

## Factorisation des contraintes syntaxiques dans un analyseur de dépendance

Piet Mertens

Département de Linguistique, Université de Leuven, Belgique  
piet.mertens@arts.kuleuven.be

**Résumé.** Cet article décrit un analyseur syntaxique pour grammaires de dépendance lexicalisées. Le formalisme syntaxique se caractérise par une factorisation des contraintes syntaxiques qui se manifeste dans la séparation entre dépendance et ordre linéaire, la spécification fonctionnelle (plutôt que syntagmatique) des dépendants, la distinction entre dépendants valenciels (la sous-catégorisation) et non valenciels (les circonstants) et la saturation progressive des arbres. Ceci résulte en une formulation concise de la grammaire à un niveau très abstrait et l'élimination de la reduplication redondante des informations due aux réalisations alternatives des dépendants ou à leur ordre. Les arbres élémentaires (obtenus à partir des formes dans l'entrée) et dérivés sont combinés entre eux par adjonction d'un arbre dépendant saturé à un arbre régissant, moyennant l'unification des noeuds et des relations. La dérivation est réalisée grâce à un analyseur chart bi-directionnel.

**Abstract.** We describe a parser for lexicalized dependency grammar. The formalism is characterized by a factorization of the syntactic constraints, based on the separation between dependency and word order, the functional (rather than phrasal) specification of dependents, the distinction between valency and non valency dependents, and the incremental saturation of the trees. These features enable a concise formulation of the grammar at a very abstract level and eliminate syntactic information redundancy due to alternative forms of dependents and word order. Each word form produces one or more elementary dependency trees. Trees, both elementary and derived, are combined by adjoining a saturated dependent to a governing tree, after unification of shared nodes and relations. This is achieved using a bi-directional chart parser.

**Mots-clés :** Analyseur syntaxique, dépendance.

**Keywords:** Syntactic parser, dependency.

# 1 Introduction

Malgré plusieurs décennies de recherches, l'analyse syntaxique *fine* demeure un défi majeur pour le domaine du TAL. Par analyse syntaxique fine on entend le traitement d'un énoncé qui fournit une représentation détaillée et linguistiquement motivée de la structure syntaxique et qui explicite le réseau des relations entre les éléments de l'énoncé, ainsi que la fonction syntaxique de chacune de ses parties.

Les approches prédominantes actuellement en analyse syntaxique mettent en œuvre des automates à états finis ou des techniques stochastiques ou probabilistes. Si les approches basées sur des modèles linguistiques sont nettement moins efficaces, cela s'explique surtout par la complexité de la représentation obtenue et par le nombre d'informations prises en compte pour son calcul. Cependant il est clair que le modèle syntaxique lui-même est en partie responsable de la complexité du traitement et qu'il suffirait de modifier certains aspects du modèle linguistique pour rendre l'analyse syntaxique plus efficace. Regardons de plus près certains de ces aspects.

*L'ordre des mots.* La quasi-totalité des grammaires utilisées en TAL supposent une structure syntaxique *linéarisée*, où les règles grammaticales impliquent un ordre précis des sous-constituants. Toute variation d'ordre nécessite alors des règles supplémentaires ou, lorsque la grammaire n'utilise pas de règles, des structures alternatives.

*La caractérisation d'un constituant.* La plupart des formalismes, parmi lesquels CFG, HPSG et CG, désignent un argument verbal en premier lieu *par sa catégorie syntagmatique*. De même, en TAG, l'arbre d'un verbe comporte des nœuds où seront ajoutés les compléments, par substitution ou par adjonction de leurs arbres. Le plus souvent un même argument admet plusieurs réalisations (pronom clitique ou non clitique, nom propre, groupe nominal, complétive...), avec parfois un impact sur l'ordre des compléments. On est alors obligé de prévoir autant d'arbres élémentaires par verbe qu'il y a de combinaisons possibles des réalisations d'arguments. Pourtant, les réalisations alternatives d'un argument verbal donné remplissent la même fonction syntaxique et actualisent le même cadre valencielle. En revanche, si on caractérise l'argument par sa fonction syntaxique, la multiplication des arbres est évitée.

La redondance inhérente à certains formalismes syntaxiques actuels explique la recherche d'un *formalisme syntaxique* dit *de haut niveau* (cf. (Candito, 1999), (Crabbé, 2005), (Crabbé, 2007)), qui permette une formulation abstraite et économique des informations syntaxiques, à partir de laquelle sont compilés les arbres utilisés par l'analyseur.

Cet article propose une solution plus radicale. Plutôt que de créer une méta-grammaire de haut niveau qui sert à générer la grammaire de surface, on modifie le formalisme et l'analyseur de sorte qu'ils utilisent directement la méta-grammaire. Cette stratégie repose sur la *factorisation* de la grammaire, qui se manifeste par la séparation entre les relations de dépendance et l'ordre linéaire (*immediate dominance / linear precedence*), et par la séparation entre la fonction syntaxique d'un élément (constituant) et sa réalisation morphologique.

Cette approche permet aussi d'exploiter directement des lexiques syntaxiques (cf. (van den Eynde & Mertens, 2003), (van den Eynde & Mertens, 2006), (Danlos & Sagot, 2007), (Bouiller & Sagot, 2005)), sans passer par des lexiques dérivés où l'information valencielle est dupliquée pour chaque forme fléchie.

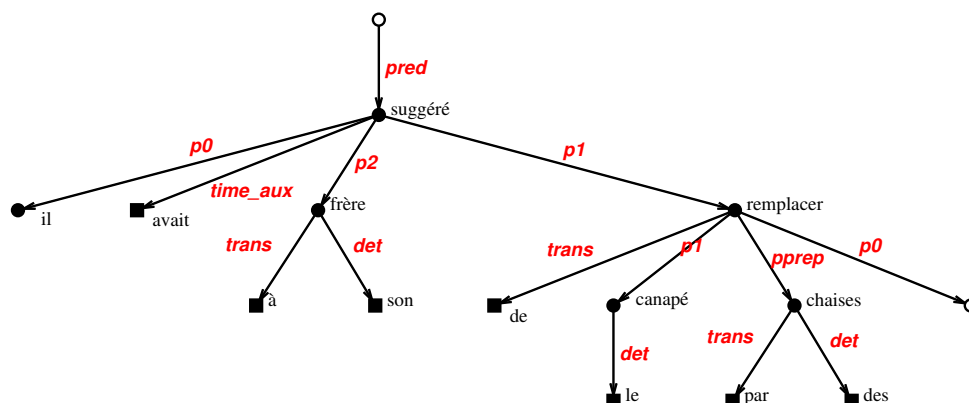


FIG. 1 – Analyse pour l'énoncé *Il avait suggéré à son frère de remplacer le canapé par des chaises* illustrant l'arbre de dépendance, les fonctions syntaxiques associées aux relations, les translatifs pour l'auxiliaire de temps, pour les déterminants, pour les prépositions et la proposition infinitive. *p0*, *p1*, *p2* et *pprep* indiquent respectivement le sujet, l'objet, l'objet indirect et un complément prépositionnel.

## 2 Description du formalisme syntaxique

Le formalisme utilisé combine des notions provenant de divers modèles syntaxiques : la dépendance, la valence, l'unification, l'adjonction d'arbres, ainsi que plusieurs concepts empruntés à l'approche pronominale. Rappelons brièvement certains de ces aspects.

La figure 1 montre la structure syntaxique d'un énoncé envisagée comme un arbre de dépendance où chaque élément lexical est relié à un autre par une relation de dépendance (Tesnière, 1959), (Melcuk, 1988). Il s'agit d'une relation orientée entre deux éléments, où l'un est le *ré-gissant* (ou tête, gouverneur, subordonnant) et l'autre le *dépendant* (ou subordonné). À l'instar de (Tesnière, 1959), on ajoute le *translatif* (cf. infra), qui modifie certaines propriétés de l'arbre avec lequel il se combine. Pour une synthèse des notions utilisées en grammaire de dépendance et des différentes approches, voir (Nivre, 2005).

La nature d'une relation de dépendance correspond à la fonction syntaxique que remplit le dépendant par rapport à sa tête. On distingue plusieurs types de relations et par conséquent plusieurs *types de dépendants*. Ainsi, on oppose les dépendants *valenciels* aux *non valenciels*, ce qui correspond à la distinction traditionnelle entre compléments essentiels et périphériques. Pour les dépendants valenciels du verbe, leur présence, leur nature et leurs propriétés sont dictées par le verbe en tant qu'élément particulier du lexique. Les dépendants non valenciels, en revanche, s'ajoutent facultativement à tout verbe et leur présence n'est donc pas déterminée par l'identité lexicale du verbe auquel il s'adjoignent. Dans *je lui explique la situation*, le verbe *expliquer* suppose un sujet, un objet obligatoire et un objet indirect facultatif. D'autres verbes, comme *exploser* et *faiblir*, n'acceptent pas d'objet. Le verbe *favoriser* attend un objet, mais n'accepte pas d'objet indirect. Chaque élément du lexique sélectionne ses propres compléments valenciels. Mais ces verbes peuvent tous se combiner avec un circonstant de temps, de lieu ou de manière.

Certaines fonctions syntaxiques fonctionnent tantôt comme relation valencielle, tantôt comme relation non valencielle. C'est le cas des compléments locatif, délocatif, de temps et de manière. Par exemple, le locatif est valenciel dans *La ruelle débouche sur un place immense*.

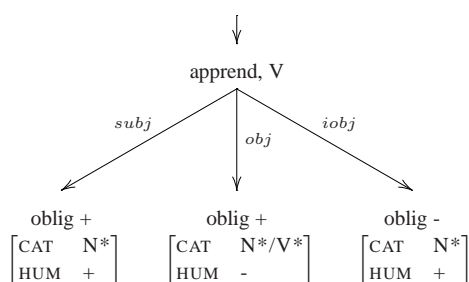


FIG. 2 – Cadre de valence représenté comme une arbre de dépendance. Le trait *oblig* indique la nature obligatoire ou facultatif du terme. N\* et V\* indiquent un nœud structural à tête nominale (nom commun, nom propre, pronom), ou verbale (complétive, proposition infinitive), respectivement.

Le formalisme prévoit la déclaration des relations. Celle-ci indique le type de relation, la catégorie du régissant, sa fonction (éventuellement non spécifiée) et les fonctions syntaxiques admises pour les dépendants. Une fonction peut apparaître à la fois comme élément valenciel et comme adjoint.

```

% relation(Type, CatH, Funch, PossibleFunctionsOfDependents).
relation(valency, verb, pred, [subj, obj, iobj, pobj, temp, man, loc, deloc] ).
relation(adjunct, verb, pred, [man, loc, deloc, temp, neg, trans, time_aux, voice_aux] ).
  
```

Ensemble, les dépendants valenciel d'un élément lexical donné constituent son *cadre valenciel* (*schème valenciel*, *cadre de sous-catégorisation*), qui peut être représenté par un arbre de dépendance sous-spécifié, comme dans la figure 2.

Un même verbe (lemme verbal) peut présenter plusieurs schèmes valenciel : *Il se sépare de sa femme* vs. *Luc et Eva, ils se séparent*, éventuellement avec des sens différents : *Elle apprend le français aux étrangers*, *J'apprends de sa femme l'accident de mon voisin*, *J'ai appris son décès par la radio*. Les restrictions sélectionnelles portant sur les termes de valence permettent dans certains cas de choisir entre des schèmes valenciel similaires sur le plan syntaxique : *Il abaisse la vitre*, *Il veut m'abaisser*.

(Tesnière, 1959) retient également une relation de *translatif*, par laquelle un élément *translatif* modifie le statut (certaines propriétés) de l'élément auquel il s'ajoute. Dans *Cette petite ruelle donne sur le boulevard*, la préposition *sur* change la fonction syntaxique potentielle du nœud nominal qui la suit. Dans notre formalisme ce comportement est réalisé par une opération associée à l'arbre élémentaire du translatif, qui modifie les traits de l'arbre dérivé. La figure 1 comporte plusieurs exemples de translatifs : l'auxiliaire d'aspect *avait* qui permet au participe passé de former un verbe fini, la préposition *à*, qui transforme *son frère* en objet indirect, la préposition *par*, qui fait de *des chaises* un objet prépositionnel et la préposition *de*, qui permet à la proposition infinitive de fonctionner comme objet de *proposer*.

### 3 Arbres élémentaires

Vu que tout arbre de dépendance se décompose en un ensemble de nœuds et de relations, il est également possible de constituer l'arbre à partir de ceux-ci, plus précisément à partir d'arbres

## Factorisation des contraintes syntaxiques dans un analyseur de dépendance

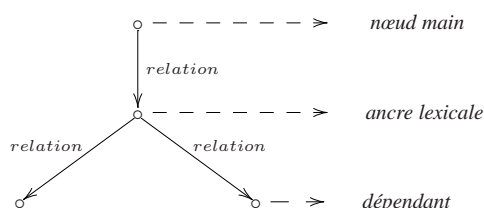


FIG. 3 – Parties constitutives de l'arbre élémentaire. Les nœuds et relations au-dessous de l'ancre lexicale ne sont présents que si l'ancre présente des dépendants valenciel.

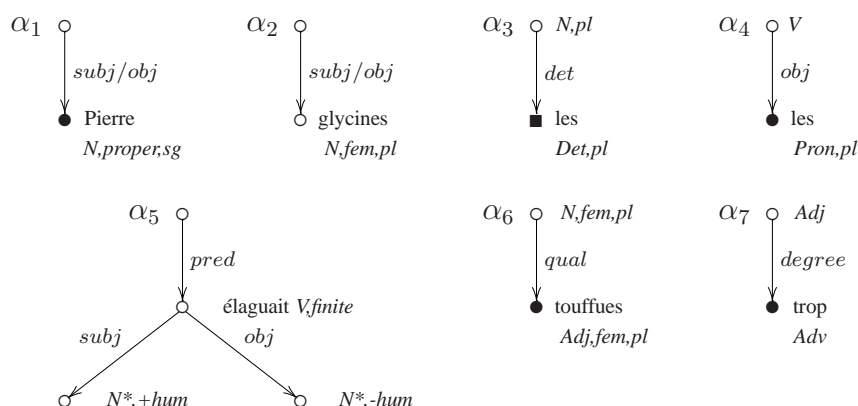


FIG. 4 – Arbres élémentaires. La flèche indique une relation de dépendance entre deux éléments, représentés par des nœuds. Pour l'ancre lexicale le nœud est annoté par un élément lexical. Les italiques indiquent des valeurs de traits. Les nœuds noirs et blancs indiquent des éléments saturés et non saturés, respectivement. Le nœud carré indique un translatif.

élémentaires qui associent à un élément lexical donné la relation régissante et les relations dépendantes éventuelles, typiquement celles du cadre valenciel.

Afin d'écartier les structures mal formées, on associera aux nœuds et aux relations des traits qui seront unifiés au cours d'une combinaison d'arbres.

La figure 3 montre les parties constitutives d'un arbre élémentaire. L'*ancre lexicale* correspond au nœud central auquel est associé un élément lexical (une forme fléchée). Le *nœud main* permet de spécifier certaines propriétés du régissant auquel pourra s'adjoindre l'arbre élémentaire (ou les arbres qui en sont dérivés). La relation entre le nœud main et l'ancre indique la fonction de celui-ci. À chaque nœud est associée une structure de traits. Dans les figures suivantes, certains traits associés aux nœuds seront représentés par leur valeur seulement, notée en italiques.

La figure 4 fournit des exemples d'arbres élémentaires. La couleur d'un nœud indique sa *saturation* : blanc pour un nœud *non saturé*, gris pour un nœud *suffisamment saturé*, où tous les dépendants obligatoires sont présents, mais où il reste un ou plusieurs dépendants facultatifs non instanciés, ce qui justifie l'adjonction d'autres dépendants, et enfin noir pour un nœud *entièrement saturé*, où les dépendants obligatoires et facultatifs sont tous instanciés. Le carré indique un nœud translatif, les ronds sont des nœuds normaux (non translatifs).

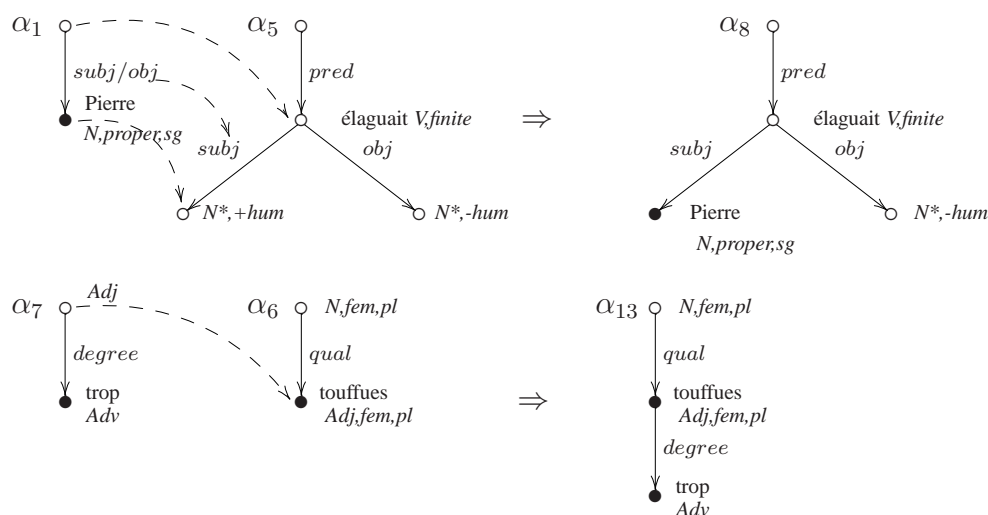


FIG. 5 – Mécanisme d’adjonction pour un dépendant valenciel (en haut) et pour un dépendant non valenciel (en bas).

## 4 Dérivation par adjonction et unification

La combinaison de deux arbres suppose que l’un fonctionne comme dépendant de l’autre. L’arbre dépendant s’adjoint à l’arbre régissant : il est attaché à un nœud de l’arbre régissant par la relation entre le nœud main et l’ancre du dépendant. L’adjonction résulte en un arbre dérivé dans lequel la relation de dépendance entre les deux arbres combinés est unifiée (cf. figure 5). Cette relation était explicitée soit dans l’arbre dépendant, soit dans l’arbre régissant, soit dans les deux. L’unification de la relation de dépendance implique celle des nœuds concernés.

La figure 6 montre des arbres dérivés obtenus par l’adjonction de deux arbres élémentaires ou dérivés des figures 4 et 6. Ainsi l’arbre  $\alpha_8$  résulte de l’adjonction de  $\alpha_1$  au nœud sujet de  $\alpha_5$ . L’arbre dérivé n’est pas saturé (son nœud ancre est blanc), puisqu’il manque le dépendant objet.  $\alpha_9$  est obtenu par l’adjonction de l’adjectif  $\alpha_6$  au nom  $\alpha_2$  ;  $\alpha_{10}$  par l’adjonction de l’article  $\alpha_3$  au même nom  $\alpha_2$ . L’arbre  $\alpha_{11}$  peut être obtenu de deux façons : soit par l’adjonction de  $\alpha_3$  à  $\alpha_9$ , soit par l’adjonction de  $\alpha_6$  à  $\alpha_{10}$ .

À son tour un arbre dérivé peut se combiner avec un arbre élémentaire ou dérivé, de manière récursive. Ainsi, l’arbre  $\alpha_{12}$  est obtenu par l’adjonction de  $\alpha_{11}$  à  $\alpha_8$ .

Tout arbre (élémentaire ou dérivé) sera combiné avec l’ensemble des arbres (élémentaires ou dérivés) adjacents. On obtient ainsi l’ensemble des analyses possibles (ambiguïté lexicale ou structurale), tant les analyses complètes que les analyses partielles.

L’adjonction d’arbres de dépendance apparaît déjà dans (Nasr, 1995), (Kahane, 2001), (Mertens, 2002), (Nivre, 2005). Ici, on la combine avec un traitement séparé de l’ordre linéaire (cf. section 6), la caractérisation fonctionnelle des dépendants, et un traitement des translatifs.

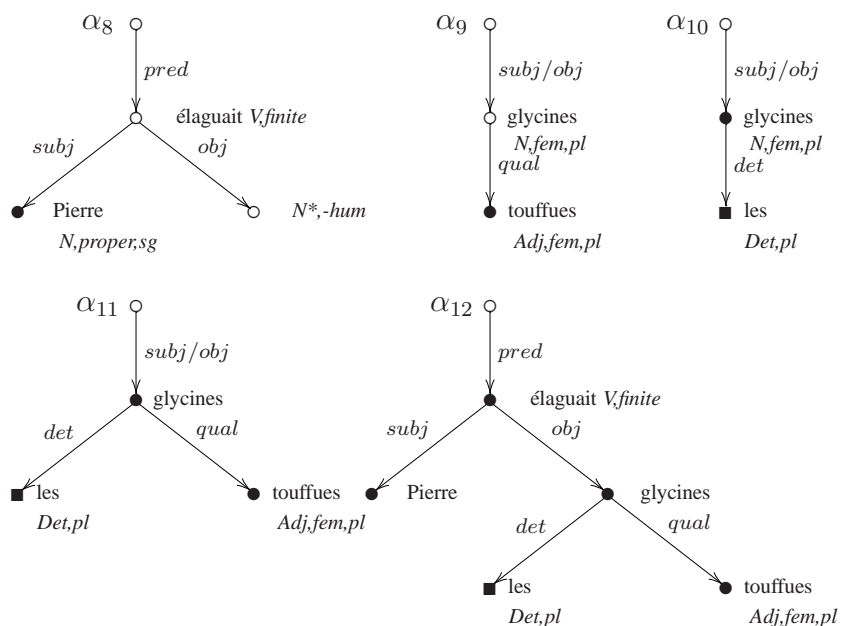


FIG. 6 – Arbres dérivés

## 5 Implémentation de l'adjonction

L'adjonction est réalisée à l'aide d'un analyseur chart ascendant bidirectionnel, qui contient des arcs étiquetés par un arbre saturé ou non saturé. Chaque arbre dérivé est d'abord ajouté à l'*agenda* (liste d'objets à traiter), avant d'être placé dans le chart.

La saturation d'un arbre élémentaire dépend de son comportement syntaxique. Par exemple, les pronoms personnels et les noms propres seront saturés à eux seuls. En revanche, les verbes transitifs seront non saturés, puisqu'il leur faut leurs compléments pour constituer une construction grammaticale. La saturation d'un arbre dérivé correspond à celle du cadre valenciel de sa racine.

L'algorithme cherche à combiner un régissant non saturé avec un dépendant adjacent, entièrement ou suffisamment saturé, avec les propriétés recherchées, afin de créer un arbre dérivé qui intègre les deux parties. Pour chaque arbre de l'*agenda* on envisage deux cas, selon qu'il fonctionne comme dépendant ou comme régissant.

Dans le cas des translatifs, la contrainte associée à l'arbre translatif est appliquée à l'arbre obtenu par adjonction pour en changer la structure de traits.

L'adjonction d'arbres, partie centrale de l'analyseur, est précédée d'une étape qui associe à chaque élément lexical de l'entrée un arbre élémentaire ou plusieurs, si l'élément est ambigu. L'adjonction est suivie d'une étape de sélection de l'analyse optimale parmi les résultats disponibles.

## 6 Ordre linéaire

L'ordre des mots fait intervenir de nombreux facteurs : la fonction syntaxique des éléments, leur catégorie grammaticale, leur caractère clitique ou non clitique, certains traits morphologiques comme la personne (*elle me le donne* vs. *elle le lui donne*), la présence d'un mot interrogatif, et ainsi de suite. Comme ces variations d'ordre nombreuses sont en partie prévisibles à partir des facteurs mentionnés, on les a écartés du lexique. Ceci permet une représentation du lexique syntaxique économique et abstraite, au niveau de la valence, comme dans une méta-grammaire.

Il s'agit alors de trouver la formulation adéquate des règles d'ordre, qui tiennent compte de la projectivité du réseau de dépendance et du fonctionnement de l'analyseur, de sorte que ces règles puissent être appliquées à chaque adjonction portant sur un couple *tête-dépendant*.

Plutôt qu'énumérer les séquences possibles, comme dans une grammaire hors-contexte, ou plutôt qu'énumérer les suites possibles de deux éléments, on spécifie l'ordre linéaire comme la *distance relative* d'un dépendant par rapport à sa tête, ce qui revient à combiner les séquences attestées en une seule *séquence maximale*. L'ordre relatif d'un dépendant n'est autre que sa position dans cette séquence maximale. Des éléments qui permutent librement auront la même distance. Étant donné la nature binaire de l'adjonction, qui fait intervenir exactement une tête et un dépendant, les règles sont toujours locales à un même nœud structural et se regroupent naturellement en fonction de la nature de la tête. Le tableau 1 illustre le cas de certains compléments du verbe.

|          |      |     |      |      |      |     |      |         |     |              |       |
|----------|------|-----|------|------|------|-----|------|---------|-----|--------------|-------|
|          | elle |     |      | le   | leur |     |      | donnera |     |              |       |
|          | elle |     | me   | le   |      |     |      | donnera |     |              |       |
|          | elle |     |      | nous |      | y   |      | envoie  |     |              |       |
|          | elle | ne  |      | le   | lui  |     |      | donnera | pas |              |       |
|          | elle | ne  |      |      | lui  |     |      | donnera | pas | son alliance |       |
|          | elle |     |      |      |      |     |      | donnera |     | son alliance | à Max |
| fonction | subj | neg | iobj | obj  | iobj | loc | verb | neg     |     | obj          | iobj  |
| clitique | +    |     | +    | +    | +    | +   |      |         |     | -            | -     |
| personne |      |     | 1/2  |      | 3    |     |      |         |     |              |       |
| distance | 6    | 5   | 4    | 3    | 2    | 1   | 0    | 5       |     | 20           | 20    |

TAB. 1 – Ordre relatif pour quelques dépendants du verbe.

Dans une règle d'ordre relatif, portant donc sur un couple *tête-dépendant*, chaque élément est caractérisé par une structure de traits, le plus souvent sous-spécifiée, qui identifie les facteurs pertinents cités plus haut. La règle précise en outre le côté gauche ou droit de l'adjonction, la distance relative et les traits induits éventuels. L'ordre observé permet parfois d'induire certaines informations. Ainsi, la présence d'un pronom sujet après le verbe qui le régit induit le trait d'inversion.

```
prec(Side, Distance, Dependent_FS, Head_FS, Induced_FS).
```

Pendant l'adjonction, lors de la vérification de l'ordre linéaire, on parcourt une à une les règles ordonnées de précedence linéaire, jusqu'à ce que les traits des arbres combinés s'unifient avec ceux de la règle. On vérifie que la distance relative indiquée dans la règle en question soit supérieure ou égale à celle de l'arbre tête. Sinon l'ordre linéaire est jugé non conforme et l'adjonction sera rejetée.



## 7 Evaluation et discussion

Le système d'analyse incorpore un analyseur lexical (Morlex, 33000 lemmes) et un lexique syntaxique comportant les 8100 cadres valenciels de 3700 verbes pleins, ainsi que ceux de 900 locutions verbales. Ce lexique est dérivé de Dicovalence ((van den Eynde & Mertens, 2003), (van den Eynde & Mertens, 2006)), après (a) le calcul du trait sémantique [humain] à partir du paradigme de pronoms, (b) des réalisations syntagmatiques acceptées (pronominal, nominal, complétive, infinitive) et (c) du mode de la complétive. Ensemble, l'analyseur morphologique et les lexiques syntaxiques permettent d'obtenir les arbres élémentaires pour les formes dans l'entrée et de supprimer ainsi le lexique d'arbres précompilé, utilisé habituellement. Le calcul des arbres élémentaires à partir des données de l'analyse lexicale fait intervenir 42 règles pour l'ensemble des catégories grammaticales et prend environ 600 lignes de code en Prolog. La grammaire utilisée prévoit 30 déclarations de relations et définit 70 règles d'ordre, dont 46 pour le verbe, 12 pour le nom et 4 pour l'adjectif.

Afin d'obtenir une première évaluation de l'analyseur, nous avons utilisé TSNLP ((Lehmann, 1996)), une des rares suites de phrases test disponibles pour le français. Certains phénomènes syntaxiques (subordonnées, phrases complexes, relatives, constructions passives, clivées, dislocations) n'y sont (prèsque) pas représentés ; en même temps, le corpus comporte des phrases peu représentatives : *Luc a montré, le soir, le plan au conseil.*

Le corpus contient 1690 phrases grammaticales, dont 1306 sans coordination. Pour 83.4 % de ces 1306 phrases, l'analyseur fournit au moins une analyse complète. Les analyses multiples s'expliquent par les ambiguïtés morphologiques et lexicales. Ainsi les verbes à plusieurs schèmes valenciels donneront lieu à des analyses multiples, par exemple lorsque ces schèmes se différencient par un complément facultatif non réalisé dans l'entrée, ou par des restrictions sélectionnelles (comme le trait [humain]) pas encore explicitées dans le lexique nominal.

Le système évalué ici ne traite ni les dépendances de longue distance, ni les coordinations (sauf les cas relativement simples du type *N et/ou N, Adj et/ou Adj. . .*). Parmi les difficultés rencontrées, citons les structures non projectives et les éléments discontinus. Si, dans *ne le lui avait-il pas donné*, on considère que les clitiques et la négation sont régis par le verbe auxiliaire, alors on obtient une structure non projective, puisque les clitiques réalisent le cadre valenciels du verbe principal *donné* mais se placent par rapport à la forme verbale fléchie, qui est ici l'auxiliaire. La situation est analogue pour *en est-il capable*, où les clitiques dans la valence de l'adjectif prédicatif sont placés près du verbe copule. Afin de traiter ces cas, le système actuel associe aux auxiliaires et aux copules un cadre valenciels avec des places facultatives réservées à des clitiques. Lorsque le verbe auxiliaire ou copule est adjoint à un autre verbe, leurs cadres valenciels sont combinés de sorte que les clitiques régis par le verbe fini occuperont des places dans le cadre valenciels du verbe prédicatif. Evidemment cette solution ne couvre qu'une partie des structures non projectives.

## 8 Conclusion

Afin d'éviter la redondance des arbres élémentaires dans certains formalismes, nous proposons une approche qui vise à factoriser plusieurs aspects de la syntaxe au niveau du formalisme syntaxique lui-même. Nous décrivons le fonctionnement général d'un analyseur qui met en œuvre cette approche. La factorisation vise à séparer la dominance de l'ordre linéaire, et à distinguer la

fonction syntaxique de la réalisation syntagmatique. Afin de réduire les combinaisons d'arbres, l'adjonction est réservée aux dépendants suffisamment saturés, sauf dans les cas où cette restriction empêcherait à l'analyse d'aboutir, comme pour l'adjectif attribut employé avec un verbe copule. Le système illustre la mise en œuvre d'un lexique syntaxique à large couverture et de haut niveau, sans duplication des informations. En cas d'ambiguïté lexicale ou structurale, l'analyseur produit l'ensembles des analyses possibles.

Une première évaluation du système met en lumière ses capacités et ses limites. Le traitement de certains phénomènes syntaxiques, comme les dépendances non bornées et les coordinations, demandera des modifications importantes.

## Références

- BOUILLER P. & SAGOT B. (2005). Analyse syntaxique profonde à grande échelle : SXLFG. *Traitement Automatique des Langues*, **46**(2), 65–89.
- CANDITO M.-H. (1999). Un outil multilingue de construction semi-automatique de grammaire d'arbres adjoints. application au français et à l'italien. *Traitement Automatique des Langues*, **40**(1), 87–123.
- CRABBÉ B. (2005). *Représentation informatique de grammaires fortement lexicalisées. Application à la grammaire d'arbres adjoints*. PhD thesis, Doctorat de l'université Nancy 2.
- CRABBÉ B. (2007). Problématique de la conception d'un langage de haut niveau. In *Actes TALN2007, tome 2*, p. 433–442.
- DANLOS L. & SAGOT B. (2007). Comparaison du lexique grammaire des verbes pleins et de dicovalence : vers une intégration dans le lefff. In *Actes TALN2007, tome 1*, p. 229–238.
- KAHANE S. (2001). Grammaires de dépendance formelles et théorie sens-texte. In *Actes TALN2001, tome 2*, p. 7–76.
- LEHMANN S. (1996). Tsnlp – test suites for natural language processing. In *Proc. COLING 1996, Copenhagen*.
- MELCUK I. A. (1988). *Dependency Syntax : Theory and Practice*. Albany : State University of New York Press.
- MERTENS P. (2002). Parsing dependency grammar using ALE. In *Proceedings COLING 2002 (19th Int. Conf. on Comp. Ling., August 26-30, 2002, Taipei, Taiwan)*, volume 2, p. 653–659.
- NASR A. (1995). A formalism and a parser for lexicalised dependency grammars. In *4th International Workshop on Parsing Technologies*, p. 186–195, Prague.
- NIVRE J. (2005). Dependency grammar and dependency parsing. MSI Report 05133. Vaxjo University : School of Mathematics and Systems Engineering. <http://w3.msi.vxu.se/~nivre/papers/05133.pdf>.
- TESNIÈRE L. (1959). *Éléments de syntaxe structurale*. Paris : Klincksieck.
- VAN DEN EYNDE K. & MERTENS P. (2003). La valence : l'approche pronominale et son application au lexique verbal. *French Language Studies*, **13**(1), 63–104.
- VAN DEN EYNDE K. & MERTENS P. (2006). Le dictionnaire de valence dicovalence : manuel d'utilisation. [bach.arts.kuleuven.be/dicovalence/manuel\\_061117.pdf](http://bach.arts.kuleuven.be/dicovalence/manuel_061117.pdf).