

-Doit être complété-

Vers une analyse automatique de la LSF : une modélisation de la Langue des Signes Française par les Grammaires Minimalistes

Maxime AMBLARD* — **Émilie VOISIN****

**équipe Signes, LaBRI (CNRS et Université de Bordeaux) & INRIA-Futurs
351, cours de la Libération
33405 Talence Cedex
amblard@labri.fr*

***équipe Signes, INRIA-Futurs & Université de Bordeaux
UFR des Lettres, Domaine universitaire
33607 Pessac Cedex
emilie.voisin@etu.u-bordeaux3.fr*

RÉSUMÉ Il s'agit dans cet article, de présenter la Langue des Signes Française du point de vue de son organisation syntaxique et plus particulièrement de l'ordre des signes adopté dans la phrase simple (de type SVO). Partant de ce constat, nous examinerons plus particulièrement les contraintes apportées par le verbe selon la forme fléchie ou non fléchie qu'il revêt. En effet, selon si le verbe s'accorde avec l'actant 1 ou avec l'actant 2, l'ordre des signes dans une phrase donnée sera modifié (SOV ou OSV par exemple). La flexion verbale sera analysée comme une manifestation de l'existence du phénomène d'incorporation nominale. Le cadre théorique choisi, les grammaires minimalistes, nous permettra de proposer une formalisation des différents phénomènes décrits ci-dessus, notamment les transformations qui peuvent s'opérer selon l'accord verbal qui est réalisé (ou non).

ABSTRACT. This paper is about verbal inflection and sign order in French Sign Language. In fact we study the effect of verbal inflection on the order of the sign (for example SOV or OSV). We choose to analyse this inflection like noun incorporation. And we need minimalist grammars to explain this phenomenon.

MOTS-CLÉS : langue signée, syntaxe, flexion verbale, incorporation nominale, théorie générative, formalisation, grammaires minimalistes

KEYWORDS: Sign language, syntax, verbal flexion, nominal incorporation theory, generative theory, formalization, minimalist grammars

1. Présentation de la LSF

1.1. *Historique*

Avant de commencer notre étude, il nous faut replacer la LSF dans le contexte historique particulier qui lui est propre et qui conditionne à l'heure actuelle les études qui sont faites. Pour donner quelques repères, commençons avec l'Abbé de l'épée (1712-1789), en 1760 qui est l'un des premiers entendants à s'intéresser à la LSF. Il reconnaît et se charge de diffuser l'information selon laquelle les signes peuvent exprimer la pensée de la même manière qu'une langue orale. L'Abbé de l'épée crée une école à Paris et se charge de l'enseignement du français à l'aide de la LSF et invente, pour cela, une convention gestuelle qui a été abandonnée par la suite (car peu naturelle). Jusqu'en 1880, l'enseignement et la diffusion de la LSF était considéré comme incontournable par les différents acteurs du monde des sourds et des entendants. C'est à cette date qu'a eu lieu le Congrès de Milan réunissant des entendants militants pour l'oralisation. Le résultat de ce Congrès a eu pour conséquence l'interdiction de l'usage des signes dans l'éducation des sourds. En France, il a fallu attendre un siècle pour voir revenir l'usage de la LSF dans l'éducation des sourds (Loi Fabius, 1991). Ce contexte particulier explique assez bien pourquoi l'étude de la LSF est à ce point à ses prémises. En effet, les études menées à l'heure actuelle en France s'intéressent plus précisément à l'étude sémiogénétique (recherche de l'origine de la création des signes), citons par exemple (Cuxac, 2000). L'approche syntaxique étant donc moins favorisée, nous avons choisi de nous intéresser d'une part à l'organisation syntaxique de la phrase simple en LSF et d'autre part à la morphologie verbale. Nous verrons dans les lignes qui vont suivre l'importance de la flexion verbale cette dernière conditionnant en grande partie l'organisation de l'énoncé.

1.2. *Particularités*

La LSF, et plus généralement les Langues Signées (LS), possèdent des particularités linguistiques qui rendent la formalisation plus périlleuse. Les Langues Orales, LO, sont des langues auditivo-orales, par opposition aux LS qui sont visuo-gestuelles. Cette caractéristique, primordiale, se traduit bien dans une citation de Cuxac : "la LSF dit en même temps qu'elle donne à voir". Une des caractéristiques majeures accompagnant cette citation de Cuxac est bien entendu la notion d'iconicité. Nous ne traiterons pas de cette problématique ici tant elle est complexe, néanmoins cette particularité ne doit pas être oubliée lorsque l'on s'intéresse aux Langues Signées. De nombreuses caractéristiques sont liées à cet aspect visuel, d'une part, et à l'aspect gestuel d'autre part. Dans les parties qui vont suivre, nous allons présenter ces caractéristiques qui différencient radicalement les LS des LO.

1.2.1. *Particularités gestuelles*

Le signe que nous entendons ici comme étant l'articulation de la main en vue de produire du sens, se compose de différents paramètres, au nombre de cinq :

- la localisation du signe dans l'espace de signation ;
- le mouvement ;
- les expressions du visage ;
- la configuration manuelle (l'ensemble des configurations manuelles ont été listées de manière exhaustive)
- l'orientation, c'est-à-dire la direction vers laquelle le signe va être réalisé (orientation de la main).

1.2.2. *Particularités visuelles*

Il faut aussi tenir compte des expressions du visage (parfois appelées mimiques faciales) qui jouent un rôle fondamental dans la reconnaissance du signe (joues gonflées ou non ; yeux ouverts, fermés ou plissés ; sourcils levés ou froncés ; formes de la bouche ; etc). Donnons un exemple : Soit la paire : [SERIEUX] et [TRISTE] Ces deux signes ont exactement les mêmes paramètres de formation et seule va différer l'expression du visage [SERIEUX]sourcils froncés [TRISTE]coins de la bouche baissés

La gestion de l'espace est une particularité qui intervient dans la notion de linéarité. Même si ce constat peut être nuancé par des indices liés à l'intonation, au rythme prosodique, les LO sont dites linéaires. La gestion même de l'espace de signation, qui est en trois dimensions, dans lequel, à la manière d'une scène de théâtre, les objets du discours vont pouvoir être réalisés, mis en relation, en interaction les uns avec les autres. La conséquence est que de nombreux éléments du discours vont pouvoir se superposer, grâce à la gestion de l'espace et grâce aux expressions du visage.

1.3. *Ordre des signes en LSF*

1.3.1. *Préalable : le principe d'économie d'après Voisin, 2005*

Nous proposons ici un principe d'économie qui diffère de celui qui a été proposé par (Bouchard *et al.*, 1999). En effet, ce qui attire notre attention dans le principe d'économie tel que nous le décrivons, ce sont les aspects syntaxique et morphologique. Morphologique d'une part car la reprise de la proforme va modifier la racine du verbe ; syntaxique d'autre part car comme nous le verrons dans les exemples qui vont suivre, la flexion engendrée va modifier profondément l'ordonnement des signes dans la phrase simple. En effet, lorsque la proforme utilisée pour former l'un des actants du verbe est reprise par ce dernier, nous constatons qu'une relation étroite se crée. Le verbe et le nom ont donc tendance à rester inséparables. C'est en ce sens que nous envisageons la notion d'économie et cette flexion contraint fortement l'organisation syntaxique : par exemple, pour la phrase : le garçon (S) mange (V) une pomme (O) (que nous simplifions par SVO), nous aurons, en LSF, une reprise de la configuration manuelle utilisée pour signer "pomme" (configuration C) dans le verbe "manger". En conséquence de quoi, "pomme" et "manger" vont fonctionner comme un amas. Nous aurons donc l'ordre préférentiel : SOV (garçon - pomme - manger).

1.3.2. Organisation syntaxique

Mais ce n'est pas la seule raison d'influence sur l'organisation syntaxique. Dans le cadre des unités lexicales morphologiquement marquées, les marques (proforme) sont des clitiques renvoyant aux actants des verbes. La relation étroite entre ces clitiques et les actants du verbe rend possible la liberté de l'ordre dans lequel ces derniers sont énoncés. A contrario, l'unité lexicale non marquée est construite avec la configuration de base et des ancrages spatiaux neutres. Dans ce cas, c'est l'ordre contraint des actants autour du verbe qui permettra d'établir la relation entre ces derniers. En effet, l'étude des langues orales telles que le basque et l'allemand nous montre que plus les flexions sont nombreuses, plus l'ordre des mots tend à être variable, voir (Greenberg, 1963) ; (Comrie, 1995). Donc, quand ces flexions sont absentes (non marquage), l'ordre des signes est nécessairement contraint pour qu'il n'y ait pas d'ambiguïté possible. (Parisot *et al.*, 2004) reprend cette idée selon laquelle l'ordre des signes peut être relativement libre dans la mesure où "les relations entre les signes peuvent être établies autrement que par la séquentialité et l'aspect fonctionnel de l'ordre y est donc beaucoup moins important".

Nous allons examiner dans la partie qui va suivre des exemples divers, recueillis avec des locuteurs sourds natifs, nous permettant d'examiner les divers ordres que 'on peut trouver dans une phrase simple en LSF.

(1) Exemple fourni par le locuteur 1 :

L'ordre présenté dans cette réalisation peut être qualifié d'ordre prototypique (c'est-à-dire qui est généralement attendu). Plusieurs arguments viennent justifier cette assertion. En Langue des Signes Française, il est fréquent que le prédicat verbal soit repoussé en fin d'énoncé. Plus particulièrement, et pour nous attacher plus précisément à la description de notre exemple, [MANGER] est un verbe semi-rigide (d'après (Parisot, 2003)), c'est-à-dire que sa forme va varier uniquement en proforme (configuration manuelle) ou en loci (lieux de réalisation situés dans l'espace de signation). [MANGER] peut fléchir uniquement en proforme : il peut prendre le classificateur utilisé par un de ses arguments présent dans sa valence. Pour l'exemple qui nous intéresse, [MANGER] va s'accorder avec [POMME] qui porte dans sa réalisation le classificateur "C" (qui désigne des objets petits et ronds). En vertu du principe d'économie (Voisin, 2005) qui contraint fortement l'ordre des signes, [POMME] va se trouver à proximité du prédicat verbal [MANGER]. Le principe d'économie reflète l'iconicité de l'énoncé grâce à la fluidité entre les concepts lorsque le proforme a la même forme que le nom et a donc pour conséquence une reprise de la configuration manuelle qui se retrouve sous la forme de proforme dans le prédicat verbal :

[GARÇON] [POMME]conf. C [MANGER]FLEXION : conf. C

(2) Exemple fourni par le locuteur 2 :

[GARÇON] [MANGER]FLEXION : conf. C [POMME]conf. C

Cette réalisation est une variante de celle que nous avons décrite précédemment. L'ordre syntaxique correspondrait à celui du Français Signé, néanmoins, le principe d'économie est respecté (voir partie sur la flexion verbale).

(3) Exemple fourni par le locuteur 3 :

[POMME]conf. C [GARÇON] [MANGER]FLEXION : conf. C

Dans cet exemple, par rapport à ce que nous avons décrit comme étant l'ordre syntaxique prototypique (locuteur 1), il s'agit ici de la transcription de la réalisation d'un locuteur ayant eu certaines intentions communicatives particulières. En effet, le fait de placer [POMME] en tête d'énoncé entraîne une focalisation particulière sur le segment [POMME] (c'est de la pomme/cette pomme qu'un garçon mange).

(4) Exemple fourni par le locuteur 4 :

[GARÇON] [MANGER] [POMME]conf. C

Cette réalisation ne diffère de celle du locuteur 2 que par l'absence de flexion. Nous traiterons de ce problème de flexion dans la partie qui va suivre.

1.3.3. Flexion verbale

Généralement, les verbes en LSF sont flexionnels. Néanmoins, et d'après les travaux de (Parisot, 2003), nous pouvons distinguer (dans les grandes lignes) trois catégories de verbes :

– les verbes dits "souples", ce sont des verbes qui peuvent se modifier en fonction des actants (en loci (lieu d'articulation) et en proforme (configuration manuelle), par exemple le verbe "donner" dont les lieux de réalisation peuvent changer et dont la configuration va varier en fonction de ce qui est donné ;

– les verbes dits "semi-rigides" qui ne vont varier qu'en loci ou qu'en proforme, nous trouvons dans cette catégorie le verbe "manger" qui ne peut se modifier qu'en proforme (configuration) ;

– les verbes "rigides" qui restent dans leur forme neutre quels que soient les actants (par exemple le verbe "s'inquiéter").

Par flexion, nous entendons (Muller, 2002) "prédicat particulier associé morphologiquement au verbe". Cette flexion verbale associe des informations de nature diverse : informations modale, temporelle ainsi que les marques d'accord avec tel ou tel actant. Précisons qu'en LSF, la flexion verbale est entendue principalement comme les marques d'accord qui existent entre le verbe et ces actants, les marques modale et temporelle étant exprimées par des morphèmes indépendants généralement placés en tête de phrase. La première chose dont nous avons besoin avant même de commenter les exemples est de savoir ce qu'est la flexion verbale en Langues des Signes Française. Les états constitutifs de la réalisation d'un signe (et même pour ce qui nous intéresse d'un prédicat verbal) en Langue des Signes Française sont constitués de paramètres. Certains ne varient pas (racine verbale) et d'autres observent une variation

syntactique. Les paramètres pouvant varier deviennent des morphèmes. Seule une réalisation mérite notre attention, la réalisation effectuée par le locuteur 4. Comme nous l'avons commenté précédemment, en plus de l'organisation syntaxique particulière (calquée sur le Français), on peut remarquer l'absence de flexion sur [MANGER]. Cette absence, couplée à l'ordre des signes, nous montre que nous sommes en face d'un exemple de Français Signé, éliminant toute difficulté pouvant gêner l'intercompréhension. Le principe d'économie n'est pas respecté et cela se remarque par le fait que le verbe [MANGER] est un verbe soumis à la flexion puisque classé dans la catégorie des verbes à forme semi-rigide.

1.3.4. *Incorporation nominale*

Dans cette étude, nous allons examiner plus particulièrement le phénomène d'incorporation nominale, à partir des travaux menés par (Lazard, 1994) et (Baker, 1988). En effet, suite à un travail récent sur la flexion verbale (Voisin *et al.*, à paraître) nous avons constaté que la flexion verbale pouvait se rapprocher du phénomène de coalescence (Lazard, 1994) et plus particulièrement de l'incorporation nominale, décrite (entre autres) par (Baker, 1988), tout comme nous pouvons le voir dans de nombreuses études sur les langues amérindiennes. Par exemple en nahuatl où le nom (l'actant verbal) est inséré entre le préfixe actanciel et la racine verbale. Les caractéristiques de l'incorporation nominale résident dans la perte de la fonction actancielle. Le plus fréquemment, la fonction de ce nom est objet. En LSF, nous avons constaté dans les exemples étudiés qu'il s'agit en effet des objets qui sont ordinairement intégrés au verbe. On constate aussi que les instrumentaux peuvent être intégrés au verbe ("couper avec un couteau" par exemple").

2. Cadre théorique

Dans une première partie nous présentons les concepts et les mécanismes régissant les grammaires minimalistes. Cette formalisation est relativement technique, cependant, il nous semble nécessaire de donner l'ensemble des définitions autour de ces grammaires afin de les mettre en œuvre par la suite. Puis nous introduisons un concept nouveau : les *signèmes* qui contiennent l'information nécessaire pour la production d'une séquence de signes de manière linéaire.

2.1. *Les grammaires minimalistes*

Les grammaires minimalistes (GMs) ont été proposées par Stabler, (Stabler, 1997). Elles implémentent le programme minimaliste de Chomsky, (Chomsky, 1995). Cette théorie linguistique veut expliquer, dans la perspective de la théorie générative, non plus seulement qu'elles sont les relations syntaxiques entre éléments d'une phrase, mais également comment les analyses dites-syntaxiques peuvent être réalisées. Nous parlons alors de cadre dérivationnel se prêtant aisément à une formalisation. Afin de lever toute ambiguïté, la problématique *minimaliste* est à entendre du point de vue

global de la théorie et non dans la taille du résultat obtenu lors d'une analyse. Ainsi nous privilégierons le fait de manipuler des structures de données simples plutôt que d'obtenir un résultat en peu d'opération.

Le postulat du programme minimaliste est d'associer une forme logique à un son et ce par un calcul syntaxique qui dirige l'analyse. Le calcul sémantique n'étant pas l'objet d'étude, nous renvoyons le lecteur à d'autres publications l'exposant, notamment (Amblard, 2007). Le calcul *phonologique* est un étiquetage par les formes phonologiques des feuilles de l'arbre en fin de dérivation, appelé *arbre dérivé*. L'analyse est basée sur la théorie *X-barre* (relations spécifieur/tête et tête/complément) et elle est réalisée à partir de deux opérations : la fusion et le déplacement.

Ces opérations sont basées sur la notion de *traits* qu'elles consomment. Ces derniers sont associés aux items lexicaux et les différents types existant permettent de décrire le comportement linguistique dans ces grammaires.

Le résultat des analyses est un arbre représentant les structures grammaticales reconnues. Ces arbres obtenus sont appelés *arbres minimalistes*. Ils sont définis à partir de trois relations : les deux relations usuelles pour les arbres (*dominance* et *précédence*) et la relation de projection qui est notée par les opérateurs $<$ et $>$ étiquetant les noeuds. Cette dernière relation permet de retrouver les relations spécifieur/tête/complément. On note T_{MG} l'ensemble de ces arbres.

Ces grammaires sont entièrement lexicalisées et, de fait, définies par la donnée de leur lexique. Les règles de composition des expressions formées sont, quant à elles, toujours les mêmes.

Une **grammaire minimaliste** (GM) est définie par un quintuplet $\langle V, Traits, Lex, \Phi, c \rangle$ où :

- V est un ensemble fini des traits non-syntaxiques qui se décompose en P , l'ensemble des formes phonologiques (notées entre barre oblique //), et I , l'ensemble des formes logiques (notées entre barres parenthèses ()).
- $Traits = \{B \cup S \cup L_a \cup L_e\}$ est un ensemble fini des traits syntaxiques,
- Lex est un ensemble d'expressions construites à partir de P et de $Traits$ (les items lexicaux),
- $\Phi = \{merge, move\}$ est l'ensemble des fonctions génératrices,
- $c \in Traits$ est le trait permettant de reconnaître les dérivations acceptantes.

Dans ces grammaires, les formes phonologiques sont utilisées comme entrées du lexique et comme formes associées aux listes de traits. Elles constituent les "terminaux" de la grammaire. Une lecture gauche-droite des formes phonologiques sur les structures dérivées et acceptées fournit la séquence de terminaux reconnue.

Le langage $L(G)$ reconnu par une grammaire minimaliste G est la clôture du lexique par les fonctions génératrices ϕ . À tout énoncé accepté par une GM correspond un arbre minimaliste obtenu à partir des règles de composition. Nous reviendrons sur

les définitions des règles dans la suite. Leur fonctionnement permet, pour une phrase d'une langue naturelle, d'obtenir un arbre d'analyse proche des arbres générativistes traditionnels.

2.1.1. Les traits

Une GM est définie par un lexique qui stocke les ressources. On associe à chaque entrée du lexique une liste de traits qui encode son comportement lors d'une dérivation. Une GM contient des traits de deux sortes : **les traits syntaxiques** et **les traits non-syntaxiques** (l'ensemble V).

L'ensemble des traits syntaxiques est composé de deux sous-ensembles : l'ensemble des catégories de base, noté B , et l'ensemble des traits de déplacement, noté D . En utilisant ces sous-ensembles, on définit les différents types de traits utilisés dans les listes des items lexicaux de la grammaire :

- soit $B = \{v, dp, c, \dots\}$ l'ensemble des **catégories de base**. Lorsque l'on modélise une langue naturelle, les éléments de B dénotent des concepts linguistiques standards, par exemple v pour un verbe, n pour un nom, p pour une préposition, *etc.* Dans cet ensemble, on distingue un type particulier appelé **trait acceptant**. Généralement, on utilise le trait c qui représente la position "complementizer" de la dérivation.

- soit $S = \{=d \mid d \in B\}$ l'ensemble des **sélecteurs**. Ils expriment une demande par rapport à une autre expression possédant le trait de base "équivalent". Si d est un trait de base, $=d$ est un sélecteur. Il exprime la demande d'une expression possédant le même trait d .

- soit $L_a = \{+k \mid k \in D\}$ l'ensemble des **assignateurs**. Ce sont les traits qui assignent une propriété à une expression et qui sont dans une relation spécifieur-tête par rapport à celle qui les porte. À nouveau, lors de la modélisation d'une langue naturelle, les assignateurs sont utilisés pour apporter une propriété à une autre expression (par exemple *le cas* pour les langues naturelles). Cette dernière vient occuper une nouvelle place en relation spécifieur/tête par rapport à elle.

- soit $L_e = \{-k \mid k \in D\}$ l'ensemble des **assignés**. L'expression recevant le trait assigné doit être appropriée, autrement dit, elle doit demander à recevoir ce trait. On traduit cela par le fait qu'elle possède le trait complémentaire de $+f$ qui est noté $-f$. Pour le traitement d'une langue naturelle, le correspondant du trait $+cas$ sera $-cas$, possédé uniquement par les groupes nominaux pour répondre à l'hypothèse selon laquelle ils *doivent nécessairement recevoir un cas*.

L'union de ces ensembles forme l'ensemble des traits associés aux items lexicaux permettant de modéliser leur comportement syntaxique. Pour cela, chacun d'eux reçoit une liste respectant la syntaxe suivante :

$$/FP/ : (S(S \cup L_a)^*)^* B(L_e)^*$$

Ces listes sont reconnues par l'automate régulier donné en figure 1. Dans cette structure, on distingue deux parties, la première contenant des sélecteurs et des assignateurs, traits déclenchant les règles (comme nous allons le voir), puis un trait de base (la catégorie du constituant construit) et des assignés, traits attendant d'être composés dans la suite de la dérivation (les propriétés devant être interprétées dans la suite de la dérivation).

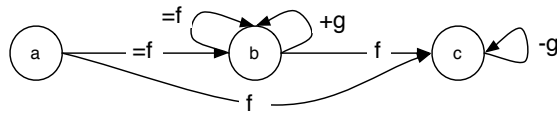
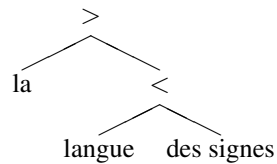


Figure 1. Structure de la liste de traits d'un item lexical

2.1.2. Les règles des GMs

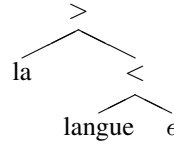
Le résultat fourni par les règles est un arbre binaire dont les noeuds contiennent la relation de projection et les feuilles les listes de traits restant dans la liste de la dite feuille. Pour définir les relations entre éléments, on utilise la projection, notée par l'opérateur $<$ qui permet de déterminer l'élément principal d'un constituant. Toutes les relations sont détaillées dans (Amblard, 2007).

On appelle **tête** d'un arbre, l'élément minimal pour la relation de projection. Il est aisé de déterminer cet élément en suivant le sens indiqué par la relation de projection dans les noeuds des arbres minimalistes. Par exemple, dans l'arbre suivant, les noeuds indiquent "langue" comme tête de l'arbre suivant :

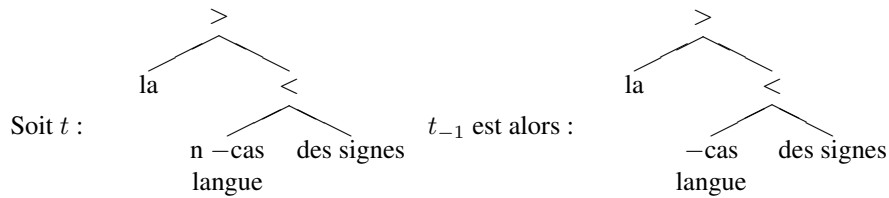


On appelle **projection maximale** d'une feuille f le plus grand sous-arbre dont f est la tête. Dans l'arbre précédent, la projection maximale de "langue" est l'arbre tout entier et la projection de "la" est la feuille "la".

Pour la suite des définitions, on définit les notations suivantes : pour t un arbre minimaliste et t' un sous-arbre de t , on note $t - t'$ l'arbre t privé du sous-arbre t' . Par exemple, soit t l'arbre précédent et t' le sous-arbre "des signes", $t - t'$ est alors l'arbre :



Enfin, dans les arbres utilisés lors des dérivations, chaque feuille contient une forme phonologique ainsi qu'une liste de trait. Pour un arbre minimaliste t , on note t_{-1} cet arbre dont le premier trait de la tête est effacé.



À présent, nous pouvons définir les règles des GMs.

La fusion (merge)

La *fusion* est une opération qui unit deux arbres pour en former un troisième.

$$merge : T_{MG} \times T_{MG} \rightarrow T_{MG}$$

Elle est déclenchée par la présence d'un sélecteur en première position de la liste de traits d'un arbre et d'un trait de base correspondant en première position de la liste de traits d'un autre arbre. Les traits utilisés pour cette opération sont effacés. La position spécifieur/tête ou complément/tête est définie par la lexicalité de l'arbre portant le sélecteur.

Soient t et $t' \in T_{MG}$ tels que le premier élément de la tête de t est $=_h E$ et celui de la tête de t' est le trait $h E'$ avec $h \in B$:

$$merge(t, t') = \begin{cases} < (t_{-1}, t'_{-1}) & \text{si } t \in Lex, \\ < (t'_{-1}, t_{-1}) & \text{sinon.} \end{cases}$$

La représentation graphique de cette règle est donnée par la figure 2. La fusion est l'opération qui met en relation les différentes expressions construites au fur et à mesure de la dérivation. La tête du nouvel arbre pointe vers l'expression portant le sélecteur.

Par exemple, à partir de deux dérivations réduites à des entrées lexicales :
 $la : =n \text{ d-cas-p } pomme : n$

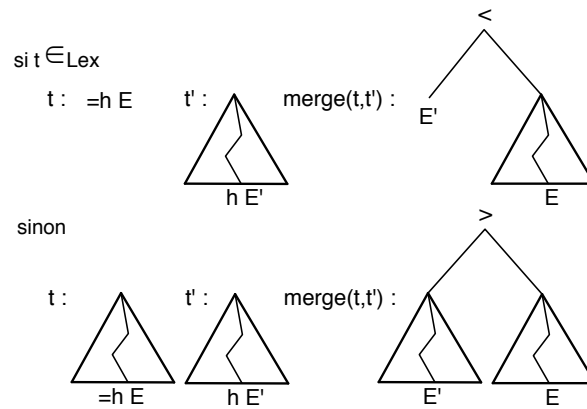
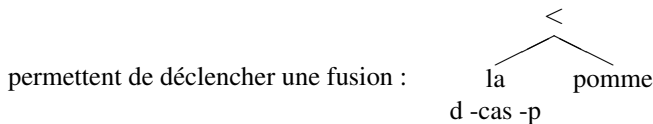


Figure 2. Représentation sous forme d'arbre de la fusion

La présence d'un =n en première position de la tête (c'est-à-dire l'entrée elle-même) de *la* : =n d -cas -p et de la catégorie correspondante sur la tête de *pomme* : n



Les traits utilisés pour cette fusion sont effacés et le nouveau nœud construit pointe vers la tête de la dérivation. Dans la construction de ce constituant, la tête est l'article. Dans la théorie générative, nous ne parlons pas de groupe nominaux, mais de groupe prépositionnel (DP - *determinal phrase*).

Le déplacement (move)

Cette seconde opération est primordiale dans la formalisation du programme minimaliste. Elle correspond au déplacement effectif d'un constituant en première position de la dérivation, c'est-à-dire en haut de l'arbre dérivé. Elle réalise une restructuration d'un arbre minimaliste. La présence simultanée d'un élément de L_a en première position de la liste de traits de la tête et d'un élément de L_e correspondant en première position d'une liste de traits d'une des occurrences du même arbre déclenche cette opération.

De manière intuitive la procédure est la suivante : lorsque le premier trait de la tête d'une dérivation est un assignateur (+), on cherche dans le reste de la dérivation une feuille dont le premier trait est l'assigné (-) correspondant. Si on en trouve un, on dé-

clenche un déplacement en faisant passer en haut de l'arbre la projection maximale de la feuille portant l'assigné. La tête de la nouvelle expression reste celle de l'expression avant déplacement.

$$move : T_{MG} \rightarrow T_{MG}$$

Pour tout arbre t dont la tête est $+g E$, s'il existe une feuille $-g E'$, soit t' la projection maximale de cette feuille. Alors :

$$move(t) = \triangleright(t'_{-1}, t_{-1} - t'_{-1})$$

Le sous-arbre est alors en relation spécifieur-tête. Les deux traits ayant permis le déplacement sont supprimés. La représentation graphique des règles est présentée dans la figure 3.

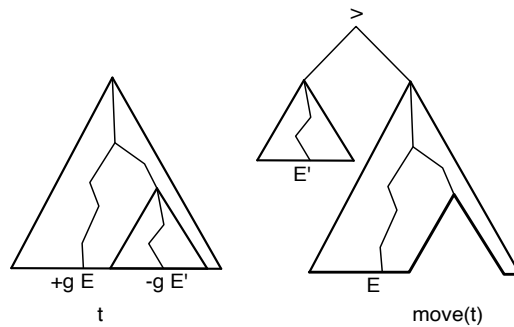
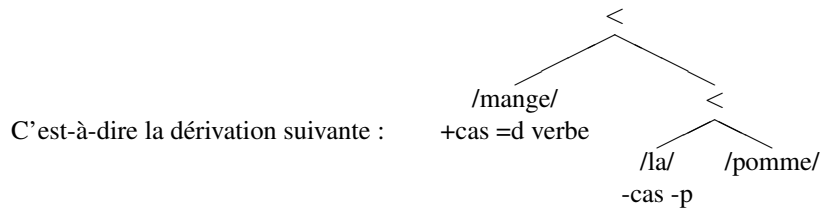
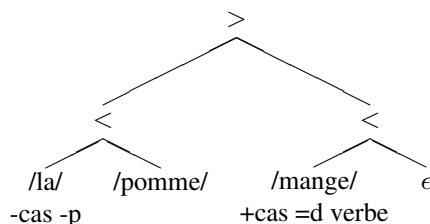


Figure 3. Représentation sous forme d'arbre du déplacement

Afin de donner un exemple plus concret, nous supposons que nous avons obtenu une dérivation par fusion entre un verbe et le constituant de l'exemple précédent.



La présence de +cas en premier trait de la tête de la dérivation implique qu'il faille trouver une feuille dont le premier trait est l'assigné correspondant. Nous trouvons la feuille *la*. Pour cette feuille nous cherchons sa projection maximale et ce sous-arbre est alors déplacé en haut de la dérivation en position de spécifieur :



Traditionnellement, nous supposons que l'élément déplacé laisse dans sa position d'origine une trace de son passage.

Cependant, tous les déplacements ne sont pas envisageables. On ajoute (ou non) des conditions sur les déplacements possibles. Une condition importante du programme minimaliste est une condition d'économie. Ainsi, en cas d'ambiguïté, le mouvement doit avoir lieu sur l'élément "le plus proche" de la tête. Dans les GMs, nous utilisons une condition plus forte (qui l'englobe), pour laquelle il ne doit pas y avoir d'ambiguïté dans le déclenchement d'un déplacement - Shortest Move Condition (SMC). Dans ce cas, chaque dérivation est déterministe.

Une condition de localité peut aussi être utilisée, la Specifier Island Condition - SPIC. Les "islands" définissent les domaines qui interdisent des extractions. Elles imposent que pour être déplacé, un élément ne soit pas en position de spécifieur à l'intérieur d'un sous-arbre. Cette condition a été introduite par Stabler dans (Stabler, 1999) en s'inspirant des travaux de (Koopman *et al.*, 2000) et (Kayne, 1998) qui proposent que les éléments déplacés soient uniquement en position de complément.

2.2. Signème

Après avoir présenté le cadre théorique dans lequel nous allons opérer notre étude, celui des GMs, examinons plus en détail la manière dont la théorie de l'incorporation ainsi que les modifications syntaxiques engendrées peuvent venir s'y inscrire.

Nous introduisons une notion centrale, celle de **signème**. Les signèmes sont les représentations de surfaces de la morphologie des signes. D'après la théorie proposée précédemment, nous souhaitons accumuler autour d'un élément des informations provenant d'autres parties de l'analyse qui en dépendent (par exemple les proformes des signes associés). Les GMs produiront ces signèmes et leur ordre dans la séquence de signes. Cependant, nous supposons que la réalisation spatiale des signes dans l'espace de signation relève de l'interprétation des signèmes dépendant d'un autre module.

Plusieurs solutions ont été envisagées. La première a été l'utilisation de la notion de *copie*. En général, l'introduction de copie dans un système complexifie considérablement la partie calculatoire. Or, la base des théories de modélisation des langues naturelles est l'hypothèse que nous analysons les énoncés en temps polynomial. La

seconde, celle que nous avons retenue, est que les informations nécessaires à la signation d'un constituant sont introduites à un autre moment de l'analyse que la réalisation terminale.

Dans le système que nous utilisons ici, l'opération de déplacement permet de passer d'une structure profonde à une structure de surface. On suppose que les éléments nécessaires à la réalisation en signes d'un constituant sont ceux **dans la projection maximale** de ce constituant (dont il est le régisseur). Si les éléments dont il est dépendant ont été déplacés, **leur trace** (marque laissée par le déplacement) contient cette information.

On appelle **signème** d'un constituant la liste composée des réalisations de surface ainsi que des traces dans la projection maximale de la tête du constituant. Comme les traces possèdent les informations relatives à la réalisation en signe de l'élément qu'elles reprennent, on utilise le signème pour calculer le signe du constituant.

Ainsi, pour construire le signe associé à un verbe, nous devons connaître toutes les informations présentes dans la phrase. Revenons sur l'exemple que nous utilisons dans cet article qui en français peut s'exprimer par :

(5) Le garçon mange la pomme.

Il existe un signe neutre pour la réalisation de "manger" (signe dans la périphérie de la bouche avec mouvement vertical). Le signe associé à "manger" dans cet énoncé doit utiliser la proforme de la pomme (position de la main en forme de petite sphère). C'est la combinaison de ces informations qui permet la réalisation du signe associé au verbe en contexte.

Dans les analyses des GMs, nous supposons que les *DPs* doivent "recevoir un cas". Cette propriété est la plus simple réalisation de la vérification de traits associés aux constituants par l'opération de déplacement. En faisant varier les types de traits dans les lexiques, ce formalisme nous permet de donner une implémentation des propriétés de "principes et paramètres". Ainsi, la définition de l'ordre des déplacements permet d'obtenir des énoncés dont la structure est différente. On distinguera donc l'ordre entre le verbe et ses arguments (les groupes nominaux) dans un premier temps qui se rapproche de la structure profonde et l'ordre en fin de dérivation obtenu par reformulation au cours de l'analyse. Les éléments déplacés dans les analyses minimalistes laissent dans leur position d'origine une *trace* de leur passage.

Lors d'une analyse, le verbe commence par recevoir son objet sur sa droite (position de complément selon la théorie *X-barre*) puis son sujet sur sa gauche (position de spécifieur). Cependant, ces deux *DPs* ne sont pas encore dans leur position finale puisque la dérivation doit encore vérifier leurs traits (et au moins la donation de cas). Dans la structure argumentale du verbe, on construit la structure :

(6) Sujet Verbe Objet

Puis la dérivation déplace les *DPs* pour former la séquence (nous présenterons dans la suite un exemple complet d'analyse). Ainsi, ils occupent d'abord une première place située dans la structure argumentale du verbe puis ils sont déplacés (leur ordre final n'est pas déterminé a priori et nous reviendrons dessus dans la suite) :

(7) (Sujet / Objet) $\underline{t_{Sujet} \text{ Verbe } t_{Objet}}$

Nous conservons donc autour du verbe les traces des différents *DPs*. La trace reste dans toute l'analyse dans la portée du verbe et, comme nous l'avons précédemment supposé, elle possède les conditions de réalisation relatives à l'élément qu'elle décrit. La partie de l'analyse soulignée présente les différentes composantes du signème calculé pour le verbe. Nous définissons la portée d'un signème associé à un mot par la projection maximale de ce mot. L'analyse de cette séquence permet de produire le signe du verbe avec, par exemple la proforme de l'objet si celle-ci est plus prégnante que celle du sujet, ou inversement.

L'introduction de la notion de signème est due à la problématique des relations fortes entre éléments de la phrases. La réalisation d'un signe est dépendante de plusieurs éléments présents dans la phrase qui ne sont pas nécessairement consécutifs. Ainsi, seuls les éléments nécessaires dans la structure argumentale ont une influence sur la réalisation en signes du constituant. Cette réalisation permet de ne pas contraindre la suite de l'analyse pour les constituants utilisés, tout en s'intégrant élégamment dans les GMs.

Nous rappelons que les signèmes permettent d'associer les informations accumulées dans la projection maximale d'un mot, afin de le passer avec plus d'information à un système les interprétant et qui produit leur réalisation dans l'espace de signation.

3. Modélisation

La question de la modélisation des Langues Signées à partir des GMs a été introduite dans (Churng, 2006). Ces travaux posaient la question de l'analyse des questions dans la Langue des Signes Américaine (ASL). Nous dirigeons notre approche vers des analyses complètes et automatisées d'énoncés simples.

Les analyses produites par les GMs supposent une structure d'analyse normalisée. Par exemple, pour les phrases du français, cette structure est celle de la *deep-structure* (structure profonde) de la théorie GB. Elle correspond à la structure argumentale du verbe. C'est à partir de cette construction et des informations supplémentaires présentes dans la phrase apportées par l'extraction lexicale que l'analyse autorise ou non des réalisations différentes.

Une première analyse des phrases signées nous conduit à proposer une typologie de l'ordre des signes dans la réalisation d'une phrase. En règle générale, les énoncés commencent par donner les informations spécifiant la situation : les marqueurs de **temps** et d'**espace**.

Pour la signation de beaucoup d'énoncés simple, et lors de l'enseignement de cette langue, il se dégage que la spécification temporelle est le premier marqueur qui apparaît. Il est difficile de différencier si la marque temporelle correspond ou non à la flexion verbale. Pour le moment, nous supposons que la réalisation temporelle et la flexion sont deux parties différentes du calcul. Cependant on remarquera que le marquage temporel n'intervient pas en lui même dans la construction du signe, le donner en première position de la séquence de signes permet de limiter la distance des dépendances entre les autres signes.

La réalisation spatiale est une information nécessaire pour pouvoir construire la séquence de signes. Dans de nombreux exemples, la réalisation d'un signe est fortement dépendante de la position dans l'espace des actants de la scène. Or le positionnement des actants nécessite de définir la scène créée.

Une fois que la situation est marquée spatio-temporellement, on présente les actants puis l'action elle même. Leur ordre d'apparition varie en fonction de la réalisation des signèmes. Si un signe dépend d'une proforme particulière, la distance de réalisation du signe correspondant répondra à un critère d'économie. Les actants peuvent être réalisés dans un ordre non défini. Cependant, l'analyse des phrases simples montre qu'en cas de non utilisation du critère d'économie, l'ordre sujet-objet-verbe que nous avons présenté précédemment est privilégié.

Nous proposons donc la succession suivante :

Temps | Espace | Actants | Action

Dans les analyses des GMs, les opérations sont déclenchées à partir des traits présents sur les entrées lexicales. Nous devons donc utiliser une entrée moteur dans nos analyses. Nous utilisons le verbe. Ainsi, nous distinguons plusieurs phase dans l'analyse, chacune étant marquée par une catégorie déterminant un état particulier dans l'analyse de la phrase associé au verbe.

Dans une première phase, le verbe est lexical, de catégorie *v*. Puis il est combiné avec une entrée qui lui attribue un **comportement syntaxique**. Elle correspond au niveau de voie et spécifie notamment combien d'arguments utilise cette réalisation du verbe (on remarquera ici que la distinction entre verbes transitifs ou intransitifs doit être faite lexicalement).

Puis, lorsque le verbe a reçu ses arguments, il est modifié par une entrée représentant la **flexion verbale**. Elle permet de spécifier des propriétés sur le temps du verbe, sur les règles des groupes nominaux utilisés, *etc.* Ce stade est le point permettant la cliticisation en français, comme présenté dans (Amblard, 2006).

Et enfin, lorsque toutes les transformations induites par la flexion sont opérées, nous utilisons un dernier stade dans l'évolution de la catégorie verbale qui est appelée complément (**complementizer**). Sa fonction est de vérifier l'enclassement ou non dans une relative ou encore la spécification du type question pour la phrase. C'est cette entrée qui introduit dans la dérivation la catégorie acceptante pour l'analyse. Le

problème est alors que la dérivation annule ou non tous les traits syntaxiques induits par la sélection.

La succession de catégories verbales minimales pour une dérivation est donc : "voie - flexion - complément". On remarquera que les phases de cette définition des analyses sont proches de celles introduites dans la théorie générative. Nous proposons des contreparties à ces états particuliers lors de l'analyse d'énoncé en Langue des Signes Française.

Le comportement syntaxique (voie) permet au verbe de recevoir ses différents arguments. Chacun possède des traits qui doivent être utilisés dans la suite de la dérivation. Les *DPs* nécessitent au moins une attribution de cas. Celle de l'objet est réalisée dans cette phase de la dérivation par un déplacement.

La position de flexion est la réalisation contextuelle, c'est-à-dire qu'à ce point de l'analyse, le verbe a pris tous ses arguments (le signème relatif au verbe est alors complet). Après cette étape, le sujet peut recevoir son cas et l'objet est à nouveau déplacé au dessus de la flexion. L'ordre de ces déplacements permet d'obtenir les séquences objet-sujet-verbe ou sujet-objet-verbe. Cela répond à l'observation précédente selon laquelle les actants doivent précéder l'action décrite. La variation entre les deux formes décrites explique la présence de deux schémas dans la figure 4 qui reprend graphiquement les différents stades que suit une dérivation.

Le traitement de ces deux groupes nominaux est alors terminé. Nous rappelons qu'à ce moment de l'analyse, les marqueurs de temps et d'espace sont toujours dans la première structure calculée.

Pour une analyse de phrase affirmative simple, l'étape de complémentiser n'apporte pas d'information propre. Elle a pour fonction de clore le traitement en déplaçant les marqueurs de temps et d'espace. Ces éléments sont donc des spécificateurs du verbe (et au delà, de la phrase).

Ce type d'analyse respecte la typologie des signes dans un énoncé en Langue des Signes Française présentée précédemment. En particulier, la dernière phase de la dérivation ordonne les marqueurs de temps et d'espace, alors que la phase précédente ordonne les actants de l'énoncé. La première phase a pour rôle de rassembler tous les éléments de la phrase dans une même structure, ce qui permet de calculer le signème du verbe.

Dans ces analyses, beaucoup de déplacements semblent possibles à réaliser. Ils sont contraint à la fois par les conditions d'applications de la règle de déplacement et principalement par l'ordre dans lequel les assignateurs apparaissent en première position d'une séquence de traits.

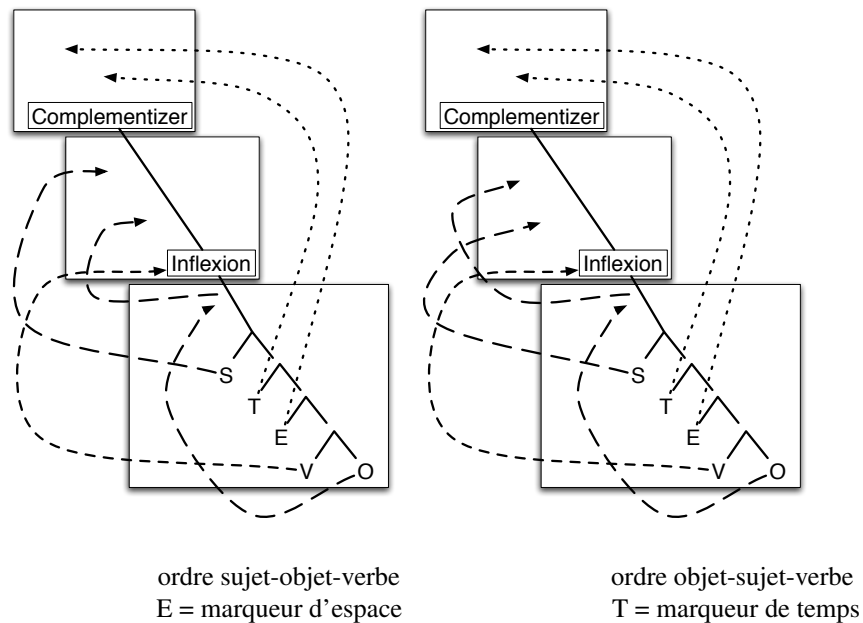


Figure 4. Structure d'une analyse en langue des signes française.

4. Exemple de dérivation

Nous allons maintenant présenter un exemple de dérivation pour l'énoncé (5) qui est une phrase affirmative simple. Ainsi nous verrons comment les différents phénomènes présentés sont mis en oeuvre dans ce calcul.

Pour l'analyse, nous utilisons le lexique suivant :

le :	$=n$ d -cas -p	$manger$:	v
la :	$=n$ d -cas -p	ϵ_{verbe} :	$=>v =tmps =lieu =d +cas =d$ verbe
$garçon$:	n	ϵ_{infl} :	$<=verbe +p +cas +p$ t
$pomme$:	n	ϵ_{comp} :	$=t +lieu +tmp$ c
ϵ_{temps} :	$tmp -tmp$	ϵ_{lieu} :	$lieu -lieu$

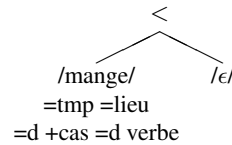
Dans ce lexique, les articles se composent avec un nom ($=n$) pour former un groupe nominal (d). Les traits associés sont ceux du cas ($-cas$) et de la position du signe ($-p$). On intègre deux marqueurs qui ne sont pas repris dans la signation de l'énoncé pour le lieu ($lieu$) et le temps ($tmps$).

Le verbe est dissocié en quatre entrées. La première est la catégorie lexicale associée au verbe (v). La seconde construit la structure argumentale du verbe contenant tous ses arguments (et donne la catégorie *verbe* en fin de phase). La troisième représente la flexion qui permet de positionner les signes objet et sujet (produisant une dérivation de catégorie t). Et la quatrième est celle de la phase de complément plaçant les signes de lieu et de temps (produisant une dérivation de catégorie c). Dans cet exemple, afin de ne pas surcharger la présentation, nous associons des formes phonologiques neutres.

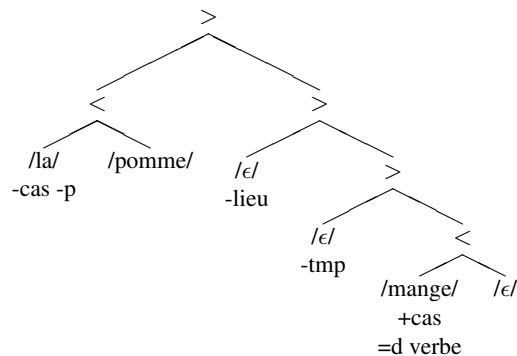
Dérivation

- 1) énumération = {le, la, garçon, pomme, manger, ϵ_{verbe} , ϵ_{infl} , ϵ_{comp} }
- 2) entrée lexicale "prendre" : v

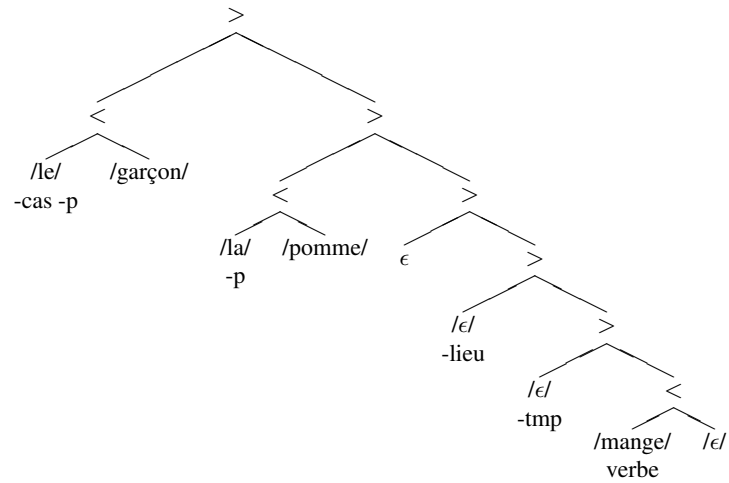
entrée lexicale " ϵ_{verbe} " : $\Rightarrow v =tmp =lieu =d +cas$
 $=d$ verbe
 fusion : le verbe reçoit son comportement syntaxique. De plus, la forme phonologique du verbe passe sur la tête de la dérivation.



3) Puis le verbe reçoit trois de ces arguments par fusion. La première introduit un argument vide de temps, la seconde un argument vide de lieu et enfin la troisième l'argument objet "la pomme" construit comme dans l'exemple de la section 2.1.2. On obtient l'arbre suivant :



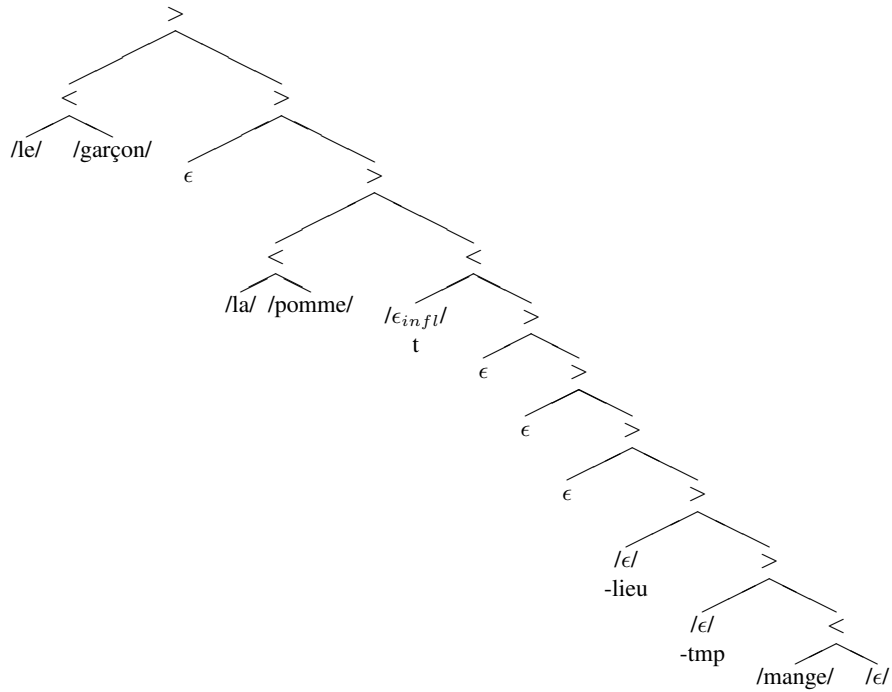
4) Les traits restant dans la liste de traits du verbe indiquent qu'il faut opérer un déplacement à partir du trait *cas* que l'on peut réaliser avec le trait *cas* en première position de la liste de traits du constituant *la pomme* ; puis une fusion avec un groupe nominal qui est le constituant *le garçon* obtenu de manière analogue à *la pomme* par fusion. L'arbre de dérivation est alors :



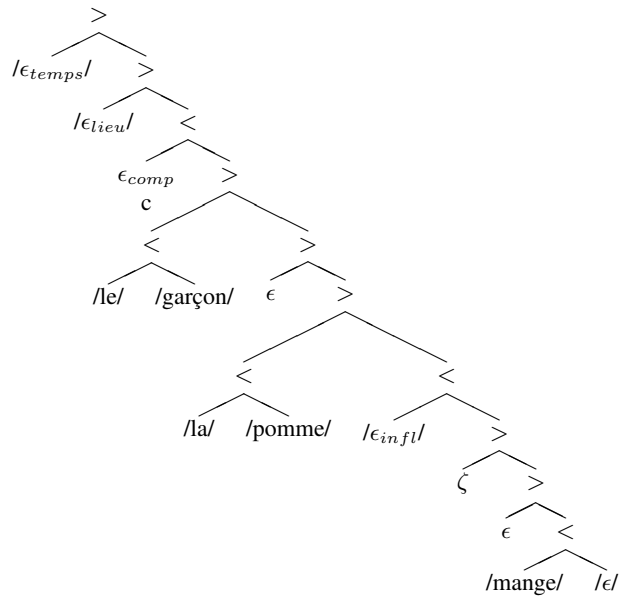
5) à ce stade de la dérivation, la première phase est terminée. La dérivation contient tous les arguments et le traitement de certains a débuté. Nous passons à la phase suivante par ajout de la flexion. entrée lexicale "-ε" : <=verbe +p +cas +p t

On remarquera que la flexion introduit la donation de cas pour le sujet. Ainsi, nous respecterons l'hypothèse selon laquelle seuls les verbes ayant reçu leur flexion peuvent être le verbe d'une phrase.

La dérivation se poursuit par un déplacement à partir du trait *p* et l'unique trait lui correspondant en première position d'une liste de traits, celui de *la pomme* ; puis nous effectuons un déplacement à partir des traits *cas* et un autre déplacement pour le même constituant pour les traits *p*.



6) Ces trois déplacements terminent la phase ouverte par la flexion. La dérivation doit encore gérer le cas des marqueurs d'espace et de temps. C'est ce que permet de réaliser la dernière phase de complément. Fusion avec : entrée lexicale " ϵ_{comp} " : =t +lieu +tmp c puis déplacement du marqueur de lieu puis celui de temps (pour respecter la typologie précédente) :



On note t_x la trace relative à l'élément x , c'est-à-dire que t_x est une ancienne position prise par le constituant x au cours de la dérivation. Simultanément à cette dérivation, nous calculons les signèmes relatifs à cet énoncé :

$$(8) \quad \underbrace{\epsilon_{temps}\epsilon_{lieu}\epsilon_{comp}} \quad \underbrace{\text{le garçon}} \quad \underbrace{\text{la pomme}} \quad \underbrace{\epsilon_{flex} \quad t_{garçon} \quad t_{pomme} \quad t_{lieu} \quad t_{temps} \quad \text{verbe}}$$

Dans cette représentation, les signèmes sont soulignés par un crochet en-dessous. Ils correspondent au contenu de la projection maximale d'une feuille. Par exemple, la feuille qui porte le verbe est la tête du groupe contenant les traces de tous ses arguments. Ainsi, sa réalisation en signes est relative à son utilisation contextuelle. À partir de ces signèmes, on peut calculer la séquence de signes :

$$(9) \quad \underbrace{\text{garçon}} \quad \underbrace{\text{pomme}} \quad \underbrace{\text{manger}_{proforme \text{ pomme}}}$$

Dans le cas où l'objet précède le sujet, nous utilisons d'autres traits que le trait p , par exemple p_+ . Ainsi l'entrée de la flexion pour le cas d'un objet prépondérant sera :

$$\epsilon_{infl} := \text{verbe} + \text{cas} + p + p_+ \quad t,$$

ce qui oblige à traiter complètement le sujet avant de finir le traitement de l'objet. Le fait d'utiliser des traits distincts nous permet de ne pas être bloqués par la SMC. On obtient alors la séquence :

$$(10) \quad \underbrace{\text{pomme}} \quad \underbrace{\text{garçon}} \quad \underbrace{\text{manger}_{proforme \text{ pomme}}}$$

Le signème du verbe est très riche car il contient les informations relatives au sujet, à l'objet, au lieu et au temps. Dans cet exemple, nous avons uniquement une influence sur la réalisation en signe du verbe de l'objet. Mais l'interprétation de cette structure peut permettre de dégager une influence du sujet. Dans le cas de "manger" avec un sujet "poule", on obtiendra la réalisation en signe de "picorer" sur la position de l'objet dans l'espace de signation. La richesse de cette structure permet de retrouver les influences des constituants entre eux vers leur interprétation dans un espace en trois dimensions.

Conclusion

Ce travail pose les premières bases nécessaires pour la modélisation d'énoncés en langue des signes française à partir des GMs. Il essaie de tenir compte de l'ordre de la phrase simple et des modifications engendrées par la présence ou l'absence de flexion verbale. Cette flexion verbale est plus particulièrement envisagée comme étant la manifestation du phénomène d'incorporation nominale et met en évidence la notion de signème qui nous permet de traiter de la structure de surface et de la structure profonde d'un énoncé quelconque tout en marquant la présence ou l'absence de flexion verbale.

Il est intéressant de noter que dans cette modélisation, la notion de trace des GMs prend toute sa signification puisque c'est elle qui permet de construire les signèmes (production vers une signation géospatiale cohérente de l'analyse). Les relations entre Langue des Signes Française et GMs ne s'arrête par là, car cette étude tend à prouver que la LSF possède des propriétés similaires aux langues traditionnellement étudiées

puisqu'elle est susceptible d'être traitée par des formalismes existants. Les données particulières de la LSF sont alors soit interprétées dans ces formalismes, soit permet de mettre en avant de nouvelles notions permettant la désambiguïsation à d'autres niveaux, par exemple les signèmes présentés ici.

Cette étude n'en est qu'à ses débuts et de nombreuses questions se posent pour la suite de notre travail. En effet, il reste un doute quand à la nature de cette flexion. Nous avons choisi de la traiter comme une incorporation, néanmoins reste toujours la possibilité que nous soyons en face de pronoms clitiques. Et c'est cette possibilité que nous devons examiner prochainement avec des tests pour vérifier si nous sommes confrontés ou non à des pronoms clitiques. De plus, il serait intéressant et indispensable d'étendre notre étude à des types de phrases plus complexes.

5. Bibliographie

- Amblard M., « Treating clitics with minimalist grammars », *Formal grammar*, 2006.
- Amblard M., Calcul de représentations sémantiques et théorie générative : les grammaires minimalistes catégorielles, PhD thesis, université de Bordeaux 1, 2007.
- Baker M. C., *Incorporation : a theory of grammatical function changing*, University of Chicago Press, 1988.
- Bouchard D., Dubuisson C., Parisot A.-M., « Les facteurs articulatoires qui déterminent l'ordre en LSQ », *Actes de l'ACL*, 1999.
- Chomsky N., *The Minimalist Program*, MIT Press, Cambridge, 1995.
- Chung S., « Synchronizing Modalities : A Model for Synchronization of Gesture and Speech as Evidenced by American Sign Language », in C. P. Project (ed.), *Proceedings of the 25th West Coast Conference on Formal Linguistics*, 2006.
- Comrie B., *Language universals and linguistic typology : syntax and morphology*, Blackwell, Oxford, 1995.
- Cuxac C., *La Langue des Signes Française, les voies de l'iconicité*, Ophrys, Le Mans, 2000.
- Greenberg J. H., « Some universal of grammar with particular reference to the order of meaningful elements », *Universal language : report of a conference Held at Dobbs Ferry, New-York april 13-15*, 1963.
- Kayne R. S., « Overt vs covert movement », *Syntax 1,2*, vol. 1, p. 128-191, 1998.
- Koopman H., Szabolcsi A., *A verbal Complex*, MIT Press, Cambridge, 2000.
- Lazard G., *L'actance*, Presses Universitaires de France, 1994.
- Muller C., *Les bases de la syntaxe : syntaxe contrastive, français-langues voisines*, Presses Universitaires de Bordeaux, 2002.
- Parisot A.-M., Accord et cliticisation : l'accord des verbes à forme rigide en LSQ, PhD thesis, UQAM, 2003.
- Parisot A.-M., Bourbonnais D., Dubuisson C., Lelièvre, Rinfret J., « L'ordre des signes et l'économie articulatoire : bouger moins pour signer LSQ », *ACFAS, Montréal*, 2004.
- Stabler E., « Derivational Minimalism », *Logical Aspect of Computational Linguistic*, 1997.

- Stabler E., « Remnant movement and structural complexity », *Constraints and Resources in Natural Language Syntax and Semantics*, vol. 1, p. 299-326, 1999.
- Voisin E., « Flexion et ordre des signes en LSF », *Actes du 9^é atelier des doctorants en linguistique*, vol. 1, p. 257-261, 2005.
- Voisin E., Kervajan L., « Typologie des verbes et formes verbales non marqués en LSF : incidences sur l'organisation syntaxique », *Silexicales*, a paraître.