



Mathématiques et sciences humaines

Mathematics and social sciences

194 | Été 2011

Varia

Opérateurs aspecto-temporels et logique combinatoire

Aspecto-temporal operators and combinatory logic

Jean-Pierre Desclés et Hee-Jin Ro



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/msh/12031>

DOI : 10.4000/msh.12031

ISSN : 1950-6821

Éditeur

Centre d'analyse et de mathématique sociales de l'EHESS

Édition imprimée

Date de publication : 1 septembre 2011

Pagination : 39-70

ISSN : 0987-6936

Référence électronique

Jean-Pierre Desclés et Hee-Jin Ro, « Opérateurs aspecto-temporels et logique combinatoire », *Mathématiques et sciences humaines* [En ligne], 194 | Été 2011, mis en ligne le 02 septembre 2011, consulté le 23 juillet 2020. URL : <http://journals.openedition.org/msh/12031> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/msh.12031>

OPÉRATEURS ASPECTO-TEMPORELS ET LOGIQUE COMBINATOIRE

Jean-Pierre DESCLÉS¹, Hee-Jin RO¹

RÉSUMÉ – *Les opérateurs aspectuels de base « accomplis » et « inaccomplis » ont déjà été envisagés par les Stoïciens pour le grec ancien. Ces opérateurs, dans une perspective moderne, se réalisent sur des intervalles topologiques avec des bornes ouvertes et fermées. Nous définissons précisément les opérateurs aspectuels d'état, d'événement, de processus et d'état résultant qui sont intégrés dans le formalisme de la Logique Combinatoire typée de Curry. Une structure classique de groupe de transformations de Klein entre les principales valeurs aspectuelles est présentée. Il s'agit de montrer comment relier dans le même formalisme les significations aspectuelles des verbes, représentées par des schèmes, et leur composition avec des opérateurs aspectuels grammaticalisés. L'article présente la théorie à partir de quelques exemples détaillés depuis les analyses morpho-syntaxiques jusqu'aux présentations métalinguistiques dans le cadre du modèle de la grammaire applicative et cognitive. Les représentations obtenues sont destinées à formaliser des inférences grammaticales et lexicales qui seront abordées dans un prochain article.*

MOTS-CLÉS – Aspect, Expression applicative, Formalisation grammaticale, Groupe de Klein, Logique Combinatoire (LC), Temps

SUMMARY – *Aspecto-temporal operators and combinatory logic*
The basic aspectual operators “complete” (in French, accompli) and “incomplete” (in French, inaccompli) are already envisaged by the Stoics for the ancient Greek. These operators, from a modern perspective, are realized on the topological intervals with open and closed boundaries. We define precisely the aspectual operators of state, event, process and resultant state which are integrated in the formalism of typed Combinatory Logic by Curry. A classic structure of Klein’s group of transformations on the principal aspectual values is presented. We show how to link with the same formalism the aspectual meanings of verbs, represented by the schemes, and their composition with the aspectual operators. The article presents the theory by the formal processing of some examples, from a morpho-syntactical analysis toward metalinguistic representations inside the framework of the Cognitive and Applicative Grammar. The formal representations are used to formalize the grammatical and lexical inferences which will be presented in another publication.

KEYWORDS – Applicative expression, Aspect, Combinatory logics, Grammatical formalisation, Group of Klein, Tenses.

¹ Laboratoire LaLIC (Langues, logiques, Informatique et Cognition), Université de Paris-Sorbonne, Maison de la Recherche, 28 rue Serpente 75006 Paris, jean-pierre.descles@paris-sorbonne.fr, heejinro@yahoo.fr

1. INTRODUCTION

La notion d'aspect dans les langues est difficile à cerner, une des raisons étant la multiplicité des terminologies et quelques fois la confusion entre des terminologies grammaticales employées par une langue et une autre langue (cf. [Desclés et Guentchéva, 2011]). Ainsi, l'opposition perfectif/imperfectif des langues slaves ne doit pas être confondue avec l'opposition accompli/inaccompli utilisée dans les langues sémitiques. C'est Marcel Cohen [1924] qui a attiré l'attention des linguistes sur le caractère profondément aspectuel des langues sémitiques : les prétendus « temps » du sémitique ne sont pas des catégories grammaticales destinées à l'expression du temps.

La doctrine qui est actuellement admise par la majorité des sémitisants, est celle du caractère non temporel de cette opposition [ikašad et ikšud]. Cette doctrine est suivie ici d'autant plus résolument que l'enquête sur l'expression du temps dans le verbe sémitique a révélé le caractère fragmentaire et secondaire de cette expression [de la temporalité] [Marcel Cohen, 1924, cité dans Koschmieder, 1996, p. 77].

Nous allons dans cette étude faire apparaître des opérateurs aspectuels qui vont s'organiser dans une structure de groupe élémentaire des transformations aspecto-temporelles. Notre analyse aboutit à une mathématisation de ces concepts grammaticaux. Partant de descriptions déjà fortement théorisées, nous cherchons à en dégager un fonctionnement abstrait. Il ne s'agit donc pas d'utiliser la logique temporelle [Gardies, 1975] et de s'en servir comme d'un filet jeté dans la langue pour en recueillir des analyses parcellaires. Au contraire, partant d'observations diversifiées et de problèmes bien élaborés, nous cherchons à définir dans des termes opératoires les concepts de base de l'aspectualité. Nous utilisons le cadre de la Grammaire Applicative et Cognitive (GA&C) et le formalisme de la Logique Combinatoire (LC) typée et celui du λ -calcul [Curry et Feys, 1958 ; Curry *et al.*, 1972]. Ces formalismes permettent de composer entre eux de façon intrinsèque [Desclés et Cheong, 2006] des opérateurs. Nous montrerons comment les opérateurs aspectuels se composent, chacun de ces opérateurs se réalisant sur un intervalle topologique d'instant. Ces opérateurs aspectuels définissent des transformations aspecto-temporelles qui se structurent dans un groupe.

Nous allons nous restreindre à quelques analyses aspecto-temporelles qui s'appuieront sur des notions théoriques et des conceptualisations que nous avons déjà présentées dans d'autres articles [Desclés, 1980a ; 1990b ; 2005 ; Desclés, Djioua, Ro, 2010]. La prise en compte des significations lexicales (des verbes, des prépositions et des préverbes en particulier) nécessite des représentations formelles de ces significations. Pour cela, nous utilisons des représentations exprimées sous forme de Schèmes Sémantico-Cognitifs² (SSC), chaque schème représentant la signification d'un prédicat lexical sous forme d'une λ -expression typée. Nous utilisons également des *intervalles d'instant* sur lesquels les relations prédicatives et énonciatives, sous-jacentes aux énoncés analysés, se réalisent ou sont réalisées, c'est-à-dire sont validées ou considérées comme étant « vraies » à certains instants de ces intervalles. Nous insérons donc des opérateurs dont la signification est spécifiquement aspecto-temporelle au formalisme applicatif de la LC (cf. §3), en particulier nous y adjoignons des opérateurs topologiques pour tenir compte de la nature ouverte ou fermée des bornes

² Un *schème sémantico-cognitif* (SSC) est une représentation formelle d'une signification exprimée à l'aide d'un agencement applicatif de primitives sémantico-cognitives. Nous renvoyons aux diverses publications qui développent et argumentent la théorie des SSC [Abraham, 1995 ; Desclés, 1990a ; Djioua, 2000 ; Ivanova-Tarasova, 2009 ; Son, 2006]. Chaque prédicat verbal se voit associer une signification exprimée par un SSC.

des intervalles d'instants, ainsi que de concepts plus élaborés comme la « coupure continue » entre intervalles.

Nous souhaitons montrer comment les formalismes applicatifs de la LC de Curry et du λ -calcul de Church permettent d'effectuer formellement, lorsqu'on y incorpore des opérateurs topologiques élémentaires, certains raisonnements déclenchables par des opérateurs grammaticaux, en particulier associées à des unités grammaticales ayant une valeur aspectuelle et temporelle, à condition toutefois de savoir représenter la signification de ces unités grammaticales et se rendre capable d'opérer avec ces représentations formelles. Ces raisonnements seront présentés sous forme de déductions où les notions aspectuelles et temporelles seront des opérateurs et des relations.

2. ARCHITECTURE DE LA GRAMMAIRE APPLICATIVE ET COGNITIVE

Le cadre théorique plus général dans lequel nous développons nos analyses linguistiques est celui de la Grammaire Applicative et Cognitive – désormais GA&C. Ce modèle se développe en trois étapes. La première étape reprend les grandes lignes du modèle de la Grammaire Applicative Universelle (GAU) de Sebastien Konstantinovich Shaumyan [1987] avec deux niveaux (« langage génotype » et « langues phénotypes »). La seconde étape [Desclés, 1990a] introduit un troisième niveau plus cognitif. La troisième étape s'articule sur sept niveaux de représentations en introduisant des opérations énonciatives [Desclés, 1976 ; Desclés, Djioua, Ro, 2010].

L'analyse sémantique et détaillée de certaines catégories grammaticales et la prise en compte de la signification attachée aux unités lexicales a amené à complexifier le modèle à trois niveaux (cf. [Desclés, 1980a ; 1990a]) en un modèle à sept niveaux dans lequel sont intégrées les opérations de la prise en charge énonciative [Desclés, 2009]. Cette architecture de représentations est explicitement articulée par des processus de changement de représentations entre niveaux (cf. Figure 1).

- 1) niveau des *configurations morpho-syntaxiques* superficielles de la diversité des langues, où les caractéristiques particulières d'une langue sont décrites (par exemple, ordre des mots, cas morphologiques, etc.) ;
- 2) niveau des *représentations logico-grammaticales* exprimées par des expressions applicatives typées dans le formalisme des grammaires catégorielles (par une analyse syntaxique des phrases) ; à ce niveau est construite une représentation applicative où des opérateurs s'appliquent à des opérands de différents types [Desclés et Biskri, 1995] ;
- 3) niveau de *l'analyse des diathèses et des thématisations* en utilisant des combinateurs de la LC [Desclés, 1990a] ;
- 4) niveau de *l'analyse et des représentations des conditions énonciatives* pour décrire les catégories grammaticales du temps, de l'aspect et des modalités (objet de cet article) ;
- 5) niveau des *représentations formelles des significations des prédicats lexicaux* par des Schèmes Sémantico-Cognitifs (SSC) ;
- 6) niveau de *l'intégration des conditions énonciatives* avec les Schèmes Sémantico-Cognitifs ;
- 7) niveau des *représentations cognitives* qui établissent des relations entre d'un côté l'activité cognitive de langage et d'un autre côté, les activités cognitives de perception et d'action plus ou moins intentionnelles.

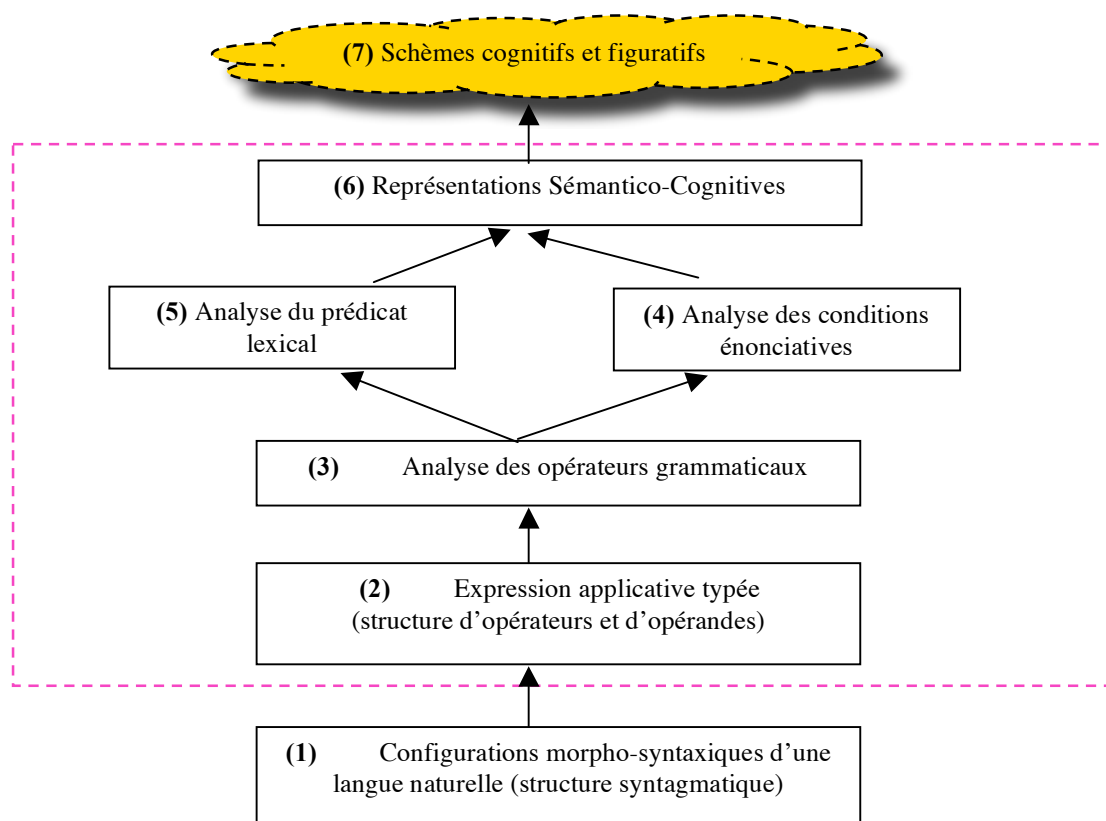


FIGURE 1 : L'architecture de la GA&C [Desclés, Djioua, Ro, 2010]

Le passage d'un niveau à l'autre s'effectue par un processus opératoire, assez analogue à un processus informatique de « compilation généralisée » entre des langages de programmation, au moyen de « représentations intermédiaires ». Dans ce processus de compilation généralisée, une langue naturelle est alors assimilée à « un langage de haut niveau », ce dernier est alors représenté dans un « langage formel » dont les opérations sont devenues des instructions entièrement explicites et exécutables par une machine informatique. Dans cette approche ascendante (« bottom up »), dite de « compréhension » ou de « reconnaissance » ou encore d'analyse, le processus de compilation généralisée change les représentations d'un niveau 'i' par des « décompositions analytiques » de certaines de ses unités 'U', de niveau i, en une organisation fonctionnelle d'unités plus élémentaires u_1, u_2, \dots, u_n d'un autre niveau 'i+1', ces unités plus élémentaires étant les composantes de l'unité 'U' [Desclés, 1990a]. Dans une démarche descendante (« top down »), dite de « production » ou encore de « synthèse », le processus de compilation généralisée procède à partir d'un agencement d'unités u_1, u_2, \dots, u_n d'un autre niveau de représentation 'i+1', à des « réunitarisations synthétiques » d'une unité 'U' intégrative d'un niveau 'i'. Ce dispositif de compilation par des changements successifs de représentations doit cependant être guidé par une stratégie « intelligente », que nous avons modélisée sous la forme d'un système de méta-règles « d'exploration contextuelle » [Desclés et Le Priol, 2009] ; cette stratégie est destinée à lever les indéterminations (syntaxiques et sémantiques) qui apparaissent au cours du processus d'analyse (dans une démarche ascendante), en tenant compte d'indices contextuels qui orientent une décision, cette dernière permettant de déterminer, à partir des indices contextuels identifiés dans un

espace de recherche déterminé, comment l'occurrence d'une unité 'U' d'un certain niveau de représentation doit être analysée dans son contexte et décomposée à un autre niveau par un agencement formel – dans le meilleur des cas, fonctionnel – d'autres unités. Le but de ce dispositif complexe de compilation, guidé par exploration contextuelle, vise à établir des relations explicites entre les configurations plus directement observables (par exemple des découpages morpho-syntaxiques) et des représentations plus abstraites, non directement observables et mises en place à la suite d'un raisonnement abductif, (l'abduction est prise dans le sens de Peirce)³. Les représentations sémantiques, par nature non directement observables puisque résultant d'un processus d'interprétation, sont ainsi construites par une démarche abductive, à partir des configurations morpho-syntaxiques.

Dans l'architecture computationnelle de la GA&C, les configurations morpho-syntaxiques (du niveau (1)) sont concaténationnelles ou syntagmatiques, c'est-à-dire que les expressions (phrases, syntagmes, lexies, mots, morphèmes) sont construites par une opération de simple juxtaposition d'unités linguistiques plus petites ; les représentations formelles des autres niveaux de représentations (des niveaux de (2) à (6)) sont toutes des *expressions applicatives*, c'est-à-dire des expressions formelles constituées en appliquant des opérateurs, de différents types, à des opérands [Desclés, 1990a]. Ces représentations utilisent le formalisme applicatif du λ -calcul et de la LC « sans variables liées » de Haskell Curry [Curry et Feys, 1958] avec les types fonctionnels d'Alonzo Church [1941]. Le niveau (7) introduit un autre mode de représentations construites, entre autres, par l'activité de perception et d'action ; à ce dernier niveau, bien que conditionnées par la langue, les représentations sortent de l'univers symbolique pour assurer les correspondances avec des figures et des images iconiques.

³ L'abduction est un mode inférentiel défini par C.S. Peirce [1898], à côté des processus classiques de déduction, d'induction et d'analogie. L'abduction n'est pas une inférence logique (qui va d'une proposition vraie, ou acceptée comme vraie, à une conséquence vraie) ; elle procède à partir 1) d'indices observables q_1, \dots, q_n ; 2) d'une relation implicative ' $p \Rightarrow q_1 \& \dots \& q_n$ ', (relation théorique entre entités observables et observations qui nécessairement en découlent) ; 3) d'énonciation de la plausibilité de l'hypothèse 'p', selon le schéma :

$$(p \Rightarrow q_1 \& \dots \& q_n) ; q_1, \dots, q_n$$

 p est plausible

La plausibilité de l'hypothèse 'p' est renforcée par le nombre et la force argumentative des indices observés. En tant que procédure heuristique (ou « syllogisme hypothétique » selon l'expression de G. Polya [1965]), la plausibilité peut être invalidée : si q_n , qui devait être observée, n'est pas observée, alors il faut soit rejeter 'p', soit reformuler 'p' en 'r' ainsi que la relation implicative associée, afin de tenir compte des observables, en particulier de l'observable 'u' observé à la place de ' q_n '... Plusieurs modes d'inférence par abduction ont été systématiquement mis en place en linguistique. Citons, entre autres exemples, la « découverte » dans le Mémoire de Ferdinand de Saussure d'un phonème du système de l'indo-européen, bien que ce phonème n'ait pas encore été empiriquement attesté dans une des langues connues – il faudra attendre l'observation sur le hittite quarante an plus tard pour confirmer l'hypothèse plausible de Saussure. Nous pouvons citer d'autres exemples d'abduction, par exemple l'interprétation des hiéroglyphes du vieil égyptien par Jean-François Champollion.

3. LOGIQUE COMBINATOIRE : QUELQUES ÉLÉMENTS

La LC [Curry et Feys, 1958 ; Curry *et al.*, 1972 ; Fitch, 1974 ; Ginisti, 2003] fait partie, avec le λ -calcul de Church et les langages de programmation fonctionnelle, de la famille des langages applicatifs, munis d'une opération de base, l'application, dont le premier argument est un opérateur, le second un opérande et le résultat est une expression qui peut, selon son occurrence dans une expression, fonctionner comme un opérateur ou comme un opérande⁴. Un opérateur 'X' qui s'applique à un opérande 'Y' construit un résultat 'Z'. Le programme de l'application de 'X' à 'Y' est noté par une simple juxtaposition (non associative) qui préfixe l'opérateur à son opérande, d'où l'écriture : 'Z = XY'. Pour simplifier les écritures et en évitant ainsi des parenthèses superflues, nous posons ' $XYZ =_{\text{def}} (XY) Z$ ' : il est alors clair que les deux expressions 'XYZ' et 'X(YZ)' ne sont pas équivalentes et ne signifient pas le même programme applicatif.

La LC a pour objet l'étude des *processus opératoires* exprimés par des opérateurs – élémentaires ou complexes – appliqués à des opérandes et des *compositions intrinsèques de ces opérateurs* au moyen d'opérateurs abstraits, appelés combinateurs. Les expressions applicatives ainsi formées constituent des *expressions combinatoires*. Un combinateur représente un *programme applicatif de construction* d'un opérateur complexe à partir d'opérateurs plus élémentaires. En tant qu'opérateurs généraux de composition d'opérateurs, les combinateurs peuvent en particulier s'appliquer à eux-mêmes. Ils expriment des modes de composition intrinsèque au sens suivant : la composition est entièrement interne au formalisme et totalement indépendante de la signification des opérateurs composés. En effet, certains opérateurs concernés par le formalisme sont relatifs à un domaine externe et ont par conséquent une interprétation fixée dans ces domaines. En revanche, les combinateurs ont une signification entièrement déterminée par leurs actions compositionnelles. L'action des combinateurs, et donc leur sémantique opératoire, est définie uniquement par des règles d'introduction et des règles d'élimination, dans le style de Gentzen [1934-35] (cf. [Fitch, 1974]). En vertu du théorème fondamental de Church-Rosser [1936], les calculs effectués à l'aide de ces règles conduisent à l'unicité du résultat. En effet, il existe, quelles que soient les stratégies de calcul utilisées, en particulier dans les éliminations successives des combinateurs dans une expression combinatoire conduisant à une forme normale (sans combinateurs) qui est unique, lorsqu'elle existe [Desclés, 1988]. Contrairement au λ -calcul, la LC est une logique sans variables (liées), ce qui d'une part, lui évite les difficultés de gestion (télescopage des variables et nécessaires renommages par exemple) au cours des calculs, occasionnées par l'utilisation des variables liées et d'autre part, lui permet d'introduire facilement dans les calculs des définitions de nouveaux opérateurs (processus de réunitarisation) en fonction d'opérateurs plus élémentaires, d'où son pouvoir, relativement concis, d'expressivité. Son effectivité s'en trouve également renforcée puisque toutes les règles sont modélisées selon le prototype formel de *modus ponens*.

L'étude des seuls combinateurs constitue la LC « pure ». Les combinateurs élémentaires qui ont une interprétation compositionnelle intuitive ne sont pas indépendants. Certains d'entre eux s'organisent dans une « algèbre » de combinateurs. A partir de ces combinateurs élémentaires nous engendrons une infinité dénombrable de combinateurs sous la forme d'expressions applicatives composées avec les seuls combinateurs. Nous montrons facilement comment certains combinateurs élémentaires

⁴ Pour une présentation appliquée à la linguistique, (cf. [Desclés, 1990a ; Desclés et Cheong, 2006]).

sont définis à partir d'autres combinateurs élémentaires [Curry et Feys, 1958 ; Desclés, 1990a ; Ginisti, 2003]. Il a été démontré qu'il est possible de prendre un nombre très restreint (au moins deux) de combinateurs de base pour engendrer tous les combinateurs élémentaires, puis tous les combinateurs dérivés et finalement tous les combinateurs.

Lorsque la LC est utilisée pour formaliser un domaine particulier d'entités⁵ et en étudier les propriétés formelles de compositionnalité, il faut adjoindre aux combinateurs des opérateurs externes, relatifs aux domaines considérés, ces opérateurs externes étant alors composés entre eux par les combinateurs. La LC constitue ainsi une « prélogique » (voir [Curry et Feys, 1958 ; Curry *et al.*, 1972]) qui permet de construire et d'étudier d'autres systèmes plus particuliers d'opérateurs internes à des domaines particuliers. Elle analyse ainsi l'émergence formelle des expressions paradoxales en logique, comme le paradoxe de Russell réanalysé dans Curry [Curry et Feys, 1958], sous la forme générale de points fixes relatifs à certains opérateurs (en particulier les opérateurs de négation en logique). Pour éviter ces paradoxes, la LC introduit différents types d'opérateurs et d'opérandes, ce qui a pour effet de limiter la liberté dans la production de certaines expressions, en particulier les expressions paradoxales qui ne sont pas pour autant éliminées comme étant « sans signification », mais qui acquièrent un statut particulier, par exemple un statut non propositionnel [Curry et Feys, 1958 ; Desclés, 1990a]. En général, dans les utilisations pratiques de la LC, en particulier en linguistique et en logique mais également dans l'étude sémantique des langages de programmation, les opérateurs et les opérandes sont de différents types. La théorie des types de Church [1941] construit les types fonctionnels des opérateurs, à partir d'un ensemble de types de base, ce qui permet de classer tous les opérateurs en différents types et d'en organiser l'architecture.

3.1. COMBINATEURS ÉLÉMENTAIRES

L'action opératoire de chaque combinateur élémentaire est exprimée par une règle [cf. Desclés et Biskri, 1995 ; Desclés, 1990a ; Curry et Feys, 1958 ; Fitch, 1974]. Donnons quelques exemples de combinateurs élémentaires avec leurs règles sémantiques d'action sous forme de règles de β -*expansion* et de β -*réduction*⁶.

3.2. COMBINATEURS DÉRIVÉS

Définissons maintenant des combinateurs dérivés qui étendent la portée d'un combinateur ou agissent à distance. Soient X et Y deux expressions applicatives quelconques. Nous posons : $[X \circ Y =_{\text{déf}} \mathbf{B} X Y]$.

Une expression applicative qui ne peut plus être réduite et ne possède aucun occurrence d'un combinateur est appelée une *forme normale*. Par exemple, pour le combinateur \mathbf{B}^2 , $[\mathbf{B}^2 = \mathbf{B} \circ \mathbf{B} = \mathbf{B} \mathbf{B} \mathbf{B}]$, la β -*réduction* de l'expression combinatoire est la

⁵ Par exemple, nombres, vecteurs, tableaux, arbres, transformations géométriques, programmes informatiques élémentaires, opérateurs logiques de la logique classique ou des logiques temporelles et modales, entités linguistiques et grammaticales, entités philosophiques, atomes de connaissance dans les représentations des connaissances en intelligence artificielle, ...

⁶ Une β -réduction consiste à construire le résultat de l'application d'un combinateur à son opérande en appliquant une règle d'élimination du combinateur en tête d'une expression applicative (ou d'une sous-expression applicative). Une β -expansion consiste à introduire un combinateur en tête d'une expression applicative (ou d'une sous-expression applicative) en appliquant une règle d'introduction spécifique à ce combinateur. Une démarche onomasiologique part des significations pour engendrer les agencements des signes qui les expriment ; une démarche sémasiologique part des agencements de signes pour construire une représentation de sa signification.

suivante : $\mathbf{B}^2 X Y Z_1 Z_2 \rightarrow_{\beta} X (Y Z_1 Z_2)$: ' $X (Y Z_1 Z_2)$ ' est ainsi une forme normale associée à l'expression applicative ' $\mathbf{B}^2 X Y Z_1 Z_2$ ', à condition toutefois que X , Y , Z_1 et Z_2 ne soient pas des combinateurs [Curry et Feys, 1958 ; Ginisti, 2003].

Combinateur	Règle de β -expansion	Règle de β -réduction
I	$x \leftarrow_{\beta} \mathbf{I} x$	$\mathbf{I} x \rightarrow_{\beta} x$
B	$x (y z) \leftarrow_{\beta} \mathbf{B} x y z$	$\mathbf{B} x y z \rightarrow_{\beta} x (y z)$
C	$x z y \leftarrow_{\beta} \mathbf{C} x y z$	$\mathbf{C} x y z \rightarrow_{\beta} x z y$
W	$x y y \leftarrow_{\beta} \mathbf{W} x y$	$\mathbf{W} x y \rightarrow_{\beta} x y y$
K	$x \leftarrow_{\beta} \mathbf{K} x y$	$\mathbf{K} x y \rightarrow_{\beta} x$
S	$x z (y z) \leftarrow_{\beta} \mathbf{S} x y z$	$\mathbf{S} x y z \rightarrow_{\beta} x z (y z)$
Φ	$x (y u) (z u) \leftarrow_{\beta} \mathbf{\Phi} x y z u$	$\mathbf{\Phi} x y z u \rightarrow_{\beta} x (y u) (z u)$
Ψ	$x (y z) (y u) \leftarrow_{\beta} \mathbf{\Psi} x y z u$	$\mathbf{\Psi} x y z u \rightarrow_{\beta} x (y z) (y u)$

TABLEAU 1. Action des combinateurs élémentaires

– *Combinateurs élevés à une certaine puissance*

Nous posons les définitions suivantes, \mathbf{X} étant un combinateur :

$$\mathbf{X}^0 = \text{déf } \mathbf{I} \quad \mathbf{X}^1 = \text{déf } \mathbf{X} \quad \mathbf{X}^{n+1} = \text{déf } \mathbf{X} \circ \mathbf{X}^n$$

Nous en déduisons que (nous n'en donnons pas la preuve) que :

$$\mathbf{X}^{m+n} = \mathbf{X}^m \circ \mathbf{X}^n \quad \mathbf{X}^{mn} = (\mathbf{X}^m)^n \quad \mathbf{B} \mathbf{X}^m = (\mathbf{B} \mathbf{X})^m$$

– *Combinateurs agissant à distance*

Définition : $\mathbf{X}_0 = \text{déf } \mathbf{X}$, $\mathbf{X}_1 = \text{déf } \mathbf{B} \mathbf{X}$, $\mathbf{X}_{n+1} = \text{déf } \mathbf{B} \mathbf{X}_n = \text{déf } \mathbf{B}^n \mathbf{X}_0$

– *Combinateurs étoilés*

Pour toute expression applicative X , par définition, $[X * = X \mathbf{I}]$. Nous démontrons que :

$$(\mathbf{B} \mathbf{X}) * = \text{déf } \mathbf{X} \quad (\mathbf{X}_{n+1}) * = \text{déf } \mathbf{X}_n (\mathbf{X} \circ \mathbf{Y}) * = \text{déf } \mathbf{X} \mathbf{Y} *$$

Par exemple : $\mathbf{C} * x y = \mathbf{C} \mathbf{I} x y \rightarrow_{\beta} \mathbf{I} y x \rightarrow_{\beta} y x$

4. CONCEPTUALISATION DE L'ASPECT ET DU TEMPS : QUELQUES ÉLÉMENTS THÉORIQUES

Rappelons quelques éléments théoriques du modèle aspecto-temporel que nous avons déjà présenté [Desclés, 1980a ; 1990b ; 2005 ; Desclés et Guentchéva, 1995 ; Guentchéva, 1990 ; Ro, 2008]. Une *relation prédicative*⁷ ' Λ ' ou "contenu

⁷ C'est-à-dire une « lexis » au sens d'Antoine Culioli [1980 ; 1999], ou un *Gedanke* selon G. Frege [1893], ou encore reprenant l'expression de Bally [1965], un « dictum » qui s'oppose à un « modus », ou encore une proposition au sens de la logique, laquelle est fondamentalement « atemporelle » en logique classique et non encore « prise en charge » par un énonciateur et donc non encore « modalisée ».

propositionnel” est construite par des opérations prédicatives (au sens large)⁸ qui s’expriment très bien dans le formalisme applicatif [Shaumyan, 1987; Desclés, 1990a], d’où le résultat exprimé, dans une notation préfixée, sous forme d’une expression applicative ayant le type d’une proposition (avec la préfixation de l’opérateur prédicatif). Par exemple, la représentation applicative (ou *lexis*) suivante⁹ :

(*) *voir*₂ *daim chasseur*

est génératrice d’une famille paradigmatique d’énoncés apparentés : *Le chasseur voit (en ce moment) un daim / Le chasseur a vu un daim / Le chasseur voyait un daim quand ... / Le daim a été vu par un chasseur / C’est le chasseur qui a vu un daim / C’est un daim qui a été vu par le chasseur*. Chacun de ces énoncés se différencie des autres par des opérations de diathèse (active, passive, ...), des thématisations d’un des termes (actant) de la relation prédicative, des déterminations des termes nominaux, des différenciations aspecto-temporelles... Cependant, ces énoncés ont tous en commun un « invariant prédicatif ». La relation (*) n’est pas un énoncé, elle est atemporelle et n’est pas encore prise en charge par un énonciateur. En effet, pour qu’elle devienne un énoncé, un énonciateur doit l’insérer dans son référentiel spatio-temporel [Desclés, 1995 ; Desclés et Guentchéva, 2010 ; Desclés et Ro, 2011] organisé autour de lui. Auparavant, il doit l’appréhender selon différentes modalités aspectuelles variant avec les visualisations présentées au co-énonciateur (auditeur) : « processus en cours », « état descriptif », « événement global », « état résultatif »...

Pour une présentation générale de l’aspect, nous pouvons nous reporter aux ouvrages de Benveniste [1974], Binnick [1991], Cohen [1989], Comrie [1976], Culioli [1980 ; 1999] Jespersen [1929], et Lyons [1977]. Il est difficile de donner une définition concise de l’aspect qui opposerait de façon explicite aspect et temps (tense). En effet temps grammatical et aspect sont étroitement liés dans ce que nous préférons appeler catégorie aspecto-temporelle. S’il est difficile de définir les catégories aspectuelles de base sans faire intervenir de la temporalité, il est néanmoins utile de distinguer d’un côté, des opérateurs aspectuels se réalisant sur des intervalles temporels et d’un autre côté, des relations temporelles comme concomitance, antériorité ou postériorité. Cependant un temps grammatical comme « le présent » en français n’a pas une valeur uniquement de concomitance. Chaque temps grammatical dans une langue renvoie à plusieurs opérations, les unes étant aspectuelles et les autres établissant des coordonnées temporelles.

Même si dans une langue comme le français le verbe semble supporter à lui seul l’expression de l’aspectualité et de la temporalité, la linguistique a été amenée à considérer un opérateur aspectuel qui porte sur toute la relation prédicative constituant ainsi ce que nous avons appelé un procès.

La relation prédicative est constituée par des opérations de prédication (appliquer un prédicat à ces divers arguments), de détermination (nominale par des adjectifs et des relatifs, déterminations adverbiales), et des opérations de thématisation (comme dans *moi, les cerises, je les aime beaucoup*). Aspectualiser une relation prédicative, c’est l’exprimer sous la forme d’un état (sans variation), d’un événement (donc une transition entre états) ou d’un processus évolutif... Ces trois notions aspectuelles de base ne sont

8 Non seulement les opérations strictement prédicatives appliquent un opérateur-prédicat sur ses termes (arguments) mais également des opérations de détermination portant sur les prédicats, sur les termes, sur la proposition constituée, des opérations de diathèse ou d’orientation, des opérations de thématisation... contribuent à la construction de la relation prédicative.

9 ‘voir₂’ est un prédicat qui a deux arguments (actants).

pas indépendantes. En effet, l'événement qui est une transition implique la notion même d'état ; le processus en cours donc inaccompli engendre un événement lorsqu'il arrive à un terme. L'état peut être borné et, si c'est le cas, il y a donc un événement qui a conduit à cet état et un événement qui en fera sortir : *il est malade en ce moment* implique bien l'existence d'un événement (*il est tombé malade*) et le deuxième événement souhaité (*il guérit*). À ces trois notions fondamentales de l'aspect sont associés trois types d'intervalles topologiques composés d'instantanés où la relation prédicative sous-jacente aux procès se réalise. Il est nécessaire de recourir à des *intervalles topologiques* de façon à pouvoir distinguer les *bornes ouvertes* et les *bornes fermées*.

Précisons les trois notions aspectuelles de base :

- L'*état* d'une relation prédicative dénote une situation stable sans changement, sans mouvement ; il n'existe ni premier instant qui exprimerait le début initial de l'état, ni dernier instant qui exprimerait un terme de l'état ; il reste stable à un certain intervalle de temps et par conséquence, il se réalise dans un intervalle ouvert d'instantanés dont les bornes sont exclues.
- L'*événement* associé à une relation prédicative dénote une transition entre un état antérieur et un état postérieur ; l'événement implique nécessairement la prise en compte d'un changement initial, c'est-à-dire d'un début, et d'un terme final ; l'événement se réalise durant un intervalle fermé d'instantanés et il est vrai à sa borne finale.
- Le *processus* associé à une relation prédicative dénote une situation évolutive avec nécessairement un changement initial (le début de processus) ; ce processus se réalise sur un intervalle d'instantanés fermé à gauche (impliquant son début) et ouvert à droite étant inaccompli, il engendre un événement potentiel en train de se réaliser.

Nous désignons la relation prédicative aspectualisée construite à partir d'une relation prédicative propositionnelle quelconque ' Λ ', ou lexis, désigné par ' $ASP_I(\Lambda)$ ' (cf. note 9). La prise en compte de l'aspectualité [Desclés, 1980a ; 1991] nous oblige, comme nous venons de le voir, à considérer des intervalles topologiques d'instantanés où les bornes temporelles sont soit « ouvertes », soit « fermées ». Le symbole ' ASP_I ' désigne un opérateur aspectuel abstrait qui a pour valeur « état », « événement » ou « processus » ; il a pour opérandes, une relation prédicative et un intervalle ' I ' d'instantanés sur lesquels la relation prédicative aspectualisée se réalise ; nous noterons les bornes droite et gauche d'un intervalle ' I ' par respectivement ' $\delta(I)$ ' et ' $\gamma(I)$ '. Les bornes d'un intervalle peuvent être ouvertes ou fermées selon qu'elles appartiennent ou non à l'intervalle ' I '. Les opérateurs aspectuels de construction d'un état ' $ETAT_O$ ', d'un événement ' $EVEN_F$ ' et d'un processus ' $PROC_J$ ' introduisent des zones temporelles de réalisation sous forme d'intervalles topologiques respectifs ' O ' (intervalle ouvert), ' F ' (intervalle fermé) et ' J ' (intervalle fermé à gauche et ouvert à droite). Comme nous l'avons déjà dit, l'énonciateur construit ainsi une relation prédicative aspectualisée ou procès en appliquant un opérateur aspectuel à une relation prédicative « atemporelle », de façon à présenter cette dernière, par son énonciation, soit comme *se réalisant* (processus en cours) soit comme *étant déjà réalisée* (événement passé ou état résultant), soit encore comme *susceptible de se réaliser* (événement visé aussi bien dans un futur à venir, donc non encore réalisé, que dans un passé potentiel contrefactuel car ayant eu la possibilité de se réaliser dans le passé mais ne s'étant pas, de fait, réalisé).

Nous avons ainsi plusieurs énonciations aspectualisées associées au même contenu propositionnel (*), par exemple :

- (a) *Le chasseur voit en ce moment un daim*
Processus inaccompli (actuel) concomitant à l'acte d'énonciation
- (b) *Au moment où le chasseur voyait un daim (un coup de feu est parti)...*
Inaccompli translaté non concomitant à l'acte d'énonciation¹⁰
- (c) *Le chasseur a vu un daim puis, ensuite, il...*
Événement (passé) inséré dans une séquence d'événements
- (d) *Enfin, le chasseur a vu, un daim: il est content*
État résultant (actuel) d'un processus accompli antérieur

Donnons des diagrammes temporels associés aux intervalles de validation des différents énoncés précédents, sous forme d'intervalles topologiques, selon les différentes visualisations aspectuelles retenues. Nous avons respectivement les représentations temporelles de la Figure 2.

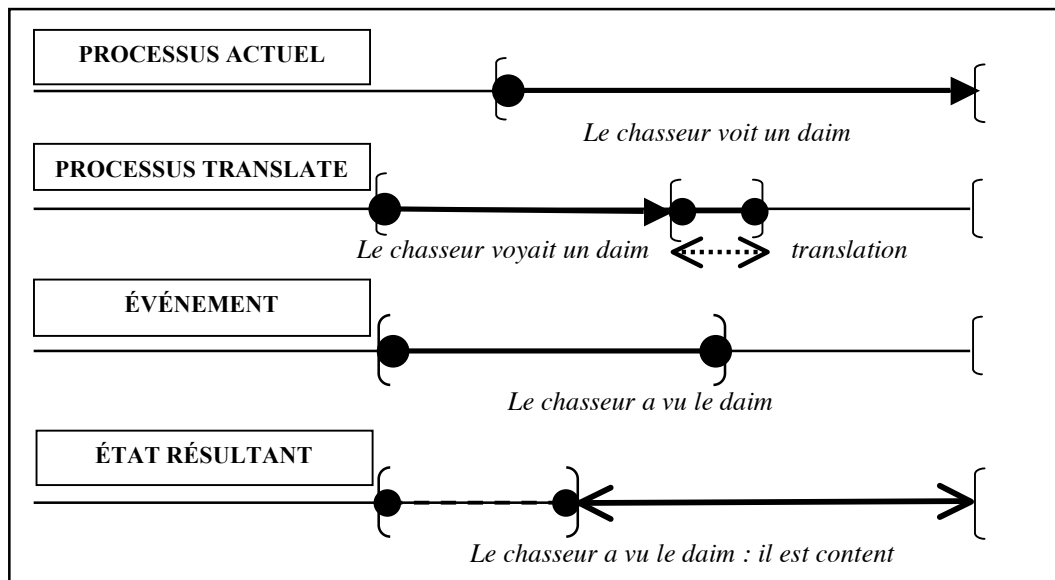


FIGURE 2. Représentations des zones temporelles de réalisation d'une même relation prédicative « voir₂ daim chasseur »

Ces différents diagrammes font partie d'un modèle interprétatif des valeurs aspecto-temporelles des énoncés, organisées à partir de 'T⁰': la borne 'T⁰' constitue la borne d'inaccomplissement de l'énonciation. La valeur aspecto-temporelle de chaque énoncé est interprétée par des zones d'instant contigus où la relation prédicative sous-jacente est présentée comme se réalisant ou étant réalisée. Ils permettent de représenter les zones temporelles associées aux opérateurs aspectuels par des figures.

4.1. PROCESSUS ÉNONCIATIF

Nous nous situons dans le cadre d'une théorie énonciative où sont explicitement analysées et représentées les opérations de « prise en charge énonciative » d'un

¹⁰ L'imparfait *voyait* renvoie à un processus inaccompli à un certain instant qui est l'analogue de l'instant d'inaccomplissement du présent *voir* (cf. la Figure 2). Ainsi l'imparfait est souvent considéré comme le translaté dans le passé du présent.

énonciateur abstrait [Desclés, 1976 ; 2009]. L'énonciateur, désigné ici par 'JE', et ses corrélats (co-énonciateurs, processus énonciatif, site spatial d'énonciation...) sont explicitement représentés dans le système des représentations métalinguistiques et deviennent ainsi des éléments qui interviennent dans les calculs des relations qui contribuent à fixer la référence des énoncés. L'énonciation est un acte qui est appréhendé comme un processus inaccompli, dont la borne droite, borne d'inaccomplissement de l'énonciation en cours, est désignée par 'T⁰'. Cette borne 'T⁰' est en fait une coupure continue, au sens de Richard Dedekind [1888] (voir aussi la note 26), qui sépare le référentiel linéairement ordonné des instants, isomorphe à une partie connexe de l'ensemble des réels, en deux parties disjointes et complémentaires [Desclés, 1980a] : (i) l'ensemble linéairement ordonné des instants déjà réalisés et (ii) l'ensemble des instants non réalisés dont 'T⁰' est la borne inférieure, interprétée comme « le premier instant du non réalisé ».

Les relations prédicatives aspectualisées sous-jacentes aux énoncés ont des références temporelles qui sont repérées, plus ou moins directement, par rapport au processus énonciatif. Ce dernier apparaît comme étant l'élément organisateur du référentiel, appelé « référentiel (temporel) énonciatif », créé par l'acte énonciatif d'un énonciateur abstrait¹¹. Ce dernier correspond à un « embrayeur », il permet d'ancrer chaque énonciation concrète sur un sujet énonciateur concret qui peut alors « s'approprier » le système de la langue [Benveniste, 1974] qu'il utilise par des représentations symboliques déjà structurées, socialisées et organisées à partir de lui, sujet énonciateur. Les marqueurs aspecto-temporels morphologiques qui sont présents dans un énoncé expriment les déterminations énonciatives c'est-à-dire les « choix de l'énonciateur », en particulier les choix aspectuels et l'établissement de relations temporelles entre la relation prédicative énoncée et le processus qui l'énonce. Les représentations formelles doivent donc être capables d'exprimer le processus énonciatif lui-même d'une part, et les relations temporelles d'autre part. Prenons, par exemple, l'énoncé suivant :

(1) *Le chasseur voit (en ce moment) un daim*

Pour l'analyse de l'énoncé, nous partons du *schème de prise en charge* suivant [Desclés, 1980a ; 2009]¹² :

(PROC_{J₀} (JE-DIS (...)))

dont la signification est : « l'énonciateur 'JE' énonce « quelque chose » (« ce qui est dicible ») et cet acte d'énonciation est un processus qui se réalise sur un intervalle 'J⁰', fermé à gauche et étant inaccompli, ouvert à la borne droite de 'J⁰'.

Nous obtenons le *schème énonciatif*¹³, qui est une extension aspectualisée du schème énonciatif :

PROC_{J₀} (JE-DIS (& (ASP₁ (Λ)) ([I REP J⁰]))))

¹¹ Dans une énonciation concrète, à l'énonciateur abstrait 'JE' se substitue un « énonciateur concret » (Platon, Socrate, Napoléon...) qui prend en charge pragmatiquement un contenu propositionnel.

¹² L'opérateur métalinguistique de « prise en charge » 'JE-DIS' est le résultat de conversion à l'aide de combinateur C : [JE-DIS = C DIT JE]. L'opérateur 'DIT' exprime le prédicat métalinguistique d'énonciation et 'JE' représente l'énonciateur abstrait, instanciable dans chaque occurrence d'un acte pragmatique d'énonciation par la référence d'un énonciateur concret.

¹³ Plus précisément, dans le formalisme du λ-calcul, le schème énonciatif est :

λΛ. λI. [PROC_{J₀} (JE-DIS (& (ASP₁ (Λ)) ([I REP J⁰])))]

dont la signification est : « l'énonciateur prend en charge ('JE-DIS') « ce qui est dit », avec une certaine visée aspectuelle 'ASP_I' en spécifiant la relation temporelle entre le domaine 'I' de réalisation temporelle de la relation prédicative aspectualisée 'ASP_I (Λ)' et l'intervalle 'J⁰' de réalisation du processus énonciatif¹⁴ ; cet acte d'énonciation est un processus inaccompli qui se réalise sur un intervalle 'J⁰' »¹⁵.

Exprimons maintenant comment est construite la représentation métalinguistique¹⁶ formelle sous-jacente à l'énoncé précédent (1). Elle est construite en plusieurs étapes comme suit :

- 1) construction et son expression d'une relation prédicative sous-jacente, c'est-à-dire en notation applicative : “voir₂ un-daim le-chasseur”;
- 2) aspectualisation de cette relation prédicative sous forme d'un opérateur aspectuel¹⁷ de processus 'PROC_{J1}' qui, étant appliqué à la relation prédicative, la saisit dans sa réalisation durant l'intervalle 'J¹' et dans son inaccomplissement à la borne droite 'δ(J¹)' de cet intervalle; cet opérateur aspectuel construit donc un processus inaccompli à partir d'une relation prédicative qui était non aspectualisée ;
- 3) emboîtement du processus inaccompli relatif à la relation prédicative, appelé *processus prédictatif*, dans le *processus énonciatif* lui-même, exprimé par 'PROC_{J0} (JE-DIS (...))', qui, lui, se réalise durant l'intervalle 'J⁰' ;
- 4) établissement d'une *concomitance temporelle* entre le processus (inaccompli) d'énonciation et le processus (inaccompli) prédictatif par identification de la borne droite 'δ(J¹)' de l'intervalle 'J¹' avec la borne droite 'δ(J⁰)' de l'intervalle 'J⁰' : [δ(J¹) = δ(J⁰)].

L'expression ainsi obtenue est une expression applicative présentée sous une forme préfixée (cf. (2) ci-dessous). Elle exprime le résultat d'une analyse énonciative et aspecto-temporelle de l'énoncé (1). Pour simplifier les écritures, introduisons le symbole 'P₂' qui désigne le prédicat binaire associé au verbe “voir₂”, et les deux termes nominaux (ou les deux actants) 'A¹' et 'A²' associés aux deux syntagmes nominaux respectifs “le-chasseur” et “un-daim” :

$$(2) \quad \text{PROC}_{J_0} (\text{JE-DIS} (\& (\text{PROC}_{J_1} (P_2 A^2 A^1)) ([\delta(J^1) = \delta(J^0)])))$$

Cette expression indique que le processus énonciatif 'PROC_{J0} (JE-DIS (...))' est réalisé sur l'intervalle 'J⁰' en prenant en charge les deux propositions emboîtées¹⁸ :

¹⁴ Un *système de repérage* est construit à l'aide d'un archirelateur REP (un archi-relateur prenant plusieurs valeurs selon le contexte) de repérage, dont les valeurs sont l'*identification*, la *différenciation* et la *rupture* [Desclés, 1980a ; 1980b ; Desclés et Froidevaux, 1982]. La notion de repérage formalise la notion originelle de A. Culioli [1980 ; 1999], en lui donnant une forme mathématique.

¹⁵ Ces expressions combinent une notation préfixée (opérateur précédent toujours son opérande) avec une notation infixée où nous utilisons des crochets appariés '[' et ']'. Cependant, il est bien clair que nous pourrions présenter ces expressions en employant uniquement une notation applicative canonique préfixée.

¹⁶ En généralisant les propos de W.O.Quine [1970], on peut considérer que cette représentation métalinguistique, qui s'inscrit dans un langage formel dûment construit, est une « forme logique ».

¹⁷ L'opérateur aspectuel PROC_{J1} est une des valeurs de l'opérateur aspectuel abstrait ASP_I que nous avons mentionné précédemment.

¹⁸ Si la composante (2b) est clairement propositionnelle, la composante (2a) l'est aussi. En effet, la

$$(2a) \quad \text{PROC}_{J1} (P_2 A^2 A^1)$$

$$(2b) \quad [\delta(J^1) = \delta(J^0)]$$

La première composante (2a) représente la relation prédicative aspectualisée sous forme de processus prédicatif réalisé sur un intervalle ‘ J^1 ’. La seconde expression (2b) exprime une condition temporelle : les deux bornes droites ouvertes ‘ $\delta(J^1)$ ’ et ‘ $\delta(J^0)$ ’ coïncident, l’instant ‘ $\delta(J^0)$ ’ est identique à l’instant ‘ T^0 ’, et donc : ‘ $\delta(J^1) = \delta(J^0) = T^0$ ’. Nous représentons cette condition sous la forme d’une notation infixée, notée à l’aide des deux séparateurs ‘[’ et ‘]’. Cette condition temporelle signifie que les deux processus, à savoir le processus prédicatif et le processus énonciatif, sont inaccomplis à une même borne droite ; ils évoluent donc à cette borne d’inaccomplissement de façon concomitante. On remarquera que rien n’est dit sur la relation entre les deux bornes gauches de début ‘ $\gamma(J^1)$ ’ et ‘ $\gamma(J^0)$ ’ puisque la grammaticalisation aspecto-temporelle opérée par les langues porte essentiellement sur la concomitance entre les deux bornes droites d’inaccomplissement. Autrement dit que le processus prédicatif commence avant le processus énonciatif ou bien qu’il lui soit entièrement simultané ou encore qu’il ait commencé après le début de l’acte énonciatif, la grammaticalisation reste la même ; les deux intervalles ‘ J^1 ’ et ‘ J^0 ’, zones temporelles de réalisation des deux processus, sont liés entre eux par la condition temporelle (2b). L’expression (2) exprime l’insertion du processus prédicatif dans l’espace référentiel de l’énonciateur, c’est-à-dire dans son espace énonciatif.

Nous cherchons maintenant à synthétiser, sous forme d’un même opérateur, la composition des deux opérateurs aspectuels élémentaires PROC_{J0} , PROC_{J1} et des conditions temporelles avec l’opérateur d’énonciation ‘JE-DIS (...)’, en construisant ainsi un opérateur aspectuel plus complexe qui aura pour argument la seule relation prédicative ($P_2 A^2 A^1$). Nous présentons le processus d’intégration sous la forme d’une « déduction naturelle » dans le style de Gentzen [1934-1935]¹⁹, conduisant à une définition exprimée par une équivalence entre des opérateurs c’est-à-dire par une « réunitarisation compositionnelle » qui définit un opérateur unique comme résultat d’une composition fonctionnelle d’opérateurs plus élémentaires (cf. le pas 3 de la déduction suivante).

Déduction :

1. $\text{PROC}_{J0} (\text{JE-DIS} (\& (\text{PROC}_{J1} (P_2 A^2 A^1)) ([d(J^1)=d(J^0)]))$ hyp.
2. $B \text{PROC}_{J0} \text{JE-DIS} (\& (\text{PROC}_{J1} (P_2 A^2 A^1)) ([d(J^1)=d(J^0)]))$ int. B
3. $[\text{ENONC}_{J0} =_{\text{def}} B \text{PROC}_{J0} \text{JE-DIS}]$ déf.
4. $\text{ENONC}_{J0} (\& (\text{PROC}_{J1} (P_2 A^2 A^1)) ([d(J^1)=d(J^0)]))$ rempl. 2, 3

relation prédicative ($P_2 A^2 A^1$) est une proposition ; l’opérateur de construction d’un processus PROC_{J1} introduit la dimension temporelle d’une proposition qui devient vraie à chaque instant de l’intervalle topologique ‘ J^1 ’ ; le résultat de l’emboîtement de la relation prédicative dans le processus prédicatif est encore propositionnel. En introduisant explicitement les types fonctionnels (au sens de Church), un calcul du type de chaque expression montrerait que l’expression (2a) a une nature propositionnelle et peut donc être coordonnée à (2b).

¹⁹ Dans de telles déductions, les règles introduisent ou éliminent des « constantes logiques » en fonction de la forme des prémisses. Ces « constantes logiques » sont les opérateurs propositionnels et les quantificateurs classiques (cf. Desclés, Djioa, Le Priol, 2010) mais également, pour la logique combinatoire, les combinateurs [Fitch, 1974; Desclés, 1990a].

Commentaires : Au pas 1, l'expression est considérée comme l'instanciation, par la relation prédicative ($P_2 A^2 A^1$), avec sa coordonnée temporelle du schème énonciatif plus général. Le pas 2 introduit le combinateur de composition intrinsèque **B** qui permet de composer l'opérateur aspectuel 'PROC_{J0}' avec l'opérateur de prise en charge 'JE-DIS', d'où la définition donnée au pas 3 de l'opérateur d'énonciation "ENONC_{J0}". Après remplacement, l'expression du pas 4 en résulte étant considérée comme une expansion (plus exactement une β -expansion dans le cadre de la LC) du pas 1. Les expressions du pas 1 et du pas 4 sont alors équivalentes du point de vue aspectuel c'est-à-dire comme des paraphrases métalinguistiques.

La relation définitoire :

$$[\text{ENONC}_{J0} =_{\text{def}} \mathbf{B} \text{ PROC}_{J0} \text{ JE-DIS}]$$

exprime que l'opérateur 'ENONC_{J0}' (le *definiendum*) est défini comme étant le résultat (le *definiens*) d'une composition fonctionnelle, décrite à l'aide du combinateur 'B'. Cet opérateur a pour opérande, dans la suite du calcul, le résultat de la conjonction entre l'action de l'opérateur aspectuel 'PROC_{J1}' sur la relation prédicative aspectualisée et une condition temporelle. Nous en déduisons l'expression suivante :

$$(3) \quad \text{ENONC}_{J0} (\& (\text{PROC}_{J1} (P_2 A^2 A^1)) ([\delta(J^1)=\delta(J^0)]))$$

4.2. OPÉRATEURS ASPECTUELS GRAMMATICALISÉS

Cherchons maintenant à faire apparaître d'un côté, un opérateur aspectuel grammaticalisé moins élémentaire, que l'on va désigner par PRST-INAC (« présent inaccompli »), puis d'un autre côté, un opérateur aspectuel pré-morphologique prest-processus auquel on pourra associer directement une trace morphologique au niveau des configurations morpho-syntaxiques de la GA&C.

Dans notre analyse, l'aspect « présent inaccompli » n'est pas associé au prédicat lexical puisque cet opérateur 'PRST-INAC'²⁰ porte sur la relation prédicative entière. Sa trace linguistique peut donc être exprimée, au niveau des configurations morpho-syntaxiques, sous forme de morphèmes verbaux spécifiques (préverbes, suffixes, affixes...), d'adverbes ou encore de particules aspectuelles spécifiques. En revanche, le second opérateur 'prest-processus' qui a pour opérande le seul prédicat lexical, reste plus spécifique aux langues qui expriment, par des procédés morphologiques précis, l'aspect verbal en l'attachant au verbe. Reprenons la déduction précédente :

Déduction :

- | | | |
|----|---|---------------------|
| 4. | $\text{ENONC}_{J0} (\& (\text{PROC}_{J1} (P_2 A^2 A^1)) ([\delta(J^1)=\delta(J^0)]))$ | hyp. |
| 5. | $\mathbf{B}^2 \text{ENONC}_{J0} \& (\text{PROC}_{J1} (P_2 A^2 A^1)) ([\delta(J^1)=\delta(J^0)])$ | int. \mathbf{B}^2 |
| 6. | $\mathbf{B} (\mathbf{B}^2 \text{ENONC}_{J0} \&) \text{PROC}_{J1} (P_2 A^2 A^1) ([\delta(J^1)=\delta(J^0)])$ | int. \mathbf{B} |
| 7. | $\mathbf{C}_2 \mathbf{B} (\mathbf{B}^2 \text{ENONC}_{J0} \&) \text{PROC}_{J1} ([\delta(J^1)=\delta(J^0)] (P_2 A^2 A^1))$ | int. \mathbf{C}_2 |
| 8. | $\mathbf{B}^2 (\mathbf{C}_2 \mathbf{B}) \mathbf{B}^2 \text{ENONC}_{J0} \& \text{PROC}_{J1} ([\delta(J^1)=\delta(J^0)] (P_2 A^2 A^1))$ | int. \mathbf{B}^2 |
| 9. | $[\text{PRST-INAC}_{J1 J0} =_{\text{def}} \mathbf{B}^2 (\mathbf{C}_2 \mathbf{B}) \mathbf{B}^2 \text{ENONC}_{J0} \& \text{PROC}_{J1} ([\delta(J^1)=\delta(J^0)])]$ | déf. |

²⁰ Le prédicat lexical est catégorisé comme un verbe au niveau des configurations morpho-syntaxiques. Les morphèmes spécifiques qui sont des constituants du verbe conjugué, dans une langue comme le français, sont combinés et intégrés dans un morphème intégrateur qui va spécifier le temps grammatical, la personne singulière ou pluralisée. L'opérateur grammatical (PRST-INAC) qui intègre les conditions temporelles, comme nous allons le montrer, est en fait un opérateur aspecto-temporel, certaines contraintes temporelles étant étroitement liées au choix de l'opérateur aspectuel plus élémentaire (PROC_{J1}). Les opérateurs aspectuels, ou aspecto-temporels, ayant pour portée la relation prédicative entière, il nous semble difficile de réduire la problématique de l'aspect à la seule analyse des morphèmes verbaux ou, à un niveau plus abstrait, aux seuls opérateurs qui portent sur le prédicat lexical.

- | | | |
|-----|---|---------------------|
| 10. | $[\text{PRST-INAC}]_{\text{d}\acute{\text{e}}\text{f}} = \exists J^0 J^1 \{ \mathbf{B}^2 (\mathbf{C}_2 \mathbf{B}) \mathbf{B}^2 \text{ENONC}_{J_0} \& \text{PROC}_{J_1} ([\delta(J^1) = \delta(J^0)]) \}$ | int. \exists |
| 11. | $\text{PRST-INAC} (P_2 A^2 A^1)$ | rempl. 6, 5 |
| 12. | $\mathbf{B}^2 \text{PRST-INAC} P_2 A^2 A^1$ | int. \mathbf{B}^2 |
| 13. | $[\text{prest_processus}]_{\text{d}\acute{\text{e}}\text{f}} = \mathbf{B}^2 \text{PRST-INAC}$ | déf. |
| 14. | $(\text{prest_processus} (P_2)) A^2 A^1$ | rempl. 10, 9 |

Commentaires : Le pas 4 (c'est-à-dire l'expression (3)) a la même signification que l'expression (2). Nous regroupons les opérateurs entre eux de façon à dégager la relation prédicative (pas 5 à 8) à l'aide des combinateurs, en faisant apparaître un opérateur complexe qui intègre l'opérateur aspectuel et la contrainte sur les bornes. Nous posons la définition de l'opérateur aspecto-temporel grammaticalisé, appelé « présent-inaccompli », au pas 9. Cet opérateur dépend cependant des intervalles 'J¹' et 'J⁰'. Il faut donc s'en abstraire en supposant simplement l'existence de tels intervalles qui respectent une condition temporelle. Pour cela, nous introduisons l'opérateur de quantification existentielle au pas 10 ; il a pour argument la relation prédicative entière. Nous dégageons le prédicat 'P₂' de façon à construire un opérateur plus complexe qui compose l'opérateur aspectuel grammaticalisé avec le prédicat au pas 13, d'où l'expression finale au pas 14.

L'expression définitoire de l'opérateur aspectuel grammaticalisé 'PRST-INAC' introduit une « réunitarisation », à savoir le *definiendum*, sous la forme d'une nouvelle unité exprimée à l'aide d'un opérateur grammatical complexe, construit en composant entre eux l'opérateur d'énonciation, un opérateur aspectuel élémentaire et une condition temporelle sur les bornes associées à ces deux opérateurs (le pas 10 de la déduction précédente)²¹. Cet opérateur a pour but d'aspectualiser la relation prédicative entière en la situant par rapport aux conditions abstraites d'énonciation. Quant à l'expression définitoire de l'opérateur 'prest_processus' (le pas 13), il établit également une nouvelle relation entre un *definiendum* et un *definiens*, et cet opérateur a pour opérande le prédicat lexical 'P₂' :

$$(4) \quad (\text{prest_processus} (P_2)) A^2 A^1$$

Cet opérateur est donc plus proche des contraintes morphologiques d'une langue comme le français, où l'aspect et le temps sont manifestés essentiellement par les marqueurs morphologiques d'un « temps grammatical » (*tense* en anglais)²², même si d'autres procédés linguistiques – adverbes, prépositions, détermination des termes nominaux... – peuvent venir compléter l'information aspectuelle et temporelle.

²¹ La quantification existentielle introduit des intervalles qui sont spécifiables par chaque énonciation particulière, manifestée, éventuellement, par des marqueurs linguistiques (adverbes par exemple). Nous pourrions rester entièrement dans le cadre formel de la logique combinatoire, qui est, rappelons-le un formalisme « sans variables liées », en utilisant, avec leurs règles d'introduction et d'élimination, les opérateurs illatifs de quantification. Les quantificateurs illatifs sont les analogues en logique combinatoire des quantificateurs classiques universels et existentiels formulés, eux, avec l'aide de variables liées par les quantificateurs. Pour cela, il nous faudrait introduire des combinateurs qui dégageraient les arguments (les intervalles) 'J⁰' et 'J¹', puis, s'abstraire de ces arguments en introduisant deux quantificateurs existentiels illatifs. Nous avons préféré faire appel à un formalisme mixte qui provisoirement « mélange » les combinateurs et les quantificateurs classiques afin de ne pas alourdir les expressions formelles pour mieux faire émerger les idées profondes du calcul.

²² Dans le cadre théorique de la GA&C, 'PRST-INAC' est un opérateur du niveau des représentations logico-grammaticales. Ces représentations sont plus générales car elles dégagent des rôles grammaticaux qui se généralisent plus facilement à un groupe typologique de langues que les opérateurs plus morphologisés plus spécifiques aux contraintes morpho-syntaxiques de chaque langue.

Reprenons par exemple l'énoncé (1) *Le chasseur voit un daim (en ce moment)*. Cet énoncé renvoie à une analyse prédictive exprimée par l'expression applicative (1') '*voir₂ un-daim le-chasseur*'. L'opérateur verbal conjugué *voit* peut s'analyser comme le résultat de l'application de l'opérateur morphologique "présent", sur le prédicat lexical binaire "*voir₂*", – en négligeant toutefois, ici, le jeu des différentes personnes –, construisant ainsi un verbe conjugué (au présent). Nous posons la définition [*voit* = _{déf} *prest*_{-processus} (*voir₂*)] et nous en déduisons la relation entre les deux expressions applicatives :

$$(1'') \quad \underline{\text{prest}}_{\text{-processus}}(\text{voir}_2) \text{ un-daim le-chasseur} = \text{voit un-daim le-chasseur}$$

En « remontant » les déductions précédentes, effectuées selon une démarche plutôt onomasiologique au moyen de β -expansions successives, nous obtenons (cette fois par une démarche sémasiologique) les principales étapes des β -réductions successives c'est-à-dire les expressions obtenues par les éliminations successives des combinateurs ou des quantificateurs et en passant des *definienda* aux *definiens* correspondants²³.

Désignons par ' \rightarrow_{β} ', la relation de β -réduction entre expressions applicatives, nous obtenons :

$$\begin{aligned} & (\underline{\text{prest}}_{\text{-processus}}(P_2)) A^2 A^1 \rightarrow_{\beta} \\ & \exists J^0 J^1 \{ \text{PROC}_{J_0} (\text{JE-DIS} (\& (\text{PROC}_{J_1} (P_2 A^2 A^1))) ([\delta(J^1) = \delta(J^0)])) \} \end{aligned}$$

En instanciant par les lexèmes respectifs les termes de la relation prédictive ([$P_2 := \text{voir}_2$] ; [$A^2 := \text{un-daim}$] ; [$A^1 := \text{le-chasseur}$]), nous obtenons la β -réduction instanciée :

$$\begin{aligned} & (\underline{\text{prest}}_{\text{-processus}}(\text{voir}_2)) \text{ un-daim le-chasseur} \rightarrow_{\beta} \\ & \exists J^0 J^1 \{ \text{PROC}_{J_0} (\text{JE-DIS} (\& (\text{PROC}_{J_1} (\text{voir}_2 \text{ un-daim le-chasseur}))) ([\delta(J^1) = \delta(J^0)])) \} \end{aligned}$$

À la droite de ' \rightarrow_{β} ' nous avons la « forme normale » de l'expression qui est à sa gauche, cette dernière ayant une structure plus proche des organisations morpho-syntaxiques du français. Cette forme normale donne l'interprétation de l'opérateur '*prest*_{-processus}' qui porte sur le prédicat lexical '*voir₂*'. Une interprétation par des intervalles topologiques de la forme normale est donnée dans la Figure 3.

Avec une analyse analogue à la précédente, analysons l'énoncé statif (e) et sa représentation applicative (e') :

²³ Techniquement, une β -réduction consiste à analyser un opérateur (par exemple, un opérateur comme *prest*_{-processus}, associé à une forme morphologique) en construisant une « forme normale » qui sert à exprimer la signification de l'opérateur analysé, au moyen d'un calcul explicite qui met en jeu d'une part, des relations définitoires entre un *definiendum* et un *definiens* analytique, et d'autre part, des éliminations successives des combinateurs introduits dans le *definiens*. La β -expansion consiste à introduire des combinateurs de façon à intégrer, par des compositions fonctionnelles exprimées par des combinateurs, différents opérateurs plus élémentaires dans un seul opérateur intégratif et synthétique qui a pour but de réunitariser cette composition, la réunitarisation étant exprimée par une relation définitoire entre un *definiens* et un *definiendum* synthétique. Alors que la β -réduction décrit un processus opératoire analytique qui part des expressions plus proches de la surface pour construire ensuite une « forme normale » interprétative, la β -expansion part des expressions interprétatives pour synthétiser des opérateurs associés aux formes morpho-syntaxiques de surface.

- (e) Le daim est mort (état descriptif)
- (e') (prest_{processus} (être mort)) (le daim)

La signification de prest_{processus} portant, dans (e'), sur le prédicat statif « être mort » est analysée par :

$$[\text{prest}_{\text{processus}} =_{\text{def}} \mathbf{B}^2 \text{ PRST-ETAT}]$$

$$[\text{PRST-ETAT} =_{\text{def}} \exists J^0 O^1 \{ \mathbf{B}^2 (\mathbf{C}_2 \mathbf{B}) \mathbf{B}^2 \text{ ENONC}_{J_0} \& \text{ETAT}_{O^1} ([\delta(O^1) = \delta(J^0)]) \}]$$

Nous avons donc la β -réduction :

$$(\text{prest}_{\text{processus}} (\text{être mort})) (\text{le daim}) \rightarrow_{\beta}$$

$$\text{PROC}_{J_0} (\text{JE-DIS} (\& (\text{ETAT}_{O^1} (\text{être mort} (\text{le daim}))) ([\delta(O^1) = \delta(J^0)])))$$

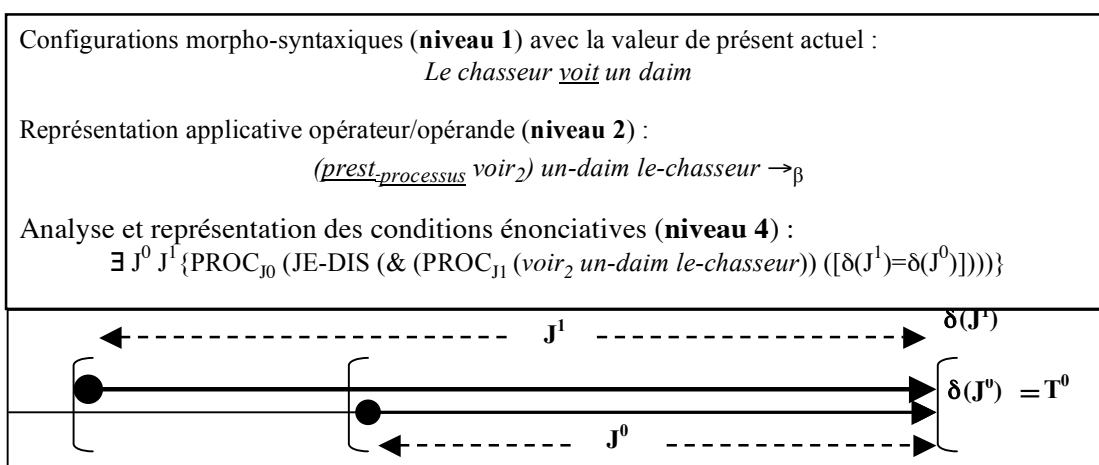


FIGURE 3. Diagramme temporel associé au « processus inaccompli présent »

À cette analyse sémantique correspond le diagramme figuratif temporel (cf. Figure 4).

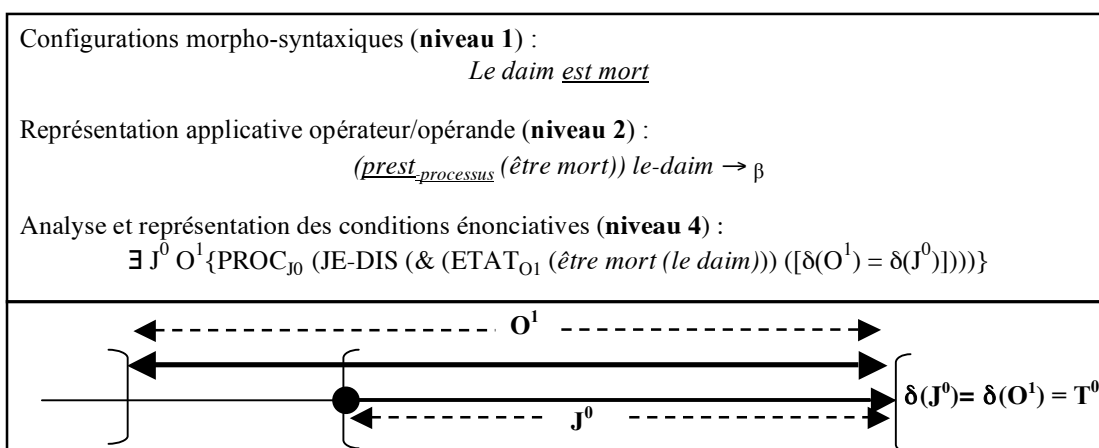


FIGURE 4. Diagramme temporel associé à l'état PRST-ETAT (« état descriptif présent »)

5. DÉFINITION DE QUELQUES OPÉRATEURS ASPECTO-TEMPORELS

D'après ce que nous avons vu aux paragraphes précédents, d'une façon générale, une relation prédicative est aspectualisée au moyen d'un opérateur aspectuel 'ASP₁'. Cette relation prédicative aspectualisée, appelée également procès, se réalise sur l'intervalle d'instant 'I' dont la nature topologique est déterminée par le choix de l'aspect (processus, événement, état), les bornes de cet intervalle 'I' étant, selon l'aspect, ouvertes ou fermées. Nous verrons plus loin des exemples de ces différents aspects. Pour qu'il y ait un énoncé, il est nécessaire que cette relation prédicative aspectualisée soit « prise en charge » par un énonciateur. Le processus énonciatif se réalise sur un intervalle 'J⁰' d'instant, dont la borne droite est T⁰ = δ(J⁰), puis l'opérateur aspectuel 'PROC_{J⁰}' aspectualise, sous la forme d'un processus, l'acte d'énonciation qui est ainsi, par nature, inaccompli en 'T⁰'. Ce processus énonciatif est construit à l'aide d'un opérateur métalinguistique de « prise en charge » 'JE-DIS' qui a pour argument l'emboîtement de la conjonction entre la relation prédicative aspectualisée et les conditions temporelles. Le processus énonciatif, en « prenant en charge », par emboîtement formel, la relation prédicative aspectualisée, conduit à préciser comment les différentes bornes, essentiellement les bornes droites 'δ(I)' et 'δ(J⁰)', sont repérées entre elles par des conditions temporelles (identification ou concomitance ; différenciation ou antériorité/postériorité), avec des contraintes topologiques qui limitent la libre combinatoire. Par intégration des conditions temporelles, nous définissons des opérateurs aspecto-temporels abstraits dont les significations sont analysées à l'aide de combinateurs abstraits qui décrivent des compositions fonctionnelles entre des opérateurs aspectuels élémentaires et certaines conditions temporelles sur les bornes des intervalles. Nous avons donc plusieurs opérateurs qui peuvent ainsi être construits et définis comme des compositions fonctionnelles d'opérateurs plus élémentaires. La construction formelle de ces opérateurs permet d'exprimer leur signification grammaticale. Nous allons prendre quelques exemples pour illustrer la démarche.

5.1. ANALYSE FORMELLE DE QUELQUES EXEMPLES

Nous avons montré comment nous traitons l'énoncé (a) *En ce moment, le chasseur voit le daim*, prenons maintenant l'énoncé (b) :

(b) (*Hier*), le chasseur voyait un daim quand²⁴...

(avec la valeur "processus inaccompli translaté dans le passé" de l'imparfait).

Par un calcul analogue à celui qui a été déjà présenté au §4.2., nous obtenons la réduction suivante :

$$(\textit{impft}_{\textit{processus}} P_2) A^2 A^1 \rightarrow_{\beta} \\ \exists J^0 J^1 \{ \text{PROC}_{J_0} (\text{JE-DIS} (\& (\text{PROC}_{J_1} (P_2 A^2 A^1)) ((\delta(J^1) < \delta(J^0)))) \}$$

²⁴ Le morphème l'imparfait en français (représenté par *impft*) a plusieurs valeurs que l'analyse contextuelle permet de filtrer (à l'aide d'un processus d'exploration contextuelle par le moteur EXCOM2, développé à LaLIC, [Desclés, Le Priol, 2009]). La valeur filtrée dans l'exemple est celle d'un processus inaccompli dans le passé ; d'autres valeurs de l'imparfait seraient représentées par des opérateurs grammaticaux différents. Par exemple, *Jean était assis quand ...* a une valeur d'état ; l'énoncé *Sans intervention du chef du train, cinq minutes plus tard le train déraillait...* a une valeur d'irréel.

c'est-à-dire en y substituant les lexèmes $[P_2 := voir_2]$; $[A^2 := un-daim]$; $[A^1 := le-chasseur]$:

$$(\text{impft}_{\text{-processus}} voir_2) un-daim le-chasseur \rightarrow_{\beta}$$

$$\exists J^0 J^1 \{PROC_{J_0} (JE-DIS (\& (PROC_{J_1} (voir_2 un-daim le-chasseur)) ([\delta(J^1) < \delta(J^0)]))\}$$

L'interprétation temporelle de l'énoncé (b) dans un modèle d'intervalles topologiques conduit à un diagramme (cf. Figure 5).

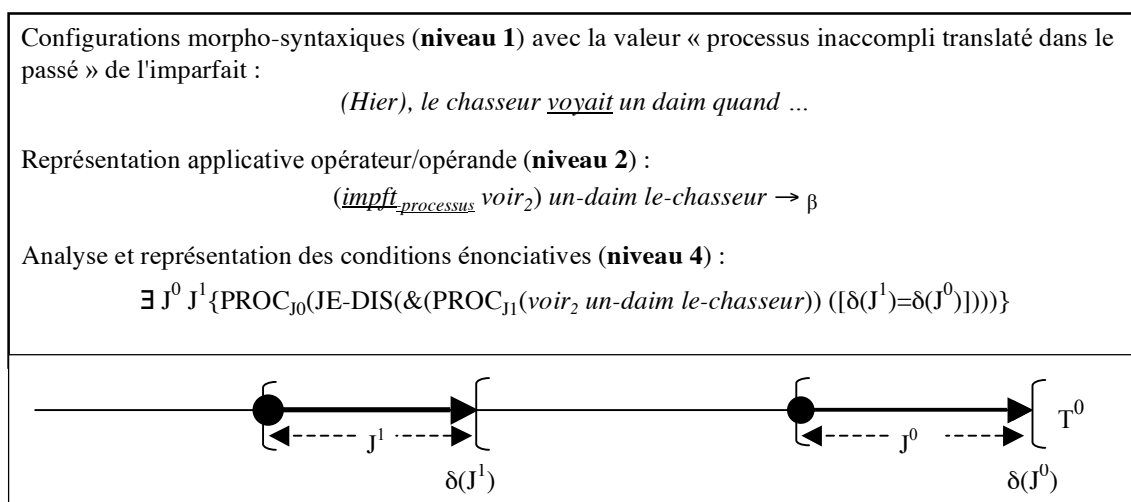


FIGURE 5. Diagramme temporel associé au processus inaccompli translaté dans le passé de l'imparfait

Prenons l'énoncé (c):

(c) *Le chasseur a vu un daim puis ...*

(avec la valeur “événement” du passé composé ou du passé simple)

Nous avons la réduction suivante et le diagramme temporel (cf. Figure 6) :

$$(\text{pass-comp}_{\text{-événement}} voir_2) un-daim le-chasseur \rightarrow_{\beta}$$

$$\exists J^0 F^1 \{PROC_{J_0} (JE-DIS (\& (EVEN_{F_1} (voir_2 le-daim le-chasseur)) ([\delta(F^1) < \delta(J^0)]))\}$$

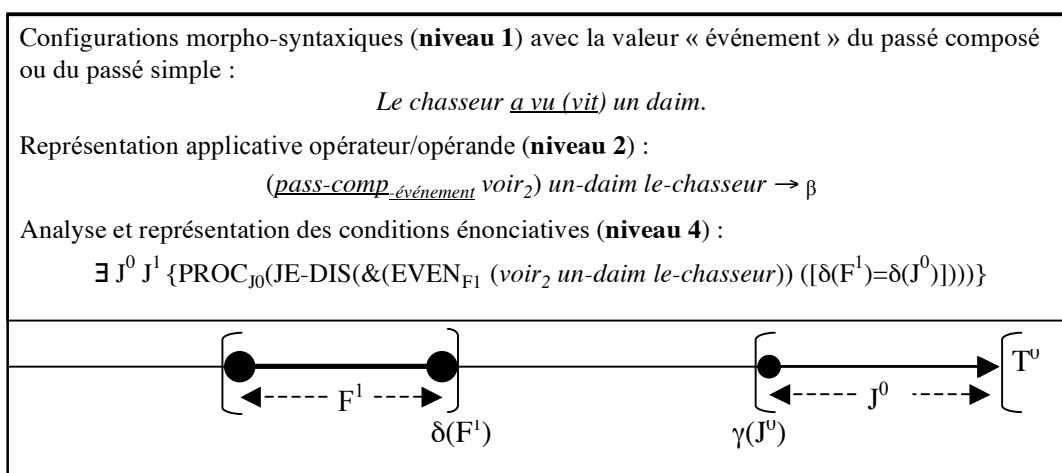


FIGURE 6. Diagramme associé à l'événement du passé composé ou du passé simple

Prenons l'énoncé (d) :

(d) *Le chasseur a vu un daim : il est content*

(avec la valeur aspectuelle “état résultant” du passé composé ²⁵)

Nous obtenons, par une démarche analogue, l'expression suivante :

(pass-comp_état-résultant voir₂) un-daim le-chasseur $\rightarrow \beta$

$\exists J^0 O^2 \{ \text{PROC}_{J^0} (\text{JE-DIS} (\& (\text{ETAT-RESUL}_{O^2} (\text{voir}_2 \text{ un-daim le-chasseur})) (\delta(O^2) = \delta(J^0))) \}$

Dans cette représentation métalinguistique relative à l'énoncé (d), la relation prédicative “voir₂ un-daim le-chasseur” a un aspect visualisé sous forme d'un état résultant réalisé sur un intervalle ouvert ‘O²’, cet état étant contigu et adjacent à l'événement accompli qui l'a engendré. Il nous faut donc préciser et définir la signification de l'opérateur résultatif ETAT-RESUL_{O²} (« état résultant»). Puisque la relation prédicative est résultative, il est nécessaire d'en déduire qu'il existe un événement antérieur à la résultativité, réalisé sur un intervalle fermé ‘F¹’ (l'événement accompli « *Le chasseur a vu un daim* ») tel que sa borne droite d'accomplissement ‘δ(F¹)’ coïncide exactement avec la borne gauche ‘γ(O²)’ de l'état résultant. Cette borne droite ‘δ(F¹)’ est une « coupure continue » (sans saut et sans lacune) puisqu'elle sépare la zone événementielle de la zone résultative ; elle appartient à l'événement et n'appartient pas à l'état qui en résulte²⁶. En d'autres termes, l'événement EVEN_{F¹} (voir₂ un-daim le-chasseur) a eu une occurrence *avant* l'état qui résulte de cette occurrence événementielle, les deux intervalles ‘F¹’ et ‘O²’ sont contigus, d'où la relation : [δ(F¹) = γ(O²)]. Le passé composé à valeur d'état résultant qui introduit non seulement une résultativité mais également une concomitance entre l'état résultant et le processus d'énonciation. La concomitance est alors exprimée par la relation d'identification entre les bornes droites des intervalles ‘O²’ et ‘J⁰’ : [δ(O²) = δ(J⁰)]. Ainsi, l'état résultant ETAT-RESUL_{O²} (voir₂ un-daim le-chasseur) qui a la valeur « présent » est d'un côté, un état contigu (ou adjacent) à l'événement réalisé et d'un autre côté, concomitant à l'acte d'énonciation.

²⁵ Les temps grammaticaux d'une langue comme le français possèdent plusieurs valeurs reliées entre elles. En particulier le passé composé français, comme l'imparfait et le présent, a plusieurs valeurs analysées par des opérateurs grammaticaux différents. Il renvoie à au moins deux valeurs : une valeur événementielle et une valeur d'état résultant de l'événement contigu antérieur. Par exemple, dans *Le chasseur a vu le daim puis ensuite il a épaulé son fusil et tiré sans pouvoir l'atteindre*, le passé composé « a vu » a une valeur d'événement. Dans *Enfin, le chasseur a vu le daim que tous les enfants du village avaient déjà vu : il a sauvé l'honneur!*, le passé composé « a vu » a une valeur d'état résultant. L'identification, effectuée par une stratégie computationnelle d'exploration contextuelle, d'indices linguistiques précis dans le contexte de l'occurrence d'une forme du passé composé permet de lever l'indétermination aspectuelle et d'assigner une valeur sémantique à cette occurrence.

²⁶ La valeur résultative est associée, selon Desclés [1980], à la coupure continue, au sens de Dedekind [1887]. Nous rappelons qu'une coupure entre deux ensembles totalement ordonnés A¹ et A² est continue lorsqu'il y a ni saut, ni lacune entre A¹ et A². La coupure continue entre deux intervalles d'instant I¹ et I² contigus (I² est postérieur à I¹) signifie que soit la borne droite d'I¹ est fermée et la borne gauche d'I² est ouverte, soit la borne droite d'I¹ est ouverte et la borne gauche d'I² est fermée. Dans le cas de l'état résultant, l'intervalle I² est ouvert à gauche alors qu'I¹ est fermé à droite. Cela traduit bien la notion d'adjacent (*parakeimenos*) des Stoïciens (cf. §6).

L'état résultant dans *Le chasseur a vu un daim : il est content* est un état acquis par le sujet (*le chasseur*). C'est la valeur prototypique du « parfait » (en grec, en bulgare, en albanais...) qui exprime un état présent car concomitant avec son énonciation. L'anglais utilise la forme de « present perfect » pour traduire cette valeur : *The hunter has seen a deer*, à l'opposé du prétérit qui exprime un événement passé. Rappelons à ce propos l'analyse de Benveniste [1966 ; 1974] et de Holt [1943 (cf. la note 29)]. Nous pouvons construire, à partir de ce qui précède, un diagramme interprétatif (cf. Figure 7).

Nous en déduisons la définition de l'opérateur aspectuel grammaticalisé PRST-RESUL dont la signification est donnée par la β -réduction :

$$\begin{aligned} & \text{ETAT-RESUL}_{O_2} (P_2 A^2 A^1) =_{\text{déf}} \\ & \exists F^1 \{ \& (\& (\text{EVEN}_{F_1} (P_2 A^2 A^1)) (\text{ETAT}_{O_2} (P_2 A^2 A^1))) ([\delta(F^1) = \gamma(O^2)]) \} \\ & \text{PRST-RESUL} (P_2 A^2 A^1) \\ & \rightarrow_{\beta} \exists J^0 O^2 F^1 \\ & \{ \text{PROC}_{J_0} (\text{JE-DIS} (\& (\text{ETAT-RESUL}_{O_2} (P_2 A^2 A^1)) ([\delta(O^2) = \delta(J^0)] \& [F^1 < J^0]))) \} \\ & \rightarrow_{\beta} \exists J^0 O^2 F^1 \\ & \{ \text{PROC}_{J_0} (\text{JE-DIS} (\& (\& (\& (\text{EVEN}_{F_1} (P_2 A^2 A^1)) (\text{ETAT}_{O_2} (P_2 A^2 A^1))) \\ & ([\delta(F^1) = \gamma(O^2)]) ([\delta(O^2) = \delta(J^0)] \& [F^1 < J^0]))) \} \end{aligned}$$

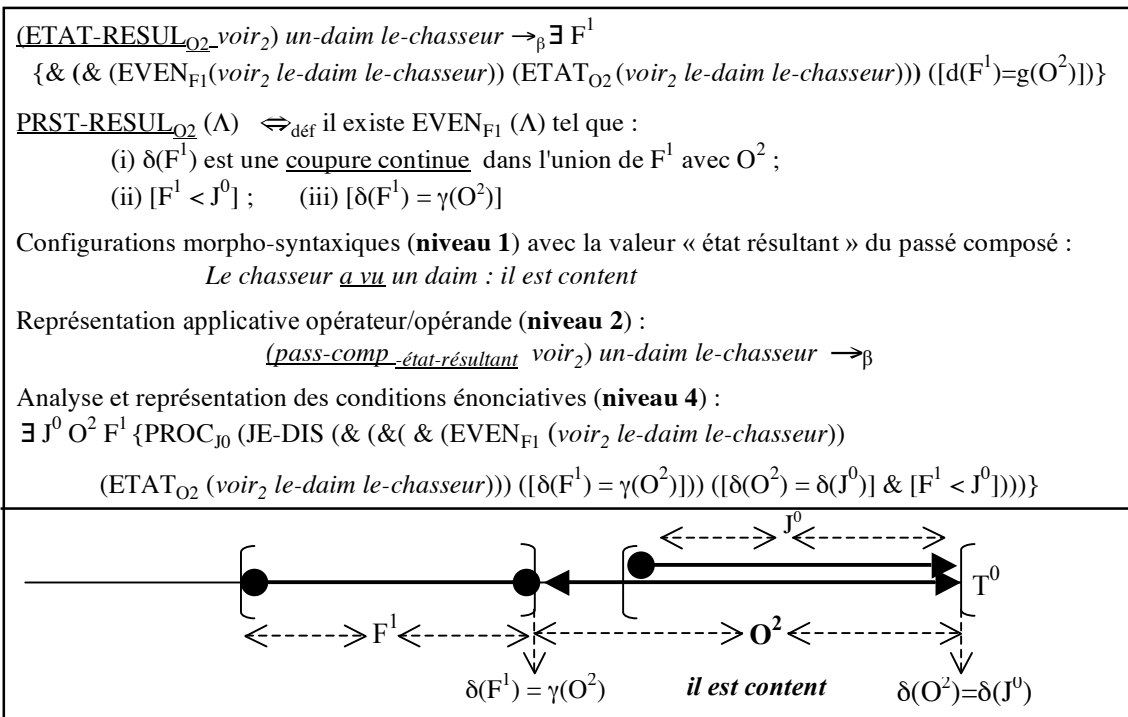


FIGURE 7. Diagramme associé à l'état résultant du passé composé

En définitive, nous avons les quatre *opérateurs aspectuels abstraits* qui sont souvent grammaticalisés directement dans certaines langues :

- (5) PRST-INAC ou « inaccompli du présent ou présent actuel »
- PASS-INAC ou « inaccompli dans le passé »

EVENT ou « événement dans le passé »
PRST-RESUL ou « état Résultant présent d'un événement passé »

Les significations grammaticales de ces opérateurs sont explicitement définies à l'aide des expressions applicatives respectives suivantes :

$$(6) \quad \begin{aligned} [\text{PRST-INAC}] &=_{\text{déf}} \exists J^0 J^1 \{ \mathbf{B}^2 (C_2 \mathbf{B}) \mathbf{B}^2 \text{ENONC}_{10} \& \text{PROC}_{J1} ([\delta(J^1) = \delta(J^0)]) \} \\ [\text{PASS-INAC}] &=_{\text{déf}} \exists J^0 J^1 \{ \mathbf{B}^2 (C_2 \mathbf{B}) \mathbf{B}^2 \text{ENONC}_{10} \& \text{PROC}_{J1} ([\delta(J^1) < \delta(J^0)]) \} \\ [\text{EVENT}] &=_{\text{déf}} \exists J^0 F^1 \{ \mathbf{B}^2 (C_2 \mathbf{B}) \mathbf{B}^2 \text{ENONC}_{10} \& \text{EVEN}_{F1} ([\delta(F^1) < \delta(J^0)]) \} \\ [\text{PRST-RESUL}] &=_{\text{déf}} \exists J^0 O^2 F^1 \{ \mathbf{B}^2 (C_2 \mathbf{B}) \mathbf{B}^2 \text{ENONC}_{10} \& \text{ETAT-RESUL}_{O2} ([\delta(O^2) = \delta(J^0)] \\ &\& [F^1 < J^0]) \} \end{aligned}$$

Les quatre opérateurs *prest_{processus}*, *impft_{processus}*, *pass-comp_{événement}* et *pass-comp_{état-résultant}* sont les traces linguistiques respectives des opérateurs précédents. Ils opèrent directement sur les prédicats lexicaux (sous forme d'opérateurs pré-lexicaux) et se rapprochent ainsi des configurations morphologiques :

$$(7) \quad \begin{aligned} [\text{prest}_{processus}] &=_{\text{déf}} \mathbf{B}^2 \text{PRST-INAC} \\ [\text{impft}_{processus}] &=_{\text{déf}} \mathbf{B}^2 \text{PAS-INAC} \\ [\text{pass-comp}_{événement}] &=_{\text{déf}} \mathbf{B}^2 \text{EVENT} \\ [\text{pass-comp}_{état-résultant}] &=_{\text{déf}} \mathbf{B}^2 \text{PRST-RESUL} \end{aligned}$$

En effet, nous avons les β -réductions respectives pour une même relation prédicative ($P_2 A^2 A^1$) :

$$\begin{aligned} \text{prest}_{processus} (P_2) A^2 A^1 &= (\mathbf{B}^2 \text{PRST-INAC} (P_2)) A^2 A^1 \rightarrow \text{PRST-INAC} (P_2 A^2 A^1) \\ \text{impft}_{processus} (P_2) A^2 A^1 &= (\mathbf{B}^2 \text{PAS-INAC} (P_2)) A^2 A^1 \rightarrow \text{PAS-INAC} (P_2 A^2 A^1) \\ \text{pass-comp}_{événement} (P_2) A^2 A^1 &= (\mathbf{B}^2 \text{EVENT} (P_2)) A^2 A^1 \rightarrow \text{EVENT} (P_2 A^2 A^1) \\ \text{pass-comp}_{état-résultant} (P_2) A^2 A^1 &= (\mathbf{B}^2 \text{PRST-RESUL}(P_2)) A^2 A^1 \rightarrow \text{PRST-RESUL}(P_2 A^2 A^1) \end{aligned}$$

REMARQUE : Pour « passer » aux configurations morphologiques du français, nous devons transformer ces opérateurs morphologiques en morphèmes grammaticaux qui opèrent alors sous forme de suffixes verbaux, en posant :

$$\begin{aligned} [\text{prest}_{processus}] &=_{\text{déf}} \mathbf{C}^* \text{présent} \\ [\text{impft}_{processus}] &=_{\text{déf}} \mathbf{C}^* \text{imparfait} \\ [\text{pass-comp}_{événement}] &=_{\text{déf}} \mathbf{C}^* \text{passé composé} \\ [\text{pass-comp}_{état-résultant}] &=_{\text{déf}} \mathbf{C}^* \text{passé composé} \end{aligned}$$

En effet, le prédicat se réalisant en français par un verbe conjugué, les suffixes post-verbaux « présent » et « imparfait » sont concaténés au verbe. Ils apparaissent comme les traces morphologiques (donc directement observables) des opérateurs respectifs PRST-INAC et PAS-INAC selon les réductions suivantes :

$$\begin{aligned} \text{prest}_{processus} (P_2) &= \mathbf{C}^* \text{présent} (P_2) \rightarrow P_2 \text{présent} \Rightarrow V_{\text{trans}} + \text{présent} \\ \text{impft}_{processus} (P_2) &= \mathbf{C}^* \text{imparfait} (P_2) \rightarrow P_2 \text{imparfait} \Rightarrow V_{\text{trans}} + \text{imparfait} \end{aligned}$$

Quant aux deux opérateurs *pass-comp*_{événement} et *pass-comp*_{état-résultant}, ils sont réalisés par la même configuration morphologique discontinue qui fait apparaître l'auxiliaire « avoir » et le « participe passé » d'un verbe. Nous avons donc :

$$\textit{pass-comp}_{\text{événement}}(P_2) = C^* \textit{passé-composé}(P_2) \rightarrow P_2 \textit{passé-composé}$$

$$\Rightarrow \text{avoir} + \text{participe-passé} (V_{\text{trans}})$$

$$\textit{pass-comp}_{\text{état-résultant}}(P_2) = C^* \textit{passé-composé}(P_2) \rightarrow P_2 \textit{passé composé}$$

$$\Rightarrow \text{avoir} + \text{participe-passé} (V_{\text{trans}})$$

La configuration ainsi obtenue est la trace morphologique (observable) des deux opérateurs aspectuels plus abstraits *EVENT* et *PRST-RESUL*. La levée de l'indétermination correspondant à ces deux valeurs aspectuelles (événement dans le passé ou état résultant présent) est effectuée, à l'aide de la stratégie d'exploration contextuelle, en tenant compte des indices contextuels [Desclés et Le Priol, 2009].

Nous allons définir un nouvel opérateur aspectuel, l'opérateur *PASS-ACC*, appelé l'« accompli dans le passé » ou « plus-que-parfait ». Cet opérateur peut être analysé comme la translation d'un « accompli du présent dans le passé » c'est-à-dire comme la transformation de l'opérateur *PRST-ACC*, en un nouvel opérateur *PASS-INAC*. La valeur sémantique du « plus-que-parfait » est réalisée en français par le temps grammatical du plus que parfait, comme suit :

(f) *Le chasseur avait (déjà) vu le daim (quand on lui a signalé sa présence)*

ce qui conduit au diagramme temporel (cf. Figure 8).

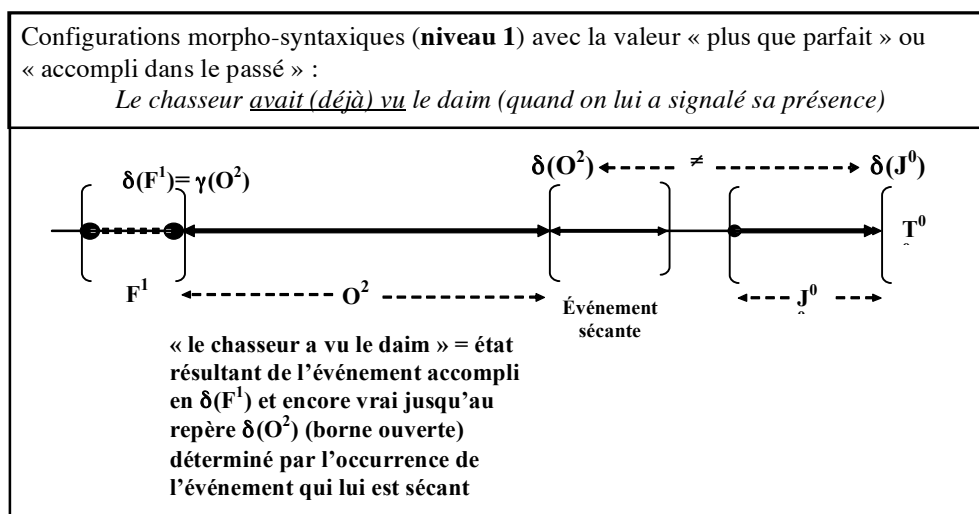


FIGURE 8. Diagramme associé à l'état résultant du plus-que-parfait

Dans l'exemple (f), l'événement passé a été accompli (donc réalisé) à un certain instant et ainsi la borne d'accomplissement de l'événement engendre un état résultant qui est un accompli, et donc, qui est encore vrai jusqu'à sa borne droite (ouverte), prise comme repère et déterminée par l'occurrence d'un autre événement (en fait un événement sécant = « on lui a signalé la présence du daim ») qui vient ainsi s'insérer dans cette zone résultative ; le second événement étant lui aussi situé dans le passé par rapport à T^0 , d'où la forme linguistique : *le chasseur avait vu le daim quand...*

Nous en déduisons l'opérateur PASS-ACC :

$$(8) \quad \text{[PASS-ACC]} =_{\text{déf}} \exists J^0 O^2 F^1 \\ \{ \mathbf{B}^2 (\mathbf{C}_2 \mathbf{B}) \mathbf{B}^2 \text{ENONC}_{10} \ \& \ \text{ETAT-RESUL}_{O2} \\ ([\delta(O^2) \neq \delta(J^0)] \ \& \ [F^1 < J^0] \ \& \ [\delta(F^1) = \gamma(O^2)]) \}$$

5.2. CARRÉ DES TRANSFORMATIONS ASPECTO-TEMPORELLES

De l'analyse sémantique précédente des opérateurs aspectuels, nous déduisons un premier « carré » de transformations définies sur les opérateurs aspectuels de base : état résultant, événement ou deux processus inaccomplis.

Chacun des sommets du carré (cf. Figure 9) est interprété par un diagramme de validation de réalisation temporelle et aspectuelle avec (i) concomitance ou non-concomitance (antériorité dans le réalisé passé), et (ii) changement des valeurs aspectuelles de base. Ce carré s'interprète immédiatement de la manière suivante : les transformations horizontales sont des translations du « présent » actuel vers le « passé » réalisé et du « passé » réalisé vers le « présent » actuel et les transformations verticales expriment des changements aspectuels (l'inaccompli vers l'accompli et l'accompli vers l'inaccompli).

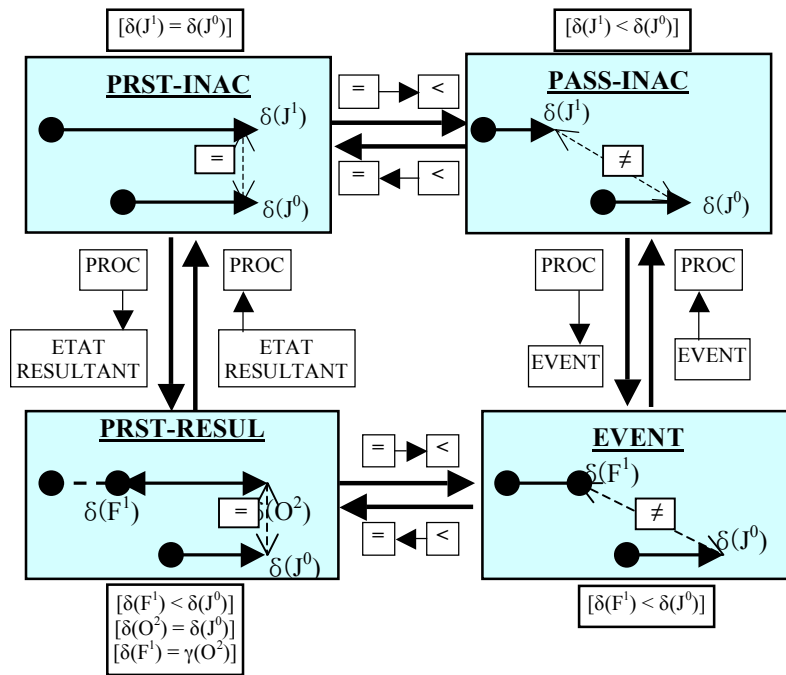


FIGURE 9. Carré des transformations entre opérateur aspectuels avec des diagrammes de validation

Afin de retrouver certains concepts aspectuels que de nombreux aspectologues utilisent en opposant d'un côté, la valeur d'« Accompli » à celle d'« Inaccompli » et d'un autre côté, la valeur de « présent » à celle de « présent translaté », nous changeons légèrement les significations de certains opérateurs précédents, en ne retenant que les relations de concomitance (=) et de non-concomitance (≠):

(9) « présent inaccompli » :

$$[\text{PRST-INAC}] =_{\text{déf}} \exists J^0 J^1 \{ \mathbf{B}^2 (\mathbf{C}_2 \mathbf{B}) \mathbf{B}^2 \underline{\text{ENONC}}_{10} \& \text{PROC}_{J1} ([\delta(J^1) = \delta(J^0)]) \}$$

« passé inaccompli » ou « présent translaté » ou encore « imparfait » :

$$[\text{PASS-INAC}] =_{\text{déf}} \exists J^0 J^1 \{ \mathbf{B}^2 (\mathbf{C}_2 \mathbf{B}) \mathbf{B}^2 \underline{\text{ENONC}}_{10} \& \text{PROC}_{J1} ([\delta(J^1) \neq \delta(J^0)]) \}$$

« présent accompli » ou « parfait » :

$$[\text{PRST-ACC}] =_{\text{déf}} \exists J^0 O^2 F^1 \{ \mathbf{B}^2 (\mathbf{C}_2 \mathbf{B}) \mathbf{B}^2 \underline{\text{ENONC}}_{10} \& \text{ETAT-RESUL}_{O2} \\ ([\delta(O^2) = \delta(J^0)] \& [F^1 < J^0]) \}$$

« passé accompli » ou « plus-que-parfait » :

$$[\text{PASS-ACC}] =_{\text{déf}} \exists J^0 O^2 F^1 \{ \mathbf{B}^2 (\mathbf{C}_2 \mathbf{B}) \mathbf{B}^2 \underline{\text{ENONC}}_{10} \& \text{ETAT-RESUL}_{O2} \\ ([\delta(O^2) \neq \delta(J^0)] \& [F^1 < J^0] \& [\delta(F^1) = \gamma(O^2)]) \}$$

Les opérateurs aspectuels « inaccomplis » PRST-INAC et PASS-INAC s'opposent entre eux par le jeu des relations temporelles entre les bornes droites « ouvertes » des intervalles 'J¹' et 'J⁰', c'est-à-dire par les relations respectives : $[\delta(J^1) = \delta(J^0)]$ et $[\delta(J^1) \neq \delta(J^0)]$. Dans le même esprit, les opérateurs aspectuels « accomplis » PRST-ACC²⁷ et PASS-ACC s'opposent entre eux par les mêmes relations temporelles entre les bornes droites, également « ouvertes », des intervalles 'O²' et 'J⁰', c'est-à-dire : $[\delta(O^2) = \delta(J^0)]$ et $[\delta(O^2) \neq \delta(J^0)]$. Ainsi, les opérateurs aspectuels « inaccomplis » et « accomplis » s'opposent entre eux par un changement de l'aspect de base de la relation prédicative : processus pour les inaccomplis et état résultatif pour les « accomplis ».

Adoptons une démarche légèrement plus abstraite. Définissons deux transformations, l'une plus temporelle, désignée par '**f**', et l'autre plus essentiellement aspectuelle, désignée par '**g**'. Les inverses de ces deux transformations sont les mêmes transformations ($\mathbf{f}^{-1} = \mathbf{f}$; $\mathbf{g}^{-1} = \mathbf{g}$). La transformation temporelle '**f**' transforme une concomitance (=) en une différenciation (\neq : antériorité / postériorité) ou l'inverse, elle réalise une translation. La transformation aspectuelle '**g**' transforme un inaccompli en un accompli, ou l'inverse. Nous y ajoutons les composées '**f 0 g**' et '**g 0 f**' ainsi que la transformation identité, désignée par '**I**'. Nous avons alors clairement : $\mathbf{f}^2 = \mathbf{I} = \mathbf{g}^2$, $\mathbf{h} = \mathbf{f 0 g}$, $\mathbf{h}^2 = \mathbf{I}$. Nous obtenons ainsi le groupe commutatif de Klein $\{\mathbf{I}, \mathbf{f}, \mathbf{g}, \mathbf{h}\}$ des transformations aspecto-temporelles. Ce qui nous amène au diagramme des transformations entre les opérateurs aspectuels abstraits en faisant appel à de nouvelles dénominations des valeurs aspectuelles (cf. Figure 10).

²⁷ L'opérateur grammaticalisé 'PRST-ACC' est une dénomination différente de l'opérateur 'PRST-RESUL' afin de faire apparaître la structure de carré.

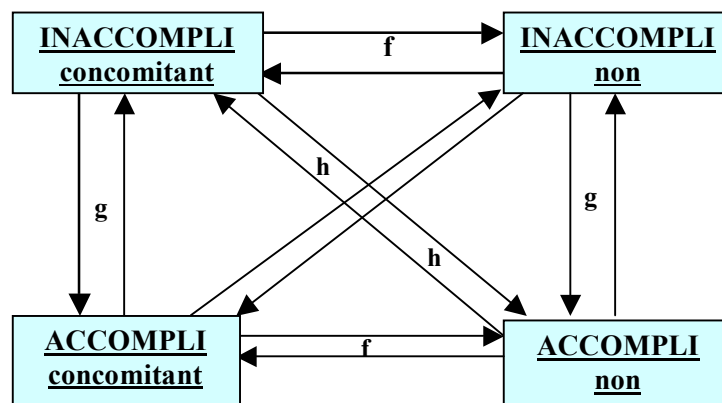


FIGURE 10. Groupe de Klein des transformations aspecto-temporelles {I, f, g, h}

REMARQUE. Ce carré s'interprète de la manière suivante : les transformations horizontales sont des translations du « présent » actuel vers le « passé » réalisé et du « passé » réalisé vers le « présent » actuel et les transformations verticales expriment des changements aspectuels (l'inaccompli vers l'accompli et l'accompli vers l'inaccompli). Ce groupe est évidemment analogue au groupe des transformations logiques {I, N, R, C} de Jean Piaget [1949], réexprimé dans le cadre de la LC à l'aide de combinateurs par Louis Frey [1967] (cf. aussi [Grize, 1971 ; Ginisti, 2003])

Ce groupe de transformations aspecto-temporelles doit être rapproché de l'analyse de l'aspect effectué par les Stoïciens.

6. ANALYSE DE « L'ASPECT » PAR LES STOÏCIENS

La triple opposition aspectuelle (la valeur d'inaccompli, d'accompli par résultativité et d'événement) rappelle directement l'analyse d'Appolonios Dyskolos :

- une première opposition entre les temps définis (*Chronoi horismenoi*) et les temps indéfinis (*Chronoi aoristoi*);
- les premiers (*Chronoi horismenoi*) se divisent alors entre les “temps d'étendue” ou “continus” (*paratatikoi*) et les temps accomplis (*suntelikoi*) ;
- les temps d'étendue sont au présent (*enestos paratatitós*) ou à l'imparfait (*parokhemenos paratatikós*).
- les temps accomplis sont au parfait / présent parfait (*parakeimenos / enestos suntelikos*) ou au plus-que-parfait (*parokhemenos sunteleias*).

Le “parfait” (*parakeimenos*) est l' « adjacent »²⁸, c'est un « accompli » alors que le « présent » est un « temps de l'étendue » tandis que l' « imparfait » est un « translaté du présent » et le « plus que parfait » est un « accompli dans le passé ». Les Stoïciens situaient les temps morphologiques de l' « Aoriste » et du « futur » parmi les temps indéterminés (*Chronoi aoristoi*)²⁹.

²⁸ De *parakeimai* « être placé à proximité, sous la main », d'où : *parakeimenos*, « tout à côté », « tout contre », « immédiatement après »...

²⁹ Cf. John Holt, « Études d'aspect », *Acta Jutlandica*, 15, 2, 1943 ; Jean Humbert, *Syntaxe grecque*, Paris, 1960, p. 141 ; Frédérique Ildefonse, *La naissance de la grammaire dans l'Antiquité grecque*, Paris, Vrin, 1997 ; Jean Lallot, *La grammaire de Denys le Thrace*, Paris, Éditions du CNRS, 1989 ; Cf. aussi Binnick [1991 : p. 22-26].

Nous pouvons donc exprimer le système stoïcien des aspects, où le « parfait » trouve sa place d'« adjacent accompli » [Culioli, 1980 ; 1999], comme suit :

<i>Chronoi horismenoi</i>		<i>Chronoi aoristoi</i>
<i>paratatikoi</i> (étendue)	<i>suntelikoi</i> (accompli)	<i>mellon</i> “futur” <i>aoristos</i> “Aoriste” () () () () ...
<i>enestos paratatikos</i> “présent” 	<i>Parakeimenos</i> “parfait” <i>enestos suntelikos</i> “présent parfait” 	
<i>parokhemenos paratatikos</i> “imparfait” 	<i>parokhemenos sunteleias</i> “plus-que-parfait” 	

TABLEAU 2. Système stoïcien des aspects

Nous interprétons ce tableau en utilisant notre propre terminologie :

	Inaccompli (non résultatif) État ou Processus	Accompli (résultatif) État	Événement
Concomitant à l'énonciation	Présent actuel	Parfait	Aoriste
Non concomitant à l'énonciation	Imparfait	Plus-que-parfait	

TABLEAU 3. Système stoïcien des aspects et son interprétation dans une approche énonciative

Dans notre approche théorique fondée sur l'énonciation, nous avons plusieurs oppositions : d'une part, une opposition entre la valeur d'« inaccompli du présent actuel » et d'« inaccompli dans le passé » de l'imparfait, d'autre part, une opposition entre la valeur d'« accompli du parfait », c'est-à-dire du parfait présent ou état résultant présent et la valeur de parfait passé du plus-que-parfait. Nous avons vu que la valeur d'« inaccompli dans le passé » peut être considérée comme un « translaté dans le passé » de la valeur d'« inaccompli du présent ». Du côté des accomplis, le « parfait passé » est alors également considéré comme un « translaté dans le passé » du « parfait présent ».

Dans la double opposition grammaticale entre les inaccomplis (« concomitant ou actuel/translaté ») et accomplis résultants (« concomitant ou actuel/translaté »), les inaccomplis s'avèrent être des états ou des processus, tandis que les accomplis résultatifs sont toujours des états. Cette double opposition est globalement en opposition avec les événements, qui ne sont ni des inaccomplis (qu'ils soient des états ou des processus), ni des accomplis (états). Ainsi, la notion d'événement³⁰ entre dans une

³⁰ L'Aoriste est souvent associé à une structure de succession, c'est-à-dire à l'expression de l'occurrence d'un événement qui s'insère après ou avant d'autres événements.

troisième opposition avec les deux autres notions aspectuelles de base, l'état et le processus, qu'ils soient accomplis ou inaccomplis. Nous pouvons résumer cette triple opposition par :

« inaccompli actuel » / « inaccompli translaté »
 ----- // événement
 « accompli actuel » / « accompli translaté »

ou encore par :

« inaccomplis » (états ou processus)
 ----- // événement
 « accomplis » (états résultants)

Du point de vue de la représentation topologique des différents intervalles de réalisation (ou de validation) des valeurs aspectuelles, la valeur d'«inaccompli» est toujours caractérisée par une borne droite ouverte d'inaccomplissement (aussi bien pour les états que pour les processus) alors que la valeur d'«accompli par résultativité» est statique, elle est réalisée sur un intervalle ouvert contigu et postérieur à un intervalle fermé. Quant à la valeur d'«événement», elle est toujours caractérisée par un intervalle fermé. Ce jeu des oppositions nous a permis de faire émerger un jeu formel. D'ailleurs nous remarquerons que ce dernier est en adéquation avec l'analyse stoïcienne. L'analyse formelle est le résultat d'un travail sur des concepts et leurs définitions précises associées à des intervalles topologiques de réalisation en mettant en œuvre la notion mathématique de « continuité » ; l'« adjacence » des Stoïciens est mathématisée par la coupure continue de R. Dedekind [1888]. Il est maintenant possible avec les concepts introduits de montrer comment ils s'appliquent au système sémitique de l'akkadien décrit par [Cohen, 1989]. Nous renvoyons à [Desclés et Guentchéva, 2003 à paraître 2011].

7. CONCLUSION

Le présent article illustre comment certaines analyses aspecto-temporelles peuvent être traitées dans un même cadre formel au moyen de calculs formels effectués à l'aide de la topologie et de la LC. Ces calculs sont exprimés dans un langage applicatif accompagné d'opérateur de composition – les combinateurs de la LC. Les combinateurs de la LC permettent de composer des opérateurs aspectuels élémentaires et des relations temporelles. Les conceptualisations topologiques et énonciatives, issues d'une *théorisation*, dans notre analyse interprétative de problèmes linguistiques sont formulées par des jeux d'opérateurs qui portent sur les relations spécifiquement prédicatives. Nous passons ainsi progressivement d'une théorisation présentée de façon intuitive vers sa formalisation, c'est-à-dire vers une théorie formalisée où chaque opérateur, chaque opérande, chaque composition d'opérateurs, chaque définition d'une nouvelle entité formelle en fonction d'entités déjà définies, reçoit une place précise à l'intérieur d'un cadre théorique. Il serait nécessaire de spécifier plus formellement « la sémantique des intervalles topologiques » ainsi que les règles qui gèrent les relations entre intervalles temporels topologiques³¹, les zones temporelles de réalisation des états, des événements et des processus. Les travaux en cours traitent de ces problèmes et

³¹ Le calcul des intervalles proposés par James Allen [1983] est nettement insuffisant. Dans le dernier chapitre de Desclés et Guentchéva [2003], il est proposé une généralisation des intervalles d'Allen en tenant compte des contraintes topologiques et des propriétés spécifiques aux états, événements et processus.

aboutissent à une programmation dans le langage HASKELL de façon à rendre automatiques les déductions présentées dans l'analyse constitutive des énoncés analysés. La nature des problèmes rencontrés a fait apparaître une réelle *complexité des représentations et des traitements de ce type d'informations*. L'énonciateur concret doit donc résoudre et dominer, peut-être par une tout autre stratégie de calcul, cette complexité opératoire pour laquelle nous avons simplement proposé une solution formelle.

Notre article est un exemple d'une mathématisation des conceptualisations linguistiques, comme l'évoquait A. Culioli en 1968 :

Disons que le linguiste aura parfois des concepts-clés à portée de main (par ex. application, structure, ordre), parfois l'élaboration sera lente (ainsi en est-il de l'utilisation de la topologie en linguistique et de la logique combinatoire), parfois il faudra tout faire (ainsi dans le domaine des modalités).

BIBLIOGRAPHIE

- ABRAHAM M. (1995), *Représentation sémantique des verbes (verbes de mouvement) en vue d'un traitement informatique*, Thèse de doctorat, sous la dir. de Jean-Pierre Desclés, Université de Paris-Sorbonne.
- ALLEN J. (1983), "Maintaining knowledge about temporal intervals", *Communications of the ACM* 26(11), p. 832-843.
- BALLY C. (1965), *Linguistique générale et linguistique française*, Berne, Édition Francke.
- BENVENISTE E. (1966), *Problèmes de linguistique générale*, tome 1, Paris, Gallimard.
- BENVENISTE E. (1974), *Problèmes de linguistique générale*, tome 2, Paris, Gallimard.
- BINNICK R. (1991), *Time and the Verb: A Guide to Tense & Aspect*, New York, Oxford University Press.
- CHURCH A., ROSSER J.B. (1936), "Some properties of conversion", *Transactions of the American Mathematical Society*, Vol. 39, p. 472-482.
- CHURCH A. (1941), *The calculi of lambda-conversion*, Princeton [2^e édition].
- COHEN D. (1989), *L'aspect verbal*, Paris, Presses Universitaires de France.
- COHEN M. (1924), *Le système verbal sémitique et l'expression du temps*, Coll. Publications de l'École des Langues Orientales vivantes, 5^e Série, Vol. 11, Paris, Ernest Leroux.
- COMRIE B. (1976), *Aspect, an introduction to the study of verbal aspect and related problems*, London, Cambridge University Press.
- CULIOLI A. (1968), « La formalisation en linguistique », *Cahiers pour l'analyse* 9, Paris, Seuil, [repris dans Culioli 1999, Tome 2, p. 25].
- CULIOLI A. (1980), « Valeurs aspectuelles et opérations énonciatives : l'aoristique », J. David et R. Martin (eds), *La notion d'aspect*, Paris, Klincksieck, 1980, p. 181-193, [repris dans Culioli, 1999, p. 127-143].
- CULIOLI A. (1999), *Pour une linguistique de l'énonciation : formalisme et opération de repérage*, Tome 2, Paris, Éditions Ophrys.
- CURRY H. B., FEYS R. (1958), *Combinatory logic. Studies in logic and the foundations of mathematics*, Vol 1, Amsterdam, North-Holland Publishing.
- CURRY H. B., HINDLEY J. R., SELDIN J. (1972), *Combinatory logic. Studies in logic and the foundations of mathematics*, Vol 2, Amsterdam, North-Holland Publishing.
- DEDEKIND R. (1988), *Was sind und was sollen die Zahlen*, Braunschweig, Vieweg und Sohn, [traduit en anglais, *Essays on the theory of numbers*, Dover, 1963].
- DESCLÉS J.-P. (1976), « Description de quelques opérations énonciatives », J. David et R. Martin (éds), *Modèles logiques et niveaux d'analyse linguistique*, Paris, Klincksieck, p. 213-242.

- DESCLÉS J.-P. (1980a), « Construction formelle de la catégorie de l'aspect (essai) », J. David et R. Martin (éds), p. 198-237.
- DESCLÉS J.-P. (1980b), *Opérateurs/Opérations : méthode intrinsèque en informatique fondamentale. Applications aux bases de données et à la linguistique*, Thèse d'état, Université René Descartes, Paris.
- DESCLÉS J.-P. (1988), « Théorème de Church-Rosser et structuration des langues naturelles », *Mathématiques et Sciences humaines* 103, p. 67-92.
- DESCLÉS J.-P. (1990a), *Langages applicatifs, langues naturelles et cognition*, Paris, Hermès.
- DESCLÉS J.-P. (1990b), « State, event, process, and topology », *General Linguistics*, Vol. 29(3), Pennsylvania State University Press, University Park and London, p.159-200.
- DESCLÉS J.-P. (1991), « Archétypes cognitifs et types de procès », *Travaux de linguistique et de philologie*, XXIX, p. 171-195.
- DESCLÉS J.-P. (1995), « Les référentiels temporels pour le temps linguistique », *Modèles linguistiques* XVI, p. 9-36.
- DESCLÉS J.-P. (2005), « Reasoning and Aspectual-temporal Calculus », D. Vanderveken (ed.), *Logic Thought and Action*, Springer, 2005, p. 217-246.
- DESCLÉS J.-P. (2009), « Prise en charge, engagement et désengagement », *Langue française* 162, p. 29-53.
- DESCLÉS J.-P., FROIDEVAUX C. (1982), « Axiomatisation de la notion de repérage abstrait », *Mathématiques et Sciences humaines* 78, p. 73-119.
- DESCLÉS J.-P., BISKRI I. (1995), « Logique combinatoire et linguistique : grammaire catégorielle combinatoire applicative », *Mathématiques et Sciences humaines* 132, p. 39-68.
- DESCLÉS J.-P., GUENTCHEVA Z. (1995), « Is notion of process necessary ? », P.M. Bertinetto *et al.* (eds), *Temporal reference, Aspect and Actionality. Semantic and Syntactic Perspectives*, Vol. I, Torino, Rosenberg & Sellier, p. 55-70.
- DESCLÉS J.-P., GUENTCHEVA Z. (2003), *Aspects et temps : approche formelle et cognitive*, Document LaLIC, Université de Paris-Sorbonne, 340 p. [à paraître 2011].
- DESCLÉS J.-P., CHEONG K.-S. (2006), « Analyse critique de la notion de variable : points de vue sémiotique et formel », *Mathématiques et sciences humaines* 174, p. 43-102.
- DESCLÉS J.-P., LE PRIOL F. (2009), *Annotations automatiques et recherche d'informations*, Hermès - Traité IC2, Série Cognition et Traitement de l'information.
- DESCLÉS J.-P., DJIOUA B., LE PRIOL F. (2010), *Logique et langage : déduction naturelle*, Paris, Hermann.
- DESCLÉS J.-P., DJIOUA B., RO H.-J. (2010), *Computational Approach of Cognitive Semantic by means of Combinatory Logic*, Rapport LaLIC, Université de Paris-Sorbonne.
- DESCLÉS J.-P., GUENTCHEVA Z. (2010), *Référentiels aspecto-temporels : une approche formelle et cognitive appliquée au français*, Congrès mondial de linguistique française, Nouvelle-Orléans, (Louisiane - USA).
- DESCLÉS J.-P., GUENTCHEVA Z. (2011), "Universals and Typology", R. Binnick (ed.), *Handbook on tenses and aspects*, Oxford, Oxford University Press [à paraître].
- DESCLÉS J.-P., RO H.-J. (2011), "Aspecto-Temporal Representation for Discourse Analysis: an Example of Formal computation", The 24th *International Florida Artificial Intelligence Research Society (FLAIRS) Conference*, Florida (USA) [à paraître].
- DJIOUA B. (2000), *Modélisation informatique d'une base de connaissances lexicales (DiSSC): Réseaux polysémiques et schèmes sémantico-cognitifs*, Thèse de doctorat, sous la dir. de Jean-Pierre Desclés, Université de Paris-Sorbonne.
- DOWTY, D. (1979), *Word Meaning and Montague Grammar*, Dordrecht, Reidel.
- FITCH F.B. (1974), *Elements of combinatory logic*, New Haven, Yale University Press.
- FREGE G. (1903), *Grundgesetze der Arithmetik*, Vol. 1, Jena, Pehl, Vol. 2.
- FREY L. (1967), « Langages logiques et processus intellectuels », *Les modèles et la formalisation du comportement*, Colloques internationaux du CNRS, Paris, Éditions du CNRS, p. 357-345.
- GARDIES J.-L. (1975), *La logique du temps*, Paris, Presses Universitaires de France.

- GENTZEN G. (1934-1935), “Untersuchungen über das logische Schliessen“, *Mathematische Zeitschrift* 39, p. 176-210, p. 405-431. [Translated as ‘Investigations into Logical Deduction’, and printed in M. Szabo *The Collected Papers of Gerhard Gentzen*, Amsterdam, North-Holland, 1969, p. 68–131].
- GINISTI J.-P. (2003), « La logique combinatoire : logique de l’objet quelconque ou logique de l’opérateur ? », *Mathématiques et Sciences humaines* 162, p. 45-92.
- GRIZE J.-B. (1971), « Quelques problèmes logico-linguistiques », *Mathématiques et Sciences humaines* 35, p. 59-97.
- GUENTCHEVA Z. (1990), *Temps et aspect : l'exemple du bulgare contemporain*, Éditions du CNRS, Coll. Sciences du langage, Paris.
- IVANOVA-TARASOVA E. (2009), *Approche cognitive et formelle de la polysémie verbale : les verbes de transfert en français et en russe (comparaison et différences)*, Thèse de doctorat, sous la dir. de Jean-Pierre Desclés, Université de Paris-Sorbonne.
- JESPERSEN O. (1929), *The Philosophy of Grammar*, London, Allen & Unwin.
- KOSCHMIEDER E. (1996), *Les rapports temporels fondamentaux et leur expression linguistique : contribution à la question de l’aspect et du temps*, traduction et commentaire par Didier Samain, Septentrion presses universitaires.
- LYONS J. (1977), *Semantics*, Vol. 2, London -New York - Melbourne, Cambridge University Press.
- PEIRCE C.S. (1995), *Le raisonnement et la logique des choses. Les conférences de Cambridge*, traduction française par C. Chauvire, P. Thibaud, et C. Tiercelin, Paris, Édition du CERF [1^{ère} édition 1898].
- PIAGET J. (1949), *Traité de logique : essai de logistique opératoire*, Paris, Librairie Armand Colin.
- POLYA G. (1965), *Comment poser et résoudre un problème ?*, Paris, Dunod.
- QUINE W.V.O. (1970), *Philosophy of Logic*, Englewood Cliffs (NJ), Prentice-Hall.
- RO H.-J. (2008), *Traitement automatique de l’analyse d’inférences aspecto-temporelles : modélisation logique et informatique*, Mémoire de master, sous la dir. de Jean-Pierre Desclés, Université de Paris-Sorbonne.
- SHAUMYAN S. K. (1987), *A Semiotic Theory of Language*, Bloomington, Indiana University Press.
- SON H. (2006), *Représentation sémantico-cognitive des verbes de transfert*, Thèse de doctorat, sous la dir. de Jean-Pierre Desclés, Université de Paris-Sorbonne.