

Construction d'une représentation sémantique en Graphes Conceptuels à partir d'une analyse LFG*

Pierre Zweigenbaum et Jacques Bouaud

DIAM: SIM/AP-HP & Dép. de Biomathématiques, Université Paris 6
91, boulevard de l'Hôpital, 75634 Paris Cedex 13
{pz,jb}@biomath.jussieu.fr

Résumé

Diverses méthodes ont été proposées pour construire un « graphe conceptuel » représentant le « sens » d'une phrase à partir de son analyse syntaxique. Cependant, peu d'entre elles reposent sur un véritable formalisme linguistique. Nous nous intéressons ici à la construction d'une telle représentation sémantique à partir de la représentation syntaxique produite par une analyse LFG, et montrons comment une transposition du « joint dirigé » des graphes conceptuels permet d'effectuer cette construction à partir de la « structure sémantique » des LFG.

1. Introduction

1.1. Construction de graphes conceptuels

De nombreux travaux sur l'analyse de textes se fondent sur le formalisme des Graphes Conceptuels (GC) (Sowa, 1984) (entre autres, (Bérard-Dugourd *et al.*, 1988; Rassinoux, 1994; Schröder, 1992; Bouaud *et al.*, 1996)). La plupart des approches se fondent sur une analyse syntaxique de chaque phrase pour construire sa représentation conceptuelle. Dans toutes les méthodes, la composition sémantique se concrétise par des opérations de « joint » (une sorte d'« unification ») plus ou moins contraint entre les représentations élémentaires associées à chaque mot dans le lexique sémantique.

Sowa (1984) a proposé les graphes conceptuels comme un formalisme de représentation des connaissances pivot entre logique et langue naturelle. Il a bien sûr été le premier à indiquer comment la jointure des graphes associés aux mots d'une phrase pouvait servir à construire le graphe devant représenter la phrase entière. Il propose d'employer la version la plus forte de cette opération, ou « joint maximal », pour combiner ces graphes. Le joint maximal a cependant le défaut de pouvoir produire plusieurs solutions (voir p.ex. (Chein & Mugnier, 1992)). De plus, cette opération risque de joindre davantage de nœuds que ce

*. À paraître dans TALN 97, Grenoble, juin 1997.

qui aurait été pertinent pour la représentation de la phrase. Enfin, la méthode suggérée par Sowa donne peu d'indications sur la façon de déterminer les couples de graphes à joindre, en particulier pour rendre compte des dépendances effectivement présentes dans une phrase.

Pour supprimer ces problèmes, Fargues (Bérard-Dugourd *et al.*, 1988) a proposé d'employer une version spécifique du joint, le « joint dirigé » par la syntaxe, qui suppose d'une part une forte compositionnalité (comme la plupart des méthodes) et d'autre part que la syntaxe guide cette compositionnalité :

- le choix des deux graphes à joindre est déterminé par l'analyse syntaxique de la phrase ;
- les deux nœuds sur lesquels le joint est initié sont également fixés, en fonction des catégories syntaxiques des mots et de marqueurs de rôles syntaxiques ajoutés aux graphes dans le lexique sémantique ;
- dans la version généralement employée, le joint est restreint à ces deux nœuds.

Illustrons cette méthode sur les entrées lexicales de l'exemple (1), extrait du lexique de MENELAS (voir ci-dessous), spécifique au domaine des maladies coronariennes. Si *sténose* est c.o.d. du verbe *dilater* dans une phrase à la voix active, le concept étiqueté '<=>head' du graphe de définition du substantif *sténose*, soit [stenosis], sera joint au concept étiqueté '<=>obj' du graphe du verbe *dilater*, soit [entity]. Dans *sténose serrée*, le concept étiqueté '<=>head' du graphe de l'adjectif *serré* sera joint au concept [stenosis].

```
(1) subs('sténose',1) = [stenosis: <=>head].
    verb('dilater',active,1) =
      [doctor:<=>subj]<-(agnt)-[angioplasty:<=>verb]-(obj)->[entity:<=>obj].
    adj('serré',1) =
      [entity:<=>head]-(attr)->[diameter]-(categorised_as)->[low:<=>adj].
    prep('sur',1) =
      [state: <=>lhead]-(involves)->[anatomical_element: <=>rhead].
```

Dans le système KALIPSOS (Bérard-Dugourd *et al.*, 1988), l'analyse syntaxique est réalisée à l'aide d'une grammaire contextuelle implémentée sur un modèle proche des grammaires à clauses définies (DCG), et produit un arbre de constituants décoré. Cette représentation reste relativement proche de la forme de surface : par exemple, elle n'effectue qu'un traitement limité du passif, et ne rend pas compte des phénomènes de contrôle. C'est la partie « sémantique » de l'analyseur, au moment de la construction des graphes conceptuels, qui se charge de ces questions.

Dans le système MENELAS (Zweigenbaum & Consortium MENELAS, 1995), la première partie de l'analyse de chaque phrase est effectuée par KALIPSOS. La partie sémantique de KALIPSOS est toutefois réduite à la production d'un graphe dont le contenu est proche de ce que l'on considère généralement comme la structure syntaxique profonde de la phrase analysée. La composition sémantique est alors effectuée dans un second temps, dynamiquement, en s'appuyant sur un modèle élaboré des connaissances du domaine (Bouaud *et al.*, 1996).

METEXA (Schröder, 1992) effectue une analyse syntaxique de type DCG pour construire une structure de traits élémentaire. La production de la représentation en graphes conceptuels se fonde d'une part sur des patrons syntaxiques, que l'on pourrait mettre en parallèle avec les différents types de définitions de KALIPSOS, et sur des graphes canoniques, qui centralisent hors du lexique les connaissances sur le domaine.

Dans un but de robustesse, RECIT (Rassinoux, 1994) ne passe pas par une réelle analyse syntaxique. Cependant, il emploie également une méthode qui dirige les jointures à effectuer (règles de compatibilité sémantique et schémas conceptuels), en ayant recours entre autres à des critères syntaxiques simples (proximité). Du fait de l'absence d'un traitement syntaxique élaboré, l'analyseur ne peut traiter des phrases syntaxiquement complexes (par exemple, propositions imbriquées).

1.2. Analyse sémantique à l'aide d'une LFG

La grammaire lexicale-fonctionnelle (Kaplan & Bresnan, 1982) fait partie de la famille des grammaires d'unification (Shieber *et al.*, 1986). Elle se distingue par le rôle donné aux fonctions grammaticales, et par la production de deux représentations de la phrase analysée : le classique arbre de constituants (structure-c), et une structure de traits représentant sa structure « fonctionnelle » (structure-f). Proposée par (Kaplan, 1987; Halvorsen & Kaplan, 1988), la structure « sémantique » (structure-s) constitue une sorte de structure profonde, ou structure thématique, de la phrase. Elle est centrée sur les relations prédicats-arguments issues de la structure-f.

Un certain nombre de travaux concernent les propriétés et la construction de cette structure profonde (par exemple, (Halvorsen & Kaplan, 1988)), et plus récemment la reformulation des contraintes de complétude et de cohérence en termes de consommation de ressources en logique linéaire (Dalrymple *et al.*, 1993). (Delmonte & Bianchi, 1991) incluent directement des rôles thématiques dans les structures fonctionnelles : les fonctions employées sont des spécialisations sémantiques des fonctions grammaticales LFG habituelles. Cavazza et Zweigenbaum (1994) partent de la structure-s produite par l'analyseur LFG LN-2-3 (Zweigenbaum, 1991); l'analyse sémantique se fonde sur un modèle compositionnel qui assemble des molécules sémiques avant de construire un modèle conceptuel de la situation décrite.

1.3. Construction de graphes conceptuels à partir d'une analyse LFG

Notre propos est d'examiner comment la représentation syntaxique produite par une analyse LFG peut fournir la base de la construction d'une représentation conceptuelle dans un formalisme du type des graphes conceptuels.

- Contrairement aux approches décrites ci-dessus pour la construction de graphes conceptuels, nous nous fondons sur un modèle syntaxique fournissant une « structure profonde » élaborée. Cette représentation, que la syntaxe considère souvent comme « sémantique », reste cependant liée aux mots de la langue, considérés comme des prédicats ou relations logiques.
- Parmi les analyseurs fondés sur le modèle LFG, rares sont ceux qui s'intéressent à la construction d'une représentation conceptuelle. (Briffault *et al.*, 1997) produit des GC à partir de d'une analyse LFG. On peut également citer (Poibeau, 1994), qui

construit une représentation GC de mots composés (« Dénominations Complexes Motivées ») à partir de leur analyse LFG.

Nous décrivons tout d’abord une méthode d’analyse transposant le joint dirigé de Fargues (Bérard-Dugourd *et al.*, 1988), et son implémentation (section 2). Nous montrons comment cette méthode peut se décomposer en deux opérations simples (section 3). Nous discutons enfin certains avantages et limitations de cette méthode (section 4).

2. Un joint dirigé générique

2.1. La représentation syntaxique de départ

Nous partons de la structure-s de la phrase, qui est centrée sur la structure prédicat-arguments de la structure-f. Pour une structure-f élémentaire, nous prenons en considération le prédicat¹, ses arguments, et les ajouts. Une analyse plus juste et plus complète devrait sans doute tenir compte de la quasi-totalité du contenu de la structure-f : quantification, définition, temps, mode, voix, etc. Un mot ambigu peut posséder plusieurs entrées lexicales dans le lexique syntaxique, et mener à plusieurs analyses syntaxiquement valides pour une phrase donnée.

2.2. Le lexique sémantique

Le *lexique sémantique* fait le pont entre les prédicats employés dans les structures-f et les types et relations employés dans la représentation conceptuelle visée. Les prédicats sont eux-mêmes liés aux mots de la langue dans le *lexique syntaxique* employé par l’analyseur LFG. À chaque prédicat est associé un graphe conceptuel de définition. Les symboles (types de concepts et relations) employés dans les GC doivent être définis par ailleurs dans une ontologie (voir par exemple (Bouaud *et al.*, 1995; Bachimont, 1996)); de cette ontologie dépend la plus ou moins grande distance prise par rapport à la langue, et les possibilités de « normalisation » de la représentation conceptuelle. Certains concepts d’un graphe de définition sont distingués par des « marqueurs syntaxiques »², à la façon du joint dirigé de (Bérard-Dugourd *et al.*, 1988) (voir l’exemple (2)) :

- un concept de « tête » est généralement distingué dans le graphe. Il est étiqueté par un marqueur \wedge_{pred} ;
- un prédicat d’arité n comporte de plus n marqueurs, un pour chaque argument. Le marqueur \wedge_{argi} indique le concept du graphe qui est réalisé syntaxiquement par le i ème argument du prédicat.

D’un point de vue technique, un marqueur syntaxique constitue un champ supplémentaire d’un concept, et s’ajoute au type et au référent éventuel. Ainsi, dans l’exemple (2), ‘STENOSE/0’ correspond à un GC formé d’un concept unique de type **stenosis** ; ‘DILATER/2’ correspond à un GC de tête [**angioplasty**], son premier argument sera joint au concept [**doctor**] et le second au concept [**entity**]. Un prédicat ambigu peut posséder plusieurs entrées lexicales dans le lexique sémantique, et mener à plusieurs analyses sémantiquement valides pour une structure-s donnée.

1. Nous explicitons l’arité de chaque prédicat dans le nom qui lui est donné : ainsi, ‘STENOSE/0’ est un prédicat sans argument, et ‘DILATER/2’ a deux arguments : ce qui dilate et ce qui est dilaté.

2. Nous les noterons derrière un accent circonflexe (\wedge).

(2) Entry STENOSE/0 is [stenosis ^pred].
 Entry DILATER/2 is
 [doctor ^arg1] <-(agt)<-[angioplasty ^pred]->(obj)->[entity ^arg2].
 Entry SERRE/1 is
 [entity ^arg1]->(attr)->[diameter]-(categorised_as)->[low ^pred].
 Entry SUR/2 is [state ^arg1]->(involves)->[physical_object ^arg2].

Ce modèle de marquage est unique quelle que soit la catégorie syntaxique du mot. Il se substitue aux différentes formes spécifiques de marquage pratiquées dans KALIPSOS : marquage des noms, des verbes, des adjectifs, etc.

2.3. Composition sémantique : prédicat-arguments

L'opération de base de la composition sémantique est la construction du graphe conceptuel (GC) correspondant à une structure-s élémentaire. Elle suit le principe du joint dirigé, transposé à la structure prédicat-arguments et aux marqueurs associés :

1. Pour un prédicat d'arité zéro : le graphe de définition est repris tel quel (exemples (3)–(4)). Les noms sont typiquement représentés par un prédicat d'arité zéro ; il en est de même des verbes atmosphériques (pleuvoir, etc.).

(3) *la sténose* :

(4) $\left[\text{rel 'STENOSE/0'} \right] \rightarrow [\text{stenosis: } ^{\text{pred}}]$

2. Pour un prédicat d'arité n , on itère sur ses arguments : pour l'argument i du prédicat, la « tête » (concept portant le marqueur $^{\text{pred}}$) du graphe représentant l'argument est jointe au concept portant le marqueur $^{\text{arg}_i}$ dans le graphe de définition du prédicat. Le résultat des jointures successives est un graphe dont la tête est celle du graphe de définition initial. Cette tête sera utile lorsque la structure-s qui porte ce prédicat sera elle-même considérée dans son rôle d'argument du prédicat de la structure-s qui la contient. Ainsi, avec les entrées lexicales (2), la phrase (5) aboutit à la structure-s et au GC (6). Un adjectif est typiquement représenté par un prédicat d'arité un (l'argument correspond au nom modifié), un verbe par un prédicat d'arité un (intransitif) ou deux (transitif).

(5) *le chirurgien dilate la sténose*

(6) $\left[\begin{array}{l} \text{rel 'DILATER/2'} \\ \text{arg1 } \left[\text{rel 'CHIRURGIEN/0'} \right] \\ \text{arg2 } \left[\text{rel 'STENOSE/0'} \right] \end{array} \right] \rightarrow \begin{array}{l} [\text{angioplasty: } ^{\text{pred}}]- \\ (\text{agt}) \rightarrow [\text{surgeon}] \\ (\text{obj}) \rightarrow [\text{stenosis}] \end{array}$

2.4. Ajout

Une structure-s, comme une structure-f, peut être « réentrante » : une structure imbriquée peut être partagée. La méthode suivie reste la même : le partage de structure-s se traduit simplement par un partage de concept.

Une structure-s peut de plus comporter des « ajouts », ou « modifieurs », également issus de la structure-f. Dans l'exemple (7), l'adjectif *serrée* est représenté par un prédicat unaire dont l'argument est la sténose (l'indice $\mathbb{1}$ note le partage de structure). Notons que le trait *ajout* a pour valeur un ensemble de structures-s. Notre grammaire et notre lexique syntaxique sont tels que la structure-s d'un ajout fait toujours référence à la structure-s qui le contient : chaque ajout introduit ainsi un cycle dans la structure-s. Nous traitons également ainsi les syntagmes prépositionnels non sous-catégorisés, les adverbes, les propositions subordonnées circonstancielles et relatives (Zweigenbaum, 1991).

(7) *le chirurgien dilate une sténose serrée* :

$$\left[\begin{array}{l} \text{rel} \quad \text{'DILATER/2'} \\ \text{arg1} \quad \left[\text{rel} \quad \text{'CHIRURGIEN/0'} \right] \\ \text{arg2} \quad \mathbb{1} \left[\begin{array}{l} \text{rel} \quad \text{'STENOSE/0'} \\ \text{ajout} \quad \left\{ \left[\begin{array}{l} \text{rel} \quad \text{'SERRE/1'} \\ \text{arg1} \quad \mathbb{1} \end{array} \right] \right\} \end{array} \right] \end{array} \right]$$

Dans ces conditions, la construction du GC associé à la structure-s d'un ajout suit une fois encore la même méthode qu'une structure-s n-aire normale (2 ci-dessus). La référence à la structure-s supérieure suffit à lier ce GC à celui du reste de la phrase, et donc à assurer la connectivité du GC global de la phrase. Le GC associé à (7) sera ainsi :

$$(8) \quad \begin{array}{l} [\text{angioplasty: } \wedge \text{pred}] - \\ (\text{agt}) \rightarrow [\text{surgeon}] \\ (\text{obj}) \rightarrow [\text{stenosis}] \rightarrow (\text{attr}) \rightarrow [\text{diameter}] \rightarrow (\text{categorised_as}) \rightarrow [\text{low } \wedge \text{pred}] \end{array}$$

2.5. Implémentation

La méthode du joint dirigé générique a été implémentée en Common Lisp sur la plateforme de manipulation de graphes conceptuels de MENELAS (Bouaud, 1994) à l'occasion d'un stage de DEA (Meheddeb, 1994). Le lexique a la forme présentée dans les exemples précédents. La stratégie d'analyse consiste à parcourir récursivement de façon descendante la structure-s d'entrée, et à construire les GC lors de la remontée. Pour une structure-s donnée, on construit d'abord les GC des arguments, puis celui de la structure-s sans ajouts, et enfin on traite les ajouts.

3. Une reformulation du joint dirigé générique

Formellement, le graphe de définition d'un prédicat n-aire est une relation d'arité $n + 1$ entre le prédicat (marqueur $\wedge \text{pred}$) et ses arguments (n marqueurs $\wedge \text{arg}_i$). On peut donc modéliser un prédicat comme une relation « sémantique » d'arité $n + 1$, et spécifier son pendant conceptuel à l'aide d'une *définition de relation*. Par exemple³,

$$(9) \quad \text{Relation } R_{\text{DILATER}_2} (*\text{pred} *arg_1 *arg_2) \text{ is} \\ [\text{doctor } *arg_1] \leftarrow (\text{agt}) \leftarrow [\text{angioplasty } *\text{pred}] \rightarrow (\text{obj}) \rightarrow [\text{entity } *arg_2].$$

3. Les paramètres de définition sont préfixés d'une astérisque (*).

Relation R_SERRE_1 ($*pred *arg_1$) is
 $[entity *arg1] \rightarrow (attr) \rightarrow [diameter] \rightarrow (categorised_as) \rightarrow [low *arg2]$.
 Relation $R_STENOSE_0$ ($*pred$) is $[stenosis *pred]$.

On peut alors considérer la construction du GC associé à une structure-s comme la composition de deux opérations, que nous décrivons ci-dessous.

3.1. Réécriture

Dans une première étape de réécriture logique, la structure-s devient un ensemble de clauses, dans laquelle chaque structure-s élémentaire de prédicat n-aire est convertie sur le modèle ci-dessus (exemple (9)) en une relation d'arité $n + 1$. Chaque structure-s est identifiée par une constante. En reprenant l'exemple (7), on a :

$$(10) \quad f_1 \left[\begin{array}{l} \text{rel} \quad \text{'DILATER/2'} \\ \text{arg1} \quad f_2 \left[\text{rel} \quad \text{'CHIRURGIEN/0'} \right] \\ \text{arg2} \quad f_3 \left[\begin{array}{l} \text{rel} \quad \text{'STENOSE/0'} \\ \text{ajout} \quad \left\{ f_4 \left[\begin{array}{l} \text{rel} \quad \text{'SERRE/1'} \\ \text{arg1} \quad f_3 \end{array} \right] \right\} \end{array} \right] \end{array} \right] \right] \leftrightarrow \begin{array}{l} R_dilater_2 (f_1, f_2, f_3) \wedge \\ R_chirurgien_0 (f_2) \wedge \\ R_stenose_0 (f_3) \wedge \\ R_serre_1 (f_4, f_3) \end{array}$$

Cette représentation logique peut être représentée par un graphe équivalent dans le formalisme des GC. Chaque relation donne une relation GC, et chaque constante donne un concept. Aucune contrainte n'est jusqu'ici imposée sur le type de ces concepts, qui sont donc de type **entity** (le type le plus général). L'équivalent graphique de l'exemple précédent est indiqué sur la figure 1.

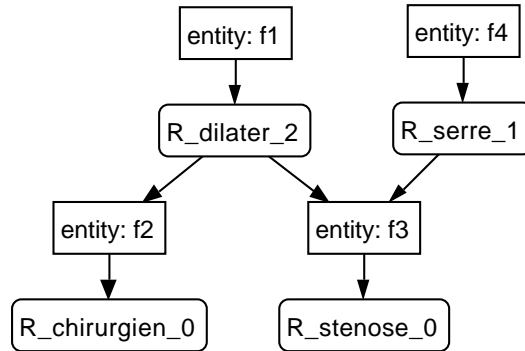


FIG. 1 –: Représentation graphique d'une structure-s.

3.2. Expansion conceptuelle

Dans une deuxième étape, on effectue une expansion de relation sur chacune des relations ainsi obtenues : on remplace une relation définie par son graphe de définition. Chaque définition peut alors jouer son rôle :

- imposer des contraintes (restrictions de sélection) sur le type conceptuel des arguments d'un prédicat ;
- spécifier la structure conceptuelle interne à chaque prédicat : quelles relations conceptuelles (ou chemins de relations et concepts) lient quels arguments⁴.

Un concept qui participe à plusieurs relations (par exemple, ceux associés à f_2 et f_3) aura pour type la borne inférieure des types imposés par l'expansion de chacune de ces relations (d'après les définitions fournies, $f_2 :: \text{doctor, surgeon}$, et $f_3 :: \text{entity, stenosis}$). L'ensemble des expansions ne sera donc possible que si ces types sont compatibles (ont une borne inférieure différente du type absurde). Ici, on a bien $\text{surgeon} < \text{docteur}$, donc $f_2 :: \text{surgeon}$, et $\text{stenosis} < \text{entity}$, donc $f_3 :: \text{stenosis}$. On arrive alors au résultat de l'exemple (8).

Le joint dirigé générique décrit à la section 2 réalise en une passe ces deux étapes méthodologiquement fort différentes : un simple changement de notation, puis l'introduction d'un palier de connaissance sémantique, effectué par l'expansion de relations définies dans un lexique sémantique.

4. Discussion

La méthode proposée est beaucoup plus simple que les traitements effectués dans l'analyseur sémantique de KALIPSOS. Cela tient au fait que le point de départ de l'analyse, à savoir une structure-s issue d'une analyse LFG, est plus proche du but visé que les arbres décorés produits par l'analyseur syntaxique de KALIPSOS (la même remarque tient pour METEXA). Le modèle LFG traite au niveau syntaxique un certain nombre de phénomènes linguistiques qui étaient reportés au niveau « sémantique » de KALIPSOS : c'est l'un des avantages de l'utilisation d'un formalisme linguistique. Les problèmes rencontrés par RECIT sur les phrases syntaxiquement complexes ne se posent bien sûr pas non plus.

La méthode de (Briffault *et al.*, 1997) suit une démarche comparable dans son principe général à celle exposée ici. Cependant, c'est la structure-f qui est directement exploitée pour construire les GC. Les informations associées à un prédicat LFG indiquent comment parcourir cette structure-f pour identifier les concepts à joindre. Cette spécification fait référence aux fonctions de la structure-f, et semble dupliquer les schémas fonctionnels présents dans le lexique LFG. Nous supposons qu'un tel parcours de la structure-f n'est plus nécessaire, et que l'on peut directement se fonder sur les arguments des prédicats dans la structure-s. Par ailleurs, cette méthode n'est pas actuellement applicable au traitement des ajouts et compléments prépositionnels.

Comme indiqué initialement, une représentation plus fine devrait prendre en compte davantage d'information dans la structure-f. Plus directement, la méthode se heurte aux mêmes écueils sémantiques que les approches citées : les concepts qui devront être joints sont désignés a priori : dans le lexique pour le joint dirigé (générique ou pas), dans les règles de compatibilité sémantique pour RECIT. L'intérêt du mécanisme de restriction de sélection est alors contrebalancé par la nécessité de prévoir explicitement toutes les combinaisons possibles d'un mot avec d'autres mots. Si l'on cherche à construire une représentation conceptuelle normalisée, comme c'était le cas dans MENELAS, cette tâche

4. C'est ici que l'on peut commencer à normaliser les représentations conceptuelles produites.

devient impossible du fait des glissements de sens et autres métonymies, vecteurs de la souplesse des langues naturelles. Ce problème a été abordé dans MENELAS par une méthode heuristique de recherche dynamique de chemins dans des modèles encyclopédiques (Bouaud *et al.*, 1996). Dans le cadre du traitement des mots composés, (Poibeau, 1994) emploie un joint semi-dirigé : un concept à joindre est fixé, l'autre peut se déplacer dans le cadre de schémas exprimant des connaissances sur le domaine.

L'étape en cause dans notre joint dirigé générique est l'expansion de relation à partir des définitions du lexique, qui fige les types des concepts reliés et leurs relations conceptuelles. La recherche dynamique de chemins de MENELAS constitue une sorte d'expansion dynamique de relation qui sélectionne la représentation cible la mieux adaptée aux types de concepts en présence, sur la base de connaissances a priori sur le domaine. Son introduction dans le joint dirigé générique devrait donc permettre de reproduire, de façon plus directe, le comportement obtenu par (Bouaud *et al.*, 1996) dans MENELAS à partir des sorties de KALIPSOS. L'algorithme implémenté pour le joint générique demanderait par ailleurs à être complété sur plusieurs points (pour lesquels des solutions classiques existent), comme la prise en compte de plusieurs entrées pour un mot ambigu.

Enfin, on remarquera que la méthode proposée se fonde finalement sur une structure d'entrée assez commune (essentiellement, relations prédicat-arguments), et devrait donc être applicable à d'autres formalismes linguistiques.

Références

- BACHIMONT B. (1996). *Herméneutique matérielle et Artéfacture : des machines qui pensent aux machines qui donnent à penser ; Critique du formalisme en intelligence artificielle*. Thèse de doctorat d'épistémologie, École Polytechnique.
- BÉRARD-DUGOURD A., FARGUES J. & LANDAU M.-C. (1988). Natural language analysis using conceptual graphs. In *Proceedings of the International Computer Science Conference '88*, p. 265–272, Hong-Kong.
- BOUAUD J., BACHIMONT B., CHARLET J. & ZWEIGENBAUM P. (1995). Methodological principles for structuring an “ontology”. In *IJCAI'95 Workshop on “Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing”*.
- BOUAUD J., BACHIMONT B. & ZWEIGENBAUM P. (1996). Processing metonymy: a domain-model heuristic graph traversal approach. In J.-I. TSUJII, Ed., *Proceedings of the 16th COLING*, p. 137–142, Copenhagen, Denmark.
- BOUAUD J. (1994). Un système de production à base de graphes conceptuels; application dans un système de compréhension de textes. In P.-G. IA, Ed., *Journées “Graphes Conceptuels”*.
- BRIFFAULT X., CHIBOUT K., SABAH G. & VAPILLON J. (1997). An object-oriented linguistic engineering environment using LFG (Lexical-Functional Grammar) and CG (Conceptual Graphs). In *“Computational Environments for Grammar Development and Linguistic Engineering” ACL'97 Workshop*. Submitted.
- CAVAZZA M. & ZWEIGENBAUM P. (1994). A semantic analyzer for natural language understanding in an expert domain. *Applied Artificial Intelligence*, 8(3), 425–453.

- CHEIN M. & MUGNIER M.-L. (1992). Conceptual Graphs: fundamental notions. *Revue d'Intelligence Artificielle*, **6**(4), 365–406.
- DALRYMPLE M., LAMPING J. & SARASWAT V. (1993). LFG semantics via constraints. In *Proceedings of the 6th EACL*, p. 97–105, Utrecht, The Netherlands.
- DELMONTE R. & BIANCHI D. (1991). Binding pronominals with an LFG parser. In *Proceedings of the Second International Workshop on Parsing Technologies*, p. 59–72, Cancun, Mexico: ACL SIGPARSE.
- HALVORSEN P.-K. & KAPLAN R. M. (1988). Projections and semantic description in lexical-functional grammar. In *Proceedings of the International Conference on Fifth Generation Computer Systems*, p. 1116–1122, Tokyo, Japan: Institute for New Generation Systems.
- KAPLAN R. M. & BRESNAN J. (1982). Lexical-Functional Grammar: A formal system for grammatical representation. In J. BRESNAN, Ed., *The Mental Representation of Grammatical Relations*, chapter 4, p. 173–281. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- KAPLAN R. M. (1987). Three seductions of computational psycholinguistics. In P. WHITELOCK, H. SOMERS, P. BENNET, R. JOHNSON & M. M. WOOD, Eds., *Linguistic Theory and Computer Applications*, p. 149–188. Academic Press.
- MEHEDDEB S. (1994). *Construction de graphes conceptuels à partir d'une analyse LFG*. Rapport de DEA d'informatique médicale, Université Paris 6.
- POIBEAU T. (1994). *Approche lexicale-fonctionnelle et graphes conceptuels pour le calcul du sens de séquences de la forme Nom1 à Nom2*. Rapport de DEA de linguistique théorique et formelle, Université Paris 7.
- RASSINOUX A.-M. (1994). *Extraction et Représentation de la Connaissance tirée de Textes Médicaux*. Thèse de doctorat ès sciences, Université de Genève.
- SCHRÖDER M. (1992). Knowledge based analysis of radiology reports using conceptual graphs. In *Proceedings of the 7th Annual Workshop on Conceptual Graphs*, p. 213–222, Las Cruces (NM).
- SHIEBER S. M., PEREIRA F. C. N., KARTTUNEN L. & KAY M. (1986). *A Compilation of Papers on Unification-Based Grammar Formalisms, Parts I & II*. Report 86-48, CSLI, Stanford, Ca.
- SOWA J. F. (1984). *Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine*. London: Addison-Wesley.
- ZWEIGENBAUM P. & CONSORTIUM MENELAS (1995). MENELAS: coding and information retrieval from natural language patient discharge summaries. In M. F. LAIRES, M. J. LADEIRA & J. P. CHRISTENSEN, Eds., *Advances in Health Telematics*, p. 82–89. Amsterdam: IOS Press. MENELAS Final Edited Progress Report.
- ZWEIGENBAUM P. (1991). Un analyseur pour grammaires lexicales-fonctionnelles. *TA Informations*, **32**(2), 19–34.