

PROSODIE ET CALCUL

Alain Lecomte*

Résumé - Abstract

Nous essayons dans cet article de modéliser les phénomènes d'interaction syntaxe-prosodie à l'intérieur d'un cadre qui permet à la fois de représenter les structures syntaxiques, les structures prosodiques et la notion de contenu informationnel. Ce cadre est fourni par les grammaires de types logiques et s'intègre dans le paradigme connu en linguistique computationnelle sous la dénomination de "parsing as deduction". Pour établir un lien entre structure prosodique (représentative d'une certaine déduction) et représentation sémantique, on utilise l'isomorphisme de Curry-Howard.

In this paper, we try to modelize the interaction phenomena between syntax and prosody inside a framework which allows us to represent prosodic structures and informational contents altogether. This frame is provided by Type Logical Grammars and takes place inside the paradigm known in Computational Linguistics as "parsing as deduction". In order to establish a link between prosodic structures (associated with particular deductions) and semantic representations, we use the Curry-Howard isomorphism.

Mots Clefs - Keywords

Grammaires de types logiques, prosodie, sémantique formelle, isomorphisme de Curry-Howard.

Type-logical grammars, prosody, formal semantics, Curry-Howard isomorphism.

* projet CALLIGRAMME, INRIA-Lorraine, 615 rue du Jardin Botanique, 54 Villers les Nancy et Université Pierre Mendès-France, 1251 Avenue Centrale, BP 47, 38040 Grenoble cedex, email:lecomte@shm.upmf-grenoble.fr

1 INTRODUCTION

Quel est le rôle de la prosodie dans la compréhension d'une suite de mots? Dans son analyse en tant que phrase? Dans quelle mesure intervient-elle dans la construction d'une représentation du sens? La prosodie n'est-elle qu'un moyen (parmi d'autres) de présenter l'information (Vallduvi E. 1992), (Vallduvi E. 1994) ou bien va-t-elle plus loin, en interférant avec la nature même de l'information? De nombreux travaux en linguistique et en pragmatique vont dans le sens de la deuxième solution (Caelen-Haumont G. 1991), (Caelen-Haumont G. 1993), (Rossi M. 1985). Nous ne nous proposons pas dans cet article de donner des arguments concernant cette problématique empirique, mais de modéliser un aspect au moins du processus d'interférence entre information véhiculée et prosodie. Cette modélisation pourra ensuite entrer dans le cadre d'une intégration croissante entre prosodie et traitement automatique des langues naturelles. Parler d'interaction entre prosodie et contenu informationnel suppose bien évidemment qu'on ait à la fois les moyens d'identifier un contenu informationnel et ceux de représenter une structure prosodique. Mais cela suppose aussi qu'on dispose d'un cadre formel pour décrire cette interaction de façon rigoureuse, autrement dit qu'il y ait un lien construit dans le modèle entre les deux dimensions. Un excellent candidat au rôle de cadre formel est fourni par la théorie logique des types et l'isomorphisme de Curry-Howard (Howard W. 1980), (Desclés J. 1990). Nous allons introduire ces notions dans les paragraphes suivants (grammaires de types logiques au 2, isomorphisme de Curry-Howard au 4). Nous insisterons également sur le fait que tout calcul s'appliquant à la langue est un système sensible aux ressources disponibles. La prosodie apparaîtra finalement comme une stratégie de gestion de ces ressources.

Les exemples que nous donnons, en nombre nécessairement réduit compte-tenu des limites de cet article, sont presque tous empruntés au corpus étudié par G. Caelen-Haumont (Caelen-Haumont G. 1991) dans sa thèse. De ce dernier travail, nous n'avons voulu rendre compte que d'un aspect très réduit. G. Caelen-Haumont a mis en évidence la pluralité des stratégies dont un locuteur peut user lors de l'énonciation d'un texte. Comme d'autres auteurs (Selkirk E. 1980), (Pierrehumbert J. 1980), (Docherty G. & Ladd R. 1992) elle a en particulier montré qu'il ne saurait y avoir de correspondance bijective entre groupes syntaxiques et groupes prosodiques: si cette correspondance peut exister, elle ne correspond qu'à une stratégie (G.C-H emploie le terme de "modèle") parmi d'autres et qui est loin d'être dominante. D'autres éléments comme l'information contenue dans un item lexical particulier ou bien des considérations pragmatiques interviennent pour "perturber la cohésion syntaxique".

Nous reprenons, dans cet article, l'hypothèse que "la fonction de l'intonation est de donner une cohérence mélodique à une suite de groupes constitués grâce à la démarcation opérée par les indices de la durée et de l'énergie, en les organisant à plus haut niveau de manière hiérarchisée" (G.C-H, dans ce numéro). Autrement dit, l'intonation structure l'énoncé en un ensemble hiérarchisé de groupes dont le groupe ultime est l'énoncé lui-même. Autant dire qu'il s'agit d'une arborescence,

que nous traduirons ici par une **structure parenthétique**.

La structure parenthétique (SP) d'un énoncé doit donc être considérée comme l'entrée d'un système de reconnaissance. Elle est obtenue à partir d'une véritable énonciation au moyen de la transformation d'un certain nombre de paramètres enregistrés en **indices** qui servent à la démarcation des groupes. G. C-H dans ce numéro donne comme exemples concernant les indices de la durée et de l'énergie: "la rupture de niveau qui s'établit entre la fin du premier groupe et le début du suivant". Cette rupture de niveau peut se constater en observant l'évolution des indices de FO (fréquence fondamentale) au cours de la production de l'énoncé. Si on discrétise le champ de variation de ces indices et qu'on ne retient que quelques palliers, on obtiendra par exemple:

d'éminents biologistes et d'éminents zoologues américains ont créé
 1 2 1 2 3 4

Dans une telle évolution, une rupture de niveau s'observe entre une valeur montante et une valeur basse de l'indice (ici entre 2 et 1). On représentera une telle intonation par la structure parenthétique:

(1) (((*d'éminents*)*biologistes*)((((*et d'éminents*)*zoologues*)*américains*)*ont créé*))

G. Caelen-Haumont a défini des "modèles" qui permettent de prédire de telles structures: ces modèles consistent à attribuer des poids aux items de la phrase en fonction de leur position par rapport à un certain type d'analyse. Par exemple, un modèle purement "syntaxique" ne fait rien d'autre qu'identifier groupes syntaxiques et groupes prosodiques. Un modèle basé "sur les dépendances" tient compte des relations de dépendance immédiate entre items, alors qu'un modèle basé sur une structuration thématique de l'énoncé (au sens de la distinction thème / propos) distingue à l'intérieur de chaque unité du découpage hiérarchique une unité **support** et une unité **apport**. Un premier article (Caelen-Haumont G. & Lecomte A. 1995) avait tenté d'associer à chaque modèle parmi les trois plus simples: HR (syntaxique), TR (support / apport) et DP (dépendances), un mode de calcul de la bonne formation de l'énoncé. On entendait par mode de calcul un calcul particulier, c'est-à-dire la donnée d'un langage de formules et d'un ensemble de règles de dérivation / déduction.

Autrement dit, la prédiction de la SP reposait sur une preuve à faire dans un tel calcul. Nous avons retenu le calcul de Lambek non-associatif (NL) pour formaliser HR, un calcul de Lambek modal (la modalité exprimant une possibilité locale d'associativité) pour TR et le calcul de Lambek non associatif avec dépendance (DNL)(Moortgat M. 1996) pour DP.

Une telle conception suppose que les mots du lexique soient susceptibles de recevoir plusieurs catégories, représentées par des types logiques. La stratégie du locuteur est simulée sous la forme d'un choix, pour chaque item, du type logique que le locuteur veut lui attribuer. Ce choix représente une certaine manière d'intégrer l'item lexical considéré au sein de l'énoncé.

Ce premier travail n'envisageait pas la relation entre l'énoncé et sa signification. Dans le présent article, nous adoptons un point de vue légèrement différent: il

doit d'abord être possible d'obtenir a priori n'importe quelle SP sur un énoncé donné. L'obtention d'une telle structure est toujours liée à celle d'une preuve, mais cette fois, dans un seul et unique calcul.

Cette preuve fait appel à des étapes dans la déduction qui sont plus ou moins complexes. On montre en effet que la totalité des SP possibles ne peut être obtenues **que si** l'on fait intervenir (parfois en plus d'un endroit) une certaine règle, présente dans tous les calculs que nous étudions, qu'on appelle "règle de coupure". Cette règle a deux particularités, cruciales pour notre propos :

- elle est la seule règle telle que, lorsqu'on veut l'appliquer (à partir du séquent à prouver), on soit obligé de *deviner* une certaine formule, qu'on n'a pas directement sous la main, et qui sert, en quelque sorte, de relai dans la démonstration (un peu à la manière d'un lemme en mathématiques),
- elle est non déductible des autres règles mais néanmoins redondante au sens où si on la supprime du système, celui-ci possède toujours le même ensemble de théorèmes. Evidemment, nous entendons ici par "théorème" une chaîne sans parenthèses, car si les parenthèses expriment la démarche suivie dans la preuve, l'utilisation ou la non-utilisation d'une règle particulière comme la règle de coupure aura des conséquences sur la SP. L'existence d'un algorithme d'élimination de la coupure nous permet de prouver que toutes les déductions faites concernant un énoncé (et donc toutes les SP) ont bien un invariant et nous pouvons supposer que cet invariant représente bien le contenu informationnel commun à toutes les SPs.

A cause de la première particularité, on voit que l'utilisation de la règle de coupure à un certain moment de la preuve s'accompagne nécessairement de la recherche d'une formule encore inconnue, que l'on appelle un **interpolant**. Il existe des méthodes et des algorithmes pour calculer de tels interpolants (Béchet D. & de Groote P. 1997). Une telle formule est plus ou moins complexe: on peut alors définir la complexité d'un pas déductif utilisant la règle de coupure en fonction de la complexité de l'interpolant. Et à partir de là, on peut définir une notion de complexité de la déduction elle-même et, partant, de la structure intonative associée.

Nous n'allons pas jusque là dans le présent article, nous contentant d'explicitier ces notions et de montrer leur application à quelques exemples. La notion d'invariant à laquelle nous nous référons peut être exprimée au moyen d'une formule qui se calcule au cours de la déduction. La construction de cette formule repose sur l'isomorphisme de Curry-Howard entre les types logiques et les λ -termes. Grâce à cet isomorphisme, on sait en effet que l'élimination de la règle de coupure dans le système logique correspond à la réduction des λ -termes en λ -calcul typé.

2 LES GRAMMAIRES DE TYPES LOGIQUES

2.1 Généralités

Les grammaires de types logiques sont basées sur le concept logique de déduction (Morrill G. 1994), (Ranta A. 1994). Elles consistent schématiquement à associer aux unités lexicales des formules (ou types) qui condensent leurs propriétés syntaxiques, puis à utiliser un système de règles universel (c'est-à-dire valide pour toutes les grammaires) pour déduire les suites de mots (donc de formules) correspondant à un type donné. On voit ainsi que l'un de leurs intérêts majeurs réside dans le fait qu'elles proposent une parfaite réalisation de la thèse selon laquelle l'analyse structurale de la phrase repose sur deux composantes: le lexique, qui intègre les possibilités de combinaison entre eux des items lexicaux, et un système de calcul très général à l'intérieur duquel on utilise les propriétés combinatoires des items lexicaux afin de produire un résultat sous la forme d'une représentation, qu'elle soit syntaxique, prosodique ou sémantique, thèse très voisine de celle soutenue par Chomsky dans son *programme minimaliste*. Dans notre approche, le système de calcul est déductif. Autrement dit, c'est une logique. Mais une logique un peu particulière: une logique de tokens plutôt que de types. Cela signifie que les règles de cette logique sont basées sur des occurrences de formules et non sur les formules elles-mêmes. Par exemple, lorsque nous utilisons une règle logique comme celle, bien connue, du modus ponens: $\{A, A \rightarrow B\} \vdash B$, une fois que les formules ont été utilisées, elles ne peuvent plus "resservir". On connaît de façon générale ce genre de logique: il s'agit de la logique linéaire, inventée par J.Y.Girard (Girard J. 1987), (Girard J. 1995) et faisant aujourd'hui l'objet d'une abondante littérature¹. Insistons sur le fait qu'il s'agit d'une logique de ressources. Dans sa formulation usuelle, l'ordre des ressources n'est pas pris en compte: c'est dans la logique linéaire non-commutative qu'il l'est (Abrusci M. 1993), (Retoré C. 1993). Les grammaires catégorielles, en particulier sous leur aspect le plus développé qui est le calcul de Lambek (cf (Moortgat M. 1988)), prennent place au sein de la logique linéaire non-commutative (Lecomte A. 1992), (Lecomte A. 1996), (Roorda D. 1993), (Retoré C. 1996). Nous renvoyons le lecteur à (Lecomte A. 1996) pour une formulation du calcul de Lambek en termes de séquents.

2.2 Prosodie et grammaire catégorielle généralisée selon M. Steedman

Les travaux les plus nombreux concernant l'intégration de la prosodie dans les grammaires catégorielles (qu'on peut assimiler à des grammaires de types logiques) sont ceux de Mark Steedman (dont certains en collaboration avec Scott Prevost)(Steedman M. 1991), (Prevost S. & Steedman M. 1993), (Prevost S. & Steedman M. 1994). Ils ont essentiellement comme perspective celle de la génération d'énoncés possédant une ligne mélodique (*intonational contour*) acceptable en contexte. Le problème apparaît notamment lors de l'interrogation de bases de données, où la réponse doit avoir une intonation en accord avec le type de question posée. Steedman et Prevost (Prevost S. & Steedman M. 1994) donnent

¹ voir en particulier le dernier numéro de TAL (Vol 37, n2) qui lui est en grande partie consacré au travers d'applications linguistiques comme les grammaires catégorielles, les réseaux de preuves etc.

comme exemple:

Q: I know that a LEFT thoracostomy is needed for the SIMPLE pneumothorax,
 (But what condition) (is a RIGHT thoracostomy needed for?)
 L+H* LH% H* LL\$
 (A RIGHT thoracostomy is needed for)(the PERSISTENT pneumothorax)
 L+H* LH% H* LL\$
ground focus ground focus ground
Theme Rheme

Ils utilisent la notation de Pierrehumbert (Pierrehumbert J. 1980), selon laquelle L+H* et H* sont des accents aigus, LH% (et son parent LH\$) et L (ainsi que LL% et LL\$) sont respectivement montants et bas et marquent des délimitations. Une hypothèse fondamentale est que les indices L+H*, LH% et H* véhiculent deux sortes distinctes d'information discursive. H* et L+H* marquent le mot sur lequel ils apparaissent comme *focus* (ce qui implique que dans le contexte de questions comme l'exemple précédent, il y ait contraste entre deux alternatives). D'autre part, les indices marquent les constituants qui les portent comme dotés d'une fonction discursive particulière. Ainsi, la fonction de L+H*, LH% et L+H* LH\$ serait de marquer le *thème*, alors que H* L(L% ou L\$) marquerait le *rhème*. Afin de rendre compte de cela, ils attribuent aux éléments prosodiques eux-mêmes des type catégoriels, selon l'assignation suivante:

- (2) $L ::= f : l$
 $LL\% ::= f : ll$
 $LH\% ::= f : lh$
 $L + H* ::= a : thème / f : lh$
 $H* ::= a : rhème / f : l$
 $ouH* ::= A : rhème / f : ll$

où *f* signifie *frontière* et *a* ou *A* : *accent*.

On suppose d'autre part que l'accentuation modifie l'entrée lexicale de l'item sur lequel elle porte. Ainsi par exemple, un accent sur *includes* transformera l'entrée lexicale correspondante:

$NP : x \setminus S : includexy / NP : y$

en:

$NP : x \setminus S : *includexy / NP : y$

ce qui aura pour effet de marquer le mot affecté d'un accent comme *focus*.

Comme les contours intonatifs peuvent s'étendre sur des constituants arbitrairement grands, on admet que les tons dits "nuls" admettent une catégorisation:

$\emptyset ::= X : x / X : x$

ce qui permettra à toute fonction associée à un accent (et qui cherche donc une frontière pour devenir un constituant prosodique) de se propager par composition tout au long des tons nuls.

Considérons donc l'exemple suivant (qui est plus simple que le précédent)(Prevost

S. & Steedman M. 1993):

(3) widgets include sprockets

avec la prosodie:

(4) widgets include sprockets
(L+H* LH%) (H* LL%)

L'analyse de cette suite conduit à une **double** réduction: l'une sur la dimension "syntaxique" et l'autre sur la dimension "prosodique"

(5) S:s/(NP:***widget** \S:s) (NP:x\S:**include** x y)/NP:y NP: ***sprocket**
a:thème / f:lh f:lh A:rhème

La première règle appliquée est la règle de composition fonctionnelle: on obtient

(6) x := ***widget**
s := (**include** ***widget** y)

et la catégorie:

(7) S:**include** ***widget** y / NP:y

En parallèle, une règle prosodique peut s'appliquer, permettant d'obtenir:

(8) a:thème

A ce stade, Prevost & Steedman introduisent une règle unaire de changement de catégorie:

$$\begin{array}{ccc} \Sigma & \implies & \Sigma \\ a : x & & a/a \end{array}$$

qui permet de modifier la catégorie prosodique de (*widgets include*) de manière à ce qu'elle s'applique à celle de *sprockets*. Cette règle est rendue nécessaire après que *thème* et *rhème* aient été identifiés dans la phrase. C'est une sorte de correction "après-coup" qui permet d'intégrer thème et rhème dans une même structure. L'information x (thème ou rhème) est perdue dans l'application de cette règle car on suppose qu'elle est portée définitivement sur le constituant Σ et qu'on ne fait à ce stade que terminer la dérivation afin d'obtenir une réduction syntaxique correcte.

Ainsi deux réductions en parallèle peuvent avoir lieu:

réduction syntaxique:

$$\begin{array}{c} \frac{S : s/(NP : *widget \ S : s) \quad (NP : x \ S : include \ xy)/NP : y}{\frac{S : include * widget y / NP : y}{S : include * widget y / NP : y} > B} > \\ \frac{NP : *sprocket}{NP : *sprocket} > \\ \frac{S : include * widget * sprocket}{S : include * widget * sprocket} > \end{array}$$

réduction prosodique:

$$\frac{\frac{\frac{a : th\grave{e}me / f : lh}{a : th\grave{e}me} \quad \frac{f : lh}{A : rh\grave{e}me}}{a/a} > \frac{a}{a} >$$

On notera que cette approche est essentiellement basée sur l'anglais et que les notations utilisées sont loin de faire l'unanimité parmi les spécialistes de la prosodie. On peut de plus avoir quelques doutes sur la possibilité d'assigner des catégories thématiques à des marques prosodiques de manière rigide.

Notre conception se distingue donc de celle de Steedman en ce qu'elle évite de réifier les éléments prosodiques. Selon nous (et aussi selon Moortgat (Moortgat M. 1988) et Hendriks (Hendriks H. 1996)), la ligne intonative est le résultat d'une application de l'associativité dans la parenthésisation d'une chaîne, plutôt que d'une combinaison de *morphèmes prosodiques* figés. Dans la section suivante, nous développons ce point de vue en l'insérant dans une conception générale que nous qualifions de *grammaire dynamique*.

3 GRAMMAIRES DYNAMIQUES

L'une des raisons du choix du cadre fourni par les grammaires de types logiques réside dans leur caractère *dynamique*. Grâce à ce genre de cadre en effet, la production d'une représentation du sens d'une phrase peut se décrire selon un processus de *changement d'état*.

Supposons par exemple que nous voulions analyser la phrase:

(9) des biologistes ont créé un nouveau phylum

avec les assignations de catégories (ou "types"):

- (10) *des*(d) ::= np/n
biologistes(b) ::= n
ont créé(c) ::= (np\s)/np
un(u) ::= np/n
nouveau(n) ::= n/n
phylum(p) ::= n

Il existe une déduction dont le chemin suit la progression de la phrase, autrement dit qui se fait selon:

(11) (((((des biologistes) ont créé) un) nouveau) phylum)

Chaque étape intègre le mot suivant et permet d'obtenir un type prêt à intégrer la suite, jusqu'à obtention d'un type atomique final s. Evidemment, cette déduction

utilise la règle de coupure.

La structure parenthétique peut être obtenue directement comme un résultat du calcul: il suffit d'étiqueter les types et de donner, en même temps que les règles du calcul, les règles permettant de composer les nouvelles étiquettes.

$$x : A \vdash x : A$$

Introduction à gauche de / et de \:

$$\frac{\Theta \vdash y : B \quad \Gamma, z : A, \Delta \vdash \gamma : C}{\Gamma, x : A/B, \Theta, \Delta \vdash \gamma[(xy)/z] : C} [/G]$$

$$\frac{\Theta \vdash y : B \quad \Gamma, z : A, \Delta \vdash \gamma : C}{\Gamma, \Theta, x : B \setminus A, \Delta \vdash \gamma[(xy)/z] : C} [\setminus G]$$

Introduction à droite de / et de \:

$$\frac{\Gamma, x : B \vdash (yx) : A}{\Gamma \vdash y : A/B} [/D]$$

$$\frac{x : B, \Gamma \vdash (yx) : A}{\Gamma \vdash y : B \setminus A} [\setminus D]$$

Coupure:

$$\frac{\Theta \vdash (x) : A \quad \Gamma, z : A, \Delta \vdash \gamma : B}{\Gamma, \Theta, \Delta \vdash \gamma[(x)/z] : B} [coupure]$$

La déduction de (11) avec la structure parenthétique indiquée est la suivante.

$$\frac{\frac{[1]}{d : np/n, b : n, c : (np \setminus s)/np, u : np/n, n : n/n, p : n \vdash (((((db)c)u)n)p) : s} [/G]}{[2]}}$$

avec pour [1] l'axiome:

$$b : n \vdash b : n$$

et pour [2], la déduction suivante:

$$\frac{\frac{[3]}{(db) : np, c : (np \setminus s)/np, u : np/n, n : n/n, p : n \vdash (((((db)c)u)n)p) : s} [coupure]}{[4]}}$$

avec pour [3], la déduction:

$$\frac{\frac{\frac{\frac{[5]}{x : np \vdash x : np} [/G]}{(db) : np, c : (np \setminus s)/np, x : np \vdash ((db)(cx)) : s} [/G]}{(db) : np, y : np \setminus s \vdash ((db)y) : s} [\setminus G]}{(db) : np, c : (np \setminus s)/np \vdash ((db)c) : s/np} [/D]$$

et pour [4]:

$$\frac{\frac{[5]}{((db)c) : s/np, u : np/n, n : n/n, p : n \vdash (((db)c)u)n)p) : s}}{\frac{[6]}{((db)c) : s/np, u : np/n, n : n/n, p : n \vdash (((db)c)u)n)p) : s}} [coupure]$$

avec pour [5]:

$$\frac{\frac{\frac{x : n \vdash x : n}{((db)c) : s/np, (ux) : np \vdash (((db)c)ux) : s} [G]}{(ux) : np \vdash (ux) : np \quad (((db)c)ux) : s \vdash (((db)c)ux) : s} [G]}{((db)c) : s/np, u : np/n, x : n \vdash (((db)c)ux) : s} [G]} [D]}{(db)c) : s/np, u : np/n \vdash (((db)c)u) : s/n}$$

et pour [6]:

$$\frac{\frac{[7]}{(((db)c)u) : s/n, n : n/n, p : n \vdash (((db)c)u)n)p) : s}}{\frac{[8]}{(((db)c)u) : s/n, n : n/n, p : n \vdash (((db)c)u)n)p) : s}} [coupure]$$

avec pour [7]:

$$\frac{\frac{\frac{y : n \vdash y : n}{((db)c)u) : s/n, (ny) : n \vdash (((db)c)u)(ny) : s} [G]}{(ny) : n \vdash (ny) : n \quad (((db)c)u)(ny) : s \vdash (((db)c)u)(ny) : s} [G]}{((db)c)u) : s/n, n : n/n, y : n \vdash (((db)c)u)(ny) : s} [G]} [D]}{(db)c)u) : s/n, n : n/n \vdash (((db)c)u)n) : s/n}$$

et pour [8]:

$$\frac{\frac{p : n \vdash p : n \quad (((db)c)u)n)p) : s \vdash (((db)c)u)n)p) : s}}{((db)c)u)n) : s/n, p : n \vdash (((db)c)u)n)p) : s} [G]$$

Il est important de noter qu'à chaque application de la règle de coupure, la formule de coupure (celle qui apparait en partie droite de la prémisse gauche et en partie gauche de la prémisse droite) est parenthésée. On peut aussi noter les parenthèses dans l'application des règles logiques. Elles n'ont pas d'autre fonction que celle de projeter la structure de la démonstration sur l'étiquette du type résultant s.

L'exemple précédent nous a permis de montrer que:

- 1 les constituants obtenus par parenthétisation ne sont pas nécessairement des constituants syntaxiques: dans cet exemple, on peut dire que ce sont tout au plus des états informationnels dans un processus incrémental,
- 2 ils reflètent une stratégie de déduction parmi plusieurs possibles, qui n'est pas nécessairement la plus "directe".

Si une SP telle que (11) a pu être obtenue par le calcul, en sera-t-il de même pour une SP arbitraire donnée?

Ici intervient un théorème démontré par Buszkowski (Buszkowski W. 1988), appelé **théorème de complétude structurelle** qui permet d'affirmer qu'un séquent démontrable dans le calcul de Lambek L admet toutes les parenthésisations possibles.

Par exemple, la structure (12) suivante peut être obtenue.

$$(12) \quad (((\text{des biologistes}) (\text{ont créé})) (\text{un (nouveau phylum)}))$$

En fonction de ce que nous avons dit au (1), cette structure peut être interprétée comme une structure en constituants prosodiques associée à la ligne mélodique :

$$\begin{array}{cccccccc} \text{des} & \text{biologistes} & \text{ont} & \text{créé} & \text{un} & \text{nouveau} & \text{phylum} & \\ 1 & & 2 & 2 & 3 & 2 & & 1 & 1 \end{array}$$

On peut dire, selon les termes de G. Caelen-Haumont, que le premier constituant prosodique majeur, (*des biologistes ont créé*) n'est pas un constituant syntaxique. Il reflète plutôt une réalité thématique selon un schéma SUPPORT-APPORT. La déduction est la suivante:

$$\frac{\overline{b : n \vdash b : n} \quad [2]}{d : np/n, b : n, c : (np \setminus s)/np, u : np/n, n : n/n, p : n \vdash (((db)c)(u(np))) : s} [/G]$$

où [2] est la déduction :

$$\frac{\overline{[3]} \quad \overline{[4]}}{(db) : np, c : (np \setminus s)/np, u : np/n, n : n/n, p : n \vdash (((db)c)(u(np))) : s} [\text{coupure}]$$

avec pour [3]:

$$\frac{\overline{x : np \vdash x : np} \quad \frac{\overline{(db) : np \vdash (db) : np} \quad \overline{((db)(cx)) : s \vdash ((db)(cx)) : s}}{\overline{(db) : np, (cx) : np \setminus s \vdash ((db)(cx)) : s}} [/G]}{\overline{(db) : np, c : (np \setminus s)/np, x : np \vdash ((db)(cx)) : s}} [/G]}{\overline{(db) : np, c : (np \setminus s)/np \vdash ((db)c) : s/np}} [/D]$$

et pour [4]:

$$\frac{\overline{[5]} \quad \overline{(((db)c)(u(np))) : s \vdash (((db)c)(u(np))) : s}}{\overline{((db)c) : s/np, u : np/n, n : n/n, p : n \vdash (((db)c)(u(np))) : s}} [/G]$$

avec pour [5]:

$$\frac{\overline{p : n \vdash p : n} \quad \frac{\overline{(np) : n \vdash (np) : n} \quad \overline{(u(np)) : np \vdash (u(np)) : np}}{\overline{u : np/n, (np) : n \vdash (u(np)) : np}} [/G]}{\overline{u : np/n, n : n/n, p : n \vdash (u(np)) : np}} [/G]$$

Commentons cette déduction. Le but est de prouver le séquent:

$$d : np/n, b : n, c : (np \setminus s)/np, u : np/n, n : n/n, p : n \vdash (((db)c)(u(np))) : s$$

La partie droite du séquent nous guide dans le choix des regroupements de types à faire à chaque étape de la déduction. En effet, en explorant l'arbre associé à la structure parenthétique de ce terme de droite, à partir des feuilles et dans le sens gauche-droite, nous savons par exemple que le premier pas doit permettre d'opérer le regroupement (d b). Compte tenu des règles données ci-dessus, ce regroupement peut se faire soit au moyen d'une règle logique², soit à défaut, de la règle de coupure. Comme ici, la règle [/G] s'applique, on n'a pas besoin de le coupure.

Au deuxième pas, il s'agit de procéder au regroupement ((d b) c). Ici, aucune règle logique ne s'applique, il faut donc employer la règle de coupure. Il s'agit en l'occurrence, de trouver un séquent prouvable dont la partie gauche soit constituée de la suite de types étiquetés:

$$(db) : np, c : (np \setminus s)/np$$

Ici, diverses heuristiques peuvent être utilisées (notamment basées sur les techniques de réseaux de preuves (Béchet D. & de Groot P. 1997) conduisant à deviner une formule de coupure minimale. Admettons que la bonne formule soit:

$$((d \ b) \ c) : s/np$$

nous devons alors faire la déduction [3], puis la déduction [4]. Aucune de ces deux déductions n'utilise plus la règle de coupure.

Si nous regardons le rôle joué par la structure prosodique, nous voyons qu'elle nous a guidé dans la stratégie de démonstration. Cela nous conduit à compléter la conception "calculatoire" de la langue en faisant l'hypothèse selon laquelle à côté du **lexique** et du **système de calcul**, intervient un troisième composant: la **stratégie de calcul**. Celle-ci serait dans ce cas portée par la **prosodie**. Une démonstration sans coupure est évidemment toujours possible d'après le théorème d'élimination de la coupure, mais cette démonstration n'utilise pas d'information prosodique: elle ne reflète que des propriétés purement syntaxiques.

Le problème majeur des démonstrations avec coupure est évidemment leur indécidabilité: faire une démonstration avec coupure c'est devoir à chaque étape "deviner" quelle est la bonne formule de coupure. Laissé à un démonstrateur automatique, ce problème peut vite mener à des déductions arbitrairement longues là où la déduction sans coupure aurait une longueur déterminée simplement en fonction du nombre d'occurrences de connecteurs dans le séquent terminal (Moortgat M. 1988). Cette proposition d'utiliser la règle de coupure dans les démonstrations de séquents peut donc sembler malheureuse à première vue. Le seul moyen de résoudre cette question consiste à étudier des heuristiques concernant la découverte des bonnes formules de coupure. On doit d'abord remarquer

² les règles dites "logiques" sont les règles associées aux connecteurs, ici [/G], [\ G], [/D] et [\ D]

que la structure prosodique met en évidence à chaque étape une suite d'items lexicaux particulière (en général limitée à 1, 2 ou 3 membres) qui vont devenir l'antécédent du séquent-prémisse gauche. Le découpage de la suite de types n'a donc pas lieu "au hasard": ceci réduit déjà un facteur d'indéterminisme. Il reste à savoir deviner le conséquent. Nous nous attacherons dans le futur à développer des heuristiques pour cela. Notons d'ores et déjà que la restriction à l'emploi de règles gauches dans la démonstration des séquents binaires est une limitation sérieuse, qui permet de trouver très rapidement un conséquent. Il n'est toutefois pas évident que l'on puisse analyser toutes les phrases avec cette restriction.

4 INFORMATION ET PRÉSENTATION DE L'INFORMATION

4.1 Recherche d'un invariant sémantique

Si les phrases d'une langue ont des réalisations prosodiques variables, celles-ci n'en demeurent pas moins soumises à certains invariants, en particulier un invariant de contenu informationnel. Dire (1) avec plusieurs intonations ne modifie pas un contenu que, faute de mieux, nous chercherons à représenter par une formule d'un langage logique. Dans cet esprit, nous demeurerons très proche de la démarche de Montague (Montague R. 1974) telle qu'elle est reprise dans de nombreuses approches contemporaines du TALN (Moortgat M. 1988), (Morrill G. 1994), etc.. Il ne s'agit pas de prétendre que la sémantique de Montague épuise les représentations du sens, voire que la signification linguistique est identique à des fonctions de vérité, mais seulement d'utiliser un auxiliaire qui s'avère précieux pour définir une notion d'invariant sous-jacent à une famille de phrases. Dans cette perspective, l'outil le plus fécond est l'*isomorphisme de Curry-Howard*. Celui-ci permet en effet d'associer un objet canonique à toute preuve effectuée dans certains systèmes, cet objet demeurant invariant sous les différents choix possibles d'une déduction. Rappelons ici à la formulation du calcul de Lambek \mathbf{L} complété avec les λ -termes et les opérations du λ -calcul qui correspondent à chaque règle logique.

$$x : A \vdash x : A$$

Introduction à gauche de / et de \:

$$\frac{\Theta \vdash x : B \quad \Gamma, z : A, \Delta \vdash \gamma : C}{\Gamma, u : A/B, \Theta, \Delta \vdash \gamma[(ux)/z] : C} [/G]$$

$$\frac{\Theta \vdash x : B \quad \Gamma, z : A, \Delta \vdash \gamma : C}{\Gamma, \Theta, u : B \setminus A, \Delta \vdash \gamma[(ux)/z] : C} [\setminus G]$$

Introduction à droite de / et de \:

$$\frac{\Gamma, x : B \vdash u : A}{\Gamma \vdash \lambda x. u : A/B} [/D]$$

$$\frac{x : B, \Gamma \vdash u : A}{\Gamma \vdash \lambda x. u : B \setminus A} [\setminus D]$$

Coupure:

$$\frac{\Theta \vdash u : A \quad \Gamma, z : A, \Delta \vdash \gamma : B}{\Gamma, \Theta, \Delta \vdash \gamma[u/z] : B} [coupure]$$

4.2 Représentations sémantiques et désambiguïisation par la structure parenthétique

Le théorème d'élimination de la coupure en logique intuitionniste a, comme on sait, sa traduction dans le λ -calcul typé: il y exprime le fait que toute λ -expression typée est fortement normalisable. Autrement dit, si nous associons aux items lexicaux des représentations sémantiques à la Montague, c'est-à-dire sous forme de λ -expressions, une déduction avec coupure donnera une expression sémantique qui se réduira à l'expression obtenue au moyen d'une déduction sans coupure. Ainsi, moyennant l' η -équivalence, les représentations sémantiques obtenues par des déductions différentes (sauf cas d'ambiguïté profonde) sont équivalentes. Il existe ainsi un critère permettant de distinguer le cas où deux déductions ne sont que des variantes l'une de l'autre de celui où elles représentent des preuves authentiquement différentes. On peut parler ici de critère "d'individuation de la preuve".

On peut donc se demander **quand** une différence dans la structure parenthétique peut entraîner une véritable différence sémantique. A priori, toutes les structures parenthétiques sont possibles pour une preuve donnée: il n'y a donc pas de raison pour qu'un changement de parenthétisation nous fasse changer de preuve, et donc de représentation sémantique. A moins que lors de la déduction particulière associée à une parenthétisation, une expression en vienne à recevoir un type que le lexique étiquette au moyen d'une représentation sémantique (lexicale donc) qui n'est pas une de celles que l'on pourrait déduire par le calcul. En ce cas, même si la preuve est conservée, la représentation sémantique peut être modifiée. C'est ce que nous allons montrer sur l'exemple suivant.

Notons qu'il nous faudra alors admettre un principe de choix préférentiel (sorte de **principe d'économie**) selon lequel dans certaines situations où un item lexical donné a plusieurs types possibles, le système choisit un type assigné lexicalement de préférence à un type inféré par le calcul.

Dans ce cas, la parenthétisation de l'entrée pourra permettre une authentique désambiguïisation.

4.3 Exemple

Considérons l'exemple suivant:

(13) d'éminents biologistes et d'éminents zoologues américains ont ...

Ce segment de phrase peut avoir plusieurs structures prosodiques, notamment:

(14) ((d' (éminents biologistes)) (et (d' (éminents (zoologues américains))))) ont ...

et:

(15) (((d' (éminents biologistes)) (et (d' (éminents zoologues))))(américains)) ont ...

Cette différence de structure prosodique peut entraîner comme conséquence que dans un cas, l'adjectif *américain* soit interprété comme ne portant que sur *zoologues* et dans l'autre soit interprété comme étant distribué sur *biologistes* et sur *zoologues*. Si l'analyse conforme à (14) ne pose pas de problème particulier, il en va de manière différente pour (15). Lorsque le premier constituant majeur est formé, on obtient en principe un np , or l'adjectif *américains*, deuxième constituant majeur, est un $n \setminus n$, ce qui a priori empêche toute déduction d'un type atomique np . Ce problème peut être résolu si nous arrivons à prouver que le premier constituant prosodique majeur est aussi un $np/(n \setminus n)$. La déduction est schématiquement la suivante³:

$$\frac{\frac{[...]}{np/n, n/n, n, (X \setminus X)/X, np/n, n/n, n \vdash np/(n \setminus n)} \quad \frac{[...]}{np/(n \setminus n), n \setminus n \vdash np}}{np/n, n/n, n, (X \setminus X)/X, np/n, n/n, n, n \setminus n \vdash np} \text{ [coupure]}$$

Le découpage prosodique a été ici utilisé de la manière suivante:

- 1 le but à atteindre: np , et le type du constituant majeur de droite: $n \setminus n$ font apparaître comme possibilité de solution le fait que le constituant majeur de gauche soit un $np/(n \setminus n)$,
- 2 on utilise le découpage prosodique de ce constituant majeur de gauche, qui englobe une conjonction, donc un type polymorphe. Le sous-constituant à droite de la conjonction est interprété comme donnant la valeur de la variable X. Comme le type polymorphe a une catégorie résultat qui est justement cette valeur, celle-ci ne peut être ici que le type constant qui apparaît comme le nouveau but à atteindre: $np/(n \setminus n)$,
- 3 la preuve du séquent $np/nn/nn \vdash np/(n \setminus n)$ se fait alors sans coupure et en utilisant toutes les règles logiques: cela ne possède aucun inconvénient puisqu'il n'y a plus à ce stade de but à deviner.

Du point de vue de la représentation sémantique, on définit le lexique suivant⁴:

$$(16) \quad \begin{array}{lll} des(d) & ::= & np/n \quad : \quad \lambda P. \epsilon x. P(x) \\ biologistes(b) & ::= & n \quad : \quad \lambda x. biol(x) \\ zoologues(z) & ::= & n \quad : \quad \lambda x. zool(x) \\ américains(a) & ::= & n \setminus n \quad : \quad \lambda Q. (\lambda z. Q(z) \wedge am(z)) \\ américains(a) & ::= & n \setminus n \quad : \quad \lambda x. am(x) \end{array}$$

³ Un type polymorphe est utilisé pour la coordination, ce qui suppose que le calcul soit enrichi par des types du second ordre (cf (Emms M. 1993)).

⁴ Dans ce lexique, l'opérateur \otimes réfère à un "et" cumulatif comme l'est le "et" de la logique linéaire, d'où la notation utilisée. On notera aussi l'utilisation d'un lieu noté ϵ , pour traduire le déterminant "des", sorte de généralisation du ι de Russell pour représenter l'article défini "le". Le " ϵ " serait plutôt emprunté à Lesniewski. Ces formules n'ont pas d'autre fonction que de permettre une discrimination maximale avec d'autres expressions (qui apparaîtraient par exemple avec des phrases comme *le biologiste américain etc.*)

On obtient par le calcul:

$$(17) \quad desbiologistes : np/(n \setminus n) : \lambda R. \epsilon x. biol(x) \wedge R(x)$$

Ce qui signifie que la représentation sémantique d'un syntagme nominal peut toujours être une abstraction sur une propriété R s'appliquant au(x) même(s) individu(s) que le nom tête et susceptible d'apporter une détermination supplémentaire.

Ajoutons alors une représentation sémantique pour la coordination en "et cumulatif" de deux np en attente de modifieur droit⁵:

$$(18) \quad et ::= ((np/(n \setminus n)) \setminus (np/(n \setminus n))) / (np/(n \setminus n)) : \lambda u. \lambda v. \lambda Q. [u(Q) \otimes v(Q)]$$

La déduction de la signification de (15) sera la suivante⁶.

$$\frac{et : (X \setminus X) / X : \lambda u. \lambda v. \lambda Q. [u(Q) \otimes v(Q)] \quad (d + z) : np/(n \setminus n) : \lambda R. \epsilon x. zool(x) \wedge R(x)}{(et + (d + z)) : (np/(n \setminus n)) \setminus (np/(n \setminus n)) : \lambda v. \lambda Q. [(\lambda R. \epsilon x. zool(x) \wedge R(x))(Q) \otimes v(Q)]} [elim/]^*$$

où $[elim/]^*$ comporte l'instanciation: $X := (np/(n \setminus n))$

Noter alors que: $\lambda v. \lambda Q. [(\lambda R. \epsilon x. zool(x) \wedge R(x))(Q) \otimes v(Q)]$ se réduit à:
 $\lambda v. \lambda Q. [(\epsilon x. zool(x) \wedge Q(x)) \otimes v(Q)]$

La suite de la déduction est:

$$\frac{(d + b) : np/(n \setminus n) : \lambda S. \epsilon x. biol(x) \wedge S(x) \quad (et + (d + z)) : (np/(n \setminus n)) \setminus (np/(n \setminus n))}{(d + b) + (et + (d + z)) : np/(n \setminus n) : \lambda Q. [(\epsilon x. zool(x) \wedge Q(x)) \otimes (\epsilon x. biol(x) \wedge Q(x))]} [elim \setminus]$$

La dernière étape consiste à utiliser la règle $[elim/]$

$$\frac{np/(n \setminus n) : \lambda Q. [(\epsilon x. biol(x) \wedge Q(x)) \otimes (\epsilon y. zool(y) \wedge Q(y))] \quad n \setminus n : \lambda z. am(z)}{(((d + b) + (et + (d + z))) + a) : np : (\epsilon x. biol(x) \wedge am(x)) \otimes (\epsilon y. zool(y) \wedge am(y))} [elim/]$$

La déduction selon (14) est la suivante, où, cette fois, la coordination en et reçoit l'assignation:

$$(19) \quad et ::= (np \setminus np) / np : \lambda X. \lambda Y. [X \otimes Y]$$

$$\frac{\frac{np \setminus np : \lambda Y. \lambda X. [X \otimes Y] \quad np : \epsilon x. (zool(x) \wedge am(x))}{np \setminus np : \lambda X. [X \otimes \epsilon x. (zool(x) \wedge am(x))]} [elim/]}{np : \epsilon y. biol(y) \quad np \setminus np : \lambda X. [X \otimes \epsilon x. (zool(x) \wedge am(x))]} [elim \setminus]$$

⁵ Remarquer que le λ -terme associé **n'est pas linéaire**: Q occure deux fois. Il n'y a donc aucune possibilité de l'obtenir par le calcul, il faut que ce soit le lexique qui le spécifie.

⁶ Afin de rendre les déductions plus lisibles et de mieux voir les applications de λ -termes les uns aux autres, nous utilisons le format "déduction naturelle". Les règles d'introduction à gauche et à droite du calcul des séquents deviennent les règles d'élimination et d'introduction pour les mêmes connecteurs. Les règles d'élimination de $/$ et \setminus correspondent alors à l'application fonctionnelle, les règles d'introduction à l'abstraction

En résumé, la démarche proposée ici utilise intensivement la flexibilité du calcul. Le calcul est flexible en ce qu'il autorise une pluralité de déductions, correspondant à diverses structures parenthétiques, mais aussi parce que **les expressions reçoivent des types multiples**. Le changement de type d'une expression (ici par exemple le *et* de la coordination) peut être utilisé comme déclencheur d'un changement de représentation sémantique, ce qui aura une répercussion sur la représentation sémantique de l'ensemble de la structure. Ainsi peut-on obtenir de réelles possibilités de désambiguïsation par l'intonation.

5 CONCLUSION

Le travail présenté ici est un travail préliminaire à une intégration de la prosodie dans le traitement automatique des langues naturelles: il ne fait que présenter un modèle général. Il ne prétend pas donner des solutions définitives. Les caractéristiques principales d'un tel modèle sont les suivantes:

- 1 le modèle doit avoir assez de flexibilité pour accepter en reconnaissance toutes les structures en constituants prosodiques, représentées par des structures parenthétiques,
- 2 le modèle doit permettre une évaluation de la complexité d'une structure,
- 3 le modèle doit rendre compte à la fois des invariances de sens et du glissement d'un sens vers un autre et de ce fait, pouvoir être utilisé dans la perspective d'une désambiguïsation des énoncés par l'intonation.

Nous avons montré au 3 que notre modèle satisfaisait au premier point et suggéré comment dans l'avenir on pourrait répondre aux exigences de (2) (complexité de l'interpolant). Nous avons montré au 4 comment résoudre le point 3, au moyen de l'assignation de représentations sémantiques non linéaires aux expressions typées, attribuées en fonction du type syntaxique calculé. Il reste évidemment beaucoup à faire dans ce domaine et notamment à donner une version opérationnelle du calcul, dotée d'heuristiques pour calculer les interpolants. On ne saurait conclure sans établir un lien avec des travaux similaires. C'est Moortgat (Moortgat M. 1988) qui a initié la perspective de l'analyse prosodique dans les grammaires catégorielles en utilisant le théorème de complétude structurelle de Buszkowski. Nous avons vu au 2 une autre approche du problème, celle de Steedman et Prevost, basée sur l'assignation de types aux marques prosodiques. Cette conception nous paraît reposer sur une conception trop figée de la prosodie qui ne semble pas pouvoir répondre aux exigences du point 1 ci-dessus. Citons enfin les travaux récents de H. Hendriks (Hendriks H. 1996) qui utilisent le calcul **DNL** (non associatif avec dépendances) et l'isomorphisme de Curry-Howard dans une perspective voisine de celle qui est développée ici.

RÉFÉRENCES

- ABRUSCI, M. (1993) : “Exchange connectives for non commutative classical linear propositional logic”, in *Linear Logic and Lambek Calculus*, M. Abrusci ; C. Casadio ; M. Moortgat (ed.).
- BÉCHET, D. ; DE GROOTE, P. (1997) : “Constructing different phonological bracketings from a proof-net”, in *LACL’96*, C. Retoré (eds.).
- BUSZKOWSKI, W. (1988) : “Generative power of categorial grammars”, in *Categorial Grammars and Natural Language Structures*, E. Bach ; R. Oehrle ; D. Wheeler (ed.), D. Reidel, p. 69–94.
- CAELEN-HAUMONT, G. ; LECOMTE, A. (1995) : “Langue naturelle et prosodie : intégration de la prosodie dans une syntaxe catégorielle”, in *TALN’95*, P. Blache (eds.).
- CAELEN-HAUMONT, G. (1991) : Analyse des interactions entre modèles syntaxiques, sémantiques et pragmatiques et paramètres prosodiques : stratégies des locuteurs et consignes de lecture d’un texte”, Thèse d’état, Université d’Aix-en-Provence.
- CAELEN-HAUMONT, G. (1993) : “Du sens du texte aux indices mélodiques : une étude expérimentale”, *Studia Universalis*.
- DESCLÉS, J.P. (1990) : *Langages applicatifs, langues naturelles et cognition*, Hermes.
- G. Docherty ; R. Ladd (ed.) (1992) : *Papers in Laboratory Phonology II, Gesture, Segment, Prosody*, Cambridge University Press.
- EMMS, M. (1993) : “Parsing with polymorphism”, in *Proceedings of the 6th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*.
- GIRARD, J.Y. (1987) : “Linear logic”, *Theoretical Computer Science*, vol. 50, n° 1, p. 1–102.
- GIRARD, J.Y. (1995) : “Linear logic : its syntax and semantics”, in *Advances in Linear Logic*, Y. L. J.Y. Girard ; L. Regnier (ed.), Cambridge University Press, p. 1–42.
- HENDRIKS, H. (1996) : “Intonation, derivation, information”, in *Proof-Theory and Linguistic Categories*, M. Abrusci ; C. Casadio (ed.), p. 107–124, CLUEB - University of Chieti.
- HOWARD, W.A. (1980) : “The formulae-as-types notion of construction”, in *To H. B. Curry: Essays on Combinatory Logic, Lambda Calculus and Formalism*, Seldin ; Hindley (ed.), Academic Press.
- LECOMTE, A. (1992) : “Proof-nets and dependencies”, in *Proc. COLING’92*.

- LECOMTE, A. (1996) : “Grammaire et théorie de la preuve, une introduction”, *TAL*, vol. 37, n° 2, p. 1–37.
- MONTAGUE, R. (1974) : “English as a formal language”, in *Formal Philosophy : Selected Papers of Richard Montague*, R. Thomason (eds.), Yale University Press.
- MOORTGAT, M. (1988) : *Categorial Investigations, Logical and Linguistic Aspects of the Lambek Calculus*, Foris, Dordrecht.
- MOORTGAT, M. (1996) : “Multimodal linguistic inference”, *JoLLI*, vol. 5, p. 349–385.
- MORRILL, G. (1994) : *Type Logical Grammar, Categorial Logic of Signs*, Kluwer.
- PIERREHUMBERT, J. (1980) : The Phonology and Phonetics of English Intonation, Phd thesis, MIT.
- PREVOST, S. ; STEEDMAN, M. (1993) : “Generating contextually appropriate intonation”, in *Proceedings of the 6th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*, p. 332–340.
- PREVOST, S. ; STEEDMAN, M. (1994) : “Specifying intonation from context for speech synthesis”, *Speech Communication*, vol. 15, p. 139–153.
- RANTA, A. (1994) : *Type Theoretical Grammar*, Oxford University Press.
- RETORÉ, C. (1993) : Calcul des séquents ordonnés, Thèse, Université Paris-7.
- RETORÉ, C. (1996) : “Calcul de lambek et logique linéaire”, *TAL*, vol. 37, n° 2, p. 39–70.
- ROORDA, D. (1993) : Resource-logics : Proof-Theoretical Investigations, Thèse, University of Amsterdam.
- ROSSI, M. (1985) : “L’intonation et l’organisation de l’énoncé”, *Phonetica*, n° 42.
- SELKIRK, E.O. (1980) : “The role of prosodic categories in english word stress”, *Linguistic Inquiry*, vol. 11, p. 563–606.
- STEEDMAN, M. (1991) : “Structure and intonation”, *Language*, vol. 68, p. 260–296.
- VALLDUVI, E. (1992) : *The informational component*, Garland.
- VALLDUVI, E. (1994) : “The dynamics of information packaging”, in *Integrating Information Structure into Constraint-Based Approaches*, E. Engdahl (eds.), DYANA-project.