

DIALOGUE ET SCIENCES COGNITIVES

Gérard Sabah

Groupe Langage et Cognition — LIMSI - CNRS (*)

Résumé

Après avoir précisé diverses façons de considérer le langage, nous indiquons quelques aspects particuliers de la communication homme-machine : le rôle particulier de la langue, les problèmes classiques du traitement automatique des langues, puis ceux, particuliers, du dialogue homme-machine. Nous indiquerons ensuite pourquoi les sciences cognitives sont essentielles pour cette approche, en rappelant quelques théories pragmatiques, en montrant l'intérêt de l'intelligence artificielle distribuée pour la compréhension du langage, et en indiquant comment nous voyons l'utilisation informatique de certains aspects neurobiologiques qui sous-tendent la notion de conscience.

Abstract

We first make more precise the points of view under which language may be considered. Then, we insist on some peculiar aspects of man-machine communication: the role of language, the classical problems of Natural Language Understanding, and those, more specific, of man-machine dialogue. At this point, we'll claim that cognitive science is essential for such an approach, present some relevant pragmatic theories and shown how reflectivity may be implemented with Distributed Artificial Intelligence. Lastly we'll give some ideas on how neurobiological aspects may be used to develop a true semantics based on perception and to explain relations between language and consciousness.

1. Communiquer

Une hypothèse cruciale pour ce qui concerne les études sur la langue est la suivante : *le langage est isolé au sein de l'ensemble des processus cognitifs*. Sous une forme moins brutale, elle correspond à l'idée qu'une langue forme un système qui peut être étudié en tant que tel, sans que son usage soit considéré comme premier. C'est bien sûr qui a prévalu pour les traitements automatiques des langues depuis le début de ces recherches. Nous examinons de façon générale cette hypothèse dans les paragraphes qui suivent, avant de faire le point sur les traitements automatiques et d'étudier de plus près le cas de la communication homme-machine.

(*) Groupe Langage et Cognition — LIMSI - CNRS B.P. 133
91403 ORSAY Cedex — FRANCE
Téléphone 33 (1) 69 85 80 03 — Télécopie 33 (1) 69 85 81 33
Courrier électronique gs@limsi.fr

1.1. Divers points de vue sur le langage

1.1.1. Communication et information

Une première conception naïve de la communication est issue de la théorie de l'information (Shannon 1938, Weaver 1955) Avec une telle conception, l'énonciateur a dans l'esprit un message qu'il veut transmettre et des règles d'encodage. L'application de ces règles lui permet de produire une expression censée coder ce message. L'auditeur utilise alors un processus de décodage qui lui permet d'identifier les sons produits, les structures syntaxiques utilisées, les relations sémantiques correspondantes et de combiner tous ces éléments pour reconstruire le sens du message compris. La communication est alors considérée comme réussie quand le message reconnu est identique au message initial.

Ce modèle suppose donc que l'intention communicative est identique au sens littéral du discours produit et peut être reconnue à partir de la grammaire et des conventions de la langue. En outre, comme les différents mécanismes du processus de compréhension sont déclenchés dès le début de la production, l'architecture sous-jacente est séquentielle.

D'une part, comme l'observe (Harnish 1985), ce modèle pose divers problèmes : en particulier, il n'explique pas à lui seul comment l'auditeur détermine la signification pertinente d'une expression linguistiquement ambiguë ; pour cela, il faut se fonder sur le fait que l'énoncé du locuteur est contextuellement approprié à la situation (et cela s'applique aussi bien aux phrases ayant plusieurs interprétations qu'aux références liées au contexte (comprendre qui le président désigne dépend du pays et de la période)). D'autre part, ce modèle ne rend pas compte des situations où nous voulons dire autre chose que ce que nous disons effectivement (ironie, sarcasmes, métaphores...) ; ainsi, si on suppose l'existence d'une signification éventuellement différente du sens littéral, ce modèle ne permet pas d'expliquer comment la construire (« *je reviendrai* » peut être la promesse d'un soldat en partance, la prédiction à la fin de vacances ou la menace d'un contractuel !)

Un dernier problème avec ce modèle est que communiquer un message n'est pas toujours le but de nos paroles, comme cela fut souligné par les performatifs : bien qu'il y ait intention, la fonction essentielle n'est pas *communicative* lorsque l'on renvoie ou de baptise quelqu'un, il y a d'abord action.

Dans ce modèle, le rôle essentiel du langage est de représenter un monde qui lui préexiste. La langue elle-même est considérée comme un objet qui possède une structure interne cohérente et peut être étudiée indépendamment de son usage (une hypothèse de base de nombreux linguistes). Cela implique en outre que la compréhension est vue comme un ensemble de transformations successives d'un langage de représentation dans un autre.

Toutes ces remarques indiquent qu'il faut probablement plus qu'un langage commun pour qu'un auditeur puisse identifier l'intention communicative d'un locuteur.

1.1.2. Un modèle inférentiel de la communication

À l'opposé, comme le souligne (Bernicot 1992) :

« Pour maîtriser le langage, il ne suffit pas d'apprendre des règles formelles aussi complexes soient-elles, mais il faut aussi maîtriser certaines caractéristiques de la situation sociale. »

Il est alors important de tenir compte du contexte de communication, des connotations et de la valeur argumentative de tel ou tel élément, plus ou moins indépendamment de sa valeur de vérité. Le sens ne serait alors plus une représentation *a priori*, calculable à partir du seul message, et l'effet des signes élémentaires serait de guider la compréhension en rendant plus accessible les entités sémantiques qui font partie de l'interprétation. La mémoire n'est plus une simple zone de stockage : les connaissances se caractérisent par des accessibilités inégales variant dynamiquement.

Ce qu'on dit — sans que cela soit effectivement en bijection directe avec ce qu'on pense — ne possède pas un sens en soi, mais est considéré comme une fonction agissant sur le contexte cognitif des auditeurs (les phrases n'ont donc pas un sens en soi, mais un potentiel qui est interprété en contexte). Cette fonction produit des pensées qui peuvent être voisines ou différentes de la pensée d'origine, ce qui ne peut être reconnu que lorsqu'on demande aux auditeurs d'explicitier ce qu'il ont "compris". Les complications naissent ici du fait qu'on veut comparer ce qui est dans l'esprit alors qu'on n'a accès qu'à ce qui est prononcé ou écrit !

Plutôt qu'un objet, le langage est considéré ici comme un processus qui ne peut guère être étudié indépendamment de son utilisation.

Pour cette théorie, dite mentaliste, le sens n'est pas une entité bien définie (idée qui résulte d'expressions comme "Quel est le sens de...?" ou "avoir un sens" (Kayser 1984)). Plus adéquate est alors l'expression: "produire un effet de sens". Deux aspects complémentaires sont alors nécessaires :

- tenir compte des croyances et des attitudes des partenaires dans la situation de communication, aussi bien que des lois d'interaction sociale ;
- éclaircir les liens entre les perceptions et la notion de sens pour rendre compte du fait qu'aucune objectivité n'est réaliste et que le langage agit comme filtre de la perception même.

1.1.3. Comprendre ?

Au cours d'un dialogue, la cohérence est alors vue comme une balance entre la continuité du même thème et un développement sémantique apportant de l'information nouvelle : on parle généralement d'un même sujet et quand on donne de l'information nouvelle, elle doit être non contradictoire avec ce qui est déjà su, et avoir quelque relation avec ce qui précède.

Cela souligne l'importance de connaissances sur le monde, nécessaires à l'expression de telles contraintes (et implique, en d'autres termes, que la compréhension n'entre pas totalement dans le champ de la linguistique).

Ces contraintes, plus ou moins implicites, sont liées à la notion de coopérativité et aux maximes de (Grice 1957, 1975). Elles expliquent pourquoi

on préfère des inférences complexes pour relier entre elles les phrases d'un discours plutôt que d'admettre des coq-à-l'âne.

Comme le soulignent (Bach et Harnish 1979), la communication est possible parce que le locuteur et l'auditeur partagent le même système de stratégies inférentielles, ce qui permet à l'auditeur de déduire les intentions communicatives du locuteur d'après ses dires.

Deux caractéristiques essentielles des langues méritent alors d'être soulignées ici :

1°) Si les langages formels permettent de transmettre exactement ce qui est dit, avec les langues naturelles on transmet ce qu'on imagine que l'interlocuteur va comprendre.

Ce que Roland Barthes (1966) illustre dans son style inimitable :

« l'homme parlant parle l'écoute qu'il imagine à sa propre parole »

Une vue plus extrême est avancée par Humpty Dumpty lorsque Lewis Carroll lui fait dire (dans *De l'autre côté du miroir*)

*« Lorsque **moi** j'emploie un mot, il signifie exactement ce qu'il **me** plaît qu'il signifie... ni plus, ni moins »*

Tous deux soulignent le fait que l'intention communicative (et sa reconnaissance par l'auditeur) est première et considèrent un hypothétique sens littéral comme pratiquement négligeable.

2°) Les ambiguïtés sont généralement artificielles en ce sens que l'on possède suffisamment de connaissances générales et contextuelles pour comprendre (interpréter) sans ambiguïté ce qui est dit.

Ainsi, dans la phrase :

« Défense aux automobiles de stationner et de jouer aux boules dans la cour. »,

l'intention communicative est parfaitement claire. Ce qui provoque le rire, c'est précisément le fait que des contraintes syntaxiques rigoureuses vont en sens inverse de cette intention pour donner à *automobiles* le rôle de sujet de *jouer aux boules...*

En conclusion, et pour ce qui concerne les mécanismes de traitement automatique, ces deux points de vue sur le langage (objet ou processus) entraînent deux conceptions très différentes de la notion de dialogue.

Pour le premier, comprendre c'est construire des *représentations formelles* successives plus ou moins indépendantes de la situation de communication ; ces représentations se situent souvent au niveau de la langue seule (et cela serait à comparer avec quelqu'un manipulant une langue inconnue avec un dictionnaire monolingue : il peut produire des transformations correctes sur un plan syntaxique ou sémantique, mais ne peut prétendre comprendre réellement ce qu'il fait ! — cf. Searle et sa chambre chinoise (Searle 1985)). Ces

représentations peuvent aussi tenter de modéliser la situation décrite (ce qui est alors à mettre en parallèle avec la construction d'un modèle mental — (Johnson-Laird 1983) — possédant une certaine analogie intrinsèque avec la situation elle-même).

Le second point de vue concerne plutôt une simulation des mécanismes cérébraux sous tendant la compréhension. Pour une machine, cela implique soit un intérêt pour les seuls résultats, soit un essai de reproduire les étapes de la compréhension humaine à divers niveaux fonctionnels, ce qui demande de *comprendre comment l'homme comprend*. Bien entendu, il n'est pas question ici de porter des jugements de valeurs sur ces différents aspects. Outre l'intérêt personnel pour telle ou telle recherche, le type d'application envisagé est également pertinent pour choisir la méthode la plus adéquate (représenter le texte seul sera probablement suffisant pour une aide dans un traitement de texte ou pour des processus d'indexation automatique, tandis qu'il faudra plutôt représenter la situation pour réaliser un véritable résumé automatique ; enfin, comprendre la compréhension humaine est probablement nécessaire pour des applications où l'homme lui-même intervient plus précisément : systèmes de dialogue, enseignement assisté...).

1.2. Communiquer avec une machine ?

1.2.1. Le rôle de la langue

L'interaction homme-machine est devenue une des tâches essentielles de l'informatique et de l'intelligence artificielle. Nombre d'applications informatiques *interactives* concernant des tâches cognitives complexes apparaissent ; les systèmes informatiques ne sont plus aujourd'hui limités à l'exécution de tâches ponctuelles, en réponse à des commandes humaines. Leur autonomie et leurs capacités d'initiative les rendent maintenant capables d'assister l'utilisateur dans des activités de raisonnement variées et complexes, en le guidant et en lui fournissant les connaissances qui lui font défaut, en prenant en charge la résolution de sous-problèmes précis ou enfin en lui proposant des outils utilisables dans le cadre de ses propres stratégies cognitives.

Cette évolution des applications informatiques s'accompagne d'une modification profonde des modalités d'interaction homme-machine. Aux modes de communication désormais classiques (suites de menus ou de formulaires, grilles, séquences de questions-réponses ou de commandes) se substitue un véritable dialogue coopératif. La langue devient ainsi un outil fondamental et irremplaçable pour la communication. C'est en effet le seul moyen de communication qui permet de **créer** une nouvelle situation de communication, de **modifier dynamiquement** la situation de communication courante et de la prendre comme thème du discours même.

Je ne dis pas que toute communication homme-machine doit systématiquement utiliser une langue naturelle, mais il est des situations où celle-ci est indéniablement utile : en particulier quand l'utilisateur est incapable d'explicitement préciser ses besoins, ou quand la tâche n'est pas bien spécifiée, ou encore avec des interfaces non conviviales. Qu'il recherche des informations, veuille

les manipuler ou en fournir à la machine, ou encore qu'il attende de cette dernière une aide à la réalisation d'une action, l'utilisateur établit un certain type de relation entre lui et le système : dans certains cas, la machine joue le rôle d'un **intermédiaire** permettant de remplacer un langage formel pour communiquer avec un autre système informatique. Dans d'autres, elle joue le rôle d'un **assistant** pour aider à se servir d'un autre système (éventuellement informatique, mais pas forcément). Enfin, toute une classe d'applications demande d'importantes facultés d'accès à l'information. Le principal objectif de l'informatique linguistique est donc d'intégrer au mieux l'ordinateur au sein des sociétés humaines.

L'argument principal en faveur de la langue comme moyen de communication entre l'homme et l'ordinateur réside dans la flexibilité des langues. Mais, il ne faut alors pas chercher à l'éliminer ! Au lieu de considérer la flexibilité des langues comme un obstacle à résoudre par une limitation adéquate des domaines d'application, il faut s'y attaquer de front afin de garantir l'ergonomie de la communication.

Il devient alors patent qu'une sémantique objective et universelle, fondement d'une construction du sens vue comme un processus exclusivement rationnel, n'est pas très utile, ni d'un point de vue théorique, ni d'un point de vue technologique, car elle ne conduit pas à des implantations flexibles et ergonomiques : les résultats obtenus dans des conditions d'expérimentation excessivement contrôlées ne peuvent pas s'extrapoler à des situations de communication réelles.

Pour garantir la conformité des interprétations construites par la machine aux attentes des utilisateurs, le fonctionnement du système mis en œuvre doit présenter une certaine analogie avec celui de la cognition humaine. Ainsi, la machine a-t-elle besoin, en particulier, de facultés lui permettant de dialoguer efficacement. Mais, avant d'aller plus avant dans cette voie, analysons plus finement l'état actuel de la compréhension automatique.

1.2.2. Le traitement automatique des langues

La première question qui s'est posée fut de définir ce que peut signifier *compréhension* pour une machine. Examinons-en quelques réponses possibles à partir du seul problème consistant à répondre à des questions, dans un cas simplifié à l'extrême (exemple issu de Fargues et Sabah 1992). Si j'ai donné l'information *Pierre est le frère d'Annie*, et si je demande (a) *Est-ce que Pierre est le frère d'Annie ?*, il suffit de comparer les caractères des six derniers mots de chaque phrase pour pouvoir répondre *oui*, sans rien comprendre de plus. Certaines mises en correspondance de symboles suffisent donc parfois à simuler la compréhension. Les limites en sont claires : il suffit de demander (b) *Annie a-t-elle Pierre pour frère ?* pour que ça ne marche plus ! Il est alors nécessaire de construire des **représentations** relativement indépendantes de la forme même des informations et des questions. La représentation est ainsi un ensemble de symboles portant une partie de la signification de la phrase ; il s'agit donc à la fois d'une *simplification* (l'ensemble du sens n'est pas traduit) et d'une *uniformisation* de cette signification (plusieurs phrases différentes

peuvent avoir la même représentation). Ces représentations sont généralement construites grâce au *principe de compositionnalité* : les sens des mots sont représentés par des symboles, et on combine ceux-ci afin de représenter le sens de la phrase entière (il faut noter que ce mécanisme est quelque peu restrictif et ne permet pas de rendre compte de toutes les finesses de l'utilisation du langage...).

Ainsi, par exemple, on peut considérer que le mot *frère* correspond à un prédicat $FRÈRE$ (un symbole de logique mathématique représentant par convention le sens de ce mot) qui s'applique à deux arguments ; la première phrase correspond alors à $FRÈRE$ (Pierre, Annie), ce qui traduit un certain niveau de compréhension. Cette représentation sera obtenue par une analyse linguistique qui détermine le sujet de la phrase et le complément du nom *frère*. Grâce à une telle analyse, les deux questions (a et b) ci-dessus se traduisent alors sous la même forme [$FRÈRE$ (Pierre, Annie)], donnant ainsi aisément la réponse.

Si on veut aussi répondre à *Annie est-elle la sœur de Pierre ?*, tester la seule coïncidence des représentations ne suffit plus. Il faudra également utiliser des propriétés liées aux mots mis en jeu (Annie étant féminin, *sœur* se réfère à une situation symétrique ce qui permet de déduire que $FRÈRE$ (Pierre, Annie) est équivalent à $SEUR$ (Annie, Pierre)). Des connaissances générales sur le monde peuvent enfin être nécessaires : si je demande *Pierre et Marie vivent-ils dans la même maison ?* il va falloir tenir compte des usages de la vie de famille, ainsi que de la situation au moment où l'on parle (*quel âge ont-ils ? l'un d'eux est-il marié ?...*) et mettre en œuvre des raisonnements plus élaborés.

Ce simple exemple suggère la complexité des problèmes posés par la compréhension automatique des langues.

Plus précisément, trois niveaux de difficultés apparaissent, qui concernent respectivement *le lexique* (informations sur les mots et leurs sens), *la grammaire* (structures des phrases, comment les sens des mots se composent) et enfin *les connaissances externes* (informations générales sur le monde, sur la situation particulière).

La première capacité à donner aux programmes de traitement automatique des langues est de *reconnaître* les mots de la langue. S'il est devenu possible d'informatiser des lexiques correspondants aux dictionnaires usuels (environ 50 000 mots, c'est-à-dire 350 000 formes fléchies), couvrir l'ensemble des domaines techniques reste en dehors de notre portée. Il faudrait en effet, tâche de Titan !, décrire les sens et les caractéristiques grammaticales de quelque 5 millions de mots. De plus, définir ce qu'est un mot (une *entrée* d'un dictionnaire) n'est pas aussi simple qu'il y paraît, avec les mots composés, les expressions toutes faites, les noms propres, les néologismes, les mots étrangers et les abréviations, sans parler des complications artificielles dues aux *typographies pauvres* (par exemple, pas d'accent ni de cédille, lettres uniquement capitales du MINITEL, entraînant des confusions entre des mots comme *cote*, *coté*, *côte*, *côté*).

Au niveau suivant, il faut expliciter les rôles des différents mots dans la phrase, ainsi que les relations qu'ils entretiennent. Certains problèmes difficiles (conjonctions, comparatifs, ellipses...) sont encore mal résolus, et les théories linguistiques n'explicitent généralement pas les interactions qui existent entre

eux. Même s'il n'existe actuellement aucune grammaire complète d'aucune langue parlée, l'aspect pluri-disciplinaire est très présent ici puisque nombre de travaux en linguistique tiennent maintenant grand compte des contraintes dues à leur utilisation sur ordinateur.

Parallèlement ou postérieurement à la reconnaissance de la structure syntaxique est construite une formule censée exprimer le sens de la phrase, par combinaison des symboles qui représentent les sens, plus élémentaires, des mots de la phrase. La logique, et surtout ses extensions dites "non-classiques" traitant des phénomènes complexes, est un système formel souvent choisi pour produire ces *formules*. D'autres outils (réseaux sémantiques, schémas...) ont également été développés en vue de s'affranchir des contraintes formelles de la logique et de permettre des mécanismes plus souples ; ils entretiennent des relations complexes avec cette dernière, relations qui sont maintenant l'objet de diverses études théoriques.

Une telle formule veut représenter un hypothétique sens littéral de la phrase. Toutefois, le cadre du dialogue impose une signification particulière au mot *compréhension* : l'étude précise de conversations en situation met en évidence la nécessité de dépasser le *sens littéral*, et interpréter textuellement ce qui est dit est insuffisant pour comprendre réellement l'interlocuteur ; des inférences sont nécessaires pour calculer la *signification* effective de son discours. Conformément à la première vision du langage présentée ci-dessus (le langage vu comme un objet et la compréhension comme une cascade de changements de représentations), des mécanismes ultérieurs vont alors en calculer les interprétations possibles. *Toutes* nos connaissances sont nécessaires lors de la compréhension : la réalité et ses contraintes, les aspects culturels, les informations sur la situation concrète de communication, permettent de découvrir les sous-entendus cachés derrière l'énoncé à traiter.

Toutefois, une telle maîtrise reste en dehors des moyens de calcul actuels. Les traitements automatiques des langues impliquent, de plus, une différence avec la compréhension humaine en générale : on n'utilise pas un ordinateur sans un but précis, on ne communique pas avec lui uniquement pour le plaisir ! Les aspects particuliers de l'application (les buts visés, la représentation de la tâche, les connaissances spécifiques du domaine...) sont alors des connaissances utiles pour permettre la mise en œuvre de programmes efficaces dans des domaines restreints ou bien formalisés. Si des outils efficaces de représentation ont été développés pour ce faire (*schémas, scénarios, scripts...*), des problèmes naissent de la très grande quantité de connaissances à utiliser. Retrouver l'information pertinente et ne pas se noyer dans des déductions inutiles sont, bien qu'essentielles, des questions encore ouvertes.

1.2.3. Le dialogue homme-machine

[L'essentiel de ce paragraphe est issu de (Pierrel 1987, Sabah 1988 (chapitre 10), Sabah 1989 (chapitre 10), Pierrel et Sabah 1991).]

Remarquons tout d'abord que la communication homme-machine provoque un mode de communication totalement inédit, où les tours de parole sont bien mieux respectés et où les interruptions sont pratiquement inexistantes. La

présence d'un clavier et d'un écran l'explique assez bien, mais on retrouve aussi ces caractéristiques à l'oral, surtout quand la parole émise par la machine présente de forts aspects synthétiques (Spérandio et Letang-Figeac 1986).

De plus, on ne sait vraiment réaliser des modules de gestion du dialogue homme-machine que dans le cadre de dialogues finalisés (Pierrel et Sabah 1991), où la tâche a une importance essentielle. Il est alors souhaitable de respecter un certain nombre des particularités développées ci-dessous.

Aspects linguistiques

Diverses caractéristiques linguistiques doivent être considérées pour que la communication puisse être réellement "naturelle". Plus qu'avoir une grande couverture de la langue (tant lexicale que syntaxique), il faut qu'un système de dialogue homme-machine sache traiter les aspects caractéristiques du langage humain que sont les anaphores, les ellipses, les divers mécanismes de synonymie (de mots et de phrases), les métaphores...

Les questions d'interprétation sont également fondamentales dans ce domaine : un système de dialogue intelligent doit être capable de comprendre différemment des énoncés identiques apparaissant dans des contextes distincts.

Flexibilité

La liberté qu'on laisse à l'interlocuteur d'exprimer ses interventions à son gré entraîne deux types de comportements dans les systèmes de dialogue.

- Le premier vise à autoriser un comportement se situant hors des normes langagières prévues : l'utilisateur fait une erreur ou utilise des éléments de la langue qui, bien que corrects, sont inconnus de la machine. Cet aspect concerne la correction des fautes de frappe ou d'orthographe, la compréhension de mots inconnus et le traitement de formes syntaxiques erronées ou imprévues (Fournier 1986, Véronis 1988).

- Le second type de comportement de la machine doit permettre de laisser à l'utilisateur une part active dans le dialogue, tout en guidant sa recherche d'information. On autorise aussi l'interlocuteur à laisser une certaine part d'implicite dans ce qu'il dit. Cela impose que la machine sache dégager le sujet général de la discussion, et déduire le but et le plan éventuel de l'interlocuteur (quel est son problème réel et comment envisage-t-il de le résoudre ? — Vilnat 1984, Vilnat 1989, Grau, et al. 1994b, Grau, et al. 1994a).

Adaptation à l'interlocuteur

L'importance pratique de ce point varie selon la tâche considérée, selon la complexité des raisonnements que la machine est capable de mener et selon l'importance de la clarté de ces derniers pour l'utilisateur (il est essentiel que le médecin comprenne le raisonnement d'un système d'aide au diagnostic, tandis que ce sera moins important pour une interrogation de base de connaissances courantes). On peut alors être amené à construire une représentation fine et dynamique de l'utilisateur, intégrant son plan et ses connaissances sur le domaine en question : on n'explique pas les choses de la même façon à un néophyte ou à un spécialiste (Nicaud et Prince 1989, 1990).

Métaraisonnement

Enfin, il serait souhaitables que l'ordinateur ait une certaine "conscience" de ses connaissances et de ses capacités (ou en d'autres termes, une certaine représentation de lui-même). En effet, un réel dialogue ne se conçoit pas sans un niveau "méta", permettant à l'utilisateur de définir des notions nouvelles (« *par x j'entends y* » où y est connu du système et x non), de discuter à propos de ce qu'a fait le système (le système doit être capable de justifier ses interventions et d'expliquer ses décisions) et à propos des éléments du dialogue lui-même.

Les connaissances nécessaires

Parmi tous les éléments utilisés pour la gestion du dialogue, on peut distinguer les connaissances statiques, qui ne varient pas au cours du dialogue, des connaissances dynamiques, qui évoluent lorsque celui-ci se déroule. Commençons par les connaissances statiques.

- Le modèle de la langue

Ces connaissances (lexicales, syntaxiques et sémantiques) servent à l'analyse des énoncés du locuteur ainsi qu'à la génération des réponses du système. Même si les connaissances ne sont pas représentées sous la même forme pour l'analyse et pour la génération, elles doivent correspondre à des compétences identiques (un système produisant des phrases très élaborées et ne comprenant que des phrases très simples ne pourrait que paraître curieux !).

- Le modèle de la tâche

Le programme a également besoin d'une représentation du monde de référence, des différents objets manipulés et de leurs relations. Ce sont en partie ces connaissances, liées à la tâche, qui permettent de déterminer la signification exacte des énoncés de l'interlocuteur. Elles permettent en outre une simplification des processus de traitement des anaphores et des ellipses.

- Le modèle du dialogue

Il fournit une description générale des diverses situations de dialogue liées à l'application considérée. Avec des connaissances *a priori* sur la façon dont le dialogue doit se dérouler, le système pourra plus facilement reconnaître, par exemple, une demande de précision d'une reformulation, et savoir quand il peut admettre tel ou tel type d'intervention. Il permet de distinguer ce qu'on peut dire de ce qu'on ne peut pas dire et simplifie également la tâche d'interprétation contextuelle des énoncés de l'interlocuteur.

Les connaissances dynamiques permettent ensuite de savoir quelles tâches ou sous-tâches ont déjà été effectuées, ce qui reste à faire et l'état du dialogue.

- L'historique du dialogue

Les divers échanges, ainsi que la façon dont ils ont été structurés, doivent être mémorisés pour que le système puisse détecter les incohérences, résoudre les anaphores et traiter les ellipses. Cet historique est nécessaire à la mise en

place d'un véritable dialogue qui comprenne plus qu'un simple échange ; il permet d'expliciter la structure même du dialogue.

- L'état de la tâche

La réalisation d'une tâche donnée demande des actions diverses selon son état d'avancement. Le module de dialogue doit donc savoir ce qui a été fait et ce qui reste à faire pour interpréter correctement les énoncés qu'il reçoit.

- Le modèle de l'utilisateur

Dans les applications où cela est utile, on pourra mémoriser les caractéristiques spécifiques de l'utilisateur, issues de ce qu'il dit et des inférences qu'on en aura tirées (sa situation, son problème, son but, son plan...). Ce modèle servira tant au module d'analyse qu'au module d'explication et de génération en permettant un choix des explications à fournir selon les degrés de connaissances de l'utilisateur.

2. Dialogue et sciences cognitives

Comme nous l'avons vu, lorsque l'ordinateur intervient dans la communication, il a besoin de facultés cognitives lui permettant d'avoir une bonne compréhension de textes et de dialoguer efficacement. Différentes disciplines soulèvent à ce propos des questions fondamentales et mettent en œuvre, pour les résoudre, des approches complémentaires. Afin que les traitements automatiques puissent être réellement considérés comme une simulation de la compréhension, les recherches dans ce domaine se sont ancrées dans les *Sciences Cognitives* et sont donc essentiellement pluridisciplinaires.

On sait clairement maintenant qu'il est nécessaire de comprendre comment les hommes traitent le langage pour qu'une machine puisse avoir un comportement analogue. Une première approche est fondée sur l'hypothèse de *représentations mentales*, qui débouche sur une analogie forte entre les représentations supposées exister dans nos cerveaux et les représentations symboliques de l'intelligence artificielle : même si ces aspects cognitifs sont fondamentalement différents de ceux des hommes, à un certain niveau de description, ils sont considérés comme *analogues*. Cette hypothèse est cruciale en ce sens qu'elle implique un niveau d'analyse complètement séparé du niveau neurobiologique comme du niveau sociologique et culturel. On se retrouve alors typiquement dans le cadre de la linguistique, dont nous examinerons plus en détail au paragraphe 2.1, les apports concernant la pragmatique.

En restant dans le cadre purement symbolique, nous verrons l'importance, pour la compréhension du langage et du dialogue, de la notion de réflexivité (la capacité pour un système de raisonner sur son propre comportement). Nous approfondirons alors ce que l'intelligence artificielle distribuée a pu apporter à ce domaine dans le paragraphe 2.2.

Enfin, si l'on remet en cause l'hypothèse de l'existence de représentations mentales, la vraie question posée aux neurosciences est alors : « *comment* le cerveau réalise-t-il ses fonctions cognitives ? ». Les recherches en

connexionnisme tentent actuellement d'y apporter quelques éléments de réponse, grâce à des techniques efficaces pour le traitement des informations floues ou incertaines. Bien qu'on soit encore très loin d'une réelle analogie avec le fonctionnement cérébral, les possibilités de collaboration entre les techniques connexionnistes et les systèmes symboliques restent assez prometteuses (systèmes dits *hybrides*). Nous développerons alors au paragraphe 2.3 quelques idées embryonnaires permettant d'envisager un modèle de la compréhension où les aspects sémantiques et perceptifs soient réellement pris en considération.

2.1. Quelques apports de la pragmatique

Un aspect fondamental des théories présentées ici est, qu'outre son contenu explicite, une proposition permet d'obtenir des indications sur la position du locuteur vis-à-vis des informations transmises, permettant de comprendre réellement les buts profonds, même implicites, de l'interlocuteur. En particulier, l'énoncé précise aussi quel *acte* est accompli par son énonciation même.

2.1.1. Les actes de parole

Les travaux des philosophes anglo-saxons du langage (Austin 1962, 1970), puis (Searle 1969, 1975) développent l'idée que le sens premier d'un énoncé est *qu'il signifie quelque chose avant d'être ce qu'il signifie*. Les **fonctions** possibles de l'énoncé demandent alors à être reconnues sur la base d'informations contextuelles, plutôt que syntaxiques. Parmi les diverses fonctions possibles, on peut mentionner par exemple : *accuser, affirmer, autoriser, avancer une hypothèse, avertir, conseiller, critiquer, déclarer, défier, exprimer un souhait, féliciter, insulter, interroger, jurer, menacer, ordonner, promettre, remercier, s'excuser, suggérer, supplier...*

En outre, certains énoncés (dits "**performatifs**") permettent d'accomplir des actes en se contentant de *dire* ; ainsi, le simple fait d'énoncer :

Je déclare la séance ouverte ou
Je vous promets de venir

réalise-t-il ce qui y est déclaré, si elle sont prononcées par quelqu'un qui dispose du pouvoir correspondant.

Divers exemples (Katz 1977, Récanati 1982) montrent qu'une simple classification des types de verbes est insuffisante et que le contexte est essentiel pour mettre en évidence la portée réelle des phrases considérées. Plus généralement, depuis ces travaux, il est devenu classique de distinguer, dans un énoncé :

- l'aspect *locutoire* : l'action de dire quelque chose, c'est-à-dire l'articulation et la combinaison des sons, la mise en place des liens syntaxiques entre les mots représentant les notions transmises. Searle affine cet aspect en le

considérant sous deux points de vue : l'acte d'énonciation (le fait de parler) et l'acte propositionnel (le contenu sémantique de ce qu'on dit).

- l'aspect *illocutoire* : l'acte réalisé par le fait même de parler. Sa fonction première est de modifier ou de préciser la situation respective des interlocuteurs ; elle peut souvent être paraphrasée par un performatif (*Conseille-moi = Je te demande de me donner un conseil*).
- l'aspect *perlocutoire* : l'ensemble des conséquences qui découlent indirectement de l'acte de parole (intentionnelles ou non). Sa fonction n'est pas contenue directement dans l'énoncé, elle dépend entièrement de la situation d'énonciation. (Ainsi, par exemple, poser une question à quelqu'un peut avoir pour but de faire croire à l'interlocuteur qu'on le fait participer à une décision, et non pas d'obtenir l'information demandée).

Il convient de remarquer qu'acte illocutoire et acte propositionnel sont à la fois liés et distincts : le premier est déterminé sur la dimension *réalisé-non réalisé* tandis que le second l'est sur la dimension *vrai-faux*. Bien que généralement étroitement mêlés dans toute énonciation, on trouve des exemples où la distinction est claire : *je promets* (illocutoire) *que je viendrai* (propositionnel) ou *Bravo !* (représente un acte illocutoire seul sans contenu propositionnel).

L'application informatique de cette théorie la plus significative a été développée par Allen, Cohen et Perrault (Allen et Perrault 1980, Cohen et Perrault 1979). Elle est fondée sur la notion de plan qu'elle intègre avec les actes de parole dans un formalisme assez complexe, en liaison avec les logiques modales puisqu'il met en jeu des représentations du savoir et de la croyance. Si le domaine est limité (renseignements sur des horaires de trains), les règles de raisonnement mises en place sont générales.

2.1.2. L'implicite

Bien que le statut de la présupposition soit loin d'être clair et soit toujours sujet à discussion (on pourra consulter (Ducrot 1972, Récanati 1979, Récanati 1982) pour une étude historique de cette notion), il s'agit d'un concept important, en particulier dans le cadre de la gestion des dialogues. Elle implique une différence entre le *posé* et le *présupposé*. Le premier est ce qui est affirmé, alors que le second est l'information implicite qui **doit** être vraie pour que l'on puisse attribuer une valeur de vérité à l'énoncé. A ce titre, le présupposé est une information qui est contenue dans la phrase, mais qui est **incontestable** ; si elle n'est pas vraie, l'assertion n'est ni vraie ni fausse. En outre, la négation ou l'interrogation, qui ont le même présupposé, ne peuvent porter que sur le posé.

Cet aspect est particulièrement significatif pour la production. D'une part les choix lexicaux dépendent étroitement des présupposés ; on dira :

Jean se doute que Paul viendra ou
Jean s'imagine que Paul viendra

selon que l'on veut que l'auditeur suppose la venue de Paul ou non. D'autre part, l'art de l'argumentation repose en partie sur la facilité à manier cette notion. Ainsi,

Pensez-vous que l'attitude du président soit admissible ? ou
Que pensez-vous de l'attitude inadmissible du président ?

ne donneront pas la même l'orientation au dialogue ! En effet, remettre en cause des présupposés revient à accuser le locuteur « *non seulement d'avoir dit des choses fausses, mais d'avoir agi de façon absurde* » (Ducrot 1972).

À la suite de (Benveniste 1966, Benveniste 1970, Culioli 1973), tout un courant de la linguistique moderne met *l'argumentation* au centre du fonctionnement du langage et dépasse la description d'actes de langage isolés pour étudier les enchaînements d'actes dans le discours et les connecteurs argumentatifs qui marquent ces enchaînements. Ces travaux visent à mettre en évidence les marqueurs et les constructions utilisées pour qu'un énoncé puisse servir comme un argument en faveur d'un autre énoncé, et sont également liés aux notions de supposition et de présupposition (Anscombe et Ducrot 1976, Ducrot 1979, Anscombe et Ducrot 1983, Ducrot 1983, Raccah 1984, Raccah 1985, Vignaux 1988). (Grandchamp 1994) présente une modélisation de ces aspects en montrant comment ils peuvent effectivement être calculés dans un système de dialogue homme machine.

2.1.3. La pertinence

Nous avons déjà souligné qu'une communication efficace impliquait la représentation et la reconnaissance des intentions d'autrui. Grice va plus loin en considérant que cela est plus important que le contenu sémantique lui-même — ce qui, d'ailleurs, signifie qu'un *code* ne peut être la base de la communication.

L'approche de Grice donne au *sens* un aspect très fonctionnel ; pour lui, ce qu'un locuteur L "veut dire" par un énoncé P est grossièrement équivalent à « *L énonce l'occurrence P afin que l'effet produit sur l'auditeur soit de reconnaître ses intentions* » (Grice 1957).

Grice tente alors de mettre en évidence les règles que l'on doit suivre pour que le déroulement de la conversation soit correct. L'idée générale de base réside dans le *principe de coopération* :

« *toute contribution verbale doit être telle que l'impose le but général de la conversation, au moment où cette intervention est effectuée* » (Grice 1975, p.45).

Afin d'explicitier ce principe, il énonce alors neuf maximes, réparties en quatre catégories :

Maximes de quantité

- l'intervention doit apporter suffisamment d'information
- elle ne doit pas apporter plus d'information que ce qui est nécessaire

Maximes de qualité

- ne rien dire que l'on croie faux
- ne rien dire que l'on ne puisse démontrer

Maxime de relation

- l'information donnée doit être pertinente

Maximes de manière

- éviter d'utiliser des expressions obscures
- éviter d'utiliser des expressions ambiguës
- être bref
- donner les informations dans le bon ordre.

Bien entendu, ces maximes ne représentent que des aspects souhaitables dans le cadre d'une conversation idéale où les partenaires cherchent à collaborer et non à se tromper ! La réalité peut parfois s'en éloigner, mais cela sort de ce qui nous intéresse, puisque le dialogue homme-machine est précisément un cadre où ces contraintes ont des chances d'être respectées, ce qui explique la portée de ces travaux théoriques pour les applications informatiques

Il est également important de noter que les partenaires d'une conversation sont avertis qu'il est normal de respecter ces règles. Elles expliquent d'une part comment certaines déductions permettent de découvrir l'implicite probable pour qu'elles soient vérifiées, et d'autre part les inférences que l'on fait lorsqu'elles semblent violées. C'est alors ce non respect du principe de coopération qui devient l'élément le plus significatif et demande à être interprété. Ainsi, « *bien qu'une maxime soit violée au niveau de ce qui est dit, [...] cette maxime [...] est respectée au niveau de ce qui est sous-entendu* » (Grice 1975, p. 52).

Très séduisante, cette théorie souffre toutefois de laisser ouvertes certaines questions, particulièrement cruciales pour une mise en œuvre sur ordinateur. Certains concepts ne sont en effet définis que de façon intuitive (la pertinence en particulier) et aucune information n'est donnée sur les façons de réaliser les inférences destinées à retrouver l'implicite.

(Sperber et Wilson 1982, Sperber et Wilson 1986) cherchent à remédier à ces questions. Ils partent d'une analyse identique à celle de Grice, mais soulignent certaines insuffisances de son modèle et donnent une définition plus précise de la notion de *pertinence* : étant donnée une proposition, un certain nombre de connaissances seront nécessaires aux raisonnements menés pour l'interpréter (elles sont appelées *suppositions contextuelles*). Les conclusions permettant l'interprétation de la proposition donnée seront ses *implications contextuelles* : elles sont déductibles de la phrase **et** des suppositions contextuelles, mais non de l'une ou des autres seule(s).

Une proposition P sera alors dite pertinente dans un contexte C si et seulement si P a au moins une implication contextuelle dans le contexte C. L'important est ensuite de *comparer* la pertinence de diverses propositions. La première idée est de considérer qu'une proposition est d'autant plus pertinente qu'elle provoque plus d'implications contextuelles. L'*efficacité* est ici le critère qui permet de choisir, car l'information à propos des échecs ne viendra que compliquer les déductions menées, sans en permettre de nouvelles. Ainsi, la pertinence sera-t-elle aussi fonction inverse de l'effort nécessaire à la réalisation de ces inférences. Cet "effort nécessaire" dépend principalement de

trois facteurs : la complexité de l'énoncé, la taille du contexte et l'accessibilité des informations du contexte.

Un locuteur respectant le principe de pertinence doit donc choisir, parmi les énoncés possibles, l'un de ceux qui permettent le plus d'implications contextuelles, dans un contexte le plus petit possible et le plus facilement accessible à l'auditeur.

2.1.4 Modélisation structurelle du dialogue

Nous terminerons cette section sur un modèle un peu différent visant à mettre en évidence la *structure* des dialogues. Le modèle développé par (Roulet, et al. 1985, Moeschler 1986b, Moeschler 1986a) tient compte de différents niveaux et surtout des relations entre ces niveaux.

Leur analyse comporte deux composantes (l'analyse dite *hiérarchique* et l'analyse dite *fonctionnelle*). Trois niveaux fondamentaux sont définis :

- l'acte de langage. C'est la plus petite unité produite par un locuteur ; elle est associée à une proposition.
- l'échange. C'est la plus petite unité composant l'interaction ; formé d'au moins deux actes de langage de locuteurs différents, il est minimal s'il ne comporte que deux tours de parole.
- l'intervention. Chaque constituant de l'échange est une intervention. Celle-ci peut être simple (composée d'un ou de plusieurs actes dus à un seul locuteur) ou complexe (elle fait alors intervenir plusieurs actes de langage de divers interlocuteurs, organisés en échanges et en interventions).

À un niveau supérieur, l'interaction verbale délimitée par la rencontre et la séparation de deux interlocuteurs est constituée fondamentalement de trois échanges : l'ouverture, l'échange principal (constitué d'une ou de plusieurs transactions) et la clôture. Il faut ensuite préciser les relations entre ces divers éléments et en particulier expliciter les liens entre les interventions. C'est alors le rôle du composant suivant.

L'analyse fonctionnelle permet ensuite de mettre en évidence la *fonction illocutoire* de chaque élément d'un échange.

On distinguera, parmi les éléments d'un échange ceux qui ont une *fonction illocutoire initiative* de ceux qui ont une *fonction illocutoire réactive* ; les premières donnent des droits ou imposent des contraintes à l'interlocuteur (assertion, demande d'information, demande de confirmation, requête, offre, invitation, relance...) tandis que les secondes sont positives ou négatives selon qu'elles satisfont ou non la fonction illocutoire de l'intervention précédente.

Des contraintes de divers types vont alors permettre de caractériser la forme générale possible de la conversation. La première constitue le principe de *complétude interactionnelle* : toute conversation oblige ses participants à satisfaire les rituels d'ouverture, de clôture et de satisfaction afin d'aboutir à un double accord permettant de clore la négociation (**accord global**).

Une seconde contrainte correspond à une interprétation du dialogue fondée sur des critères de clarté et de cohérence. La poursuite linéaire d'une conversa-

tion n'est pas toujours possible et un interlocuteur peut demander des éclaircissements et souhaiter l'approfondir un certain point. Cela explique qu'un interlocuteur poursuive le dialogue par des négociations secondaires afin d'obtenir ce qu'il souhaite. La *complétude interactive* est obtenue quand, après des échanges sur ce second axe, on revient à l'axe principal (**accords locaux**).

2.2. Quelques apports de l'intelligence artificielle distribuée

Toutes les études sur le langage ont souligné la diversité et la complexité des connaissances nécessaires à un système de compréhension automatique du langage. Le problème essentiel, lors de l'écriture d'un système de dialogue homme-machine, est de déterminer comment ces diverses sources de connaissances collaborent, quelles relations elles entretiennent, et quelles architectures informatiques permettent de les mettre en œuvre de la façon la plus efficace possible.

Si les premiers programmes de traitement automatique des langues utilisèrent des architectures en série ou hiérarchiques, impliquant des communications fixes et limitées entre les modules, il s'avère qu'un ordre précis des opérations à effectuer ne peut être efficace dans tous les cas possibles. Ainsi, une stratégie montante le plus tôt possible paraît convenable (dès qu'un GN est construit, son interprétation sémantique est calculée, les ambiguïtés éventuelles résolues puis sa dénotation recherchée, et enfin le modèle mental correspondant construit). Il est toutefois des situations où des modèles mentaux partiels des différents personnages doivent être pris en considération avant de pouvoir résoudre les références, comme dans :

Si j'étais vous, je ne me fierais pas à mes conseils ; je suis de parti pris
(Graham Greene, Un américain bien tranquille)

Pour tenter de résoudre ce type de problème, on peut envisager de ne réaliser qu'un seul module intégrant l'ensemble des connaissances nécessaires. (Rady 1983) et (Sabah et Rady 1983) ont montré que de nombreuses ambiguïtés artificielles pouvaient ainsi être efficacement évitées. Si nous appelons *point d'embarras* des situations où l'ensemble des éléments de décision ne permettent pas au programme, à un moment donné du traitement, de prendre la bonne décision, une ambiguïté artificielle est un point d'embarras qui **n'est pas** dû à la langue elle-même, mais au programme. Notre argumentation selon laquelle le langage **n'est pas** ambigu revient à dire que, dans l'esprit du locuteur, il est possible d'utiliser des connaissances pertinentes de façon telle qu'il n'existe pas de point d'embarras.

En fait, une certaine intégration est souhaitable mais sa mise en œuvre reste difficile : il faut expliciter comment interagissent les diverses connaissances dans les règles même de traitement. Les modifications sont donc relativement difficiles, surtout dans un domaine où une mise au point expérimentale est nécessaire. En outre, on ne connaît aucune théorie linguistique qui intègre réellement toutes les connaissances nécessaires à la compréhension.

Il serait également très difficile dans ce cadre de déterminer quand des ambiguïtés *doivent* être conservées, comme, par exemple, avec l'humour où si

on ne conserve qu'une seule interprétation, on perd manifestement quelque chose, comme dans :

« *Vous finirez mal, lui dit-elle, un jardinier qui sabote une pelouse est un assassin en herbe.* » (Devos) ou

« *Se coucher tard, nuit!* » (Devos)

Il est également des cas où il faut tenir compte de la phonétique (et éventuellement d'autres langues !) :

« *Donnez le si, il pousse un if
Faites le tri, il naît un arbre
Jouez au bridge, et le pont s'ouvre...* » (Boris Vian).

De même, on voit mal comment dans ce cadre déterminer les cas où une telle résolution est inutile, parce que, par exemple, toutes les interprétations sémantiques convergent au niveau pragmatique :

« *le système effectue constamment la même séquence d'essais ramenant périodiquement à la même situation* » (Pitrat 1990).

En conclusion, dans un domaine où il n'existe pas d'algorithme connu permettant d'atteindre le but visé, il est difficile d'intégrer toutes les connaissances et la coopération de sources de connaissances indépendantes s'impose. Elle permet une expression plus déclarative des connaissances : les connaissances de même nature sont regroupées en modules et coopèrent en s'échangeant des informations ; l'utilisation des connaissances n'est pas liée à ces connaissances elles-mêmes, elle est gérée indépendamment par le contrôleur.

Nous avons montré par ailleurs (Sabah 1990a, Sabah 1990b, Sabah 1993, Sabah et Briffault 1993) l'inadéquation des architectures classiques, et la nécessité de mettre en œuvre des systèmes dits "*multi-agents*" pour permettre cette modularité sans introduire d'ambiguïté artificielle dans la compréhension du langage. Notre modèle CAMEL (Compréhension Automatique de Récits, Apprentissage et Modélisation des Échanges Langagiers) illustre les divers modes de communication (tableaux noirs et échanges de messages entre acteurs) permettant un contrôle dynamique. Mais, il est également des cas où plus qu'un contrôle dynamique est nécessaire et où une "conscience" est utile. On aborde là un problème qui s'est révélé essentiel pour l'ensemble de l'intelligence artificielle : le traitement des méta-connaissances, permettant à un système d'observer son propre fonctionnement afin d'en tirer partie.

Pour montrer qu'il ne s'agit pas d'une situation aussi exotique qu'il y paraît, donnons quelques exemples réels où le texte lui-même décrit la procédure à utiliser pour le comprendre.

« *je ne crois pas que pas un crocodile n'a jamais marché sur son propre front ! s'écria Sylvie, bien trop excitée par la controverse pour limiter le nombre de ses négations* » (Lewis Carroll, Sylvie et Bruno)

« Et il m'a dit, ajouta-t-il, en jouant de petits accords aux endroits où je mettrai des points, que *Chécoavins* avait laissé. *Trois enfants. Sans mère. Et que la profession de Chécoavins. Etant impopulaire. La génération montante des Chécoavins. Etait dans une situation très difficile* » (Dickens, La maison d'Aprè-Vent)

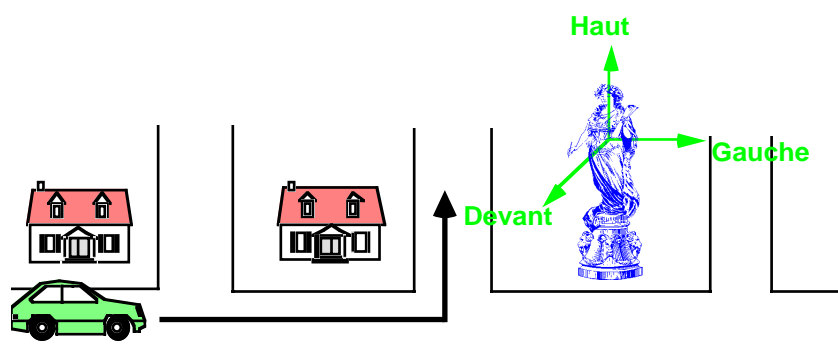
Dans une méta-représentation, seules sont représentées les parties du système nécessaires pour les raisonnements réflexifs, ce qui réduit la complexité du système). En outre, le contenu de la méta-représentation est lié au raisonnement qui l'utilise : elle est *spécialisée* (un tel système peut donc disposer de plusieurs méta-modèles du même objet). Cette représentation est donc *partielle* (c'est une représentation des seuls éléments pertinents).

Partant de là, nous avons proposé deux extensions pour une utilisation efficace de ce type de modèle. Plutôt qu'un ensemble "plat" d'agents liés chacun à son méta-système, un méta-système peut contrôler plusieurs agents (ce qui équivaut à une décomposition *a priori* du problème en sous-problèmes, et regroupe ensemble les agents analogues). Cela permet d'utiliser les avantages d'un contrôle semi-centralisé, avec la souplesse des systèmes d'acteurs.

La seconde extension consiste à considérer ces méta-systèmes comme des agents usuels. Ainsi, en appliquant cette "réflexion" récursivement à plusieurs niveaux, on obtient la possibilité de mettre en place une organisation hiérarchique des agents : pour atteindre un certain but, un agent donné dispose de plusieurs moyens qui sont les autres agents qu'il contrôle (c'est-à-dire qu'il a la possibilité de déclencher). Ces agents peuvent être eux-mêmes des systèmes réflexifs contrôlant d'autres agents, eux-mêmes simples ou à nouveaux réflexifs... La structure du système est donc complètement récursive.

Donnons un exemple simple d'utilisation de cette réflexivité, dans le cadre d'un projet de copilote électronique développé au LIMSI. Ce projet vise à donner des capacités dialogiques à un système de guidage tel que Carminat (Renault). Imaginons par exemple que la voiture doive tourner dans la deuxième route à gauche, comme indiqué dans la figure ci-dessous.

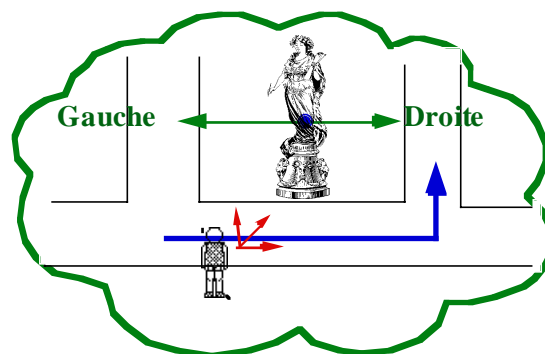
Si le système prend la statue et des axes intrinsèques comme repères, il prévoira de dire *tourner à droite de la statue.*, comme on le voit dans la figure ci-contre.



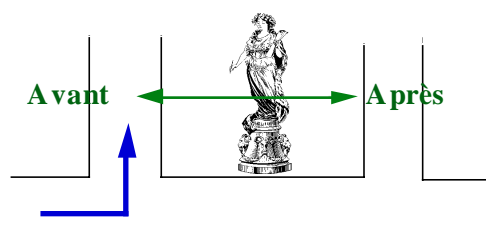
Le mécanisme réflexif du générateur entre alors en jeu ; avant de produire effectivement cette phrase, le système va calculer l'effet qu'elle va avoir sur le

contexte cognitif du pilote, en tenant compte de connaissances déjà acquises sur le modèle de cet interlocuteur particulier.

Si l'on sait déjà, par exemple, que ce pilote particulier n'utilise pas d'axes intrinsèques comme références spatiales, le système va trouver que la compréhension du pilote ne sera pas exacte. En effet, avec des axes liés à l'interlocuteur, sa phrase sera interprétée comme le montre la figure de droite :



Le système va donc chercher une paraphrase de son intervention, qui va être pré-interprétée de la même façon que précédemment. En considérant les axes liés à l'interlocuteur et le mouvement actuel de celui-ci, il constate qu'en prenant un axe *avant-après*, l'interprétation sera probablement correcte, et produit donc :



*Tourner juste **avant** la statue.*

Cet exemple simplifié montre l'utilité de la réflexivité, en particulier pour tenir compte des traits importants de la théorie "mentaliste" présentée au début de cet article.

D'un point de vue psychologique, les analogies entre ce modèle (multi-agent réflexif) et la notion de conscience nous semblent également fondamentales. Certes, Caramel ne prétend pas être un modèle du fonctionnement de la conscience humaine ! Néanmoins des similarités avec des idées qui apparaissent dans le domaine de la *méta-cognition* peuvent être notées. Malgré nombre de différences, liées aussi bien aux distinctions entre les composants de la machine humaine et de la machine informatique qu'à leur organisation, il semble exister une certaine ressemblance entre le modèle réparti et réflexif, base de Caramel, et une certaine conception de la conscience, particulièrement si l'on se situe au niveau de la séparation entre modules et méta-modules et que l'on s'intéresse aux aspects *fonctionnels* du contrôle. Cette caractéristique d'auto-représentation et d'auto-référence me semble une qualité déterminante de l'intelligence, ce dont les programmes d'intelligence artificielle doivent tenir compte.

2.3. Quelques apports de la neurobiologie

2.3.1. Pour une “vraie” sémantique

Comme nous l'avons souligné plus haut, une sémantique “subjective”, centrée sur l'individu, serait plus utile pour modéliser de façon plus analogique les processus de compréhension.

On ne cherche alors pas à représenter le sens comme un état du monde de référence, mais comme une modification d'un état de connaissance, c'est-à-dire, comme un *effet* sur le contexte cognitif du système.

Cela permettrait, d'une part, de traiter le problème du sens des symboles. En effet, dans tous les systèmes d'intelligence artificielle actuels, les sens des symboles manipulés leurs sont attribués de l'extérieur, par le programmeur. Même s'il est devenu banal de souligner que *les symboles n'ont pas de signification par eux-mêmes*, rien ne permet encore d'approcher une **sémantique intrinsèque**, bien que la question de l'ancrage des symboles (Harnad 1990, Amy, et al. 1993) voie des développements récents.

Soulignons par parenthèse qu'une des raisons probables de l'efficacité (dans leurs limites propres, bien entendu) des traitements purement syntaxiques réside dans l'analogie intrinsèque qui existe entre les structures de représentation construites et celles des phrases représentées.

Un autre point important à souligner est — encore une banalité, mais qui est quelquefois oubliée — que le langage reste lié à la réalité. Dans *Sylvie et Bruno* (Lewis Carroll) une discussion a lieu à propos des moyens d'économiser le temps perdu :

- « — *Par un procédé simple et court, que je ne peux vous expliquer, ils emmagasinent les heures inutiles, et en certaines occasions, ils les ressortent*
 — *pourquoi ne pouvez-vous pas expliquer le procédé ?*
 — *parce que vous n'avez pas de mots dans votre langage pour exprimer de telles idées » .*

Cette plaisanterie seulement pour d'insister sur le fait que nous ne pouvons naturellement exprimer des situations impossibles dans notre monde.

Il semble donc fondamental d'examiner de plus près les liens entre les significations et les perceptions afin d'expliquer comment un symbole permet de reconstruire plus ou moins partiellement un état mental précédent, sans que la scène représentée soit elle-même présente, puis de raisonner à propos de cette scène. Pour cet aspect, il paraît nécessaire d'approfondir les questions de mise en œuvre des “grammaires cognitives” (Langacker 1986, Kleiber 1993, Bordeaux 1993).

2.3.2. Le paradoxe de l'intelligence artificielle

Une autre question fondamentale naît de l'approche même de l'intelligence artificielle et de la linguistique informatique, qui tente de définir des mécanismes de représentation et des processus de raisonnement *a priori*, afin de réaliser

des systèmes de compréhension et de production des langues. Or, c'est le langage qui nous donne des facultés de représentation et de raisonnement qui augmentent singulièrement nos capacités cognitives. C'est la langue, qui est, entre autres choses, un moyen de représentation du monde, qui nous donne accès aux représentations symboliques, qui, à leur tour, nous permettent de résoudre nos problèmes plus efficacement. Ainsi, l'intelligence artificielle semble-t-elle prendre le problème à l'envers, le rendant ainsi peut-être impossible par nature... Je ne dis pas que tel quel, il EST impossible, je souligne seulement que ce n'est pas la voie choisie par la nature. Si la voie actuelle de l'intelligence artificielle est possible, alors c'est probablement la bonne, mais il ne faut pas oublier que ce n'est qu'une hypothèse pour laquelle on n'a pas encore trouvé de fondements irréfutables ! Il est donc naturel d'envisager aussi les situations où cette hypothèse serait fautive ; deux questions essentielles se posent alors :

- la première est que l'apprentissage est le processus de base et doit permettre d'expliquer comment sont compris les effets pragmatiques de nos premières utilisations de mots. Il faut ensuite expliquer comment cela permet le développement de la faculté de langage, et ce de façon récursive : de nouvelles capacités de langage nous donnent de nouvelles capacités symboliques, qui à leur tour résultent en des capacités de langage accrues, qui...
- ainsi, la première question qui se pose est : *quelle structure prédéfinie permettrait à un tel processus d'amorçage de se produire ?*

Nous tentons d'en donner quelques idées dans le paragraphe suivant.

2.3.3. Des perceptions à la conscience...

Les idées présentées ici sont issues de (Edelman 1989, 1992). J'ai trouvé très intéressant le un point de vue unifié depuis les perceptions jusqu'aux notions de consciences primaire et de plus haut niveau, en passant par les capacités conceptuelles et symboliques, et le langage. N'étant pas neurobiologiste je n'en donnerai ici que mon interprétation personnelle, liée à l'intelligence artificielle, mais qui m'a semblé pouvoir donner des éléments de réponse aux questions soulevées ci-dessus.

L'idée essentielle est de partir de la notion de concept et d'expliquer comment les symboles en émergent. Ayant ainsi une véritable sémantique, on peut expliquer comment ces deux notions permettent le langage.

La première étape est en accord avec (Stewart 1993), qui présente un agent autonome interagissant avec le monde extérieur de façon telle que ses actions influent sur ses perceptions qui à leur tour vont déterminer en partie ses actions (là encore il s'agit d'un processus récursif). Edelman propose alors de considérer la corrélation comme le mécanisme central de toute la cognition et les concepts comme les points fixes (catégorisations) des corrélations entre les perceptions internes, les perceptions externes et les valeurs essentielles de l'individu. L'intervention de ces valeurs plus ou moins hiérarchisées (survie, faim, soif, désirs...) est essentielle ici : elle permet de concevoir des

convergences des divers processus proposés en optimisant ces critères, sans qu'aucune téléologie ait besoin d'intervenir (cf. (Norman 1993) « *Human memory is organised around the important things in life* »).

Un premier mécanisme d'ordonnement (*pré-syntaxe*) permet ensuite de regrouper ces concepts de certaines façons correspondant à des expériences préalables. La reconstruction partielle de ces *scènes* permet alors de raisonner sur ces représentations comme si les scènes elles-mêmes étaient présentes.

Les capacités symboliques consistent alors à lier plus ou moins arbitrairement un signe à un tel état mental et à utiliser ce signe dans des processus de raisonnement, de planification et de communication.

De nouvelles corrélations entre ces signes, leurs utilisation et leurs effets sur le monde expliquent comment leur sont attachés des aspects pragmatiques. Ainsi a-t-on toutes les bases nécessaires pour le développement du lexique et de la syntaxe, permettant un langage de plus en plus élaboré. Ce langage va permettre le développement de nouveaux concepts et symboles, s'enrichissant mutuellement. L'aspect récursif de ce mécanisme explique également les possibilités de symboliser certains aspects de la communication, et de communiquer à propos de la communication elle-même. Un point qui me paraît fondamental ici est la primauté des aspects conceptuels et pragmatiques : ce sont eux qui expliquent l'apparition des symboles et la communication. Ensuite — et ensuite seulement — sémantique et syntaxe peuvent se développer.

Cet aspect résulte également en un modèle de la conscience — ce qui est pertinent avec les notions de réflexivité développées au paragraphe 2.2. Un programme de recherche, fondé sur ces idées et visant à développer un modèle général liant conscience et compréhension du langage, est ainsi en cours de développement au LIMSI (Sabah 1996).

3. Conclusion

J'ai essayé, dans cet article, de faire le point sur les aspects dominants actuellement en traitement automatique des langues, tout en montrant que cette approche, utile pour certaines applications centrées sur le texte, néglige certains aspects cruciaux du langage.

J'ai alors argumenté pour que la réflexivité soit considérée comme centrale pour les mécanismes intelligents, le traitement automatique des langues et pour la communication homme-machine. Actuellement, la sémantique est le goulet d'étranglement pour les mises en œuvre en vraie grandeur, et j'ai développé l'idée que la prise en considération des aspects perceptuels, en liaison avec les mécanismes d'apprentissage, permettraient une meilleure base sémantique.

Pour aller encore plus loin, je dirais que le traitement automatique des langues et la communication homme-machine doivent mettre en œuvre les processus de base qui sont nécessaires à tous les autres processus intelligents, à l'image de l'être humain chez qui le langage est l'outil essentiel qui permet une réelle "habileté cognitive".

Références

- Allen James F. et Raymond C. Perrault 1980, Analyzing intention in utterances, *Artificial Intelligence*, 15, p. 143-178.
- Amy Bernard, Jean-Cédric Chappelier, Alain Grumbach et Bruno Orsier 1993, Actes du colloque « Formation des symboles dans les modèles de la cognition », Grenoble.
- Anscombe Jean-Claude et Oswald Ducrot 1976, L'argumentation dans la langue, *Langages*, 42, p. 5-27.
- Anscombe Jean-Claude et Oswald Ducrot 1983, *L'argumentation dans la langue*, Pierre Mardaga, Bruxelles.
- Austin John 1962, *How to do things with words*, Oxford university press, Oxford.
- Austin John 1970, *Quand dire c'est faire*, Le Seuil, Paris (Traduction de *How to do things with words*). (Traduction de *How to do things with words*).
- Bach K. et Robert Harnish 1979, *Linguistic Communication and Speech Acts*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Barthes Roland 1966, Introduction à l'analyse structurale des récits, *Communications*, Paris.
- Benveniste Emile 1966, *Problèmes de linguistique générale 1.*, Gallimard, Paris.
- Benveniste Emile 1970, L'appareil formel de l'énonciation, *Langages*, 17. (repris dans *Problèmes de linguistique générale*, tome 2, Gallimard, 1974).
- Bernicot Josie 1992, *Les actes de langage chez l'enfant*, Presses Universitaires de France, Paris.
- Bordeaux François 1993, Introduction aux théories de Langacker ; notions de grammaire cognitive, rapport interne LIMSI-93-12.
- Cohen Philip et Raymond Perrault 1979, Elements of a plan-based theory of speech acts, *Cognitive science*, 3, p. 177-212.
- Ducrot Oswald 1972, *Dire et ne pas dire*, Hermann, Paris. (dernière r dition 1991).
- Edelman Gerald 1989, *The remembered present: a biological theory of consciousness*, Basic Books, Paris.
- Edelman Gerald 1992, *Biologie de la conscience*, Editions Odile Jacob, Paris. (paru sous le titre original : Bright Air, Brilliant Fire: on the Matter of Mind - Basic Books 1992).
- Fargues Jean et Gérard Sabah 1992, Intelligence artificielle et langage naturel, *La Recherche*, juillet-août 92, n  245, p. 818-825.
- Fournier Jean-Pierre 1986, Correction automatisée dans les systèmes question-réponse en langage naturel, Actes deuxième colloque d'intelligence artificielle (CIIAM), Marseille.
- Grandchamp Jean-Michel 1994, Enonciation et dialogue homme-machine, Actes Le dialogique, Le Mans.
- Grau Brigitte, Gérard Sabah et Anne Vilnat 1994a, Control in man-machine dialogue, *THINK*, 3, 1, p. 32-55.
- Grau Brigitte, Gérard Sabah et Anne Vilnat 1994b, Pragmatique et dialogue homme-machine, *TSI*, numéro spécial sur les interfaces homme-machine, p. 9-30.
- Grice Paul 1957, Meaning, *Philosophical review*, 66, p. 377-388 (1971, in *Semantics : an interdisciplinary reader*, Steinberg & Jakobovits, CUP, Cambridge, pp. 53-59.). (1971, in *Semantics : an interdisciplinary reader*, Steinberg & Jakobovits, CUP, Cambridge, pp. 53-59.).
- Grice Paul 1975, Logic and conversation, *Syntax and semantics (3) speech acts*, Academic press, New York, p. 41-58.
- Harnad S. 1990, The symbol grounding problem, *Physica, D* 42, p. 335, 346.
- Harnish Robert 1985, Pragmatics and modularity, Actes Communication et Cognition, ARI Communication, CNRS, Carg se, p. 82-161.
- Johnson-Laird Philip 1983, *Mental models*, Cambridge university press.
- Katz Jerrold 1977, *Propositional structure and illocutionary force*, Harvester, Hassocks.

- Kayser Daniel 1984, Un point de vue d'informaticien sur la notion de sens, Actes Colloque de l'ARC, Orsay.
- Kleiber Georges 1993, Iconicité d'isomorphisme et grammaire cognitive, *Faits de langues, Motivation et iconicité*, 1, PUF, Paris, p. 105-121.
- Langacker Ronald W. 1986, *Foundations of cognitive grammar (volume 1)*, Stanford university press.
- Moeschler Jacques 1986a, Pragmatique conversationnelle : aspects théoriques, descriptifs et didactiques, *Etudes de linguistique appliquée*, 63, p. 40-49.
- Moeschler Jacques 1986b, Stratégie argumentative et structure de la conversation : parce-que et la reprise dialogique, Actes colloque Logique naturelle et argumentation, Royaumont. (cp).
- Nicaud Lydia et Violaine Prince 1989, Modélisation inductive de l'élève, Actes Journées EIAO du PRC IA, Cachan.
- Nicaud Lydia et Violaine Prince 1990, TEDDI : an ITS for definitions learning, Actes PRICAI'90, Nagoya, p. 877-882.
- Norman Donald 1993, *Things that make us Smart: defending human attributes in the age of the machine*, Addison Wesley, Reading Mass.
- Pierrel Jean-Marie 1987, *Dialogue oral homme-machine*, Hermès, Paris.
- Pierrel Jean-Marie et Gérard Sabah 1991, Dialogue en langage naturel écrit ou oral, bilan des approches du CRIN et du LIMSI, Actes Communication Homme-machine, EC2 - Greco PRC CHM, Toulouse, p. 91-111.
- Pitrat Jacques 1990, *Métaconnaissance, futur de l'intelligence artificielle*, Hermès, Paris.
- Rady Mohamed 1983, *L'ambiguïté du langage naturel est-elle la source du non-déterminisme des procédures de traitement ?*, Thèse de doctorat ès sciences, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI).
- Récanati François 1979, *La transparence et l'énonciation. Pour introduire à la pragmatique*, Le Seuil, Paris.
- Récanati François 1982, *Les énoncés performatifs, contribution à la pragmatique*, Les éditions de minuit, Paris.
- Roulet Eddy, Antoine Auschlin, Jacques Moeschler, Christian Rubattel et Marianne Schelling 1985, *L'articulation du discours en français contemporain*, Peter Lang, Berne.
- Sabah Gérard 1988, *L'intelligence artificielle et le langage, I, Représentation des connaissances*, Hermès, Paris.
- Sabah Gérard 1989, *L'intelligence artificielle et le langage, II, Processus de compréhension*, Hermès, Paris.
- Sabah Gérard 1990a, CAMEL : A computational model of natural language understanding using a parallel implementation, Actes ECAI, Stockholm, p. 563-565.
- Sabah Gérard 1990b, CAMEL : a flexible model for interaction between the cognitive processes underlying natural language understanding, Actes Coling, Helsinki.
- Sabah Gérard 1993, Vers une conscience artificielle ?, *Modèles et concepts pour la science cognitive : hommage à Jean-François Le Ny*, PUG, Grenoble, p. 207-222.
- Sabah Gérard 1996, Consciousness: a Requirement for Understanding Natural Language, *Computation, Cognition and Consciousness*, John Benjamins. (à paraître).
- Sabah Gérard et Xavier Briffault 1993, Caramel : a Step towards Reflexion in Natural Language Understanding systems, Actes IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence, Boston, p. 258-265.
- Sabah Gérard et Mohamed Rady 1983, A deterministic syntactic-semantic parser applied to French, Actes 8° IJCAI, Karlsruhe, p. 707-710.
- Searle John 1969, *Speech acts*, Cambridge university press, Cambridge. (1972 Les actes de langage, Hermann, Paris).
- Searle John 1975, Indirect speech acts, *Syntax and semantics*, Semina press, New York, p. 59-82.
- Searle John 1985, *Du cerveau au savoir*, Hermann,

- Shannon Claude 1938, *A symbolic analysis of relay and switching circuits*, Ph D., MIT. (Publié dans Transactions of the American institute of lectrical engineers 57).
- Spérandio Jean-Claude et Chantal Letang-Figeac 1986, Simulation expérimentale de dialogues oraux en communication homme-machine, Rapport de fin d'études GRECO-PRC Communication homme-machine, NANCY PRC-CHM.
- Sperber Dan et Deidre Wilson 1982, Mutual knowledge and relevance in theories of comprehension, *Mutual knowledge*, Academic press, Londres, p. 61-131.
- Sperber Dan et Deidre Wilson 1986, *Relevance, communication and cognition*, Basil Blackwell, Oxford.
- Stewart John 1993, L'émergence des symboles, Actes du colloque « Formation des symboles dans les modèles de la cognition », Grenoble, p. 51-61.
- Véronis Jean 1988, *Le traitement de l'erreur dans le dialogue homme-machine en langage naturel, application à l'enseignement assisté de la géométrie*, Thèse d'Université, Université d'Aix-Marseille.
- Vilnat Anne 1984, *L'élaboration d'interventions pertinentes dans une conversation homme-machine*, thèse de 3ème cycle, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI).
- Vilnat Anne 1989, Relevant responses in man-machine conversation, *The structure of multimodal dialogue*, North-Holland, Amsterdam, p. 399-406..
- Weaver Warren 1955, Translation, *Machine translation of languages*, Technology press of MIT and Wiley and sons, New York, p. 15-23 (première publication en 1949).