

Vers un traitement informatique de la syntaxe et de la sémantique de la langue des signes

Olivier de Langhe (1), Pierre Guitteny (1), Henri Portine (1)
Christian Retoré (2)

Équipe *Signes* <http://www.labri.fr/Recherche/LLA/signes>

(1) Département des Sciences du Langage

UFR des Lettres

Université Michel de Montaigne

Domaine Universitaire

33607 Pessac Cedex

olivier.delanghe@free.fr, pierreguitteny@wanadoo.fr,

Henri.Portine@u-bordeaux3.fr

(2) LaBRI-CNRS & INRIA-Futurs & Université Bordeaux 1

LaBRI, Domaine Universitaire

351, cours de la Libération 33405 Talence cedex

retore@labri.fr

Mots-clefs – Keywords

Langues des Signes, Linguistique Informatique, Syntaxe et Sémantique des Langues
Sign Languages, Computational Linguistics, Natural Language Syntax and Semantics

Résumé - Abstract

Dans cette communication nous dressons un programme de recherche dont l'objectif est la formalisation de la syntaxe et de la sémantique de la langue des signes française, l'objectif à terme étant la génération d'énoncés en langue des signes française. Nous terminons par l'état actuel de notre connaissance de la structure de la phrase simple en langue des signes française.

This presentation describes a research program aimed at a formalization of sign language syntax and semantics, the objective being the generation of sign language sentences. We end with our present knowledge of simple sentences in french sign language.

1 Un domaine vierge

S'il existe des projets informatiques en rapport avec la langue des signes, en général ceux-ci se focalisent, du moins en France, sur l'analyse d'image pour la reconnaissance des signes. Les travaux linguistiques sur cette langue ont eux-mêmes pour objectif la décomposition des signes en unités élémentaires (ce que l'on appelle la phonologie de langue des signes) ou le mode d'invention de nouveaux signes par iconicité. Il n'y a donc quasiment pas, en France, de recherches sur la syntaxe et la sémantique de la langue des signes et encore moins sur des formalisations synthétiques qui permettent d'en envisager un traitement informatique, que ce soit sous l'angle de la génération ou celui de l'analyse.

Si l'on compare notre projet aux recherches sur cette langue dans d'autres pays, on constate qu'il n'y a guère qu'aux Etats Unis ou au Canada qu'il y ait des recherches structurées et conséquentes sur sa syntaxe et sa sémantique, et encore celles-ci en sont elles à leurs débuts : seules existent quelques expériences d'outils de traitement informatique comme le *Signing avatar* qui produit des énoncés en langue des signes.

Bien que démarrant sur cette question, nous disposons d'un environnement qui réunit les différentes compétences requises pour un projet de traitement informatique de la langue des signes : traitement automatique des langues, c'est-à-dire linguistique et informatique, connaissance de la langue des signes, et lien avec la communauté sourde, et proximité avec les instituts et associations qui sont particulièrement présentes autour de Bordeaux.

2 Méthodes et objectifs généraux

Nous proposons d'utiliser les méthodes formelles que constituent la théorie des langages, le λ -calcul et la théorie des types, pour le traitement informatique de la syntaxe et de la sémantique langues. Comme en témoigne l'expérience de plusieurs équipes, ces méthodes peuvent généralement être utilisées pour formaliser la grammaire d'un fragment d'une langue. Basée sur une approche lexicaliste, qui privilégie l'information contenu dans le lexique à celle qu'exprimeraient des règles, elles reposent sur l'associations de formules typées aux signes de base, ces formules pouvant entrer dans un mécanisme de déduction afin de prouver la correction d'une séquence.

On notera que dans ce type de grammaire, il n'y a pas de règles spécifiques à une langue donnée : celles-ci sont uniformes et communes à toutes les langues : ce sont les mots et surtout la description de leur comportement grammatical dans le lexique qui fondent la différence entre les langues.

On peut utiliser ce genre de formalisme en analyse et en génération. Pour l'analyse on dispose de textes que l'on cherche à analyser et on produit des représentations de leur sens, ce qui est utile à la recherche d'information, à l'interrogation de bases de données en langue naturelle, la correction orthographique automatique et à la traduction assistée par ordinateur. Pour la génération il s'agit de produire, à partir de formules représentant le sens à exprimer, les énoncés en langue naturelle qui leur correspondent, ce qui est utile pour exprimer en langue naturelle le résultat d'une requête, pour la génération automatique de comptes-rendus et pour la traduction assistée par ordinateur.

Comme on l'aura noté, la traduction assistée par ordinateur met en œuvre tous les aspects de ce

genre de techniques, puisqu'on doit analyser les énoncés de la langue source, obtenir des représentations du sens puis engendrer des énoncés dans la langue cible. C'est donc une tâche ardue car elle présuppose de plus que l'on ait une représentation des connaissances sur le domaine et que l'on ait une correspondance entre les concepts de l'une et l'autre langue. Si donc le projet vise à terme l'intertraduction entre langue des signes et français, on conçoit que dans une phase intermédiaire on se concentre sur l'un ou l'autre de ces deux aspects complémentaires, analyse ou génération.

3 Traitement automatique de la langue des signes française

3.1 Une langue comme les autres

Comme les chercheurs de la grammaire générative l'ont montré, (Klima & Bellugi, 1979; Neidle *et al.*, 2000) il n'y a guère de différence structurelle entre les langues des signes et les langues parlées, hormis que la modalité visuo-gestuelle se substitue à la modalité audio-phonatoire. Cette modalité différente permet néanmoins des phénomènes qui ne se présentent pas dans les langues parlées; on peut par exemple superposer certaines unités telles le verbe et l'adverbe qui le modifie, ou le nom et l'adjectif qui le modifie, la négation et le constituant nié, et même si l'usage de la superposition est restreint aux modifieurs, c'est tout de même une particularité.

On retrouve semble-t-il les mêmes concepts grammaticaux que dans les langues parlées tels l'ordre des signes, les phénomènes d'accord et de rection. Les langues des signes, qui ont des grammaires voisines, ont certains aspects qui les rapprochent de certaines langues asiatiques : usages des classificateurs, prédominance des catégories aspectuelles sur les catégories temporelles, ordre des mots, etc.

À côté de ces différences mineures et des rapprochements avec d'autres langues, il y a de grandes différences pratiques qui font que nos objectifs modestes sont en fait ambitieux : l'absence d'ouvrages synthétiques décrivant la langue des signes, l'absence de corpus écrits, et la difficulté de se constituer un simple corpus « parlé ».

3.2 La demande sociale

Bien qu'elle soit le vecteur naturel de communication des personnes sourdes, la Langue des Signes a été interdite de 1880 jusqu'aux années 1970, et, peu à peu, cette langue a été reconnue. En France, c'est seulement depuis 1991 que la loi Fabius permet aux parents d'enfants sourds de choisir la langue d'éducation.

Depuis quelques années on assiste donc au développement des études de cette langue, développement qui vise bien sûr à la reconnaissance de cette langue et de cette communauté, et à l'intégration des personnes sourdes dans la société.

En France, tous les aspects ne sont pas également traités. Les aspects sociologiques et éducatifs sont considérablement plus développés que les aspects linguistiques. Sur ces aspects, comme on l'a dit au début de ce texte, ce sont plus la structure des signes que leur syntaxe et sémantique qui a été étudiée. Ceci représente une grande lacune : on ne pourra écrire des grammaires de la Langue des Signes Française qu'à partir de ce type d'étude — on notera que pour la Langue

des Signes Américaine (ASL) ou Québécoise (LSQ) il commence à en exister, suite aux études syntaxiques de la langue des signes menées dans ces pays.

De même qu'il existe de nombreux logiciels de traitement des langues parlées ou écrites, il convient de proposer des logiciels qui permettent aux sourds d'utiliser leur langue. S'il existe des systèmes d'écriture pour la langue des signes, ceux-ci sont peu utilisés, et cela ne facilite pas la tâche qui est la nôtre, car comme on le sait, l'écriture simplifie considérablement la langue en n'en retenant que certains aspects, et, d'un point de vue informatique les systèmes d'écritures réduisent considérablement la taille des données textuelles qui dans le cas présent sont, en l'absence d'écriture, des séquences vidéos.

Les réalisations attendues par la communauté sourde concernent notamment la réalisation de logiciels pédagogiques d'enseignement de la langue des signes, et ce à deux fins: il s'agit d'une part de divulguer la langue des signes auprès des entendants, mais aussi, et peut-être surtout, auprès des enfants sourds qui n'ont pas accès à la langue des signes, ce qui est fréquent et regrettable, d'autant qu'il est aujourd'hui admis que des connaissances en langue des signes aident les enfants sourds à acquérir le français. Ce domaine, où les objectifs sont plus aisés à atteindre, puisqu'il s'agit de phrases ou de petits récits est pour nous l'occasion de tester nos méthodes avant d'envisager la traduction automatique du français en langue des signes.

4 Génération d'énoncé en langue des signes

Afin de pouvoir synthétiser des énoncés en langue des signes nous proposons le programme suivant.

1. La première étape est bien sûr une étude de la langue afin d'en extraire une modélisation.
 - (a) Pour cela il nous faut constituer un corpus en langue des signes, c'est-à-dire un ensemble de vidéos en langue des signes. Ce corpus devra être indexé et annoté comme les corpus écrits afin qu'on puisse l'étudier et en extraire les principes essentiels de la syntaxe et de la sémantique.
 - (b) En parallèle avec l'étude de ces corpus et leur annotation, on modélisera la syntaxe de la langue selon les méthodes que nous connaissons, c'est-à-dire en catégorisant les signes selon leur comportement syntaxique, ce qui nous donnera un lexique de base. Cette étape doit être menée simultanément pour mesurer au fur et à mesure l'adéquation entre le modèle et ce qu'il décrit. On pourra dès cette étape réfléchir à un langage pivot entre la structure linguistique de l'enchaînement des signes et leur réalisation dans l'espace, ce qui sera nécessaire à la synthèse d'énoncés.
2. En utilisant la correspondance entre sémantique logique et syntaxe propre aux formalismes grammaticaux utilisés, on programmera les algorithmes qui, étant données des formules logiques décrivant une situation ou un évènement, produiront des phrases en langues des signes qui l'expriment. À ce niveau, la description sera encore très formelle et grammaticale.
3. Ensuite on définira des langages pivôts.
 - (a) Le premier permettra de produire des énoncés dans le système d'écriture SignWriting (Sutton, 2002; da Rocha Costa & Dimuro, 2003), ce qui présuppose une description spatiale des signes.

- (b) Le second sera une étape intermédiaire entre les descriptions qui suffisent pour le système d'écriture et les langages de haut niveau utilisés en synthèse d'images pour la description du corps humain et de ces mouvements.

Dès la phase 3 on pourra tester et intégrer nos travaux au logiciel les Signes de Mano d'IVT-IBM.

5 Mise en œuvre de ce programme de recherche

5.1 Constitution d'un corpus en langue des signes française

La constitution d'un corpus en langue des signes, constitué de récits ou de conversations, est l'étape préalable à l'étude de la langue des signes. Cette étape n'est pas aussi simple qu'on pourrait l'imaginer, car on souhaite à la fois obtenir un corpus assez normé, pour que son traitement grammatical et informatique soit facile, mais aussi un corpus qui dépeigne réellement la langue des signes et non pas une langue intermédiaire entre le français et la langue des signes. C'est relativement contradictoire, car les sourds ont tendance, en présence d'entendants à rapprocher leur langue du français. Pour ce faire, la participation d'Olivier de Langhe (locuteur natif de la LSF et linguiste) et la collaboration de l'INJS seront essentielles : d'une part on pourra filmer des locuteurs natifs de la langues des signes, et d'autre part on pourra le faire sans que des entendants soient présents.

La consitution d'un corpus vidéo pose aussi des problèmes techniques. En effet, des études ont montré que des informations grammaticales pertinentes, telles un clignement d'yeux furtif qui marque la fin d'une unité syntaxique, peuvent ne pas apparaître à une vitesse de 25 images par seconde.

5.2 Modélisation

La modélisation de la grammaire de la langue des signes va être plus ardue que celle des langues courantes. La première raison est l'absence d'ouvrage de synthèse décrivant la structure globale de la langue, à part un livre récent du MIT pour la langue des signes américaine et un autre pour la langue des signes québécoise réalisé à l'UQAM Montreal.(Neidle *et al.*, 2000; Dubuisson *et al.*, 2000; Dubuisson *et al.*, 1999) C'est bien moins que ce qui existe pour les langues courantes.

De plus, en l'absence d'écriture, on utilisera des corpus oraux dont on sait qu'ils sont moins réguliers et se prêtent moins facilement à l'étude de la grammaire de la phrase : à cause des hésitations, incises et reprises, les unités phrastiques présentes sont rarement des phrases, mais plutôt des syntagmes plus élémentaires, comme des groupes nominaux ou des groupes verbaux.

Il faudra néanmoins extraire du corpus les principes de la langue dont on espère qu'ils soient aussi proches de la langue des signes américaine ou québécoise qu'on le dit, puisque ce sont les seules langues des signes pour lesquelles on dispose a priori d'une structure grammaticale globale connue.

Les premiers travaux sur la syntaxe de la langue des signes utilisables par ce projet ont été

conduits au MIT et tiennent pour acquis le modèle théorique de base que constitue, pour toutes les langues la théorie de la grammaire générative développée par l'école chomskyenne. (Chomsky, 1995; Pollock, 1997; Radford, 1997) Nous ne nous démarquons pas fondamentalement de cette approche et en adopterons au contraire les conclusions les plus récentes, telles qu'elles sont exprimées dans le nouveau programme minimaliste de la grammaire générative. Les conséquences les plus spectaculaires de cette théorie portent sur l'existence de paramètres dont les valeurs possibles permettraient d'expliquer la diversité et la variabilité des langues humaines. Un tel cadre théorique est donc particulièrement fécond pour notre entreprise dans la mesure où il permet de replacer l'étude rigoureuse de la langue des signes parmi celles des autres langues, facilitant à terme la perspective d'intertraduction.

À l'intérieur de ce cadre nous opterons pour la formalisation de la grammaire générative qu'a récemment proposée Stabler (UCLA), les grammaires minimalistes. Ces grammaires d'arbres présentent l'avantage d'admettre des algorithmes efficaces (polynomiaux), et d'être lexicalisées, c'est-à-dire de satisfaire les exigences expliquées dans la présentation de la thématique de l'équipe *Signes*.

Afin d'articuler ces grammaires avec la représentation du sens que requiert notre projet, nous précisons et utiliserons la correspondance entre ces grammaires et les grammaires catégorielles, qui conduit à une interface calculable entre représentations sémantiques et analyses syntaxiques (Lecomte & Retoré, 2001; Lecomte & Retoré, 2003). Ces dernières, qui constituent le domaine de compétence initial de l'équipe *Signes* permettent en effet de passer de représentations sémantiques exprimées par des formules logiques à des analyses syntaxiques et réciproquement.

5.3 Génération d'énoncés en langue des signes française

5.4 Représentation du sens

La première étape en vue de la synthèse d'énoncés en langue des signes est le choix d'une représentation formelle du sens des énoncés. Sur ce point il n'y a pas lieu de s'écarter de ce qui existe pour les langues parlées. On utilisera donc la logique d'ordre supérieur codée dans le λ -calcul, ce qui permet de voir le sens d'un énoncé comme une fonction du sens de ses parties, (Gamut, 1991) et au niveau de l'articulation du sens des phrases entre elles on utilisera la désormais classique Théorie des Représentations Discursives de Kamp et Reyle (DRT). (Kamp & Reyle, 1993)

Par contre l'implantation effective de ces modèles et des algorithmes associés n'est pas vraiment réalisée, et on devra la développer en OCaml comme les autres outils développés par l'équipe *Signes*. En effet, certains outils, en particulier sémantiques, sont communs, et nous devons donc veiller à la cohérence des applications développées.

5.5 Génération grammaticale

La génération dans ce type de formalisme se base sur une approche logique connue initiée par Merenciano et Morrill (Merenciano & Morrill, 1996) et qui a notamment été développée par Pogodalla (INRIA-Lorraine) pour la génération de textes en partenariat entre le LORIA et le

laboratoire de Xerox à Grenoble. (Pogodalla, 2001)

Elle consiste en l'inversion du processus usuel de normalisation des preuves, de manière à faire apparaître dans la sémantique de l'énoncé les structures sémantiques de base présentes dans le lexique.

Des recherches fondamentales sur ce sujet sont encore nécessaires, puisqu'il est des cas (lorsque le même prédicat/concept apparaît plusieurs fois) où l'algorithme n'est pas encore complet. Ces recherches sont du reste utiles aux autres langues étudiées dans l'équipe *Signes* comme le français.

5.6 Langage pivot pour l'écriture ou la synthèse d'image

La définition d'un langage pivot est une étape importante. Il s'agit, à partir d'une description formelle de nature grammaticale d'obtenir une représentation des signes correspondant. Il faut donc disposer d'une base de signes neutres codifiée (par exemple par l'écriture) et d'un formalisme décrivant les modifications qu'entraînent les phénomènes d'accord sur les signes neutres.

L'écriture est encore une description très abstraite par rapport aux signes effectivement produits en synthèse d'images. Il manque notamment les transitions entre signes qui sont nécessaires au réalisme de l'avatar signant. Les outils de synthèse d'images du corps humain ont en effet été conçus dans une toute autre optique, généralement médicale, tandis que les signes forment une sous-classe discrète de tous les mouvements possibles.

5.7 Participation au logiciel *Les Signes de Mano* IBM-IVT

Le logiciel éducatif *Les signes de Mano* nous semble une bonne opportunité pour la validation de notre projet. Concrètement, ce logiciel permet à l'utilisateur de naviguer dans divers espaces (école, maison, etc.); en sélectionnant une situation, on voit apparaître une séquence vidéo pré-enregistrée, tandis que défile dans une autre fenêtre l'image du signe utilisé à cet instant dans la vidéo. En cliquant sur cette image on accède à l'entrée correspondante du dictionnaire langues des signes / français contenu dans le CD-ROM.

Nous nous proposons d'engendrer à partir du dictionnaire les phrases en langue des signes décrivant les situations, dans un système d'écriture, puis en image de synthèse. Cela permettra d'une part un renvoi automatique aux entrées du dictionnaire (sans défilement simultané des signes), et d'autre part de réduire la taille des données, par exemple pour un accès Internet à ce logiciel. Le fait qu'il s'agisse de phrases isolées permet d'éviter bien des problèmes de la génération de textes et de la traduction automatique.

Le partenariat entre IBM et l'Université Bordeaux I devrait permettre d'accéder aux sources de ce logiciel.

5.8 Vers une traduction assistée par ordinateur du français en langue des signes française

La traduction automatique reste, depuis les années 50 un défi pour l'informatique, y compris pour des langues proches, comme le français et l'anglais. Aussi proposerons-nous comme cela

se fait pour les langues parlées, une aide à la traduction plutôt qu'une traduction automatique, en nous limitant à des domaines assez précis et à des textes courts.

Les méthodes utilisées, notamment l'utilisation des grammaires catégorielles permettent, comme dans le travail déjà évoqué entre le LORIA et Xerox, de procéder ainsi: la phrase à traduire est analysée, et le plus souvent elle est ambiguë et donne lieu à plusieurs représentations sémantiques différentes. Celles-ci sont reformulées en autant de phrases non-ambiguës de la langue source parmi lesquelles l'utilisateur choisit celle à traduire; une fois ce choix effectué, on engendre à partir de la représentation sémantique de la phrase non-ambiguë choisie (qui a déjà été calculée) la phrase correspondante dans la langue cible.

6 La structure de la phrase simple en langue des signes française

6.1 L'ordre OSV en langue des signes française

La question précise abordée par cette communication est la suivante: la Langue des Signes Française admet-elle une structure < Objet-Sujet-Verbe > (avec reprise éventuelle de l'objet)? Cette structure est attestée et même fréquente, mais à l'heure actuelle il y a deux types de positions la concernant: pour certains auteurs cette structure existe et la langue des signes admet un ordre des mots relativement libre (Bouchard, 1997; Dubuisson *et al.*, 1999; Dubuisson *et al.*, 2000); pour d'autres il s'agit d'une topicalisation, l'ordre naturel étant SVO. On notera que les auteurs précités étudient respectivement la langue des signes québécoise et la langue des signes américaine, mais les grammaires des langues des signes sont supposées être essentiellement similaires. La reprise de l'objet est également difficile à analyser en l'absence de catégories syntaxiques clairement établies.

6.2 Quelques exemples prototypiques

Nous donnons ici deux séries d'exemples, dans lesquels chaque expression entre crochets correspond à un signe.

Les premiers correspondent à diverses manières de signer *J'aime cette pomme* dont seule la première est attestée en LSF, la troisième n'existant, pour sa part, qu'en français signé.

- (1) [pomme] [cette] [aimer]
- (2) *[aimer] [pomme] [cette]
- (3) *[aimer] [cette] [pomme]

Les seconds exemples correspondent à diverses manières de signer *Chirac mange de la viande*. Là encore, seule la première est attestée en LSF, la troisième n'existant, pour sa part, qu'en français signé.

- (4) [viande] [Chirac] [mange]
- (5) [Chirac] [viande] [mange]
- (6) *[Chirac] [mange] [viande]

6.3 Proposition

Nous reprenons les arguments développés par les uns et les autres. En particulier l'argument selon lequel la langue des signes admettrait un ordre des mots libre nous semble fortement contredit par notre pratique, comme en attestent 2, 3 et 6. Ceux qui proposent une analyse en termes de topicalisation envisagent deux types de topicalisation:

- base generated topic (topicalisation engendrée en structure profonde),
- moved topic (topicalisation produite par un déplacement).

Pour notre part, nous pensons qu'il s'agit d'une construction standard en langue des signes, ce que corrobore l'agrammaticalité de 2, 3 et 6. Afin de défendre ce point de vue, nous dresserons un parallèle avec des langues OSV. Par exemple, s'agit-il d'une langue admettant une structure OSV ou d'une langue OSV. Pour ce faire on s'interrogera sur le paramétrage des langues OSV, afin de voir si la langue des signes partage d'autres paramètres avec ces langues (par exemple au niveau de la structure du groupe nominal). On remarquera que dans ces langues il y a toujours un accord entre le verbe et l'objet. On comparera aussi nos exemples avec les constructions où un pronom clitique reprend l'objet au sein du verbe. Cette question est, en l'absence de parties du discours clairement établies, est également problématique. Par exemple le pointage est-il un déterminant ou une reprise anaphorique? Le mouvement des épaules ou du regard vers la place où l'objet a été localisé, peut-il être considéré comme un clitique? Lorsque la configuration de la main pendant l'énonciation du verbe incorpore le classificateur de l'objet, cette configuration est-elle une marque d'accord ou une reprise pronominale? On proposera des analyses qui militeront en faveur de l'existence de certaines structures OSV sans clitique ni topicalisation. On trouvera plus de détails dans (de Langhe *et al.*, 2003).

7 Conclusion

Le programme de recherche proposé par cette communication n'en est qu'à ses tout débuts. On peut néanmoins entrevoir la difficulté de la tâche en particulier de description et de formalisation de la syntaxe, exemplifiée par la structure de la phrase simple.

Remerciements

Nos débuts sur ce sujet sont soutenus par les organismes suivants, que nous remercions:

- le Centre d'Informations et de Solutions Pour Personnes Handicapées (CISPH) d'IBM et l'Université Bordeaux 1,
- le Comité Consultatif Régional de la Recherche et du Développement Technologique (CCRRDT) de la région Aquitaine,
- l'Institut National des Jeunes Sourds (INJS) de Gradignan (Gironde),
- la Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales (DRASS) d'Aquitaine.

Références

- BOUCHARD D. (1997). Sign languages and language universals: the status of order and position in grammar. *Sign Language Studies*, **91**, 101–160.
- CHOMSKY N. (1995). *The minimalist program*. Cambridge, MA: MIT Press.
- DA ROCHA COSTA A. C. & DIMURO G. P. (2003). Paving the way to sign language processing. In B. DAILLE, Ed., *Traitement Automatique du Langage Naturel, TALN'2003: ATALA*.
- DE LANGHE O., GUITTENY P., PORTINE H. & RETORÉ C. (2003). A propos des structures OSV en Langue des Signes Française. In A.-M. BERTHONNEAU & G. DAL, Eds., *Journées d'études internationales – La linguistique de la LSF : recherches actuelles: SILEX-C.N.R.S. À Paraître*.
- DUBUISSON C., LELIÈVRE L., LELIÈVRE M., MACHABÉE D. & MILLER C. (2000). *Grammaire descriptive de la langue des signes québécoise, Tome 2, Le lexique*. Montréal: UQAM.
- DUBUISSON C., LELIÈVRE L. & MILLER C. (1999). *Grammaire descriptive de la langue des signes québécoise, Tome 1, Le comportement manuel et le comportement non manuel, édition revue et augmentée*. Montréal: UQAM.
- GAMUT L. T. F. (1991). *Logic, Language and Meaning – Volume 2: Intensional logic and logical grammar*. The University of Chicago Press.
- KAMP H. & REYLE U. (1993). *From Discourse to Logic*. Dordrecht: D. Reidel.
- KLIMA E. S. & BELLUGI U. (1979). *The signs of language*. Harvard University Press.
- LECOMTE A. & RETORÉ C. (2001). Extending Lambek grammars: a logical account of minimalist grammars. In *Proceedings of the 39th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, ACL 2001*, p. 354–361, Toulouse: ACL.
- LECOMTE A. & RETORÉ C. (2003). Sémantique dans les grammaires minimalistes. In *Journées Sémantique et Modélisation: C.N.R.S.*
- MERENCIANO J. M. & MORRILL G. (1996). Generation as deduction. In C. RETORÉ, Ed., *Logical Aspects of Computational Linguistics, LACL'96*, volume 1328 of *LNCS/LNAI*, p. 77–80: Springer-Verlag.
- NEIDLE C., KEGL J., MACLAUGHLIN D., BAHAN B. & LEE R. G. (2000). *The Syntax of American Sign Language – Functional Categories and Hierarchical Structure*. MIT Press.
- POGODALLA S. (2001). *Réseaux de preuve et génération pour les grammaires de types logiques*. Thèse de doctorat, spécialité informatique, INPL, Nancy.
- POLLOCK J.-Y. (1997). *Langage et cognition: le programme minimaliste de la grammaire générative*. Presses Universitaires de France, Paris.
- RADFORD A. (1997). *Syntactic theory and the structure of English — a minimalist approach*. Cambridge University Press.
- SUTTON V. (2002). *Lessons in SignWriting*. <http://www.signwriting.org>.