite il vont entamer la résolution/réduction comme projet commun.

Finalement, dans le cas de la recherche d'information, le projet qui doit être adopté comme commun vise à réduire la dissonance interne du demandeur d'information. Géneralement, celui-ci partage sa dissonance avec un agent choisi pour sa bonne volonté coopérative, ses compétences ou la qualité de leur relation dans l'espoir que ce dernier l'aide à résoudre sa dissonance.

Exemple 3

L'agent A prévoit d'utiliser la ressource non-partageable R pendant un intervalle futur T et B aussi. Tant que A et B n'ont pas communiqué, la dissonance reste implicite : seul un observateur averti peut avoir conscience du conflit de ressource qui attend nos deux agents. En l'absence d'un système de gestion de la ressource R, pour qu'un agent divulgue spontanément son intention quand à la ressource R, il faut :
- qu'il sache que R est une ressource non partageable (il y a donc un risque de conflit potentiel) ;

3. Les expériences montrent bien que les humains agissent sans reconnaître la théorie de la dissonance cognitive. Il y a néanmoins des domaines comme le domaine de la recherche scientifique où les individus explicitent une problématique (une dissonance, un conflit) avant d'en débattre [DES 99].

- qu'il sache que la dissonance (ou le conflit) sera d'autant plus intense qu'elle adviendra au dernier moment (le moment de l'utilisation de la ressource), ce qui l'amène à désirer anticiper et à essayer qu'expliciter la dissonance potentielle sur le champ ;
- qu'il sache qui pourraient vouloir utiliser la ressource ;

Muni de ces connaissances contextuelles, il sait quoi communiquer et à qui le communiquer tout comme il sait pourquoi cela peut être utile. Il saura à posteriori si la conversation aura été utile ou pas selon qu'une dissonance aura été explicitée ou pas, puis réduite ou pas.

3.4. *Lien dissonance - initiative*

Un problème particulièrement délicat est celui de l'ouverture du dialogue. Qui prend l'initiative du dialogue et pourquoi ?

La réponse fournie par le cadre de consonance est qu'un agent prend l'initiative en fonction de son état interne, selon ses dissonances. Un agent qui prend l'initiative d'un dialogue a une dissonance à réduire et il ne peut la réduire seul. Soit parce qu'il sait que c'est une dissonance externe qui implique d'autres agents, soit parce qu'il s'agit d'une dissonance interne et qu'il n'a pas les capacités de la résoudre seul, il doit alors compter sur la coopération dans un cadre collaboratif. On peut régler le seuil de magnitude de la dissonance à partir duquel un agent prend l'initiative du dialogue. Si ce seuil est trop bas, les agents vont beaucoup parler (dès qu'il y a le moindre problème) sans chercher à résoudre les dissonances par eux-mêmes. Au contraire, si ce seuil est trop élevé, les agents vont perdre du temps à chercher à résoudre seul des problèmes hors de leur portée sans communiquer. C'est une balance à régler de la même façon que celle des priorités entre attitutes propositionnelles qui définissent le caractère d'un agent dans l'extension du cadre BDI, BOID [BRO 01].

3.5. *Lien dissonance - degré d'intensité de la force illocutoire des actes utilisés*

Dans le domaine des SMA cognitifs, les théories interactionnelles sont basées sur la théorie des actes de langage[4]. Pourtant, rien n'indique dans ces théories (ni dans d'autres théories d'agents) comment la sélection des degrés d'intensité des forces illocutoires des actes de langage s'effectue. Les mesures quantitatives définies par la théorie de la dissonance cognitive fournissent selon nous le moyen de guider l'agent dans le choix du degré d'intensité approprié.

Dès lors qu'une conversation est engagée pour réduire une dissonance, il semble légitime que la magnitude de celle-ci influence le choix des actes à utiliser. Par exemple, un agent qui a besoin d'une information pour réduire une dissonance interne va se lancer dans un dialogue de recherche d'information et produire un acte directif

4. Cette idée est valable pour les actes de langage classiques comme pour les autres actes de conversation : actes d'établissement, actes de dialogue...

pour essayer d'obtenir cette information. Le degré d'intensité de la force illocutoire va dépendre de la magnitude de la dite dissonance :

– une invitation, un conseil si la dissonance est très légère ;

– une recommandation, une demande si elle est un peu plus intense ;

– une supplication, une imploration ou un ordre si la magnitude de la dissonance est très forte et donc sa réduction cruciale.

Si ce paramètre semble moins important pour les SMA entièrement artificiels, cette piste est intéressante pour les systèmes homme-machine. Évidemment, ce facteur de sélection du degré d'intensité n'est pas unique car il y a un certain nombre d'autres facteurs suceptibles d'intervenir dans ce choix : convention sociales (il est interdit de donner un ordre à un suppérieur hiérarchique ...), les relations entre les agents (proximité, confiance, passif ...) sont aussi importantes pour sélectionner les degrés d'intensité des forces illocutoires des actes posés.

3.6. *Lien dissonance - pertinence/topique*

Avec la théorie de la pertinence, Sperber et Wilson [SPE 86] avançaient l'idée que le locuteur choisit ce qu'il va dire en évaluant dynamiquement la pertinence de ses idées. Cette pertinence varie pour chaque AP au cours de la conversation, le locuteur ne s'engage dans un acte de langage que lorsque la pertinence en est maximale.

Ici, un agent qui prend l'initiative va s'attaquer à la dissonance qui a la plus grande magnitude, car c'est ce qui est "psychologiquement" pertinent pour lui. Il va alors expliciter sa dissonance.

3.7. *Lien dissonance - émotions/humeur*

Ces dernières années, le besoin d'intégrer les émotions aux agents artificiels c'est fait sentir [BAT 94, VEL 97]. Le modèle de consonance proposé permet de faire un lien direct entre les mesures de consonance et le "confort psychologique" de l'agent. Le cadre de consonance fournit un système de valeurs pour l'agent comme pour le groupe qui peut être exploité dans les domaines où les émotions doivent être prise en compte. Un gain de consonance est un soulagement, un réconfort. Un état de consonance est un état de bien-être (sourire ...). A l'inverse, un agent peut avoir peur d'une dissonance perçue comme potentiellement future, être préoccupé ou malheureux d'un état de dissonance ou encore décu d'une tentative de réduction échouée (par exemple une conversation). On pense aux interfaces hommes/machines et aux systèmes de tutoriels intelligents, entre autres.

4. Exemples supplémentaires

Cette section présente deux exemples qui couvrent tous les types de dissonances que l'on peut rencontrer dans les SMA ainsi que tous les types de dialogues tels que définis par Walton et Krabbe [WAL 95]. On suppose que les agents ont le modèle de consonance intégré à leur fonction d'utilité pour le choix des actes de langages, des actes conversationnels ou des coups du jeu selon le cadre interactionnel utilisé.

4.1. *Dissonance externe implicite et explicite (persuasion, argumentation, délibération)*

Pour illustrer ce type de dissonance, considérons deux agents A et B qui voyagent ensemble en voiture vers un lieu L. A est le chauffeur et B le passager. A un moment donné, ils s'arrètent à un carrefour où ils peuvent tourner à droite ou à gauche. L'agent A a l'intention de passer par la droite alors que B a l'intention de passer par la gauche. Tant que ces informations n'ont pas été communiquées, on est en présence d'une dissonance externe implicite.

> 1.A *: On prend à droite ?* (l'agent A cherche un support pour renforcer son état de consonance)

L'impact de cette information sur l'agent B dépend de la relation qu'entretiennent A et B. L'agent B sachant qu'il pense différemment peut calculer sa réponse selon la résistance au changement de son intention de passer par la gauche et l'impact de cette information qui influence la magnitude de la dissonance, i.e l'importance qu'il lui accorde.

Si la résistance au changement de cette croyance est faible et/ou l'impact des communications avec B fort, il peut changer ses croyances pour réduire la dissonance (qui est maintenant explicite pour lui et implicite pour A) et répondre sans plus discuter (la dissonance est réduite) :

> 2.B *: Ok.* < fin de la conversation, dissonance réduite >

Si la résistance au changement de cette attitude est suffisamment élevée et/ou l'impact des communications avec A faible, il peut expliciter la dissonance pour ouvrir une conversation plus complète :

> $2'$.B *: Moi, je prendrais plutôt à gauche.* (B explicite la dissonance pour A)

Les agents ayant mis leur modèle d'autrui à jour, la dissonance est maintenant une dissonance externe explicite. A ce moment, si la résistance au changement de l'intention de A de tourner à droite est faible et/ou que sa relation avec B est forte, celui-ci peut abandonner son intention et réduire la dissonance en concluant :

> 3.A *: Ok, on passe par la gauche.* < fin de la conversation, dissonance réduite >

Si au contraire la résistance au changement de son intention est forte et/ou l'impact de la communication de B, il peut se lancer dans un dialogue de persuasion en réaffirmant ce qui est consonant avec son intention, cela peut-être :

> $3'.A$ *: Par la droite, c'est plus court et nous sommes pressés.*

Selon ses états mentaux B peut s'incliner ou essayer de persuader A à son tour :

> $4.B$ *: Ok, allons y.* <fin de la conversation, dissonance réduite>
>
> $4'.B$: *Oui, mais il y a des embouteillages à cette-heure ci, ce sera plus rapide par la gauche.* < etc... jusqu'à ce que l'un des points de vue l'emporte ou que d'autres impératifs l'emportent sur la conversation>

Ce faisant, la magnitude de la dissonance augmente. Finalement, A peut s'incliner ou bien surenchérir selon la résistance au changement de son intention de passer par la droite et l'impact des communications avec B...

On note qu'il est difficile de savoir si les dialogues ci-dessus relèvent de la persuasion (chaque agent persuade l'autre d'adopter son point de vue), de la négociation (les deux agents négocient un chemin) ou de la délibération (chacun exprime ses préférences et le groupe doit choisir), ce qui est sûr, c'est qu'il s'agit d'une réduction de dissonance externe comme c'est le cas dans chacun de ces trois types de dialogues (voir 3.2). En outre, on peut constater que lorsque la dissonance est réduite, le dialogue s'arrête. Le contraire n'est pas vrai car il se peut que la dissonance persiste mais que le dialogue cesse car le feu passe au vert et A devant agir, tourne à droite.

4.2. *Dissonance interne (explicite) et dissonance interne partagée (recherche d'information et investigation)*

On rappel l'exemple 1 de la section 3.1 :

> $1.A$ *: Est-ce que je peut te poser une question ?*
>
> $2.B$ *: oui, vas-y.*
>
> $3.A$ *: Est-ce que tu as l'heure ?*
>
> $4.B$ *: Non, j'aimerais bien la connaître ?*

Dans cet exemple, A commence un dialogue de type recherche d'information pour obtenir l'heure (énoncé 1 à 3) mais B explicite une dissonance interne commune en répondant qu'il a la même dissonance que A à résoudre car il n'a pas l'heure et il souhaiterait la connaître aussi. Dans cette situation de dissonance interne commune explicite, le seul type de dialogue (si les agents décident de poursuivre le dialogue pour réduire la dissonance plutôt que toute autre action) possible est l'investigation (voir 3.2).

5. Conclusion

Le cadre de consonance cognitive proposé fournit des éléments, des pistes si ce n'est des réponses quant aux problèmes évoqués dans l'introduction. Nous les résumons brièvement ici :

– *pourquoi communiquer ?* : un agent communique pour réduire une dissonance externe qu'il ne peut réduire seul ou pour accélérer la réduction d'une dissonance interne de forte magnitude plus rapidement, plus efficacement.

– *savoir quand communiquer quoi, et à qui ?* : un agent communique sur ce qui est dissonant lorsqu'il ne peut résoudre sa dissonance individuellement. Il communique avec ceux qui sont concernés par la dissonance, si elle est externe, ou avec ceux qui sont susceptibles de l'aider à la résoudre si elle est interne.

– *mesure de l'utilité du dialogue* : les mesures de cohérence définies dans la théorie de la dissonance cognitive offrent un cadre pour juger de l'utilité des dialogues. Ces mesures sont riches car elles fournissent des indications concernant l'utilité de la conversation au niveau individuel autant que pour le groupe.

– *alignement sémantique* : moteur individuel et social (conversationnel) alignés via la réduction de dissonance.

– *choix des degrés d'intensité* : un agent sélectionne les degrés d'intensité des forces illocutoires des actes de langage qu'il pose en fonction de la magnitude de la dissonance à laquelle il s'attaque.

On a aussi montré comment le cadre de consonance cognitive proposé implique naturellement la dimension commune des conversations vues comme des projets communs de réduction de dissonance.

Enfin, le modèle présenté ne doit pas être vu comme un modèle exclusif mais plutôt comme une surcouche qui participe de la gestion de la cohérence au niveau de l'agent et du groupe en fournissant un outil de mesure d'utilité (et de confort psychologique) pouvant aider à la prise de décision dans le comportement conversationnel et qui peut être ajouté aux modèles d'agents habituels, en particulier comme sur-couche des modèles interactionnels actuels.

Finalement, le cadre de consonance fourni un système de valeur aussi bien individuel que collectif qui nous semble être une étape nécessaire pour développer une plus grande autonomie des agents : le concepteur aura moins à s'occuper de l'utilité et de l'efficacité des comportements des agents dès lors qu'ils disposeront d'outils pour la mesurer eux-mêmes.

6. Bibliographie

[BAK 91] BAKER M., « *Knowledge Acquisition in Physics and Learning Environments* », chapitre An Analysis of Cooperation and Conflict in students' collaborative explanations for Phenomena in Mechanics., Springer-Verlag : Heidelberg, Germany, 1991.

[BAR 95] BARREAU H., *L'épistémologie*, Presses Universitaires de France, que sais-je ? collection encyclopédique édition, 1995.

[BAT 94] BATES J., « The Role of Emotion in Believable Agents », *Communications of the ACM*, vol. 37, n° 7, 1994, p. 122–125.

[BRO 01] BROERSEN J., DASTANI M., HULSTIJN J., HUANG Z., VAN DER TORRE L., « The BOID Architecture : Conflicts between Beliefs, Obligations, Intention and Desires », *Autonomous Agent 2001*, 2001.

[CHA 00] CHAIB-DRAA B., VONGKASEM L., « ACL as a Joint Project between Participants : A Preliminary Report », DIGNUM F., GREAVES M., Eds., *Issues in Agent Communication*, n° 1916 Lecture Notes in Artificial Intelligence, Springer, 2000, p. 235-248.

[CHA 02] CHAIB-DRAA B., DIGNUM F., « Trends in Agent Communication Language », *Computationnal Intelligence*, , 2002.

[CLA 96] CLARK H. H., *Using Language*, Cambridge University Press, 1996.

[COH 90] COHEN P. R., LEVESQUE H. J., « Performatives in a Rationally based Speech Act Theory », *28th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, Pittsburg, 1990, Springer-Verlag : Heidelberg, Germany, p. 79-88.

[DEH 00] DEHAIS F., PASQUIER P., « Approche Générique du Conflit », ET ESTIA I., Ed., *ErgoIHM 2000*, ErgoIHM - Biarritz, D.L.Scapin et E. Vergisson, octobre 2000.

[DES 98] DESSALLES J.-L., « *Formal Semantics and Pragmatics of Dialogue* », vol. TWLT-13, chapitre The Interplay of Desire and Necessity in Dialogue, p. 89-97, Enschede : University of Twente, 1998.

[DES 99] DESSALLES J.-L., GHADAKPOUR L., « L'activité Scientifique en tant que Comportement Naturel ancré sur le Conflit Cognitif. », DES HUITIÈMES JOURNÉES DE ROCHEBRUNE A., Ed., *Conflits des Interprétations et Interprétation des Conflits*, Paris, 1999, ENST 99-S-001, p. 87-98.

[DIG 00] DIGNUM F., « Issues in Agent Communication : An Introduction », DIGNUM F., GREAVES M., Eds., *Issues in Agent Communication*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, 2000, p. 1-16.

[FES 54] FESTINGER L., « *A Social Communication and Cognition : A very preliminary and Highly Tantative Draft* », chapitre Appendix A, American Psychological Association, Washington DC, 1954.

[FES 57] FESTINGER L., *A Theory of Cognitive Dissonance*, CA : Stanford University Press, 1957.

[FIN 94] FININ T., FRITZSON R., « Specification of the KQML Agent Communication Language plus Example Agent Policies and Architectures », rapport, 1994, DARPA Knowledge Sharing Initiative External Interface Working Group.

[FIN 98] FININ T., LABROU Y., « Semantics for an ACL », *Agents, Architecture and Languages*, n° IV, Springer-Verlag, Berlin, 1998.

[GRI 57] GRICE H. P., « Meaning », *Philosophical review*, , 1957.

[GRO 96] GROSZ B. J., KRAUS S., « Collaborative Plans for Complex Group Action », *Artificial Intelligence*, , 1996, p. 269-357.

[HAM 70] HAMBLIN C., *Fallacies*, Methuen, London, UK, 1970.

[HAR 99] HARMON-JONES E., MILLS J., Eds., *Cognitive Dissonance : Progress on a Pivotal Theory in Social Psychology.*, American Psychological Association, 1999.

[HEI 58] HEIDER F., *The Psychologie of Interpersonal Relations*, John Wiley and sons, New York, university of kansas édition, 1958.

[HOU 98] HOUDÉ O., KAYSER D., KOENIG O., PROUST J., RASTIER F., *Vocabulaire des Sciences Cognitives*, PUF, 1998.

[INT] FOR INTELLIGENT PHYSICAL AGENTS] F. F., « http ://www.FIPA.org ».

[KEE 91] KEEFE J., « *Cognitive Dissonance* », chapitre Persuasion : Theory and research, p. 61-78, Sage, Newbury Park, California, 1991.

[LIT 92] LITTLEJOHN S., *Theories of Human Communication*, Waldsworth Publishing Company, 1992.

[MAU 01] MAUDET N., « Modéliser les Conventions des Interactions Langagières : la Contribution des Jeux de Dialogue », PhD thesis, ENSEIHT-UPS, 2001.

[MOU 97] MOULIN B., « *Agent and multi-agent systems* », chapitre The social dimension of interacions in multiagentsystems, LNAI 1441, Springer, berlin édition, 1997.

[OSG 63] OSGOOD C., « On understanding and Creating Sentences », *American Psychologist*, vol. 18, 1963, p. 735-751.

[REE] REED C., LONG D., « Collaboration, Cooperation and Dialogue Classification », *IJ-CAI 1997*.

[SAK 01] SAKAI H., « *A Multiplicative Power-Function Model of Cognitive Dissonance : Toward an Integrated Theory of Cognition, Emotion and Behavior After Leon Festinger* », chapitre Computer Simulation, p. 267-294, American Psychological Association, 2001.

[SEA 69] SEARLE J. R., *Speech Acts*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1969.

[SHU 99] SHULTZ R., LEPPER R., « *Cognitivie Dissonance : progress in a pivotal theory in social psychology* », chapitre Computer simulation of the cognitive dissonance reduction, American Psychological Association, 1999.

[SIN 94] SINGH M. P., *Multiagent Systems : A Theoretical Framework for Intentions, Know-How, and Communications (LNAI Volume 799)*, Springer-Verlag : Heidelberg, Germany, 1994.

[SIN 98] SINGH M. P., « Agent Communication languages : rethinking the principles », *IEEE Computer*, vol. 12, n° 31, 1998, p. 40-47.

[SPE 86] SPERBER D., WILSON D., *Relevance*, Harvard University Press, Cambridge MA, parret, h. and vershueren, j. édition, 1986.

[TRA 97] TRAUM D. R., « A Reactive-Deliberatie Model of Dialogue Agency. », MÜLLER J.-P W. M. J. N., Ed., *Intelligent Agent III*, n° 1193 LNAI, p. 157-171, Springer Verlag, 1997.

[VEL 97] VELASQUEZ J., « Modeling Emotions and Other Motivations in Synthetic Agents », *Proceedings of the AAAI Conference 1997*, Providence, RI, 1997, p. 10-15.

[VIG 91] VIGNAUX G., *Les Sciences Cognitives : une Introduction*, le Livre de Poche : biblio essais, Paris, la découverte édition, 1991.

[WAL 95] WALTON D., KRABBE E., *Commitment in Dialogue*, Suny Press, 1995.

[WIC 76] WICKLAND R., BREHM J., *Perspectives on Cognitive Dissonance*, NY : Halsted Press, 1976.

[WIT 53] WITTGENSTEIN L., *Philosophical Investigations*, MacMillan, 1953.