

Vers une plate-forme multi-agents pour l'exploration et le traitement linguistiques

Thomas LEBARBÉ
GREYC - Université de Caen
14032 Caen Cedex
lebarbe@info.unicaen.fr

Résumé - Abstract

Dans cet article, nous proposons une plate-forme multi-agents pour l'expérimentation et le traitement linguistique. Après une description du modèle d'agent APA, nous présentons l'état actuel de nos travaux: une implémentation en système multi-agents de l'analyse syntaxique selon le paradigme des grammaires de dépendances en chunk. Nous montrons ensuite d'autres possibilités d'implémentation selon d'autres paradigmes syntaxiques mais aussi au delà de la simple syntaxe.

In this article, we present un multi-agent platform for natural language experimentation and processing. After describing the APA agent model, we present the advancement in our work: an agent-based implementation of a syntactic parser according to the chunk dependency paradigm. We then show other potential implementations according to other syntactic paradigms but also further than mere syntax.

Mots clefs: système multi-agents, syntaxe, analyse syntaxique, environnement.

1 Introduction

L'analyse linguistique automatique est souvent perçue comme un ensemble de processus dis-joints et successifs mais rarement comme des calculs pouvant être effectués en parallèle. De même l'on traite les unités linguistiques successivement, parfois en référence anthropomorphique à la lecture de gauche à droite pour les langues ainsi formées, plutôt que concurremment dans leur contexte. Nous noterons toutefois les travaux de (Menézo et al., 1996) et (Aloulou et al., 2000) dans le domaine de la correction d'erreurs ainsi que ceux de (Stefanini, 1993) pour l'analyse de l'écrit.

Ici, nous proposons une approche innovante de traitement linguistique par système multi-agents. Prenant en considération que *“Tout mot qui fait partie d'une phrase cesse par lui-même d'être isolé comme dans le dictionnaire. Entre lui et ses voisins, l'esprit aperçoit des connexions, dont l'ensemble forme la charpente de la phrase.”* (Tesnière, 1959), nous avons émis l'hypothèse que les mots participent à la construction de la charpente de la phrase. Par conséquent, nous avons agentifié les unités linguistiques, d'abord les mots puis les chunks. . . D'autre part, chaque

agent intégrant une unité linguistique est lui même un système multi-agents dont chaque agent intègre un rôle ou une fonction de calcul linguistique.

Dans une première partie, nous présentons le modèle d'agents hybrides APA, développé par François Girault (Girault, 1999) et implémenté dans la plateforme proposée ici. Nous y décrivons sa structure ainsi que les interactions qu'il peut avoir avec les autres agents et l'environnement dans lequel il est situé.

Dans une deuxième partie, nous montrons l'implémentation qui a été faite de ce modèle ainsi que son mode de fonctionnement, dans le cadre de l'analyse syntaxique selon le paradigme de grammaires de dépendances; de l'étiquetage morphosyntaxique à la mise en relation des chunks (Lebarbé et al., 2001).

Enfin, dans une dernière section, nous présentons diverses implémentations possibles, selon d'autres paradigmes syntaxiques et dans le cadre de l'articulation syntactico-sémantique.

2 Des agents dans un environnement

Le modèle multi-agent que nous présentons ici a été développé par François Girault (Girault, 1999) dans le cadre de recherche sur les relations micro-macro au sein d'un système multi-agents. Bien qu'il ait été prévu à l'origine pour une simulation de robots footballeurs, nous avons pu adapter le modèle à la tâche du traitement linguistique.

2.1 Le modèle APA

Le modèle d'agent APA (Anticipation par Perception Augmentée) a pour particularité d'être lui-même un système multi-agents. Par commodité, nous nommerons *agent* l'agent APA et *sous-agents*, les agents dont il est constitué.

2.1.1 Le sous-agent APA

Le sous-agent perçoit, interprète et agit, et est donc constitué de trois modules (voir figure 1):

- Un module *perceptif* lui permettant de percevoir son environnement; il est représenté par un œil; sa perception est représentée par le cône de perception;
- Un module *cognitif* lui permettant d'interpréter son environnement en fonction de la perception qu'il en a et d'une base de connaissances; il est représenté par un K;
- Un module *actif* lui permettant d'agir sur son environnement; il est représenté par une case d'où sort une flèche pointant (agissant) sur l'environnement;

Ces trois modules fonctionnent en parallèle, et se transmettent des informations comme suit:

- Le module perceptif transmet sa perception de l'environnement au module cognitif. Cette représentation interne du monde extérieur n'est mise à jour que lorsqu'un changement a eu lieu dans le monde externe.

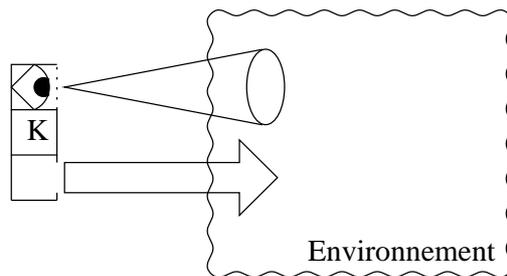


Figure 1: Le sous-agent APA et son environnement

- Le module cognitif analyse la perception qui lui est transmise par le module perceptif, et, le cas échéant, transmet les actions à effectuer au module actif.
- Le module actif reçoit les instructions du module cognitif et les effectue. Dans le cas de la figure 1, l'action est directement effectuée sur l'environnement.

2.1.2 L'agent APA: un système multi-agents

Comme nous l'avons précisé en début de section, l'agent APA est un système multi-agents constitué de sous-agents tels que nous les avons décrits ci-dessus.

Comme tout (ou presque) système multi-agents, l'agent APA est constitué d'un ensemble d'agents et d'un environnement, comme le présente la figure 2.

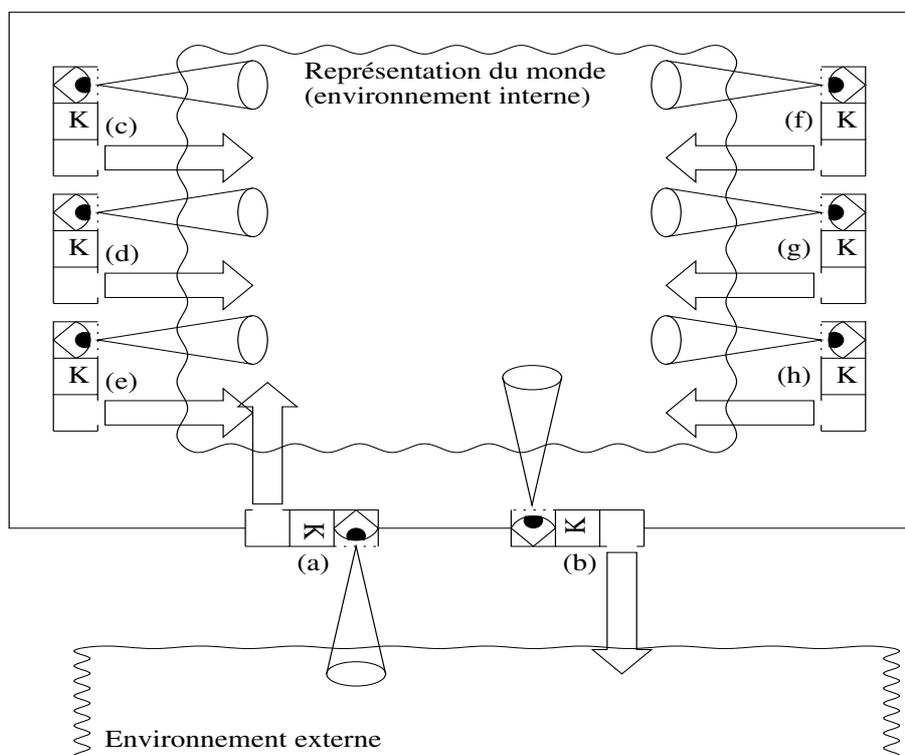


Figure 2: L'agent APA, son environnement interne (sa représentation du monde) et son interaction avec le monde externe.

L'agent APA est délimité sur la figure par la forme du rectangle. Ses constituants sont:

- (a) Le sous-agent (a) qui perçoit l'environnement externe dans lequel s'insère l'agent APA et modifie l'environnement interne de l'agent (sa représentation du monde) en fonction de cette perception. Cette mise à jour n'a lieu que lorsque des modifications ont eu lieu dans le cône de perception de l'agent.
- (b) Le sous-agent (b) qui effectue l'opération inverse: il perçoit l'environnement interne de l'agent et modifie l'environnement externe lorsque des informations y ont été ajoutées.
- (c) Les sous-agents (c) à (h) qui perçoivent la représentation que se fait l'agent du monde et infèrent sur celle-ci, la modifiant le cas échéant.
- (d) L'environnement interne, qui incarne la représentation interne que l'agent APA se fait de son environnement externe (d'où le terme de *représentation* du monde).

2.2 L'environnement

Tout système multi-agents est fondé sur l'interaction d'agents dans un environnement. Nous n'entrerons pas dans le débat théorique de la définition de l'environnement d'un agent et nous nous baserons sur la définition suivante de Girault (Girault, 1999):

Du point de vue de l'agent, son environnement (externe) est l'ensemble des agents du système à l'exception de lui-même. Du point de vue du système, l'environnement est l'ensemble des agents.

Dans le cas qui nous intéresse, l'environnement externe est plus précisément l'image que chacun des agents donne de lui même aux autres agents, sa perceptibilité aux autres. Comme nous traitons des unités linguistiques, celles-ci se présentent dans l'environnement externe avec leurs caractéristiques linguistiques, c'est-à-dire, leur graphie, leurs propriétés linguistiques (étiquette morphosyntaxique, traits sémantiques...) et les relations qui les lient aux autres.

Ceci permet aux agents de s'observer les uns les autres, mais aussi aux agents de suggérer à d'autres certaines de leurs propriétés, comme nous le présentons dans la suite de l'article sur un exemple concret. Néanmoins, aucune information quant à leur état interne (i.e., les augmentations temporaires de son environnement interne) n'est représentée dans l'environnement.

L'ensemble de ces informations étant purement structurales, nous avons implémenté l'environnement sous forme d'une structure de type XML dont chaque objet est délimité par une étiquette. Ainsi, non seulement l'environnement est-il le lieu de communication entre agents (communication aux autres de leurs propriétés propres ou de celles anticipées de leurs voisins) mais aussi est-il la structure attendue par l'utilisateur au fur et à mesure de sa construction.

2.3 Des unités linguistiques aux agents

Dans le cas du modèle APA tel que nous l'avons implémenté pour le traitement linguistique, nous sommes partis du principe que chaque unité linguistique (qu'il s'agisse du mot, du chunk, de la proposition ou de la phrase) est incarnée dans le système par un agent.

Ainsi, le système s'initialise sous forme d'un ensemble d'agents, chacun incarnant un mot, l'ensemble des agents formant le texte. Les agents se rendant perceptibles dans l'environnement,

y sont ordonnés conformément à l'ordre de ces mots dans le texte et seulement délimités, les champs informatifs autres que leur graphie étant vides.

La structure interne de l'agent incarnant une unité linguistique est identique à celle présentée en figure 2. Les sous-agents (a) et (b) y ont les mêmes rôles, respectivement, de perception de l'environnement externe pour mettre à jour la représentation interne du monde et de retranscription de l'augmentation dans la représentation interne du monde dans l'environnement externe.

Nous avons attribué aux autres sous-agents (c) à (h) les rôles suivants respectifs:

- l'introspection: afin de tenter d'augmenter sa perception de lui-même en identifiant ses propriétés.
- l'*extra-spection*¹: afin, par opposition au premier, de tenter d'augmenter la perception qu'il a de ses voisins proches en fonction de la connaissance qu'il a de lui-même.
- l'observation: afin, par réciprocité, d'écouter les hypothèses émises par ses voisins et d'en inférer ses propres propriétés.
- enfin l'association: afin de tenter de s'associer à ses voisins proches et de construire une unité linguistique d'ordre supérieur, ou du moins une relation linguistique.

Il est à noter que les sous-agents ayant pour fonction de tenir compte de leurs voisins ou de les augmenter sont *clonable* de manière à ce qu'un sous-agent se charge d'un voisin. Le nombre de sous-agents est donc théoriquement illimité.

2.4 Perception de l'environnement

Dans le cadre du traitement linguistique, l'environnement (qu'il soit l'environnement externe - le monde- ou l'environnement interne - la représentation que l'agent se fait du monde) que nous avons défini a une géométrie à une seule dimension: la linéarité de la phrase. Le cône de perception de chacun des agents et sous-agents se réduit donc à un angle de perception sur la gauche et la droite de l'agent.

D'autre part, la métrique de l'environnement dépend de celle de l'agent qui le perçoit: un agent incarnant un mot percevra des mots, s'il incarne un chunk, il percevra des chunks... L'angle de perception de l'agent se définit alors en unités linguistiques perçues à gauche et à droite. D'un point de vue pratique, cet angle peut être limité à un certain nombre d'unités ou pas.

Dans le cas particulier du calcul de la structure syntaxique de la phrase, il n'est pas toujours nécessaire que l'agent perçoive ses voisins au delà des limites de la phrase et l'implémentation en tient compte. De même, lors de la construction du chunk, l'agent mot n'a pas besoin de chercher à s'associer avec d'autres éléments au delà des délimiteurs du chunk à la construction duquel il participe.

La perception qu'un agent a de son environnement définit par voie de conséquence son environnement interne. L'environnement interne à l'agent est donc la portion d'environnement externe qu'il perçoit à laquelle s'ajoutent les augmentations d'informations calculées par ses sous-agents.

¹ nous nous permettons ce néologisme pour marquer l'opposition avec introspection

2.5 Communication par la modification de l'environnement

Suivant les implémentations, les systèmes multi-agents permettent aux agents de communiquer directement d'agent à agent ou par le biais de media de communication.

Nous avons pris le parti de permettre aux agents de communiquer par le biais de la modification de l'environnement. Ainsi, lorsqu'un agent APA a pu identifier certaines de ses propriétés, il les inscrit dans l'environnement, mettant ainsi ces informations à disposition des autres agents. L'on peut dire qu'il modifie l'image qu'il donne de lui-même aux autres agents.

De même, s'il anticipe les propriétés d'un de ses voisins, ces informations sont insérées dans l'environnement. Ici, l'on peut dire qu'il informe ledit voisin de ses hypothèses. L'agent ainsi informé de ses rôles ou fonctions éventuels peut alors en tenir compte et modifier son apparence aux autres.

3 Exemple sur une grammaire de dépendances

Nous avons implémenté ce système multi-agents dans le cadre des grammaires de dépendance. Il s'agit ici d'une extension sous forme multi-agents du modèle présenté dans (Lebarbé, 1999).

Le système multi-agent, à son initialisation, est donc un ensemble d'agents, chacun incarnant un mot du texte. L'environnement, quant à lui, est l'ensemble des images données par les agents. Il est donc simplement constitué des mots, délimités par des étiquettes de type XML mais dont seul le champ *graphie* est rempli.

Nous émettons l'hypothèse qu'un lexique complet dans une langue donnée est non seulement irréalisable mais aussi la source d'ambiguïtés pour l'étiquetage morphosyntaxique. Par conséquent, nous avons fait le choix de ne prendre en considération que les mots grammaticaux et une base de marqueurs morphologiques pour l'étiquetage morphosyntaxique (Giguet, 1997), (Vergne, 1999).

Ainsi, le sous-agent d'introspection utilise ces ressources pour tenter de s'identifier. Cette opération ne fonctionne bien-entendu pas pour tous les mots du texte analysé.

Le sous-agent d'observation permet de son côté d'émettre des hypothèses sur l'étiquette morphosyntaxique des voisins de l'agent. Par exemple, dans le cas simple de "... de la maison..." si nous considérons l'agent incarnant *de*: le sous-agent d'introspection permet d'identifier que l'agent incarne une préposition. Par conséquent, le sous-agent d'extra-spection, qui perçoit son voisin direct comme ambigu entre déterminant ou pronom, peut résoudre cette ambiguïté en éliminant la possibilité du pronom et soumettre cette hypothèse à l'agent incarnant *la* par le biais de l'environnement.

Le sous-agent d'observation de l'agent incarnant *la* peut alors tenir compte de cette hypothèse et la confirmer, modifiant ainsi l'image qu'il donne de lui-même dans l'environnement.

De même, le sous-agent d'extra-spection de *la* peut alors émettre l'hypothèse que *maison* est un nom féminin singulier, confirmant ainsi ce qu'éventuellement le sous-agent d'introspection de *maison* aura déduit morphologiquement.

Ainsi, dans un cas où des systèmes tels celui de (Etchegoyhen, 2000) reportent la prise de décision dans l'attente de plus amples informations, nous préférons plutôt une collaboration

entre les mots par l'échange d'informations.

Pour ce qui est du sous-agent d'association, il permet à un mot de tenter de s'associer à son dépendant. Nous utilisons ici les propriétés du chunk tel que Steven Abney l'a défini dans (Abney, 1991) et (Abney, 1995).

Ainsi, la présence de la préposition *de* permet aux mots situés avant de ne pas chercher de dépendant au delà (une préposition étant un marqueur de début de chunk). D'autre part, le sous-agent d'association de *de*, tout comme celui de *la*, vont rechercher le nom dont ils dépendent à leur droite.

Lorsque le nom (noyau du chunk nominal) ou le verbe (noyau du chunk verbal) perçoit par le biais de son sous-agent d'association qu'un ensemble d'autres agents pointent sur lui, et que cet ensemble permet la constitution d'un chunk complet (i.e., les agents pointant sur lui forment une suite non-discontinue de mots, délimitée par un marqueur de début de chunk à gauche et de fin de chunk à droite), il peut alors modifier l'environnement pour que cet ensemble de mots apparaisse sous forme d'un chunk et que l'association de ces agents-mots forme un agent de niveau syntaxique supérieur.

Cet agent chunk ainsi formé aura alors la même structure interne qu'un agent mot, avec ses sous-agents de perception de l'environnement, d'action sur l'environnement, d'introspection, d'observation des chunks voisins, d'émission d'hypothèses sur les propriétés de ses chunks voisins et d'association à ceux-ci pour construire un agent de niveau supérieur, en l'occurrence la proposition.

4 Perspectives

Le système tel que nous l'avons présenté dans la section précédente permet de construire la structure syntaxique de la phrase.

Néanmoins, ce système, de par sa configuration, est entièrement ouvert et permet l'intégration d'agents de compétences diverses aussi bien sous la forme de sous-agents à l'intérieur d'un agent APA que sous la forme d'agents, qu'ils respectent ou non le modèle APA.

Ici, nous donnons un exemple d'agent que nous avons intégré dans notre système, permettant de valider la mise en relation syntagmatique de chunks prépositionnels. Ensuite, nous montrons comment une grammaire d'arbres adjoints pourrait être implémentée dans ce système multi-agents.

4.1 Un agent de validation

Lors d'un traitement syntaxique, un problème récurrent est celui de la mise en relation de chunks prépositionnels successifs à la suite d'un chunk nominal ($N \ pN \ pN^+$).

Dans "*la demande d'arrestation du juge*" extrait du corpus LEMONDE, nous avons trois chunks consécutifs et, d'un point de vue purement syntaxique, il y a peu sinon aucun indicateur permettant de définir si *juge* dépend de *arrestation* ou de *demande*.

Il existe donc deux structures possibles, et, la structure la plus fréquente sur corpus est celle dont les relations sont les plus courtes (*du juge* dépend de *arrestation*). C'est donc celle-ci qui

sera choisie par le système multi-agents, bien que fausse dans le cas présent.

Pour tenter de palier cette source d'erreurs, nous avons intégré un agent complémentaire dans le système multi-agents présenté dans la section précédente.

Contrairement aux autres agents, cet agent s'intègre dans l'environnement sans incarner une unité linguistique quelle qu'elle soit. En revanche, il perçoit l'ensemble des agents d'une phrase et repère les séquences d'agents formant une suite $N \text{ } pN \text{ } pN^+$.

Lorsque le cas se présente, l'agent va alors tester la pertinence des combinaisons structurales possibles en interrogeant un moteur de recherche internet. Ainsi, dans l'exemple donné ci-dessus, l'agent va interroger le moteur de recherche Altavista² avec les requêtes suivantes et récupèrera les nombres d'occurrences:

Requête	Nombre d'occurrences
"la demande du juge"	324
"l'arrestation du juge"	4

Il est ainsi évident que, dans le corpus formé par l'Internet, le juge demande plus qu'il n'est arrêté. L'agent modifiera alors l'inférence précédente en changeant les attributs de dépendance des chunks concernés.

Deux points sont à noter sur cet agent complémentaire:

- L'agent de validation par l'Internet n'est pas nécessairement en mesure de donner une réponse soit parce que l'accès au moteur de recherche est lent ou impossible, soit parce que les retours du moteur de recherche ne sont pas pertinents. Ceci n'aura pas d'impact notable sur la fonctionnement du système: si une réponse utilisable arrive, elle sera prise en compte, sinon, la structure calculée auparavant sera conservée.
- L'agent tel que nous l'avons conçu s'intègre dans le système au même niveau que les agents APA, bien que n'ayant pas été contruit selon le modèle APA. Il aurait tout aussi bien pu être intégré sous la forme d'un sous-agent d'un agent chunk, ne réagissant que lorsque l'agent concerné est un chunk nominal.

4.2 Implémenter un autre modèle de grammaire

Nous avons montré comment un ensemble de mots s'associent pour former un chunk. Mais d'autres méthodes d'association peuvent être implémentées. Ainsi, si l'on considère les grammaires d'arbres adjoints, on peut envisager une implémentation par le système multi-agents présenté dans cet article.

Là, seul le fonctionnement du sous-agent d'association sera modifié. Si nous reprenons l'exemple d'école "... de la maison..." de la section 3, *maison* s'associera à *la* pour former un agent syntagme nominal, qui lui-même pourra alors s'associer à *de* ensuite pour former un agent syntagme prépositionnel.

L'exemple ci-dessus est certes limité, mais nous mettrons la plateforme à disposition des chercheurs plus compétents dans cette théorie linguistique.

² <http://www.altavista.com>

4.3 Prérequis pour la création d'un agent

Le système multi-agents, tel que nous l'avons présenté est un système que nous avons voulu ouvert et développé dans ce but. Du fait même que l'environnement soit accessible dans un format de type XML dans lequel toutes les informations linguistiques calculées sont mises à disposition des agents, l'insertion d'agents de compétences linguistiques complémentaires devient une tâche relativement aisée.

Si l'on reprend la structure du sous-agent APA (voir figure 1), les modifications requises seront:

- le paramétrage du module de perception: le type d'objet linguistique à traiter (dépendant du modèle linguistique utilisé) et, le cas échéant, les options de filtrage perceptif (comme dans le cas de l'agent de requêtes sur Internet proposé en 4.1).
- les règles d'inférence du module cognitif: qu'il s'agisse de déductions locales comme nous l'avons implémenté, de raisonnement par contraintes comme le propose (Blache, 2000) ou d'une analyse modulaire (Fay-Varnier et al., 1991).

En revanche, le système ne permet pas de contrôle de niveau supérieur (Blache, 1998) ou de passes multiples (Boitet et al., 1994).

Les agents peuvent être programmés dans tout langage offrant la gestion des sockets de communication. Un serveur d'environnement, gérant l'intégralité des communications a été développé en Oz, permettant ainsi de répartir les agents et sous-agents aussi bien sur plusieurs processeurs que sur plusieurs machines (l'intérêt de répartir sur plusieurs machines reste discutable à cause du coût de communication par réseau).

5 Conclusions

Nous avons présenté dans cet article une approche multi-agent du traitement linguistique. L'utilisation d'un modèle d'agent hybride tel APA permet une meilleure décomposition et parallélisation du problème.

D'une part, chaque unité textuelle est incarnée par un agent, lui donnant ainsi la possibilité de coopérer avec ses voisins dans la tâche de la construction de la structure syntaxique. D'autre part, chaque agent est lui même décomposé en fonction des diverses tâches fonctionnelles qui lui incombent: identification dans un lexique, déduction locale, mise en relation. . . .

Le système, dans son état actuel permet donc la construction en parallèle de l'arborescence syntaxique des constituants en partant des feuilles (les mots) pour remonter au noeud père (la phrase).

Enfin, le fait que les agents puissent communiquer par le biais de l'environnement permet d'intégrer d'autres agents, de façon très simple, sans avoir à manipuler des méthodes de communication d'agent à agent ou de négociation entre agents.

Il est bien entendu que le système présenté est expérimental et que, comme beaucoup de systèmes multi-agents, il n'est pas compétitif pour ce qui est de la rapidité de calcul³. Il n'en est pas moins une plate-forme simple d'utilisation qui ouvre des perspectives d'articulation syntactico-sémantiques intéressantes.

³ une étude est en cours afin de déterminer sa complexité pratique

Références

- ABNEY S. (1991), Parsing by Chunks. In Robert C. Berwick, Steven P. Abney, and Carol Tenny, editors, *Principle-Based Parsing: Computation and Psycholinguistics*, pages 257–278. Kluwer Academic Publishers, Boston, 1991.
- ABNEY S. (1995), Chunks and dependencies: Bringing processing evidence to bear on syntax, In Jennifer Cole and Georgia Green and Jerry Morgan, editor, *Computational Linguistics and the Foundations of Linguistic Theory*, pages 145–164, CSLI
- ALOULO C., HADRICH-BELGUITH L. ET BEN-HAMADOU A. (2000), Vers un système d'analyse robuste pour l'Arabe: Application au recouvrement des erreurs de la reconnaissance, *7ème conférence sur le Traitement Automatique des Langues (TALN'00)*
- BLACHE P. (1998), Une stratégie de contrôle pour l'analyse syntaxique, *Cinquième Conférence Annuelle sur le Traitement Automatique des Langues (TALN'98)*
- BLACHE P. (2000), Le rôle des contraintes dans les théories linguistiques et leur intérêt pour l'analyse automatique: les Grammaires de Propriétés, *7ème Conférence Annuelle sur le Traitement Automatique des Langues (TALN'00)*
- BOITET C., SELIGMAN M. ET SEGOND F. (1994), Multiple-pass parsing and dynamic relaxation: a text-driven approach to parsing, *13ème conférence sur l'intelligence artificielle, les systèmes experts et le langage naturel*
- ETCHEGOYHEN T. (2000), Analyse Syntaxique Monotone par Décisions Différées, *7ème Conférence Annuelle sur le Traitement Automatique des Langues (TALN'00)*
- FAY-VARNIER C., FOUQUERÉ C., PRIGENT G. ET ZWEIGENBAUM P. (1991), Modules syntaxiques des systèmes d'analyse du français, *Technique et Science Informatiques*, n 6, vol. 10, pp 404-425.
- FERBER J., (1997), Les systèmes multi-agents: un aperçu général, *Technique et Science Informatique*, n 8, vol. 16, pp 979-1012.
- GALA-PAVIA N., (2000), Hétérogénéité des corpus: vers un parseur robuste reconfigurable et adaptable, *Rencontre des Etudiants Chercheurs en Informatique pour le Traitement Automatique des Langues (RECITAL'00)*
- GIGUET E. (1997), From part of speech tagging to memory-based deep syntactic analysis, *Proceedings of the International Workshop on Parsing Technologies (IWPT'97)*
- GIRAULT F. (1999), Une architecture d'anticipation par réalité augmentée, *Journées Francophones sur l'Intelligence Artificielle Distribuée (JFIAD'99)*
- LEBARBÉ T. (1999), Analyse syntaxique de flux textuel, *6ème Conférence Annuelle sur le Traitement Automatique des Langues (TALN'99)*.
- LEBARBÉ T. ET GIRAULT F. (2001), TAPAS: Traitement et Analyse par Perception Augmentée en Syntaxe, *Revue Française de Linguistique Appliquée*, à paraître.
- MENÉZO J., GENTHIAL D. ET COURTIN J. (1996), Reconnaissances pluri-lexicales dans CELINE, un système multi-agents de détection et correction des erreurs, *NLP+IA 96, Moncton-Canada*, pp 174-180.
- STEFANINI M. H. (1993), Talisman: Une architecture multi-agents pour l'analyse du français écrit, *Thèse de doctorat, Université Pierre Mendès-France, Grenoble*.
- TESNIÈRE L. (1959), Éléments de syntaxe structurale, *Klincksieck ed.*
- VERGNE J. (1999), Étude et modélisation de la syntaxe des langues à l'aide de l'ordinateur, Analyse syntaxique automatique non combinatoire, *Habilitation à diriger des recherches, Université de Caen*