

De l'espace-temps dans l'analyse du discours

Nicholas Asher+, Michel Aurnague#, Myriam Bras+,
Pierre Sablayrolles+, Laure Vieu+*

1. Introduction

Le travail dont cet article fait l'objet s'inscrit dans le cadre des recherches sur l'interprétation du discours. Il envisage donc l'analyse des processus sémantiques mis en jeu dans la construction de la signification d'un texte depuis les éléments lexicaux jusqu'aux relations interphrastiques. Le but ultime de ce travail est de proposer des éléments d'une théorie qui rendent compte de ces processus tout en introduisant les bases formelles d'une analyse automatique du discours.

Face à une entreprise d'une telle envergure, nous avons choisi de porter notre attention sur un aspect privilégié des informations véhiculées par les textes : les propriétés spatio-temporelles des entités concrètes et des éventualités qui y sont relatées. On peut noter que l'espace et le temps constituent des registres fondamentaux de la cognition humaine. Ceci se reflète dans la plupart des discours non abstraits et non métaphoriques pour lesquels la localisation spatiale et temporelle des référents contribue de façon essentielle à la structuration du discours, que cette localisation soit exprimée linguistiquement ou non. La structuration du discours que nous évoquons ici renvoie à la façon dont peuvent être reliés entre eux différents segments du discours par des relations qui révèlent des articulations argumentatives, structurant la mise en œuvre de l'intention communicative du locuteur. Ces relations sont généralement connues sous l'appellation de relations rhétoriques et de relations de cohérence. Certains phénomènes discursifs comme l'anaphore ne peuvent être résolus qu'à partir d'hypothèses sur cette structure du discours, ce qui rend sa prise en compte indispensable à l'entreprise d'interprétation du discours.

Notre travail consiste donc plus précisément à expliquer l'interaction entre la trame spatio-temporelle d'un discours et sa structure. Pour ce faire nous avons choisi, dans un premier temps, d'étudier des textes narratifs

décrivant des déplacements. C'est en effet dans ce genre de discours que l'articulation entre le temps et l'espace est la plus forte, la contribution de ces éléments à la structure des textes narratifs étant par ailleurs suffisamment explicite. La mise en évidence de la trame spatio-temporelle d'un texte suppose de pouvoir situer dans l'espace-temps les événements et les objets décrits et ceci avec le même niveau de précision que celui adopté dans le texte. On voudrait en particulier détecter l'évolution spatio-temporelle de ces entités à mesure que le discours progresse.

L'analyse de la structure spatio-temporelle des textes fait appel à plusieurs types d'outils formels. Nous présenterons successivement une théorie des représentations de discours structurées qui fournit le cadre général (section 2.), une théorie de l'espace-temps comme cadre de représentation des connaissances spatio-temporelles (section 3.), des résultats de recherche relatifs à la sémantique lexicale des verbes de mouvement, à la sémantique des temps grammaticaux ainsi qu'à celle des adverbiaux temporels et spatiaux du français (section 4.), certaines propriétés spatio-temporelles des relations de discours (section 5.), et enfin l'utilisation de connaissances extra-linguistiques liées au domaine (section 6.). L'un des intérêts majeurs de ce travail réside dans la mise en évidence du rôle joué par chacun de ces éléments dans l'analyse de la structure spatio-temporelle du discours et dans la formalisation de leurs interactions. Dans l'ensemble de l'article, le texte suivant nous servira de base pour illustrer nos analyses et la mise en œuvre des outils formels proposés :

(t1)

Le 10 décembre 1992, Nicholas quitta Austin à bord de son bimoteur Comanche N8937Y. Il vola d'une traite jusqu'à Toulouse. Il survola de gros icebergs (Il vit de grandes montagnes / Il vit de gros icebergs). A l'aéroport de Toulouse, Sheila l'attendait avec anxiété. Ils allèrent à Carcassonne manger dans un grand restaurant. Puis ils prirent un repos bien mérité.

2. Cadre général de l'analyse : la SDRT

Le cadre de notre analyse des textes est une théorie des Représentations Discursives Structurées, la *Segmented Discourse Representation Theory* de Nicholas Asher (SDRT [Ash93]). La SDRT est actuellement la seule théorie du discours qui permette de construire de façon opératoire des représentations discursives en intégrant de façon précise une partie significative des informations qui interviennent dans le processus d'interprétation du discours — notamment des informations relatives à la sémantique lexicale, à la sémantique grammaticale, à la sémantique et à la pragmatique du discours, aux connaissances sur le monde — à partir des résultats de l'analyse syntaxique.

Nous préciserons dans cet article la manière dont fonctionne l'interaction entre ces différentes sources d'informations.

2. 1. La DRT

La SDRT constitue une extension non triviale de la Théorie des Représentations Discursives (*Discourse Representation Theory*) de Hans Kamp (DRT [Kam81]). Les éléments de base utilisés dans la SDRT pour élaborer des structures de discours sont précisément les structures de représentation de la DRT à savoir les DRS (*Discourse Representation Structures*).

Nous donnons à titre d'exemple, dans la **Figure 1**, une représentation graphique de la DRS (K), associée au discours suivant :

(t2)
Nicholas quitta Austin. Il vola jusqu'à Toulouse. Là, il alla au restaurant avec Sheila.

La première ligne de (K) contient les *référents du discours* introduits par (t2). e1, e2, e3, sont des référents temporels, en l'occurrence des référents d'événements¹ ; n représente le moment de la parole. Les lignes suivantes contiennent les *conditions* de la DRS : elles spécifient les référents de discours et définissent les relations entre eux.

Plus formellement, une DRS K est définie par la donnée d'un couple $\langle U_K, Con_K \rangle$, où U_K est l'ensemble des référents du discours et Con_K est l'ensemble des conditions sur ces référents. Les DRS sont des structures d'information partielles qu'on doit enchâsser dans un modèle du monde pour définir leurs conditions de vérité : une DRS est vraie s'il existe une fonction d'enchâssement qui associe les référents du discours aux individus du modèle de telle façon que les conditions de la DRS soient vérifiées dans le modèle. Pour une présentation détaillée de la DRT, nous renvoyons le lecteur à [KR93].

¹Nous verrons plus loin, quand nous définirons les primitives ontologiques (§ 3. 3.), que les référents temporels peuvent représenter dans la SDRT des événements, des états ou des temps.

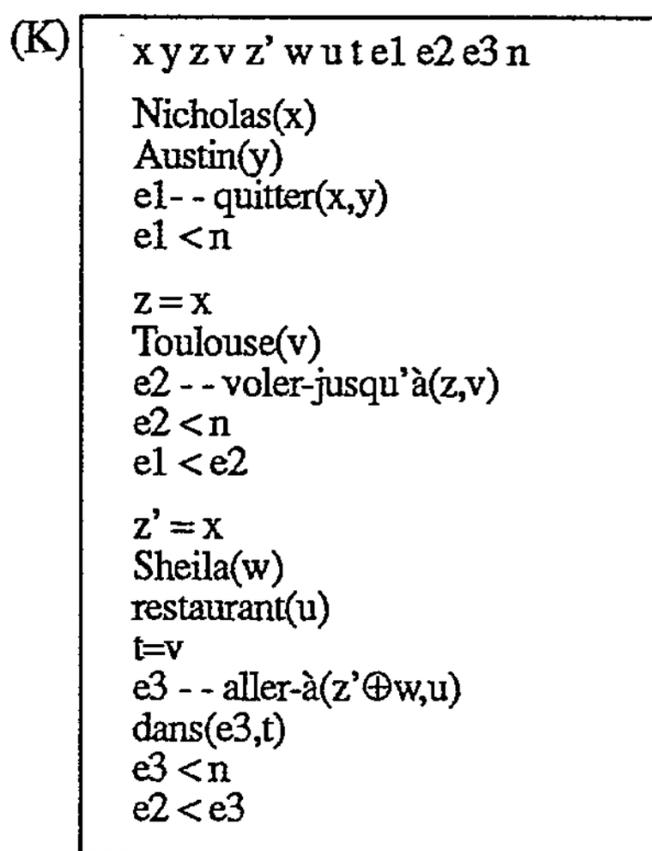


Figure 1
 DRS de (t2)

La DRT a apporté au domaine de la sémantique logique du discours une contribution majeure en proposant une méthode de construction systématique et formelle de la structure temporelle d'un texte à partir des informations apportées par les marques linguistiques du temps. Ainsi que cela a été mis en évidence dans [LA93] et [AB94], le traitement des temps grammaticaux proposé dans la DRT ne permet pas toujours de rendre compte de façon satisfaisante de la structure temporelle d'un certain nombre de discours en anglais et en français. Dans la SDRT, nous tirons évidemment parti de l'information apportée par les temps grammaticaux mais en général ceci n'est pas suffisant pour déterminer l'ordonnement temporel des événements décrits par le texte ; on considérera plutôt que la nature du temps grammatical influe sur le choix des relations de discours, lesquelles à leur tour déterminent l'ordre temporel ainsi que les relations spatio-temporelles.

2. 2. Hypothèses fondamentales de la SDRT

Dans la SDRT, un texte en langue naturelle est représenté au moyen d'une SDRS qui est composée de deux ensembles, l'un contenant des SDRS ou des DRS représentant les segments de textes que sont les phrases et l'autre spécifiant les relations de discours existant entre ces éléments. Une des hypothèses fondamentales de la théorie stipule que, pour toute paire de constituants reliés entre eux dans la SDRS, il existe une relation de discours et que, dans une SDRS cohérente, tout constituant doit au minimum être relié à un autre constituant. Précisons, à ce point, que la version standard de la DRT [Kam81], [KR93] ne fait aucun usage des relations de discours².

²Simultanément à la création de la SDRT, une proposition de prise en compte des relations de discours dans le cadre même de la DRT a été faite par Kurt Eberle [Ebe 92].

Les SDRS sont construites d'une manière dynamique. La construction de la SDRS associée à un texte s'effectue phrase par phrase, en ajoutant la DRS dérivée de l'analyse syntaxique de chaque phrase à la structure déjà élaborée à partir des phrases précédentes. Une SDRS étant, contrairement à une DRS, un objet structuré, l'information dérivée de la phrase S_{n+1} peut être attachée en différents points de la SDRS élaborée à partir de S_1, \dots, S_n .

La question de savoir quels sont les attachements acceptables et plus généralement la mise en place d'une théorie de l'attachement sont envisagés dans [Ash93] ; nous ferons appel ici à plusieurs des conclusions de cette théorie sans entrer dans le détail de leurs justifications. Globalement, les constituants dits ouverts, c'est-à-dire ceux auxquels de nouvelles informations peuvent être rattachées, sont les constituants que les informations considérées contribuent à élaborer ou à expliquer ; en conséquence, et dans l'hypothèse où la construction s'effectue de la gauche vers la droite et en profondeur d'abord, les segments ouverts sont situés sur la frontière droite d'une structure de discours [Pol85], [GS86], [Web91].

Une SDRS K est définie de façon récursive :

- si K est une DRS alors $\langle \{K\}, \emptyset \rangle$ est une SDRS,
- si K_1, \dots, K_n sont des SDRS ou des DRS et Con est un ensemble de conditions de SDRS sur K_1, \dots, K_n alors $\langle \{K_1, \dots, K_n\}, Con \rangle$ est une SDRS.

Une condition de SDRS est définie par :

- si K_1, K_2 sont des SDRS ou des DRS et R est une relation de discours, alors $R(K_1, K_2)$ est une condition de SDRS.

La structure hiérarchique ajoute des contraintes sur l'accessibilité aux référents introduits par les segments de discours antérieurs, selon les règles définies par la DRT [KR93]. Ceci permet de mieux rendre compte des phénomènes d'anaphore dans le discours, puisqu'on ne peut résoudre une anaphore, par exemple pronominale, qu'à l'aide d'un référent accessible au référent introduit par le pronom. De plus, la structure hiérarchique permet, contrairement à la DRT, de rendre compte de l'anaphore propositionnelle, les constituants de discours étant considérés comme des référents d'un type nouveau.

2. 3. Les relations de discours

La principale difficulté qui apparaît au moment de définir la structure de discours associée à un texte, et par voie de conséquence sa structure spatio-temporelle, réside dans le calcul des relations de discours. Les relations de discours utilisées dans la SDRT et inspirées de celles proposées dans [Hob85], [MT87] relient entre eux les constituants d'une SDRS. Notre exemple fait appel à trois d'entre elles à savoir la relation de narration, la relation d'élaboration et la relation de mise en arrière-plan³. La sémantique de ces relations contraint les rapports spatio-temporels entre les éventualités et les autres entités (cf. section 3. 3.) décrites dans les constituants qu'elles relient, comme nous le verrons à la section 5.4. L'élaboration, l'arrière-plan et la narration sont toutes des relations dites "rhétoriques" car elles segmentent le discours sur la base de la "fonction rhétorique" que les propositions (ou constituants) remplissent vis-à-vis des constituants déjà établis dans la structure.

³Traduction française de "background".

⁴Pour une liste plus complète et des considérations plus approfondies concernant ces relations, consulter [LA93] et [Ash93].

2. 3. 1. La relation de narration

Narration(α, β) indique d'une part que les deux constituants α et β se réfèrent à un thème ou topique commun et d'autre part que l'ordre textuel de ces constituants reflète l'ordre temporel entre les événements décrits. L'exemple (t3) ci-après illustre cette relation de discours :

(13)

Nicholas quitta Austin. Il vola jusqu'à Toulouse.

A partir de cette interprétation de la narration, Lascarides et Asher [LA93] introduisent deux axiomes, l'un établissant la nécessité d'un topique commun, l'autre précisant les effets temporels de cette relation de discours, à savoir une relation de précedence temporelle entre les événements des deux constituants. L'axiome relatif au topique (A1) est donné ci-dessous. $\alpha \Downarrow \beta$ signifie que α "domine d'un point de vue discursif" β et indique que α constitue le topique de β ; cette relation de dominance est à l'origine de la structure hiérarchique de nos représentations du discours. Si les topiques sont parfois directement explicités dans les constituants du discours, ils sont souvent reconstruits sur la base de l'information lexicale et de la connaissance du monde (la construction du topique pour le fragment de discours (13) est détaillée dans la section 7.). Dans ce qui suit nous supposons qu'une fois élaborés, les topiques ne sont plus modifiés (mais ceci constitue en fait une simplification — voir [Ash93]).

(A1)

$$\text{Narration}(\alpha, \beta) \rightarrow \exists \gamma (\text{Contingent}^5(\gamma) \ \& \ \gamma \Downarrow \alpha \ \& \ \gamma \Downarrow \beta) \ \& \ \neg(\alpha \Downarrow \beta) \ \& \ \neg(\beta \Downarrow \alpha)^6$$

L'axiome (A1) nous permet donc de construire pour le discours (13) la structure présentée dans la Figure 2, où k_1 et k_2 représentent les constituants⁷ respectivement associés aux deux phrases de (13), \mathcal{K} la SDRS complexe regroupant k_1 et k_2 et les conditions les concernant (ici, la condition $\text{Narration}(k_1, k_2)$), et k^* leur topique commun :

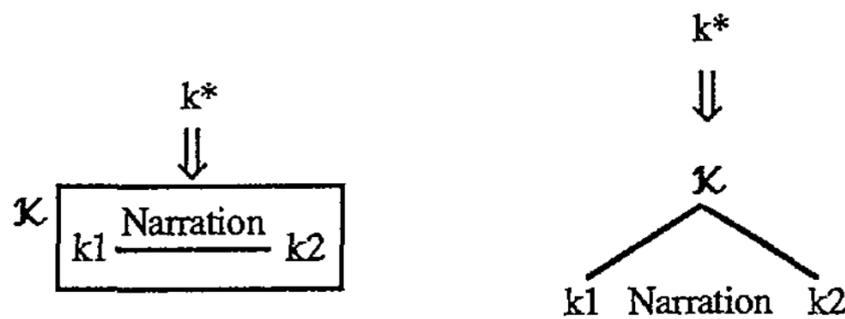


Figure 2

Deux représentations graphiques équivalentes de la structure de la SDRS de (13)

Nous n'aurons pas ici recours à l'axiome proposé dans [LA93] concernant l'ordre temporel, car celui-ci peut être établi en utilisant un axiome plus général sur les effets spatio-temporels de la narration. Lorsqu'il y a une relation de narration entre deux constituants, nous avons

⁵Contingent(φ) signifie que φ et $\neg \varphi$ sont tous les deux possibles.

⁶Dans cet article, nous avons pris le parti de conserver les prédicats et fonctions de la SDRT tels qu'ils apparaissent dans la littérature. En conséquence et afin d'homogénéiser, nous avons choisi de rédiger l'ensemble des axiomes en anglais, à l'exception bien entendu, des prédicats correspondant aux éléments lexicaux.

⁷Le contenu des constituants sera explicité dans la section 6.

intuitivement l'impression que l'auteur nous donne une séquence d'événements (associée à un ensemble d'acteurs) dans laquelle le premier événement précède le second. En conséquence, nous relierons temporellement la fin de l'événement du premier constituant au début de l'événement du constituant suivant. Cette formulation semble cependant trop simplificatrice en particulier du fait de la présence d'expressions adverbiales. Après avoir clarifié le rôle sémantique des adverbes (section 4.), nous introduirons un axiome approprié à la narration (section 5.).

2.3.2. La relation d'élaboration

Elaboration(α, β) signifie que α est un topique développé par β [Ash93]. De la même manière que pour la notion de topique introduite dans le cadre de la narration, l'élaboration présuppose que la SDRS concernée présente une structure hiérarchique dans laquelle un constituant domine l'autre :

$$(A2) \\ \text{Elaboration}(\alpha, \beta) \rightarrow \alpha \Downarrow \beta$$

L'exemple (t3) faisait déjà appel à deux relations d'élaboration : Elaboration($k^*, k1$) et Elaboration($k^*, k2$). L'exemple (t4) ci-dessous introduit une relation d'élaboration entre deux segments de discours :

(t4)
Nicholas vola jusqu' à Toulouse (k1). Il survola de gros icebergs (k2).

(t4) est représenté par la SDRS représentée dans la Figure 3.

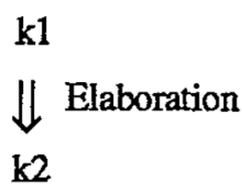


Figure 3
Structure de la SDRS de (t4)

2.3.3. La relation de mise en arrière-plan

Soit le discours suivant :

(t5)
Marie entra dans la librairie (α). Un homme lisait un journal près de la caisse (β). Elle s'approcha de lui (γ).

La relation de discours qui lie β à α est une relation de mise en arrière-plan. $\text{Background}(\alpha, \beta)$ nous indique que β précise le contexte de α ; ou encore que α est un élément de premier plan et β est un élément d'arrière-plan. α joue ici en quelque sorte le rôle d'un topique, bien que d'un type différent de celui introduit précédemment. Il faut noter également que l'information contenue dans l'arrière-plan semble être accessible (et ceci même dans le cas d'un constituant qui n'est pas directement attaché à l'arrière-plan). Ainsi dans (t5), nous avons intuitivement $\text{Background}(\alpha, \beta)$ et $\text{Narration}(\alpha, \gamma)$, mais l'homme introduit dans β demeure encore accessible au pronom de γ . Considérons toutefois la variante suivante :

(t6)
Marie entra dans la librairie (α). Un homme lisait un journal près de la caisse (β). La pièce était sombre et sordide. ?? Elle s'approcha de lui (γ).

Dans (t6), le discours est beaucoup moins heureux que précédemment, alors que c'est le même élément que l'on tente de relier. Afin de modéliser ces effets, nous introduirons plus bas (section 2.4.2.) un type particulier de topique qualifié de "temporaire" que nous appelons "couple premier plan / arrière-plan" (noté FBP pour *Foreground / Background Pair*). La mise en arrière-plan est soumise à un certain nombre de contraintes. Elle doit en particulier permettre d'expliquer ou de préciser le contexte dans lequel a lieu l'événement auquel l'arrière-plan est rattaché (ou tout au moins une partie de cet événement). Ce dernier peut également spécifier une propriété particulière qui contribue à expliquer un élément du premier plan. Bien que nous nous contentions ici d'exposer ces contraintes d'une manière non formelle, il est important de noter qu'elles affectent la construction du FBP, détaillée dans la section 2.4.2. (on verra également en section 7. qu'elles jouent un rôle important dans le traitement d'une variante du texte (t1) proposé au début de cet article).

2.4. Inférer les relations de discours de façon non monotone

Bien que les axiomes (A1) et (A2) permettent de déterminer partiellement le contenu sémantique des relations de discours, ils ne contribuent pas au choix de la relation de discours qui relie deux constituants, opération centrale dans le processus de construction de la SDRS associée à un texte. Les relations de discours peuvent parfois être identifiées par l'usage d'une marque linguistique particulière dans le texte. Elles peuvent également être le résultat d'une inférence, d'un raisonnement fondé sur le contenu sémantique des constituants ainsi que sur le contexte discursif. Ainsi, la narration peut en français être exprimée à travers l'usage de l'adverbe *puis*, la présence de ce dernier n'étant cependant pas nécessaire pour inférer une relation de narration. L'aspect partiel des indices textuels qui traduisent les intentions communicatives et la nécessité d'obtenir, pour des raisons pratiques, une interprétation

plausible nous conduisent à choisir une logique non monotone pour inférer les relations de discours et construire les SDRS, ainsi que cela a été mis en évidence dans [LA93].

2. 4. 1. Le cadre logique

Les relations de discours entre constituants sont inférées au moyen de la logique non monotone *Commonsense Entailment* (CE) [AM91]. Le langage de CE est celui de la logique modale quantifiée S5 auquel a été ajouté l'opérateur conditionnel non monotone, $>$ ($L_{>}$). Nous utiliserons $>$ afin d'exprimer les règles révisables et génériques concernant les relations de discours ; $A > B$ signifie que "si A est vrai alors, normalement, B est vrai". Cette logique fait appel à deux notions de conséquence. La première est monotone et fournit une logique complète pour $L_{>}$ (CE inclut une axiomatique standard de la logique du premier ordre, \rightarrow étant l'implication matérielle). La seconde, \models , est une relation de conséquence non monotone. Elle rend compte des inférences plausibles mais révisables, c'est-à-dire celles qui sont envisageables si l'on considère que l'on connaît uniquement ce qui est contenu dans la partie prémisse (ainsi que les lois de la logique). La définition technique de \models utilise le modèle canonique M de $L_{>}$ et son ensemble de mondes W_{CAN} :

$\Gamma \models \phi$ si pour tout $w \in W_{CAN}$ tel que $M, w \models \Gamma$ et w est normal par rapport à tout point de vue pertinent, $w \models \phi$.

[AM91] définit précisément la notion de normal "par rapport à tout point de vue pertinent" dans le cadre de la théorie des modèles. Ainsi définie, \models vérifie les inférences ci-dessous, dans lesquelles A, B, F sont logiquement indépendants les uns des autres (au sens où toute combinaison booléenne de A, B et F est consistante) et C est, soit logiquement indépendant de chacun d'entre eux, soit logiquement équivalent à A :

(CE1)

On a $A > B, A \& C \models B$
mais on n'a pas $A > B, A \& C, \neg B \models B$

(CE2)

On n'a ni $A > B, F > \neg B, A, F, C \models \neg B$
ni $A > B, F > \neg B, A, C, F \models B$

(CE3)

$\Box(A \rightarrow B), A > D, B > F, A, C, \Box(D \rightarrow \neg F) \models D$

De plus, pour tout A, B, C et tout ensemble de prémisses Γ , on a :

(CE4)

$\Gamma \models A \Rightarrow \Gamma \models A$ et $\models \Box(A \rightarrow B) \rightarrow (C > A \rightarrow C > B)$ et $\models (A > C \& A > B) \rightarrow (A > B \& C)$

Alors que de nombreux formalismes de raisonnement non monotone pourraient être utilisés pour dériver des relations de discours, seul CE semble combiner le type de raisonnement fondé sur des stratégies préférentielles que capture (CE3) avec un système dans lequel on trouve de nombreuses informations non pertinentes (ce type d'information est traité dans CE au moyen des axiomes (CE1-CE3)).

2. 4. 2. Mise en œuvre de CE pour inférer les relations de discours et construire les SDRS

DICE (Discourse In Commonsense Entailment) est la composante de la SDRT contenant les axiomes destinés à inférer des relations de discours par défaut [LA93]. Ces axiomes associent des informations relevant de la connaissance du monde avec des informations contextuelles liées à un attachement de discours particulier. Nous avons étendu cette composante de sorte à prendre en compte les aspects spatio-temporels du discours. Les axiomes de base de DICE que nous avons introduits pour inférer les relations de discours sont présentés et commentés ci-dessous. Dans ces axiomes, α , β ,... identifient les constituants d'une SDRS et $\langle \tau, \alpha, \beta \rangle$ indique que β est attaché à α dans la SDRS τ .

a) inférer la narration

Les relations de discours étant inférées de façon non monotone, nous devons disposer d'une règle permettant de déduire par défaut une relation lorsqu'aucune information particulière n'est disponible. Etant donné que nous analysons des textes narratifs, il semble raisonnable de supposer que dans les cas où l'auteur ne donne aucune indication contraire à travers le contenu des constituants ou au moyen d'une marque linguistique précise, il souhaite relier les constituants par une relation de narration. Cette hypothèse est exprimée par l'axiome suivant :

$$(A3) \\ \langle \tau, \alpha, \beta \rangle > \text{Narration}(\alpha, \beta)$$

Lorsque le contenu des constituants α et β n'apporte pas d'information particulière, il est possible en se basant sur (CE1) et (A3) de déduire $\text{Narration}(\alpha, \beta)$ à partir de $\langle \tau, \alpha, \beta \rangle$. Cette inférence pourrait cependant être écartée si l'on disposait de suffisamment d'information sur les constituants τ , α et β de (A3) pour que (CE2) ou (CE3) s'appliquent. Les axiomes relatifs à l'élaboration et à la mise en arrière-plan tirent parti d'informations additionnelles qui, en exploitant (CE3), nous permettent d'inférer l'une de ces relations par opposition à la narration avec laquelle elles sont incompatibles. Ce sont par exemple les effets spatio-temporels de ces relations qui mettent en évidence leur incompatibilité avec la narration (voir section 5.).

b) inférer la mise en arrière-plan

Pour inférer une relation d'arrière-plan entre deux constituants, il faut que l'un des constituants contienne un état, et l'autre un événement (voir section 3. 3.). Comme l'illustrent les deux exemples suivants, et le formalisent les axiomes (A4) et (A5), l'ordre de ces deux constituants importe peu. Dans ces axiomes, e_α (respectivement e_β) dénote l'éventualité principale du constituant α (resp. β), c'est-à-dire celle qui est décrite dans les conditions de DRS du constituant par une formule de la forme $e \text{ -- } \varphi^8$.

⁸La fonction *Main Eventuality*(α) est formellement définie dans [Ash93].

(t7)

Nicholas survola les Pyrénées. Elles étaient couvertes de neige.

(t8)

Sheila attendait Nicholas à l'aéroport. On annonça que l'avion avait du retard.

(A4)

$$\langle \tau, \alpha, \beta \rangle \& \text{State}(e_\beta) \& \neg \text{State}(e_\alpha) \rangle \text{Background}(\alpha, \beta)$$

(A5)

$$\langle \tau, \alpha, \beta \rangle \& \text{State}(e_\alpha) \& \neg \text{State}(e_\beta) \rangle \text{Background}(\beta, \alpha)$$

A ce stade, il est nécessaire d'indiquer qu'en présence d'un arrière-plan nous construisons une structure de type FBP. C'est ce qu'indique l'axiome (A6), dans lequel l'opérateur \parallel qui est défini plus bas, symbolise les opérations de mise à jour. (A6) exprime qu'en présence d'une relation de Background entre α et β , on ajoute à la structure τ un constituant δ qui est le FBP $[\alpha, \beta]$. (A7) définit ce qu'est le premier élément dans la construction du FBP (l'opérateur \sqcup dénote l'union de deux DRS : $K \sqcup K' = (U_K \cup U_{K'}, \text{Con}_K \cup \text{Con}_{K'})$).

(A6)

$$\text{Background}(\alpha, \beta) \rangle \text{Update}(\tau, \beta) = \tau \parallel \text{FBP}(\delta, [\alpha, \beta])$$

(A7)

$$\text{FBP}(\delta, [\alpha, \beta]) \rightarrow \delta = \alpha \sqcup \beta$$
Définition :

$\tau \parallel \text{FBP}(\delta, [\alpha, \beta])$ = une SDRS identique à τ excepté pour le constituant k de τ tel que $\alpha \in U_k$, qui est remplacé par $k \parallel \text{FBP}(\delta, [\alpha, \beta])$, qui est une SDRS identique à k excepté que δ est ajouté à U_k et $\text{Con}_k \parallel \text{FBP}(\delta, [\alpha, \beta]) = (\text{Con}_k \cup \{\text{FBP}(\delta, [\alpha, \beta])\}) \cup \{R(\zeta, \delta) : R(\zeta, \alpha) \in \text{Con}_k\} \setminus \{R(\zeta, \alpha) : R(\zeta, \alpha) \in \text{Con}_k\}$.

A titre d'exemple, la Figure 4 ci-après présente le FBP que l'on construit pour les deux premières phrases du discours (t5) :

(t5)

Marie entra dans la librairie (α). Un homme lisait un journal près de la caisse (β). Elle s'approcha de lui (γ).

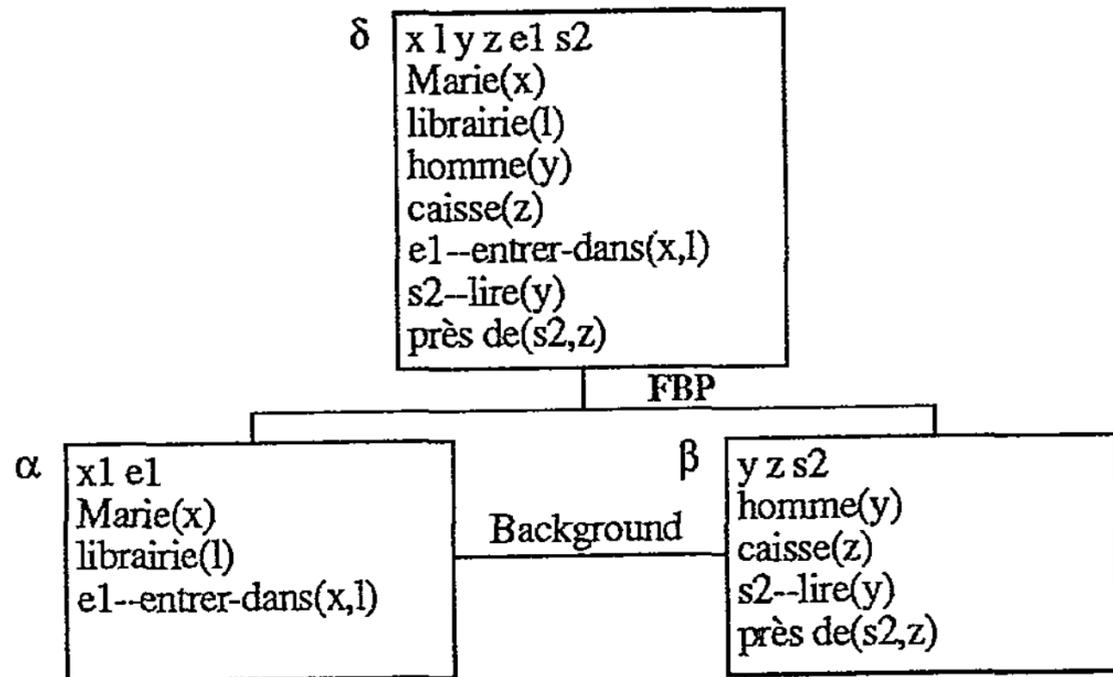


Figure 4

SDRS pour les deux premières phrases de (t5)

Comme nous avons pu le voir dans la section 2.3.3., la construction du FBP à travers l'union des deux constituants semble nécessaire, certains exemples montrant que l'information contenue dans l'arrière-plan peut également apparaître dans le FBP. Ainsi, dans l'énoncé (t5), le constituant γ dérivé de la troisième phrase doit être rattaché au FBP, γ ne continuant pas la relation d'arrière-plan issue de l'attachement de β à α (cf. Figure 5). On remarque ici que la résolution de l'anaphore suppose que l'homme dont il est question constitue un référent de discours déclaré dans le FBP δ . Ceci confirme d'une certaine manière le statut de "pseudo-topique" du FBP.

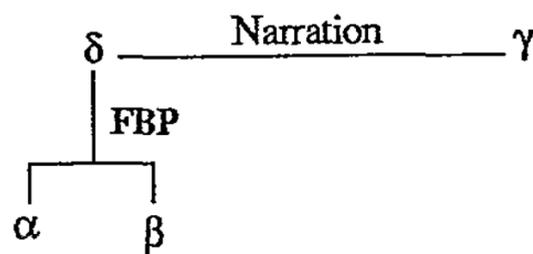


Figure 5

Structure de la SDRS de (t5)

Le FBP doit également rendre compte d'un autre phénomène, à savoir l'aspect temporaire des données contenues dans l'arrière-plan (comparer l'énoncé (t6) à l'énoncé (t5)). Il semble que dans (t6) le syntagme nominal *l'homme* ne soit plus disponible en tant que référent de discours pour résoudre l'anaphore présente dans la quatrième phrase de cet énoncé. La

troisième phrase continue la relation d'arrière-plan introduite par l'attachement du constituant β dérivé de la seconde phrase et masque d'une certaine manière l'information plus ancienne contenue dans l'arrière-plan. Nous supposons que ceci provient du caractère dynamique du FBP. En effet, lors du prolongement d'une relation d'arrière-plan, le FBP serait mis à jour d'une manière bien particulière, en remplaçant β par γ . Cette mise à jour est décrite par les axiomes (A8) et (A9).

(A8)

$$\text{FBP}(\delta, [\alpha, \beta]) \rightarrow \text{Background}(\alpha, \beta)$$

(A9)

$(\text{Background}(\alpha, \beta) \ \& \ \text{Continuation}(\beta, \gamma)) \ > \ \text{Update}(\tau, \gamma) =$ une SDRS identique à τ , excepté pour le constituant k de τ tel que $\alpha \in U_k$, qui est remplacé par $\langle U, X \rangle$ où : $U = (U_k \setminus \{\delta_1\}) \cup \{\delta\}$, $\text{FBP}(\delta_1, [\alpha, \beta])$, $\text{FBP}(\delta, [\alpha, \gamma])$, et $X = (\text{Con}_k \cup \{\text{FBP}(\delta, [\alpha, \gamma])\}) \cup \{R(\zeta, \delta) : R(\zeta, \delta_1) \in \text{Con}_k\} \setminus \{R(\zeta, \delta_1) : R(\zeta, \delta_1) \in \text{Con}_k\}$

c) inférer l'élaboration

Pour inférer une relation d'élaboration entre α et β , il faut que le type de l'événement de β soit un sous-type de celui de l'événement de α .

(A10)

$$\langle \tau, \alpha, \beta \rangle \ \& \ \text{D_Permissible_Subtype}(\beta, \alpha) \ > \ \text{Elaboration}(\alpha, \beta).$$

Comme on le verra dans la section 6. 1. relative aux connaissances pragmatiques, D-Permissible-Subtype est un prédicat mettant en relation des constituants qui vérifient un certain nombre de conditions aussi bien du point de vue du contenu que de la forme.

d) règles de cohérence

Les derniers éléments de DICE que nous utilisons ici sont des règles qui expriment des contraintes sur la cohérence du discours et qui, de ce fait, sont d'une nature bien différente de celle des axiomes que nous avons introduits jusque là. La règle (R1) ci-dessous décrit certains phénomènes de continuation du discours (Continuing Discourse Patterns [LA93]). Elle peut être mise en œuvre lorsqu'en présence de l'élaboration d'un constituant α , on souhaite relier par une narration un nouveau constituant γ à l'un des constituants (β) de cette élaboration. Son effet est alors d'imposer que γ poursuit également l'élaboration de α . Dans cette règle, R symbolise une relation de subordination du type de l'élaboration, et $\text{Info}(\alpha, \beta)$ dénote les informations sémantiques encodées dans α et β qui sont utiles pour le raisonnement sur les relations de discours.

(R1)

Si $\langle \tau, \beta, \gamma \rangle$ et $\alpha \Downarrow \beta$ et $R(\alpha, \beta)$ et $\text{Narration}(\beta, \gamma)$ alors :

(i) $\langle \tau, \alpha, \gamma \rangle$ (ii) $\langle \tau, \alpha, \gamma \rangle, \text{Info}(\alpha, \beta) \models R(\alpha, \gamma)$ (iii) $R(\alpha, \gamma)$

Une contrainte existe également en ce qui concerne les liens qu'entretient la mise en arrière-plan avec les autres relations. Ainsi, il n'est pas possible d'attacher de nouvelles informations à un constituant de type arrière-plan au moyen d'une narration (règle **R2**) et aucun constituant ne peut servir d'arrière-plan à deux constituants distincts (**R3**).

(R2)

Si $\text{Background}(\alpha, \beta), \langle \tau, \beta, \gamma \rangle \models \text{Narration}(\beta, \gamma)$ alors : $\neg \langle \tau, \beta, \gamma \rangle$

(R3)

Si $\text{Background}(\alpha, \beta), \neg \text{State}(e, \gamma), \langle \tau, \beta, \gamma \rangle \models \text{Background}(\beta, \gamma)$
alors : $\neg \langle \tau, \beta, \gamma \rangle$

3. Hypothèses ontologiques sur la nature de l'espace-temps et des entités concrètes

Du fait que nous nous focalisons sur la structure spatio-temporelle du discours, nous nous devons d'esquisser la théorie de l'espace-temps que nous avons choisie comme base de nos formalisations, ainsi que l'ensemble des autres hypothèses contribuant au choix d'une ontologie de l'espace, du temps et des entités concrètes.

3. 1. Extensions et référents spatio-temporels

Chaque entité concrète détermine une extension spatio-temporelle. Ces extensions sont distinguées des entités qui les déterminent car, contrairement à une hypothèse classique de non-occupation simultanée de l'espace par deux entités, nous observons que deux entités différenciées dans la langue et également distinctes du point de vue de leurs propriétés ontologiques peuvent déterminer la même extension spatio-temporelle (par exemple, *l'eau qui remplit ce verre, maintenant*, n'est pas *l'intérieur de ce verre, maintenant* ou encore *ma bague, maintenant*, est différente de *l'or de ma bague, maintenant* [Lin83]). Nous faisons référence à ces extensions dans une SDRS au moyen de la fonction $ST(\cdot)$. $ST(x)$ est un nouveau référent de discours désignant la trajectoire décrite par la valeur de x tout au long de sa "vie". ST peut être paramétré par une variable temporelle : $ST(x, e)$ (ou $ST(x, t)$) dénote la "tranche temporelle" de $ST(x)$ dont le temps correspond à l'événement e (ou au temps t), si $ST(e)$ (ou $ST(t)$) est temporellement inclus dans $ST(x)$, sinon il n'est pas défini.

3. 2. Une théorie de l'espace-temps

Pour représenter la sémantique des expressions spatiales, temporelles et spatio-temporelles, il est nécessaire de choisir un cadre théorique

donnant une structure aux extensions spatio-temporelles. Utiliser l'ensemble des outils de la géométrie classique (en prenant pour cadre par exemple, la géométrie euclidienne, ou encore le système de coordonnées cartésien) implique le choix de points comme éléments primitifs. Notre ontologie devrait alors reposer, au minimum, sur un ensemble de points spatiaux et sur un ensemble d'instantants à partir desquels on construirait les référents spatio-temporels comme étant des ensembles de couples <point spatial, instant> — ces ensembles désignant les extensions spatio-temporelles des entités. Cette approche serait critiquable du point de vue ontologique : d'où proviendraient ces points et instants, quel serait leur statut par rapport aux référents du discours, enfin, comment choisir entre un espace-temps discret ou continu⁹ ? Cette approche serait également critiquable d'un point de vue opérationnel : il est le plus souvent difficile d'assigner une dimension (ponctuelle, linéaire, surfacique ou volumique x instantanée ou durative) à un référent spatio-temporel, et même, lorsque la langue semble indiquer une dimension précise pour certaines entités (désignées par des noms comme *pointe*, *surface* ou *instant*), il se trouve toujours une expression dans laquelle ces mêmes entités ne peuvent être vues que comme étant d'une dimension supérieure (par exemple dans *la pointe du couteau est émoussée, cet instant m'a paru durer une éternité*).

Nous avons donc choisi de construire une théorie de l'espace-temps prenant pour éléments primitifs directement les référents spatio-temporels. Nous nous sommes basés sur la Méréologie [Les27-31] qui est particulièrement adaptée dans le cadre de cette approche, et plus spécifiquement sur une de ses extensions, à savoir la théorie proposée dans [Cla81] pour la modélisation de la topologie. Ce système méréo-topologique est construit sur la seule relation primitive de "connexion". Dans cette théorie, deux référents spatio-temporels sont connectés lorsqu'ils se recouvrent ou lorsqu'ils sont en contact. La connexion est axiomatisée de la manière suivante.

La connexion est réflexive et symétrique :

(A11)

$C(x,x)$

(A12)

$C(x,y) \rightarrow C(y,x)$

Deux référents sont spatio-temporellement égaux lorsqu'ils sont connectés aux mêmes référents :

(A13)

$\forall z (C(z,x) \leftrightarrow C(z,y)) \rightarrow x=_{st} y$

Plusieurs relations méréologiques et topologiques entre référents spatio-temporels sont ensuite définies. Nous donnons ici les définitions

⁹Une discussion de cette nature se développe depuis quelques années essentiellement sur la nature du temps dans la langue [Kam79], mettant en lumière les paradoxes liés au choix d'une ontologie d'instantants ; l'extension de ces considérations à l'espace et l'espace-temps est beaucoup moins courante.

des relations d'inclusion, $P()$, de recouvrement, $O()$, et de contact ou de connexion externe, $EC()$:

$$(D1) \\ P(x,y) \equiv_{\text{def}} \forall z (C(z,x) \rightarrow C(z,y))$$

$$(D2) \\ O(x,y) \equiv_{\text{def}} \exists z (P(z,x) \& P(z,y))$$

$$(D3) \\ EC(x,y) \equiv_{\text{def}} C(x,y) \& \neg O(x,y)$$

On définit également dans cette théorie les opérateurs booléens comme la somme (finie) $+$, Σ , des propriétés et opérateurs topologiques, des relations d'alignement et d'ordre selon des directions, et enfin des relations de comparaison de distance. De plus, des relations temporelles comme l'inclusion temporelle \sqsubseteq , le recouvrement temporel O_t , l'équivalence temporelle \equiv_t , et la précédence $<$, y sont axiomatisées. Cette théorie est présentée en détail dans [AV93]. On montre dans [Vie91] qu'après l'application d'une construction par ultrafiltres sur un ensemble de référents spatio-temporels, on obtient une structure de points spatio-temporels, ce qui permet l'interprétation d'une telle théorie dans des modèles comme \mathbb{R}^4 muni d'une topologie quasi-classique [AV95].

3. 3. Entités primitives

Les extensions spatio-temporelles ne sont pas réellement des entités primitives dans l'ensemble de notre ontologie, puisqu'elles sont déterminées par ce que nous appelons les entités concrètes. Celles-ci, vraies primitives, se répartissent en cinq classes : les objets (Obj), les lieux (Loc), les morceaux d'espace (SPort), les temps (Time) et les éventualités (Ev). Elles possèdent toutes des propriétés spatio-temporelles¹⁰, exprimées sur leurs extensions, mais elles possèdent également un grand nombre de propriétés que l'on peut qualifier de "fonctionnelles", qui permettent en particulier de distinguer ces cinq classes. Les objets sont des choses matérielles et potentiellement mobiles comme des personnes, des avions, des icebergs etc. Les lieux sont des entités topologiquement connexes immobiles les unes par rapport aux autres, comme des villes, des pays ou des aéroports¹¹. Un raffinement de cette seconde classe d'entités sera introduit dans la section 4. 1. lors de la formalisation de la sémantique des verbes de mouvement. Les morceaux d'espace sont des entités immatérielles toujours déterminées par des objets, comme l'intérieur d'un verre, l'espace sous une table..., qui sont pourvus de propriétés autres que purement spatiales : les intérieurs sont faits pour contenir et l'espace sous la table peut être sombre. Les temps sont des entités, introduites dans le discours par des adverbiaux de localisation temporelle (depuis le 14 juillet,

¹⁰Les lieux ont une extension que l'on peut considérer comme étant non bornée temporellement, et les temps ont une extension non limitée spatialement.

¹¹De fait, les lieux ne se distinguent des objets que par l'observation de leur immobilité sous un certain point de vue. Le point de vue pris ici est celui de l'immobilité par rapport à la Terre, mais on observe dans la langue une facilité à changer de cadre

ce jour-là, le matin), qui sont rapportées à un axe temporel, ou calendrier, normalement accessible à ceux qui interprètent le discours, et de ce fait, possèdent également des propriétés autres que purement temporelles (par exemple *ce jour-là* implique non seulement une durée de 24 heures mais aussi des parties fonctionnelles comme le matin, l'après-midi ou le soir). Les éventualités sont des états (State) ou des événements (\neg State), décrits par une ou plusieurs propriétés entre entités des trois premiers types. Les états sont caractérisés par un aspect duratif et non terminatif, au sens ontologique. Ils sont généralement introduits par l'utilisation d'un verbe statif (*être, rester...*) ou par l'usage d'un temps imperfectif (imparfait, certaines valeurs du présent ou du plus-que-parfait...). Les événements au contraire sont considérés comme présentant un aspect terminatif, décrivant des éventualités dans leur globalité et sont introduits par l'usage de temps comme le passé simple.

3. 4. Hypothèses spécifiques sur les liens structurels entre entités

Nous supposons que chaque éventualité e introduit un temps de début, $Init(e)$, et un temps de fin $End(e)$, et qu'en outre chaque événement e est accompagné d'un état préalable, $Prestate(e)$, et d'un état résultant $Poststate(e)$.

(A14)

$Prestate(e) < e \ \& \ e < Poststate(e)$

N'ayant pas encore établi une ontologie fine des événements et des états, et en particulier n'ayant pas explicité leurs critères d'individuation, ni les liens entre la (ou les) relation(s) de partie à tout entre événements et les relations actants-événement [Dav69, Dav71], nous faisons ici l'hypothèse (bien que cela soit très approximatif) que le référent spatio-temporel d'une éventualité de mouvement est égal à la somme des référents spatio-temporels de ses actants mobiles, et que les référents spatio-temporels des états préalables et résultants contiennent cette somme.

(A15)

$(Ev(e) \ \& \ Motion(e)) \rightarrow (ST(e) = \Sigma\{ST(x) : Mobile(x,e)\} \ \& \ \Sigma\{ST(x) : Mobile(x,e)\} \subseteq ST(Prestate(e)) \ \& \ \Sigma\{ST(x) : Mobile(x,e)\} \subseteq ST(Poststate(e)))$

La prise en compte du mouvement implique un certain nombre d'hypothèses ontologiques supplémentaires. Nous faisons l'hypothèse que toute éventualité e a un lieu initial, $Source(e)$, qui inclut la tranche spatio-temporelle de e pendant $Init(e)$ ainsi que l'état préalable de e ; un lieu final, $Goal(e)$, qui inclut e pendant $End(e)$ et son état résultant ; et un chemin $Path(e)$ ¹², qui est un ensemble de séquences de lieux l_i permettant

référentiel, par exemple grâce à l'utilisation de noms de localisation interne [Aur91] [Aur95]. Une théorie des lieux, formalisant cette notion de cadre référentiel variable, est actuellement en préparation. Il faut noter en outre qu'un certain nombre de noms sont ambigus en ce qui concerne la classe des entités qu'ils désignent, objet ou lieu, même si l'on considère "lieu" dans son sens restreint de "lié à la Terre". Par exemple, forêt peut désigner alternativement une collection d'arbres et un morceau de terrain. Il en est de même pour les constructions humaines, bâtiments, villes, etc.

¹²Nous utiliserons parfois le prédicat $SIP(e)$ qui désigne le "strict internal path" de e , c'est-à-dire le chemin $Path(e)$ sans les lieux initiaux et finaux de chaque séquence.

ainsi la description du mouvement à différents niveaux de granularité, ce qui est nécessaire par exemple dans des élaborations. Les axiomes suivants précisent quelques propriétés de ces référents :

(A16)

$$P(ST(e, Init(e)), ST(Source(e)))$$

(A17)

$$(P(ST(e, Init(e)), ST(l)) \& Loc(l)) \rightarrow P(ST(Prestate(e)), ST(l))$$

(A18)

$$P(ST(e, End(e)), ST(Goal(e)))$$

(A19)

$$(P(ST(e, End(e)), ST(l)) \& Loc(l)) \rightarrow P(ST(Poststate(e)), ST(l))$$

(A20)

$$Source(Prestate(e)) = Goal(Prestate(e)) = Source(e) \& Source(Poststate(e)) = Goal(Poststate(e)) = Goal(e)$$

Pour chaque séquence de lieux, l'éventualité est incluse dans l'ensemble de la séquence et deux lieux consécutifs dans la séquence sont extérieurement connectés :

(A21)

$$\forall s \in Path(e) (s = \langle l_1, \dots, l_n \rangle \rightarrow (P(ST(e), \Sigma_i ST(l_i)) \& \forall i (0 < i < n \rightarrow EC(ST(l_i), ST(l_{i+1}))))))$$

Nous pouvons maintenant caractériser les éventualités de mouvement et de non-mouvement par les formules suivantes :

(A22)

$$Motion(e) \rightarrow Path(e) \neq \{ \langle Source(e) \rangle \}$$

(A23)

$$Non-motion(e) \rightarrow Path(e) = \{ \langle Source(e) \rangle \}$$

D'autres relations structurelles entre entités peuvent être introduites. Ici, nous emploierons une relation de partie à tout, *Part*(). En fait, plusieurs de ces relations devraient être distinguées pour les objets [WCH87] [AV93], c'est pourquoi notamment il est important de différencier *P* et *Part*. Cependant, nous n'aurons besoin ici que des axiomes suivants :

(A24)

$$(Loc(l_1) \& Loc(l_2)) \rightarrow (Part(l_1, l_2) \leftrightarrow P(ST(l_1), ST(l_2)))$$

(A25)

$$(Ev(e_1) \& Ev(e_2) \& Part(e_1, e_2)) \rightarrow (P(ST(e_1), ST(e_2)) \& \forall s_1 \in Path(e_1) \exists s_2 \in Path(e_2) Subsequence(s_1, s_2))$$

4. Sémantique lexicale et grammaticale : verbes de mouvement, temps verbaux et adverbiaux de localisation spatio-temporelle

4. 1. Sémantique lexicale du mouvement

4. 1. 1. Les verbes de mouvement

Une analyse linguistique systématique des verbes de mouvement du français ([Lau91], [AS94]) nous a permis de mettre en évidence, d'une part, les propriétés spatiales et temporelles intrinsèquement contenues dans ces éléments lexicaux, et la façon dont ces propriétés interagissent entre elles, et, d'autre part, les concepts de base sur lesquels sont basées les représentations cognitives de ces propriétés. Ainsi, les verbes de mouvement nous ont permis de raffiner la classe des lieux (Loc) introduite en section 3. en deux sous-classes : les lieux à proprement parler et les emplacements. Nous faisons également appel à deux nouveaux concepts liés à la localisation : les enveloppes pragmatiques et les postures.

Un lieu est une entité pouvant généralement être caractérisée par une fonction liée, par exemple, aux types d'activités pouvant s'y dérouler. On peut désigner les lieux à travers des termes de la langue qui peuvent être des noms (*la cuisine, la maison, la rue, le jardin*), des syntagmes prépositionnels (*derrière la maison, loin de la maison, le long de la maison*) ou encore des adverbes (*ici, là*, dans certaines de leurs interprétations).

Un emplacement est défini comme une portion de surface, sans aucune fonctionnalité ni élément lexical associé, même s'il peut être désigné par des constructions déictiques comme : *là / l'endroit où Jean était il y a 5 minutes*. Il est défini uniquement de façon géométrique par l'enveloppe pragmatique associée à une entité donnée et par les relations spatiales entre cette entité et son environnement. Un emplacement est donc nécessairement dépendant de l'entité utilisée pour sa définition.

Aux emplacements comme aux lieux correspondent des morceaux d'espace, leurs "intérieurs", pour lesquels les objets qui y sont inclus sont considérés comme étant situés dans ces lieux ou emplacements. Dans la suite, on considérera que la fonction ST appliquée à une entité de la catégorie Loc donne le référent spatio-temporel correspondant à cette entité et au morceau d'espace associé.

Par enveloppe pragmatique nous désignons le morceau d'espace entièrement occupé par l'entité, plus l'espace qu'elle pourrait occuper si elle changeait de posture.

Une posture d'une entité de type Obj est définie comme la façon particulière de se tenir dans son enveloppe pragmatique. Précisons que nous ne retenons pas l'ensemble des configurations envisageables pour un objet donné. Seules sont considérées comme postures les configurations

auxquelles peuvent être associées une certaine fonctionnalité. En fait les postures d'une entité sont définies par les relations spatiales entre les parties de cette entité ; tout comme les enveloppes pragmatiques qui "suivent" les entités qui les définissent, les postures ne sont pas considérées comme appartenant à la classe générale des "lieux" (Loc). Elles sont lexicalisées par des formes participiales des verbes de changement de posture (*assis*) ou par des adjectifs (*debout*).

Sur la base de cette ontologie, une première typologie des verbes de mouvement a ainsi pu être réalisée. Elle consiste à subdiviser la classe des Motion définie par (A22) en quatre grands groupes de verbes, suivant qu'ils font intrinsèquement référence à un lieu (comme *entrer, sortir*), à un emplacement (comme *se déplacer, courir*) ou à une posture (comme *s'asseoir, se baisser*). On parle alors, respectivement, de verbes de changement de lieu (CoL), de changement d'emplacement, et de changement de posture (CoPtu). Les verbes de changement d'emplacement n'ont en fait pas tous le même comportement. Certains d'entre eux dénotent un changement d'emplacement obligatoire (comme *se déplacer, voyager*), alors que d'autres dénotent seulement un changement possible d'emplacement (comme *courir, danser*). En effet, s'il est possible de dire "*courir / danser sur place*", il est impossible de dire "*se déplacer / voyager sur place*". Les premiers (comme *se déplacer, voyager*) seront appelés verbes de changement d'emplacement (CoPs) ; les autres (comme *courir, danser*) seront appelés verbes de changement potentiel d'emplacement (ICoPs).

Il est à noter que les classes de verbes CoL, CoPs and ICoPs sont enchâssées; en effet, on ne peut changer de lieu sans changer d'emplacement, et on ne peut changer d'emplacement sans changer potentiellement d'emplacement. La classe de verbes CoPtu est isolée des trois autres classes, puisque l'on peut changer de posture sans changer ni de lieu, ni d'emplacement, mais que l'on peut aussi changer de lieu ou d'emplacement sans pour autant changer de posture (par exemple si l'on est assis dans une voiture ou sur une bicyclette).

4. 1. 2. Les verbes de changement de lieu (CoL)

Les verbes de changement de lieu (comme *entrer, sortir, partir, arriver, ...*) sont les plus nombreux et les plus intéressants car ils fournissent des informations détaillées sur les aspects spatiaux et temporels qui nous intéressent ici. Nous avons donc réalisé une étude linguistique systématique de l'ensemble de ces verbes (ils sont au nombre de 440 en français) pour mettre au jour les propriétés spatiales et temporelles qu'ils contiennent intrinsèquement. Ces propriétés peuvent se caractériser par une restructuration conceptuelle de l'espace induite par ce que nous appelons le "*lieu de référence*" (Lref). Ce lieu de référence est suggéré implicitement par tout verbe de changement de lieu. Il correspond

par exemple au lieu de départ du déplacement (comme avec les verbes *partir, sortir*). En effet, on *part, sort* ou on *s'éloigne* de quelque part, d'un certain lieu. Il peut aussi correspondre à un des lieux du chemin correspondant au déplacement (comme avec les verbes *passer, traverser*), ou encore au lieu d'arrivée du déplacement (comme avec les verbes *arriver, entrer*). La structure de l'espace induite par le lieu de référence était jusqu'alors caractérisée dans la littérature ([Boo85], [Lau91]) par une bipartition intérieur / extérieur de ce lieu. Elle est ici raffinée par l'introduction de deux nouveaux concepts qui sont :

- une limite de proximité, séparant l'extérieur en un extérieur proche et en un extérieur lointain. En effet, si *sortir* nécessite uniquement d'aller au-dehors d'un lieu donné, *partir* requiert en plus de s'en éloigner suffisamment,

- une zone de contact externe, nécessitée par des verbes comme *se poser, atterrir, décoller...*

Nous définissons donc, pour un lieu donné, 4 morceaux d'espace ou "zones" qui sont : l'intérieur (Z-inner-halo), la zone de contact externe (Z-contact), l'extérieur proche (Z-outer-halo) et l'extérieur lointain (Z-outer-most). Sur cette base, 10 classes de verbes de changement de lieu ont été distinguées en fonction des zones, définies par rapport au lieu de référence, dans lesquelles se trouve les mobiles (c'est-à-dire la ou les entités qui se déplacent) au départ, pendant et à la fin du déplacement.

A partir des études linguistiques de [Bor93] et [Lau91], un travail similaire a été réalisé sur les prépositions et locutions prépositionnelles spatiales. Comme dans le cas des verbes, il fait appel à une structuration de l'espace induite, cette fois-ci, par le lieu introduit par la préposition.

Les propriétés sémantiques sur lesquelles se basent la typologie des prépositions spatiales et celle des verbes de changement de lieu ont été formalisées dans la logique CE présentée dans la section 2. 4. Nous renvoyons le lecteur à [AS94] pour une présentation détaillée de cette formalisation et nous donnons ci-dessous deux exemples de définitions formelles concernant les verbes *quitter* et *aller* qui appartiennent respectivement aux classes Partir et Arriver de verbes de changement de lieu (CoL) et apparaissent dans le texte étudié ici :

(A26)

$$\text{Partir}(e) \rightarrow [P(\text{ST}(\text{Source}(e)), \text{ST}(\text{Z-inner-halo}(\text{cible}(e), \text{Lref}(e)))) \& P(\text{ST}(\Sigma\text{SIP}(e)), \text{ST}(\text{Z-outer-halo}(\text{cible}(e), \text{Lref}(e)))) \& P(\text{ST}(\text{Goal}(e)), \text{ST}(\text{Z-outer-most}(\text{cible}(e), \text{Lref}(e))))]$$

(A27)

$$\text{Arriver}(e) \rightarrow [P(\text{ST}(\text{Source}(e)), \text{ST}(\text{Z-outer-most}(\text{cible}(e), \text{Lref}(e)))) \& P(\text{ST}(\Sigma\text{SIP}(e)), \text{ST}(\text{Z-outer-halo}(\text{cible}(e), \text{Lref}(e)))) \& P(\text{ST}(\text{Goal}(e)), \text{ST}(\text{Z-inner-halo}(\text{cible}(e), \text{Lref}(e))))]$$

4. 1. 3. Une sémantique compositionnelle pour les complexes de déplacement

Les travaux linguistiques à la base de ces deux typologies ont été menés, d'une part, sur les verbes pris isolément et sans considération de temps grammatical¹³, et d'autre part, sur les prépositions, prises elles aussi hors de tout contexte. Puisque la langue associe verbe et préposition au sein d'un même complexe verbal, il nous faut être capable de recomposer les propriétés spatiales et temporelles d'un tel complexe à partir des propriétés de chacun de ces composés.

A l'aide des deux typologies que nous venons de présenter, nous avons développé un calcul formel (cf. [AS94]) permettant de construire les propriétés spatio-temporelles des complexes de déplacement, combinant les propriétés sémantiques du verbe, de ses arguments et de ses compléments prépositionnels spatiaux. Mais la sémantique spatio-temporelle des complexes de déplacement n'est pas le résultat d'une simple association des propriétés sémantiques de ses éléments constitutifs. Au contraire, elle résulte d'une interaction complexe de ces propriétés, interaction qui fait souvent apparaître de nouvelles propriétés issues directement de l'association du verbe avec la préposition. Par exemple *sortir dans le jardin* est un complexe composé du verbe *sortir* qui introduit un lieu initial au déplacement (en effet, on "sort de quelque part"), et de la préposition *dans* qui est une préposition positionnelle, c'est-à-dire qui indique simplement une relation de localisation par rapport à un lieu (ici, une relation d'inclusion spatiale). Or le lieu *le jardin* introduit dans ce complexe est en fait le lieu final du déplacement, information qui n'était contenue ni dans le verbe (qui suggérait un lieu initial), ni dans la préposition (qui n'indiquait qu'une relation d'inclusion spatiale). Cette information est donc la résultante de l'interaction du verbe *sortir* et de la préposition *dans*.

Le comportement de ces associations de verbes de changement de lieu et de prépositions spatiales est entièrement formalisé dans [AS94] par un ensemble de 11 axiomes. Ces axiomes reposent sur la sémantique lexicale des verbes et des prépositions, et prennent aussi en compte la structure syntaxique de la phrase étudiée, ainsi que les relations de discours.

Nous reprenons la DRS de la première phrase (*Nicholas quitta Austin*), donnée à la section 2. 1. et détaillons la sémantique spatio-temporelle du prédicat *quitter*. Nous obtenons alors la DRS suivante présentée dans la Figure 6 ci-contre.

4. 2. Sémantique des temps verbaux

Les règles pour la sémantique compositionnelle de la phrase dans le cadre de la SDRT ressemblent à celles que propose la DRT, à l'exception du traitement des temps grammaticaux et des adverbiaux de localisation

¹³Cela revient aussi à considérer un aspect perfectif qui représente en fait une instanciation complète des propriétés dégagées sur les formes atemporelles.

$e \ x \ y \ n$
Nicholas(x)
e-quitter(x,y)
Mobile(x,e)
Austin(y)
Lref(e) = y
P(ST(Source(e)),ST(Z-inner-halo(x,y)))
P(ST(Σ SIP(e)),ST(Z-outer-halo(x,y)))
P(ST(Goal(e)),ST(Z-outer-most(x,y)))
$e < n$

Figure 6

DRS pour la première phrase de (t1)

que le formalisme de la SDRT modifie assez profondément. Notre analyse, suivant celles de [LA93] et [AB94], ne postule pas l'existence de repères qui modélisent des points de référence, de perspective ou de localisation temporelle, comme le propose la DRT [KR93].

Au niveau phrastique, comme dans la DRT, le temps verbal délivre une information d'ordre temporel concernant la localisation de l'éventualité par rapport au moment d'énonciation (noté n pour *now*), et une information d'ordre aspectuel, qui se traduit par le choix du type de l'éventualité qui va représenter le procès décrit par la phrase : événement ou état. Ainsi, une phrase à l'imparfait introduit un état et une phrase au passé simple détermine que l'événement introduit par le verbe se réalise préalablement au moment d'énonciation.

Au niveau discursif, le temps verbal joue généralement le rôle d'un filtre sur les relations discursives possibles entre les constituants du discours. Par exemple, pour une séquence de deux phrases au passé simple, la relation de discours qui lie les deux phrases entre elles peut être une relation de narration ou une relation d'élaboration. Soient par exemple les deux fragments de discours suivants [AB94] :

(t9)
L'avion quitta Paris (e0). Il alla jusqu'à Toulouse (e1). Il survola les Pyrénées (e2). Puis il atteignit Madrid (e3).

(t10)
L'avion quitta Madrid (e0). Il alla jusqu'à Toulouse (e1). Il survola les Pyrénées (e2).

Dans (t9), toutes les phrases sont reliées entre elles par une relation de narration. Par contre dans (t10), on a une relation d'élaboration entre les deuxième et troisième phrases : le survol des Pyrénées fait partie du voyage jusqu'à Toulouse. Ce sont les effets temporels des relations de discours qui permettront d'établir les relations temporelles entre e1 et e2 : $e1 < e2$ ou $e2 \subseteq e1$.

Si nous prenons maintenant un exemple d'enchaînement de deux phrases respectivement au passé simple et à l'imparfait, qui introduit un état dont nous savons qu'il doit être relié de façon anaphorique à un événement situé dans le passé, nous obtenons :

- par la sémantique du passé simple dans la première phrase :

$$PS(\alpha) \rightarrow \exists e_\alpha (Ev(e_\alpha) \& \neg State(e_\alpha) \& e_\alpha < n)$$

- en combinant cette information avec celle qu'apporte la seconde phrase :

$$IMP(\beta) \rightarrow \exists e_\beta State(e_\beta)$$

on obtient :

$$\langle \tau, \alpha, \beta \rangle \& \neg State(e_\alpha) \& State(e_\beta)$$

Cela nous suffit à inférer $Background(\alpha, \beta)$, plutôt que $Narration(\alpha, \beta)$, en utilisant les schémas de raisonnement (CE1), (CE3) et (CE4) à partir des axiomes (A2) et (A4) et le fait que les effets temporels de ces relations de discours sont incompatibles (cf. (P1) et (A40), section 5.). C'est alors la relation de mise en arrière-plan qui va exprimer la relation anaphorique entre l'état et l'événement.

4. 3. Les adverbiaux de localisation spatio-temporelle

Nous étudions dans cette section les adverbiaux dont le rôle est d'opérer des localisations qui peuvent être de nature temporelle (*le 10 décembre 1992, deux heures plus tard*), de nature spatiale (*à l'aéroport de Toulouse, à vingt mètres*), ou encore de nature spatio-temporelle quand les composantes spatiale et temporelle sont combinées dans la description d'une trajectoire (*deux kilomètres plus loin, deux minutes plus tard*).

Leur sémantique est tout d'abord analysée au niveau lexical et phrastique (section 4. 3. 1.), puis au niveau discursif (section 4. 3. 2.).

4. 3. 1. Sémantique lexicale et phrastique des adverbiaux de localisation temporelle et de localisation spatiale

Considérons tout d'abord la sémantique des adverbiaux de localisation temporelle. Ils peuvent apparaître sous la forme d'adverbes simples : *puis, ensuite, après, auparavant*, dont la sémantique est essentiellement interphrastique : ces adverbes établissent une relation temporelle entre les éventualités des deux phrases qu'ils relient, jouant ainsi le rôle de filtre sur les relations de discours possibles entre les deux constituants correspondants. Ainsi, pour notre exemple, la sémantique de l'adverbe anaphorique *puis* se traduira, au niveau discursif, par une relation de postériorité temporelle avec un référent introduit précédemment (l'antécédent de l'anaphore).

Les adverbiaux de localisation temporelle peuvent également prendre la forme de locutions adverbiales construites autour de syntagmes nominaux comportant des noms de temps (jour, heure, mois, lundi, janvier, ...) (cf. [Mol 89], [BM 93]). Ces syntagmes expriment :

- soit une durée — deux heures, un mois — qui permet de calculer la localisation temporelle qu'exprime l'adverbial : *deux jours après, depuis une semaine,*

- soit une localisation temporelle — ce matin, hier, la semaine suivante — qui opère directement un ancrage temporel, comme par exemple dans les adverbiaux, *ce matin, demain, la semaine suivante, pendant la soirée, le 10 décembre 1992.* Cet ancrage temporel direct peut aussi servir de point de départ à un calcul référentiel comme dans *depuis ce matin, jusqu'au mois de janvier.*

Notre texte d'exemple contient l'adverbial *le 10 décembre 1992*. C'est un adverbial autonome — qui n'est ancré sur aucun élément référentiel, par conséquent ni anaphorique, ni déictique — qui localise l'éventualité principale de la phrase qu'il modifie. Cette localisation est effectuée sur un axe temporel rapporté au "calendrier", et plus généralement à un ensemble de connaissances relatives à l'organisation des temps et des calendriers¹⁴, qui nous permettra par exemple de savoir que *le 10 décembre 1992* fait référence à un intervalle de temps situé avant l'intervalle associé au *25 octobre 1994*, lequel pourrait, par exemple, inclure le moment d'énonciation. Cet adverbial introduit donc, au niveau phrastique un nouveau référent temporel *t* et des conditions spécifiant ce référent. Celles-ci indiquent la relation de *t* avec le modèle du calendrier et le type sémantique de l'adverbial :

Calend(*t*, 10/12/1992) & Day(*t*)

La sémantique phrastique de cet adverbial contient également des éléments qui permettront, en combinaison avec des informations aspectuo-temporelles, de localiser l'éventualité principale du constituant associée à la phrase qui contient l'adverbial.

Ces mécanismes généraux peuvent être repris pour la description d'adverbiaux de localisation spatiale, construits autour de syntagmes nominaux comportant des noms d'espace exprimant une mesure (*mètres, kilomètres, longueurs*), des noms de lieux ou d'objets qui permettent de faire référence à des lieux (*aéroport, Toulouse, piste d'atterrissage*). Les syntagmes nominaux expriment alors :

- soit une distance — *deux mètres, un kilomètre* — qui permet de calculer la localisation spatiale qu'exprime l'adverbial : *à deux mètres, un kilomètre plus loin ;*

¹⁴Une modélisation de ces connaissances calendaires est proposée dans [GB95].

• soit une localisation spatiale — *l'aéroport* — qui opère directement un ancrage spatial, comme par exemple dans les adverbiaux, *à l'aéroport de Toulouse, sur la piste d'atterrissage*. Cet ancrage spatial direct peut aussi servir de point de départ à un calcul référentiel : *jusqu'à l'aéroport, autour de l'aéroport, à partir du feu rouge...*

4. 3. 2. Effets discursifs des adverbiaux de localisation spatio-temporelle

Au niveau discursif, et plus précisément dans le processus de construction des SDRS, la fonction sémantique des adverbiaux de localisation spatio-temporelle intervient soit pour contraindre les relations de discours possibles entre deux constituants, soit pour calculer les effets spatio-temporels des relations de discours.

Dans la construction du constituant courant, l'adverbial de localisation spatio-temporelle sert à localiser l'éventualité de la phrase qu'il modifie, mais le calcul de cette localisation reprend au moins une des composantes, spatiale ou temporelle, du constituant auquel on va attacher le constituant courant. Ce principe général, que nous appelons "principe de localisation spatio-temporelle" est illustré dans la phrase (4) de notre texte :

(t11)

A l'aéroport de Toulouse, Sheila l'attendait avec anxiété.

L'adverbial situe l'attente de Sheila spatialement, mais cette attente est également localisée temporellement par le fait même de relier cette phrase au fragment du discours qui a été traité précédemment¹⁵. C'est précisément le fait de relier le constituant courant à un autre constituant, dit "constituant d'attachement", par le biais d'une relation de discours, qui va permettre d'effectuer cette localisation temporelle à partir de celle du constituant d'attachement, comme nous le verrons dans le traitement complet de l'exemple (section 7.). De la même manière, quand un adverbial localise temporellement une éventualité, on a également, par le fait même de relier le constituant courant au constituant d'attachement, une localisation spatiale de l'éventualité, comme c'est le cas pour la troisième phrase du discours suivant :

(t12)

Sheila arriva à l'aéroport. Elle s'installa dans la salle d'attente. Vingt minutes plus tard, on annonça que le vol de New-York avait du retard.

Le principe de localisation spatio-temporelle s'applique aussi dans les cas où des adverbiaux de localisation temporelle ou des adverbiaux de localisation spatiale opèrent des localisations spatio-temporelles, combinant les composantes spatiale et temporelle nécessaires à la description de trajectoires. Il s'agit essentiellement de localisations

¹⁵Ceci est une illustration du fait que la cohésion discursive est fortement liée à la trame spatio-temporelle du discours.

calculées, par l'intermédiaire d'une distance "temporelle", ou "spatiale" exprimée par un syntagme nominal à base de noms de mesure temporelle ou spatiale (*deux kilomètres plus loin, deux minutes plus tard*), ou bien directement par un adverbe simple ou une préposition (*après, avant, puis, ...*). Considérons par exemple le discours suivant :

(t13)

(1) *Le premier jour des vacances, Paul partit à la mer avec sa nouvelle voiture.* (2) *Il prit la route de Narbonne.* (3) *Il passa devant une station d'essence fermée.* (4) *Puis il prit un auto-stoppeur.* (5) *Dix minutes plus tard / dix kilomètres plus loin, il tomba en panne d'essence.*

L'adverbe *puis*, dans la quatrième phrase, a une interprétation temporelle, permettant de produire la relation temporelle $e3 < e4$, mais une analyse plus approfondie révèle que *puis* doit être interprété spatio-temporellement, par rapport à la trajectoire de Paul. Cette interprétation autorise l'inférence "l'auto-stoppeur a été pris *après* la station d'essence, sur la route de Narbonne, en direction de la mer", qui montre que l'éventualité de la phrase (4) a bien été située, par l'adverbe *puis*, dans le temps, comme on pouvait s'y attendre, mais aussi dans l'espace. La phrase (5) fournit une illustration encore plus nette de ce phénomène en montrant qu'un adverbial de localisation temporelle (*dix minutes plus tard*) aussi bien qu'un adverbial de localisation spatiale (*dix kilomètres plus loin*) localisent à la fois spatialement et temporellement l'éventualité. Il est important de noter que l'éventualité en question n'est pas exprimée par un verbe de déplacement, auquel cas la localisation spatio-temporelle serait déjà exprimée par l'éventualité elle-même.

Il convient cependant de noter que ce principe de localisation spatio-temporelle présente deux exceptions. La première est le cas où le constituant en cours de construction est associé à la première phrase d'un discours, pour lequel il n'y a donc pas de constituant d'attachement, comme dans la première phrase de notre texte :

(t14)

Le 10 décembre 1992, Nicholas quitta Austin à bord de son bimoteur Comanche N8937Y.

La deuxième est le cas de phrases contenant à la fois un adverbial de localisation temporelle et un adverbial de localisation spatiale¹⁶, ce qui ne nécessite pas le recours au constituant d'attachement pour la localisation spatio-temporelle de l'éventualité, comme dans la deuxième phrase du discours suivant :

(t15)

Le 10 décembre 1992, Nicholas fit le voyage Austin-Toulouse à bord de son bimoteur Comanche N8937Y. Le 11 décembre il se reposa à Teilhet.

¹⁶Mais pas un adverbial de localisation temporelle ou un adverbial de localisation spatiale dans une interprétation spatio-temporelle, comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent.

4. 3. 3. Modélisation de la sémantique des adverbiaux de localisation spatio-temporelle

Nous cherchons maintenant à modéliser la contribution des adverbiaux de localisation spatiale, temporelle ou spatio-temporelle dans des textes décrivant des trajectoires ou des déplacements. A cette fin, nous employons une fonction, appelée $st_{adv}(\beta)$ dont la valeur est une "tranche d'espace-temps" fixée par les adverbiaux de localisation du constituant β et le constituant auquel on attache β , et un prédicat, appelé *Adloc* pour "adverbial de localisation". st_{adv} reflète l'application du principe de localisation spatio-temporelle que nous venons d'expliciter. A l'inverse, $Adloc(x)$ ne reflète pas directement la sémantique d'un élément linguistique mais est plutôt un outil de calcul permettant de lier certaines variables utilisées à la fois dans les axiomes qui modélisent la sémantique des adverbiaux (A28-38) et dans ceux qui définissent les effets spatio-temporels des relations de discours (A39-41).

Nous donnons ci-dessous quelques-uns des axiomes qui modélisent la sémantique des adverbiaux de localisation. Ces axiomes regroupent en fait une partie des résultats de l'étape phrastique qui compose la sémantique de l'adverbial avec celle du reste de la phrase et une partie de l'étape discursive qui introduit le constituant d'attachement. Les axiomes que nous donnons sont des instances d'axiomes généraux qui modélisent des classes d'adverbiaux de localisation (cf. [BM93] pour les adverbiaux de localisation temporelle).

Adverbiaux de localisation temporelle (ALT)

L'axiome ci-dessous modélise la sémantique des ALT anaphoriques introduisant une relation de postériorité temporelle (*puis, ensuite, après, ...*)

(A28)

$$\langle \tau, \alpha, \beta \rangle \& ALT\text{-}puis(\beta) \rightarrow \exists t [Time(t) \& e_{\alpha} < t \& e_{\beta} =_t \& \exists e (e = ? \& Ev(e) \& Adloc(e) \& st_{adv}(\beta) = ST(Goal(e), t))]$$

La première ligne du conséquent de l'axiome exprime la contribution purement temporelle de l'adverbial : il introduit un référent temporel t qui permet de localiser l'éventualité du constituant courant (e_{β}) et qui, dans le cas présent d'un adverbial anaphorique, est mis en relation avec l'éventualité du constituant d'attachement (e_{α})

La dernière ligne de l'axiome introduit un référent anaphorique e dont la valeur sera identifiée à une éventualité liée au constituant d'attachement (en général e_{α} , $Poststate(e_{\alpha})$ ou $Prestate(e_{\alpha})$) lors de la résolution d'anaphore. Grâce à $Adloc(e)$, on contraint ce mécanisme de résolution. Cette ligne fixe aussi la valeur de $st_{adv}(\beta)$ comme étant la tranche spatio-temporelle du but de e pendant le temps t . En effet, si la localisation

temporelle est explicitement donnée par l'adverbe (t), la composante spatiale de la localisation est en fait fixée anaphoriquement par l'attachement (en particulier par la sémantique de la relation de discours utilisée), puisqu'on est ici dans une interprétation purement temporelle.

On peut construire le même type d'axiome pour représenter les adverbiaux qui opèrent une localisation temporelle calculée par l'intermédiaire d'un syntagme nominal exprimant une durée intervenant dans le calcul de la distance (*deux heures plus tard, une semaine avant, ...*) :

(A29)

$$\langle \tau, \alpha, \beta \rangle \& \text{ALT-deux-heures-plus-tard}(\beta) \rightarrow \exists t [\text{Time}(t) \& \text{Distance}(e_\alpha, t, 2h) \& e_\beta \equiv_t \& \exists e (e=? \& \text{Ev}(e) \& \text{Adloc}(e) \& \text{st}_{\text{adv}}(\beta) = \text{ST}(\text{Goal}(e), t))]$$

Pour les adverbiaux comme *le 10 décembre 1992*, pour lesquels on a une localisation directe, l'axiome est le suivant :

(A30)

$$\langle \tau, \alpha, \beta \rangle \& \text{ALT-1e-10-décembre-1992}(\beta) \rightarrow \exists t [\text{Time}(t) \& \text{Calend}(t, 10.12.92) \& \text{Day}(t) \& e_\beta \subseteq t \& \exists e (e=? \& \text{Ev}(e) \& \text{Adloc}(e) \& \text{st}_{\text{adv}}(\beta) = \text{ST}(\text{Goal}(e), t))]$$

Interprétation spatio-temporelle d'un ALT

Nous donnons ici seulement l'axiome correspondant à l'interprétation spatio-temporelle de *puis*, en œuvre dans la quatrième phrase du texte (t13). On peut dériver de la même manière à partir de (A29-30) les interprétations spatio-temporelles des autres adverbes de temps.

(A31)

$$\langle \tau, \alpha, \beta \rangle \& \text{ALST-puis}(\beta) \rightarrow \exists t, l [\text{Time}(t) \& \text{Loc}(l) \& e_\alpha < t \& e_\beta \equiv_t \& \text{st}_{\text{adv}}(\beta) = \text{ST}(l, t) \& \forall y \{ \text{Mobile}(y, e_\alpha) \rightarrow (\text{P}(\text{ST}(y, t), \text{ST}(l)) \& \forall l' (\text{P}(\text{ST}(y, t), \text{ST}(l')) \rightarrow \text{P}(\text{ST}(l), \text{ST}(l')))) \}]$$

On voit dans la deuxième ligne du conséquent de l'axiome que la valeur de $\text{st}_{\text{adv}}(\beta)$ est ici complètement fixée par un lieu l et un temps t liés à l'adverbial, puisqu'il s'agit d'une interprétation spatio-temporelle. La dernière ligne exprime que l est le lieu déterminé par la tranche de la trajectoire des mobiles de e_α , au temps t déterminé explicitement par l'ALT. Du fait de l'axiome (A15) sur la nature du référent spatio-temporel d'une éventualité de mouvement, on peut déduire à partir de (A31) la localisation spatiale de e_β dans l : $\text{P}(\text{ST}(e_\beta), \text{ST}(l))$.

Adverbiaux de localisation spatiale (ALS)

L'axiome (A32) modélise la sémantique des ALS anaphoriques qui réalisent une localisation calculée (*deux kilomètres plus loin, à un kilomètre de là, ...*). Ces adverbiaux introduisent un nouveau référent de

lieu l , dans lequel est localisée l'éventualité e_β de la phrase contenant l'ALS :

$$(A32) \\ (\langle \tau, \alpha, \beta \rangle \& \text{ALS-deux-kilomètres-plus-loin}(\beta)) \rightarrow \exists l [\text{Loc}(l) \& \text{Distance}(e_\alpha, l, 2\text{km}) \& \text{P}(\text{ST}(e_\beta), \text{ST}(l)) \& \exists e (e=? \& \text{Ev}(e) \& \text{Adloc}(e) \& \text{st}_{\text{adv}}(\beta)=\text{ST}(l,e))]$$

On notera ici que les ALS dans une interprétation purement spatiale fixent la composante temporelle de $\text{st}_{\text{adv}}(\beta)$ en se référant à l'éventualité anaphorique.

L'axiome (A33) modélise la sémantique des ALS qui opèrent une localisation directe par l'intermédiaire de noms de lieux.

$$(A33) \\ (\langle \tau, \alpha, \beta \rangle \& \text{ALS-à-l'aéroport-de-Toulouse}(\beta)) \rightarrow \exists l [\text{Loc}(l) \& \text{Aéroport-de-Toulouse}(l) \& \text{P}(\text{ST}(e_\beta), \text{ST}(l)) \& \exists e (e=? \& \text{Ev}(e) \& \text{Adloc}(e) \& \text{st}_{\text{adv}}(\beta)=\text{ST}(l,e))]$$

Ce sont les axiomes de la connaissance du monde (section 6.) qui nous permettront d'expliciter la sémantique de *de* et lier ainsi le lieu l (l'aéroport) à Toulouse.

Interprétation spatio-temporelle d'un ALS

Nous donnons ci-dessous l'axiome correspondant à l'interprétation spatio-temporelle de l'ALS *deux kilomètres plus loin*, mis en œuvre dans la cinquième phrase du texte (t13).

$$(A34) \\ (\langle \tau, \alpha, \beta \rangle \& \text{ALST-deux-kilomètres-plus-loin}(\beta)) \rightarrow \exists t, l [\text{Time}(t) \& \text{Loc}(l) \& \text{Distance}(e_\alpha, l, 2\text{km}) \& \text{P}(\text{ST}(e_\beta), \text{ST}(l)) \& \text{st}_{\text{adv}}(\beta)=\text{ST}(l,t) \& (\forall y \{ \text{Mobile}(y, e_\alpha) \rightarrow (\text{P}(\text{ST}(y,t), \text{ST}(l)) \& \forall t' (\text{P}(\text{ST}(y,t'), \text{ST}(l)) \rightarrow (t' < t \rightarrow t' < \text{End}(e_\alpha)))))]]$$

On voit dans la deuxième ligne du conséquent de l'axiome que la valeur de $\text{st}_{\text{adv}}(\beta)$ est ici complètement fixée par un lieu l et un temps t liés à l'adverbial, puisqu'il s'agit d'une interprétation spatio-temporelle. La dernière ligne de l'axiome exprime que le temps t introduit par l'ALS est le premier temps après e_α où les mobiles de e_α sont dans le lieu l déterminé explicitement par l'ALS. Du fait de l'axiome (A15) sur la nature du référent spatio-temporel d'une éventualité de mouvement, on peut déduire à partir de (A34) la localisation temporelle de e_β à t : $e_\beta \equiv t$.

Interprétation conjointe d'un ALT et d'un ALS

Lorsqu'une phrase comporte un ALS et un ALT il y a localisation spatiale et temporelle explicite :

(A35)

$$\langle \tau, \alpha, \beta \rangle \& \text{ALT-le-11-décembre}(\beta) \& \text{ALS-à-Teilhet}(\beta) \rightarrow \exists t \exists l [\text{Time}(t) \& \text{Calend}(t, 11.12.92)^{17} \& \text{Day}(t) \& e_\beta \subseteq t \& \text{Loc}(l) \& \text{Teilhet}(l) \& P(\text{ST}(e_\beta), \text{ST}(l)) \& \text{st}_{\text{adv}}(\beta) = \text{ST}(l, t)]$$
Cas de phrases sans ALT ni ALS

Lorsqu'une phrase (d'un texte décrivant un déplacement) ne comporte aucun adverbe de localisation, celle-ci est effectuée uniquement par l'éventualité e fixée anaphoriquement par le constituant d'attachement et la relation de discours, comme dans les deux phrases sans adverbes du texte (t13).

(A36)

$$\langle \tau, \alpha, \beta \rangle \& \text{NoALT/S}(\beta) \rightarrow \exists e (e=? \& \text{Ev}(e) \& \text{Adloc}(e) \& \text{st}_{\text{adv}}(\beta) = \text{ST}(e))$$
Cas des premières phrases

Dans le cas des premières phrases on ne peut trouver que des adverbiaux effectuant une localisation directe, comme dans la phrase (1) du texte (t1).

(A37)

$$\langle \tau, \alpha, \emptyset \rangle \& \text{ALT-le-10-décembre-1992}(\alpha) \rightarrow \exists t [\text{Time}(t) \& \text{Calend}(t, 10.12.92) \& \text{Day}(t) \& e_\alpha \subseteq t]$$

(A38)

$$\langle \tau, \alpha, \emptyset \rangle \& \text{ALS-à-l'aéroport-de-Toulouse}(\alpha) \rightarrow \exists l [\text{Loc}(l) \& \text{Aéroport-de-Toulouse}(l) \& P(\text{ST}(e_\alpha), \text{ST}(l))]$$

¹⁷Nous n'explicitons pas ici la résolution de l'anaphore portant sur l'année incluant le moment d'énonciation, mais celle-ci est prise en compte dans le processus de construction, résumé par le présent axiome.

5. Effets spatio-temporels des relations de discours

Nous allons maintenant prendre en considération la sémantique des adverbiaux telle que définie ci-dessus afin d'établir des axiomes appropriés pour les effets spatio-temporels des relations de discours.

Pour une relation de narration entre deux constituants α et β , nos hypothèses sont les suivantes :

- la relation de narration sélectionne toujours (*via* le prédicat *Adloc*) le référent spatio-temporel de l'état final introduit par l'éventualité de α , $\text{Poststate}(e_\alpha)$, pour la résolution de l'anaphore déclenchée par l'adverbial (ALS, ALT ou ALST) éventuellement présent dans β ,
- la relation de narration induit une relation de recouvrement *temporel* entre la tranche d'espace-temps introduite par l'adverbial de β , $\text{st}_{\text{adv}}(\beta)$, et l'état qui précède e_β , $\text{Prestate}(e_\beta)$.

Ces hypothèses sont exprimées par l'axiome suivant :

(A39)

$\text{Narration}(\alpha, \beta) \rightarrow (\text{Adloc}(\text{Poststate}(e_\alpha)) \ \& \ O_t(\text{st}_{\text{adv}}(\beta), \text{ST}(\text{Prestate}(e_\beta))))$

Pour la relation de mise en arrière-plan, nos hypothèses sont les suivantes :

- la relation de mise en arrière plan sélectionne directement l'éventualité principale du constituant d'attachement, e_α ,
- la relation de mise en arrière-plan induit une relation de recouvrement *spatio-temporel* entre la tranche d'espace-temps introduite par l'adverbial de β , $\text{st}_{\text{adv}}(\beta)$, et e_β .

Ces hypothèses sont exprimées par l'axiome suivant :

(A40)

$\text{Background}(\alpha, \beta) \rightarrow (\text{Adloc}(e_\alpha) \ \& \ O(\text{st}_{\text{adv}}(\beta), \text{ST}(e_\beta)))$

Pour la relation d'élaboration, les effets spatio-temporels sont une conséquence des effets plus généraux produits par la relation de partie à tout. La présence d'adverbiaux ne modifie pas ces effets.

(A41)

$\text{Elaboration}(\alpha, \beta) \rightarrow \text{Part}(e_\beta, e_\alpha)$

A partir de (A39), de la définition de st_{adv} , et de nos hypothèses sur les éventualités (A14), nous pouvons déduire les effets temporels de la narration, (P1) ci-dessous. De même, à partir de (A15-20) et (A39) nous déduisons deux propriétés importantes pour le calcul de la structure spatio-temporelle du discours, (P2) et (P3), lorsque α et β ont un groupe de mobiles commun¹⁸.

(P1)

$\text{Narration}(\alpha, \beta) \rightarrow e_\alpha < e_\beta$

(P2)

$\text{Narration}(\alpha, \beta) \rightarrow \{[\text{O}_G(\text{Target}(e_\alpha), \text{Target}(e_\beta)) \ \& \ \text{NoALT/S}(\beta)] \rightarrow \text{O}(\text{ST}(\text{Source}(e_\beta)), \text{ST}(\text{Goal}(e_\alpha)))\}$

(P3)

$(\text{Narration}(\alpha, \beta) \rightarrow \{[\text{O}_G(\text{Target}(e_\alpha), \text{Target}(e_\beta)) \ \& \ \text{NoALT/S}(\beta) \ \& \ (\neg \text{lexicalized}(\text{Source}(e_\beta)) \vee \neg \text{lexicalized}(\text{Goal}(e_\alpha)))] \rightarrow \text{Source}(e_\beta) = \text{Goal}(e_\alpha)\})$

¹⁸Dans (P2-3) ceci est traduit par l'opérateur O_G de recouvrement pour les groupes [Lin83], $\text{Target}(e)$ regroupant l'ensemble des mobiles de e .

6. Connaissances pragmatiques et connaissances sur le monde

La construction de la structure du discours fait également appel à des connaissances pragmatiques et à des connaissances sur le monde sous-jacentes à la sémantique de nombreux lexèmes ou liées à des faits empiriques spécifiques, comme par exemple des connaissances géographiques. Il convient bien sûr de poser au sein de ces connaissances un certain nombre de divisions ; nous suivons pour cela les travaux effectués dans le cadre des projets LILOG, TACITUS et CYC [HR91], [HCDEL87] auxquels nous renvoyons le lecteur intéressé par un traitement complet des connaissances sur le monde. Dans le cadre de cet article, nous nous limiterons à une illustration de ce qu'un travail complet de modélisation des connaissances du monde et des connaissances pragmatiques devrait produire ; nous donnerons seulement les axiomes nécessaires pour effectuer les inférences concernant la structure spatio-temporelle du texte d'exemple donné plus haut.

6. 1. Les connaissances pragmatiques

Dans la SDRT, les connaissances pragmatiques sont en partie exprimées par des règles sur les relations de discours que certaines juxtapositions de types d'événements connectés permettent d'évoquer. Ces règles jouent un rôle central dans la construction des SDRS, contrairement à d'autres travaux sur l'interprétation pragmatique de textes où elles sont souvent négligées.

Le traitement de notre texte fait appel à deux règles de ce type. La première est la règle (A42), ci-dessous.

(A42)
 $(\text{voler}(e_\alpha) \ \& \ \text{survoler}(e_\beta) \ \& \ \forall x (\text{Mobile}(x, e_\beta) \rightarrow \text{Mobile}(x, e_\alpha)) \ \& \ \langle \tau, \alpha, \beta \rangle)$
 $\rightarrow \text{D_Permissible_Subtype}(\beta, \alpha)$

Cette règle exprime que si α décrit un vol et β un survol dont tous les acteurs mobiles (x peut être un oiseau ou une personne dans un véhicule volant) sont également des acteurs mobiles de α , et si on suppose que les constituants α et β sont reliés dans la structure de discours, alors on peut déduire que l'intention de l'auteur est d'exprimer que l'événement de β est un sous-événement de celui de α et donc qu'il entend lier ces deux constituants par une relation d'élaboration. La relation d'élaboration sera déduite par l'intermédiaire du prédicat $\text{D_Permissible_Subtype}$ et de l'axiome (A10).

Notons, à propos de (A42), qu'il serait possible d'utiliser un axiome plus général exprimant que si, dans le cas d'une situation typique, un type d'événement donné implique un sous-événement d'un autre type et qu'on

rencontre dans le discours deux événements juxtaposés qui sont justement des instances de ces types-là, alors on peut déduire que l'événement qui est une instance du sous-type est potentiellement un sous-événement de l'autre. C'est ce qu'exprime l'axiome (A43) qui, associé à l'axiome de connaissance du monde (A44), permet de retrouver (A42) comme théorème.

(A43)

$$\forall e (\varphi(e) \supset \exists e' (\psi(e') \ \& \ \text{Part}(e',e))) \rightarrow \{[\langle \tau, \alpha, \beta \rangle \ \& \ (\alpha \rightarrow \varphi(e_\alpha)) \ \& \ (\beta \rightarrow \psi(e_\beta)) \ \& \ \diamond \text{Part}(e_\beta, e_\alpha)] \rightarrow D_Permissible_Subtype(\beta, \alpha)\}$$

(A44)

$$\text{Voler}(e) \supset \exists e' (\text{survoler}(e') \ \& \ \text{Part}(e',e))$$

La deuxième règle pragmatique, (A45), est relative à l'information spatio-temporelle. A l'inverse de la règle précédente qui inférait un *D_Permissible_Subtype* entre événements à partir de la connaissance sur la typicité des situations, cette règle part d'observations sur les chemins associés aux événements pour inférer cette même relation. Elle exprime que si α décrit un événement de mouvement dont le chemin contient un lieu dans lequel l'événement décrit par β se déroule, si les acteurs mobiles des deux événements sont identiques et si β doit être attaché à α , alors le second événement est potentiellement un sous-événement du premier.

(A45)

$$\exists s, l [\langle \tau, \alpha, \beta \rangle \ \& \ s \in \text{Path}(e_\alpha) \ \& \ l \in s \ \& \ P(\text{ST}(e_\beta), \text{ST}(l)) \ \& \ (\text{Mobile}(x, e_\alpha) \rightarrow \text{Mobile}(x, e_\beta))] \rightarrow D_Permissible_Subtype(\beta, \alpha)$$

6. 2. Les connaissances sur le monde

Les connaissances sur le monde que nous désignons ici par le terme général de "connaissance du monde" peuvent être génériques ou spécifiques.

6. 2. 1. Connaissances génériques

Une grande partie de ce que nous appelons ici la "connaissance du monde générique" est révélée par la sémantique lexicale des noms et des verbes *bimoteur*, *iceberg*, *ville* ou *voler*, dont nous n'avons pas encore fait une analyse approfondie. Nous ferons l'hypothèse que ces lexèmes donnent lieu à des conditions de DRS, que nous distinguerons par des caractères en italique.

Pour faire nos inférences, nous avons besoin de connaissances sur la classification et la structure des objets, des lieux et des éventualités (événements et états). Ainsi, par exemple, des faits (c'est-à-dire des règles non monotones ou "dures") exprimant que :

- les personnes, les véhicules et les icebergs sont des objets :

(A46)

 $(\text{Person}(x) \vee \text{Vehicle}(x) \vee \text{Iceberg}(x)) \rightarrow \text{Object}(x)$

• un *bimoteur* est un type d'avion particulier, un avion est un type de véhicule :

(A47)

 $\text{Bimoteur}(x) \rightarrow \text{Plane}(x)$

(A48)

 $\text{Plane}(x) \rightarrow \text{Vehicle}(x)$

• les villes, les aéroports, les "zones arctiques" sont des lieux :

(A49)

 $(\text{City}(x) \vee \text{Aéroport}(x) \vee \text{Arctic_Zone}(x)) \rightarrow \text{Loc}(x)$

• un vol en avion est un voyage :

(A50)

 $\text{Voler_en_avion}(e) \rightarrow \text{Voyage}(e)$

Nous avons également besoin d'information sur la structure des lieux. Par exemple, les icebergs sont habituellement situés dans des zones arctiques :

(A51)

 $\text{Iceberg}(i) > \exists l (\text{Arctic_Zone}(l) \& \text{P}(\text{ST}(i), \text{ST}(l)))$

Mais aussi, et plus généralement, la mise en relation de deux entités par un génitif exprime normalement une relation de partie à tout entre ces lieux :

(A52)

 $(\text{Loc}(x) \& \text{Loc}(y) \& \text{de}(x,y)) > \text{Part}(x,y)$

Notons que, dans ces deux exemples, ces informations sont exprimées par des règles non monotones.

Il faut ensuite représenter la connaissance relative aux propriétés fonctionnelles des relations et des éventualités. Ainsi, pour traiter notre texte, il est utile de savoir que :

• si un objet est un mobile d'un événement qui se déroule *à bord* d'un véhicule, alors il est situé à l'intérieur de ce véhicule :

(A53)

 $(\text{à_bord_de}(e,y) \& \text{Vehicle}(y) \& \text{Mobile}(x,e) \& \neg \text{Part}(x,y) \& x \neq y) \rightarrow \text{P}(\text{ST}(x,e), \text{ST}(\text{int}(y),e))$

• si quelqu'un est dans un avion, alors il est probable que son séjour dans l'avion fasse partie d'un vol :

(A54)

$$(\text{Plane}(x) \ \& \ \text{Person}(y) \ \& \ \text{P}(\text{ST}(y,e), \text{ST}(\text{int}(x),e))) \ \> \ \exists e' \ (\text{voler_en_avion}(e') \ \& \ \text{Mobile}(y,e') \ \& \ \text{Part}(e,e'))$$

• un vol en avion comporte généralement un décollage et un atterrissage sur des aéroports :

(A55)

$$(\text{voler_en_avion}(e) \ \& \ \text{Source}(e)=l_1 \ \& \ \text{Goal}(e)=l_2) \ \> \ \exists e', e'', l_3, l_4 \ (\text{Take_off}(e') \ \& \ \text{Landing}(e'') \ \& \ \text{Source}(e')=l_3 \ \& \ \text{Goal}(e'')=l_4 \ \& \ \text{Aéroport}(l_3) \ \& \ \text{Aéroport}(l_4) \ \& \ \text{Part}(l_3,l_1) \ \& \ \text{Part}(l_4,l_2))$$

En plus des hypothèses faites aux sections 3. et 4., il convient d'ajouter certaines propriétés spécifiques des éventualités. Nous nous intéressons ici aux éventualités de déplacement comme les voyages, et aux éventualités de non-déplacement comme les attentes :

• un voyage en un lieu l (par exemple, *un voyage en Occitanie, un voyage à Toulouse*) peut inclure un voyage jusqu'au lieu l et un nombre arbitraire de déplacements à l'intérieur de l , connectés deux à deux :

(A56)

$$[\text{Voyage}(e) \ \& \ \text{Goal}(e)=l \ \& \ \forall i=1 \dots n \ \text{P}(\text{ST}(e_i), \text{ST}(l)) \ \& \ \text{C}(\text{ST}(e), \text{ST}(e_1)) \ \& \ \forall i=1 \dots n-1 \ \text{C}(\text{ST}(e_i), \text{ST}(e_{i+1})) \ \& \ \exists x \ (\text{Mobile}(x,e) \ \& \ \forall i=1 \dots n \ \text{Mobile}(x,e_i))] \ \rightarrow \ \exists e' \ (\text{Voyage_in}(e',l) \ \& \ \text{Part}(e,e') \ \& \ \forall i=1 \dots n \ \text{Part}(e_i,e'))$$

• d'autre part, un voyage de l_1 à l_2 suivi d'un voyage de l_2 à l_3 peut être résumé par un voyage de l_1 à l_3 :

(A57)

$$[\text{Voyage}(e_1) \ \& \ \text{Voyage}(e_2) \ \& \ \text{Goal}(e_1)=\text{Source}(e_2) \ \& \ \text{C}(\text{ST}(e_1), \text{ST}(e_2)) \ \& \ e_1 < e_2 \ \& \ \exists x \ (\text{Mobile}(x,e_1) \ \& \ \text{Mobile}(x,e_2))] \ \rightarrow \ \exists e_3 \ (\text{Voyage}(e_3) \ \& \ \text{Source}(e_3)=\text{Source}(e_1) \ \& \ \text{Goal}(e_3)=\text{Goal}(e_2) \ \& \ \text{Part}(e_1,e_3) \ \& \ \text{Part}(e_2,e_3))$$

• enfin, en ce qui concerne les éventualités d'attente, nous exprimons le fait que l'attente d'une personne effectuant un déplacement, au lieu de sa destination, s'achève lorsque cette personne atteint son but :

(A58)

$$[\text{attendre}(e,x,y) \ \& \ \text{P}(\text{ST}(x,e), \text{ST}(l,e)) \ \& \ \text{CoL}(e') \ \& \ \text{Goal}(e')=l \ \& \ \text{Mobile}(y,e')] \ \rightarrow \ \forall w \ (e' < w \leftrightarrow e < w)$$

6. 2. 2. Connaissances spécifiques

L'instanciation des catégories générales comme les personnes et les lieux fait partie de ce que nous appelons la connaissance du monde spécifique. Elle est codée par des règles dures, par exemple :

(A59)

$$(\text{Nicholas}(x) \ \vee \ \text{Sheila}(x)) \ \rightarrow \ \text{Person}(x)$$

(A60)
 $(Austin(x) \vee Toulouse(x) \vee Carcassonne(x)) \rightarrow City(x)$

(A61)
 $Occitanie(x) \rightarrow Loc(x)$

Des connaissances générales sur la structure du monde, par exemple des informations géographiques, peuvent jouer un rôle important dans la compréhension d'un texte. Ainsi, les faits établissant que Toulouse et Carcassonne sont en Occitanie et qu'un voyage des États-Unis en Occitanie comporte généralement une traversée de l'Arctique, sont indispensables pour déterminer la structure spatio-temporelle de notre texte, comme nous allons le voir par la suite.

(A62)
 $(Austin(x) \& \text{États-Unis}(y)) \rightarrow Part(x,y)$

(A63)
 $((Toulouse(x) \vee Carcassonne(x)) \& Occitanie(y)) \rightarrow Part(x,y)$

(A64)
 $Arctique(x) \rightarrow Arctic_zone(x)$

(A65)
 $(Voler_en_avion(e) \& \text{États-Unis}(x) \& Occitanie(y) \& Arctique(z) \& Part(Source(e),x) \& Part(Goal(e),y)) \rightarrow \exists s (s \in Path(e) \& z \in s)$

7. Traitement d'un exemple

Nous montrons dans cette section qu'il est possible, à partir du cadre théorique élaboré plus haut, de calculer la structure spatio-temporelle d'un énoncé décrivant un déplacement, tel que le texte (t1) proposé dans l'introduction et repris ci-dessous :

- (1) *Le 10 décembre 1992, Nicholas quitta Austin à bord de son bimoteur Comanche N8937Y.*
- (2) *Il vola d'une traite jusqu'à Toulouse.*
- (3) *a/b/c/ Il survola de gros icebergs. / Il vit de grandes montagnes. / Il vit de gros icebergs.*
- (4) *A l'aéroport de Toulouse, Sheila l'attendait avec anxiété.*
- (5) *Ils allèrent à Carcassonne manger dans un grand restaurant.*
- (6) *Puis ils prirent un repos bien mérité.*

7. 1. Première phrase

La première phrase (1) de ce texte conduit à l'introduction d'une DRS k1 dans laquelle le procès décrit est localisé temporellement le 10

décembre 1992. La sémantique de la locution prépositionnelle *à bord de* et celle du verbe *quitter* nous permettent de savoir que le syntagme prépositionnel *à bord de son bimoteur Comanche N8937Y* vient ici préciser les modalités d'un départ. Le traitement de cette première phrase aboutit à l'introduction du constituant de base donné dans la Figure 7.

k1	x y t z e1 n
	Nicholas(x)
	Austin(y)
	10 décembre 92(t)
	Comanche--N8937Y(z)
	e1--quitter(x,y)
	Mobile(x,e1)
	Lref(e1)=y
	P(ST(Source(e1)), ST(Z-inner-halo(x,y)))
	P(ST(Σ SIP(e1)), ST(Z-outer-halo(x,y)))
	P(ST(Goal(e1)), ST(Z-outer-most(x,y)))
	e1 < n
	e1 \sqsubseteq t
	P(ST(x,e1), ST(int(z),e1))

Figure 7

DRS k1 pour la phrase (1)

7. 2. Deuxième phrase

La deuxième phrase (2) donne lieu à la construction d'une DRS k2 (Figure 8) qu'il est nécessaire de relier à k1 au moyen d'une relation de discours.

k2	w l e2 n
	w=?
	Toulouse(l)
	e2--voler-jusqu'à(w,l)
	d'une-traite(e2)
	Mobile(w,e2)
	Lref(e2)=l
	P(ST(Source(e2)), ST(Z-outer-most(w,l)))
	P(ST(Σ SIP(e2)), ST(Z-outer-halo(w,l)))
	P(ST(Goal(e2)), ST(Z-inner-halo(w,l)))
	e2 < n

Figure 8

DRS k2 pour la phrase (2)

Les prémisses des règles permettant d'inférer les relations d'élaboration ou de mise en arrière-plan n'étant pas satisfaites ici (axiomes (A10) et (A4-A5)) nous déduisons par (A3) que la relation de discours reliant k_2 à k_1 est la narration. Cet attachement permet de résoudre l'anaphore introduite par le pronom *il* (réfèrent de discours w dans la DRS ci-dessus) en le mettant en relation au moyen des outils proposés dans la DRT [AW89] à son antécédent *Nicholas*. Précisons que, dans la SDRT, la résolution d'anaphores ne peut se faire qu'en mettant en relation des éléments appartenant à des constituants reliés par une relation de discours¹⁹.

Pour la construction du topique dominant k_1 et k_2 , nous déduisons à partir du contenu de k_1 et au moyen des axiomes (A47, A53, A59, A46, A50) que Nicholas a quitté Austin dans son bimoteur N8937Y pour entreprendre un vol. Les axiomes dont nous disposons concernant la sémantique des complexes verbaux de déplacement et les axiomes (A54, A57, P3) nous permettent également de déduire que k_2 décrit une partie d'un voyage effectué par Nicholas de Austin jusqu'à Toulouse, dont k_1 précise le début du déplacement. En conséquence, la relation $\text{Narration}(k_1, k_2)$ entre les constituants k_1 et k_2 que nous venons d'inférer a pour topique le voyage de Nicholas de Austin à Toulouse, comme le montre la Figure 9 (ci-après).

7. 3. Troisième phrase

Nous abordons maintenant la phrase (3) $k_3.a$, *Il survola de gros icebergs*. Nous ne détaillerons plus, dans la suite, les constituants et nous nous focaliserons sur la structure du discours. La mise en relation de $k_3.a$ avec k_2 et l'axiome (A42) permettent de mettre en évidence un $D_Permissible_Subtype$ entre les événements e_2 et $e_3.a$. Cette information combinée aux axiomes (A10) et (CE3) nous conduit à déduire la relation $\text{Elaboration}(k_2, k_3.a)$ plutôt que $\text{Narration}(k_2, k_3.a)$. En effet, bien que la règle de défaut concernant la narration puisse être appliquée, la règle de défaut sur l'élaboration fonctionne également, mais leurs parties conséquentes sont incompatibles. En outre, l'antécédent de la règle relative à l'élaboration est plus spécifique que celui sur la narration. En raison des effets spatio-temporels de la relation d'élaboration (A41), nous pouvons conclure que le survol des icebergs constitue une partie du voyage de Nicholas.

La SDRS construite jusqu'à ce point présente la structure schématisée dans la Figure 10 (ci-après).

7. 4. Quatrième et cinquième phrases

La SDRS prédit ici trois possibilités pour l'attachement de k_4 : $k_3.a$, k_2 et k^* . Les règles relatives aux marqueurs temporels indiquent que k_4

¹⁹En SDRT, pour résoudre l'anaphore $y=?$ en $y=x$, le réfèrent x doit être à la fois accessible à y et disponible pour y . Un réfèrent x est accessible à y dans la SDRS K_0 ssi : (i) x est un réfèrent de l'univers de K , (ii) y est un réfèrent de l'univers de K' , (iii) K et K' sont des constituants de K_0 par fermeture transitive, et (iv) x est accessible-DRT à y dans la DRS qui serait obtenue par fusion récursive sur les constituants de K_0 . La structure du discours impose une contrainte supplémentaire sur la résolution d'anaphore pronominale : le réfèrent doit être disponible. Un réfèrent ou une SDRS x est disponible pour y dans la SDRS K_0 ssi : (i) x est un réfèrent de l'univers de K ou $x = K$, (ii) y est un réfèrent de l'univers de K' , (iii) K et K' sont des constituants de K_0 par fermeture transitive, et (iv) K'' est subordonnée à K , ou $R(K, K')$, ou $K \Downarrow^* K'$. Pour plus de précisions, le lecteur pourra se reporter à [Ash93].

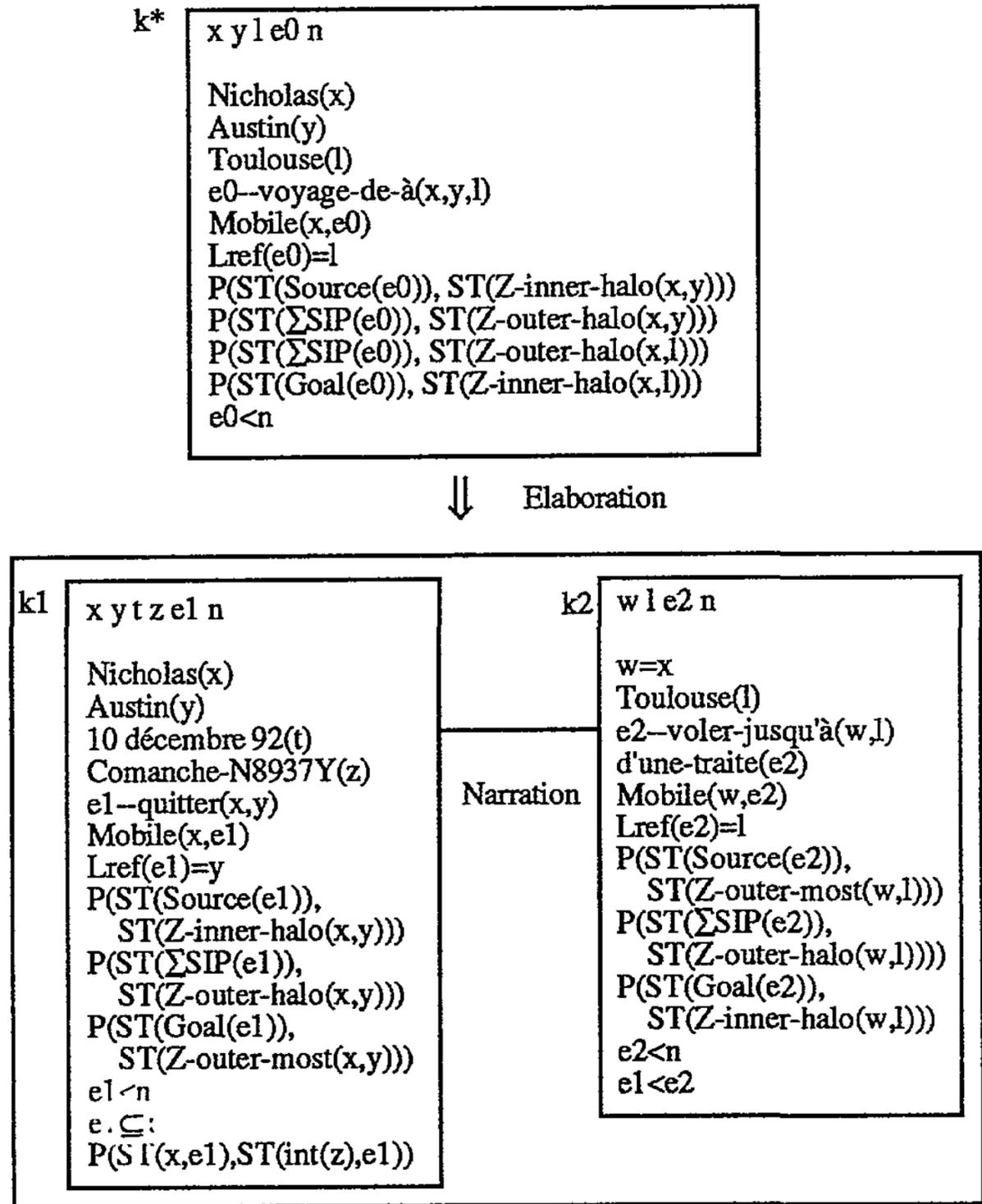


Figure 9
SDRS associée aux phrases (1) (2)

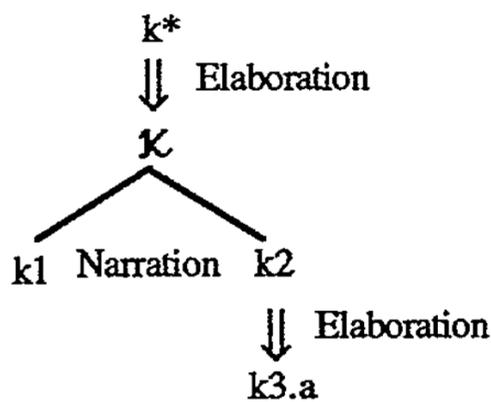


Figure 10
Structure de la SDRS pour les phrases (1)(2)(3.a)

contient un état alors que $k_{3.a}$, k_2 et k^* contiennent tous des événements. Pour chacun de ces trois points possibles d'attachement les règles de défaut relatives à la narration (A3) et à la mise en arrière-plan (A4) peuvent s'appliquer. Si les contraintes spatio-temporelles liées à l'arrière-plan sont vérifiées, l'axiome (CE3) permettra de ne retenir que cette relation de discours. Dans les trois cas, ces contraintes sont vérifiées du fait de l'effet de relocalisation induit par l'adverbial à l'aéroport de Toulouse (A33), (A40). Conformément aux principes d'attachement de la SDRT, qui indiquent que l'on examine d'abord le point d'attachement le plus bas sur la frontière droite, nous tentons tout d'abord un attachement de k_4 au constituant $k_{3.a}$ par la relation d'arrière-plan. Ceci nous conduit (par (A6)) à introduire un topique k' du type Foreground-Background-Pair (FBP) regroupant $k_{3.a}$ et k_4 (FBP(k' , [$k_{3.a}$, k_4])). Ce même axiome et la définition de l'opérateur de mise à jour (II) nous amènent à substituer k' à $k_{3.a}$ chaque fois qu'une relation de la SDRS relie $k_{3.a}$ à des constituants qui lui sont antérieurs. Nous obtenons la SDRS schématisée dans la Figure 11.

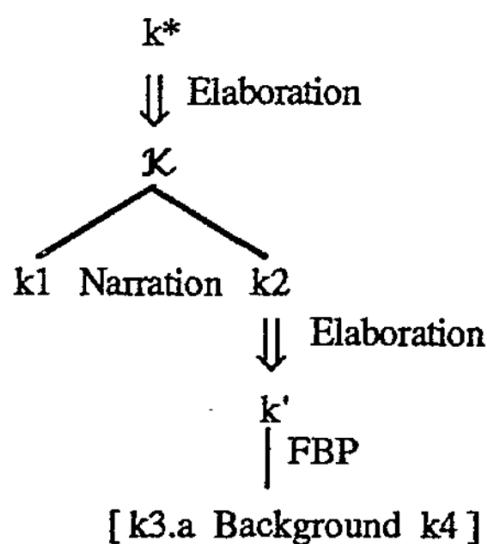


Figure 11

Première possibilité pour la structure de la SDRS
pour (1)(2)(3.a)(4)

Nous traitons maintenant la phrase (5) dans laquelle le pronom *ils* doit être mis en relation avec la somme de Nicholas et de Sheila. Selon les contraintes relatives à la résolution d'anaphores dans la SDRT, les seuls constituants auxquels k_5 pourrait être rattaché par une relation de discours et dans lesquels les référents de Nicholas et Sheila soient présents sont k_4 , et k' . k_4 contenant un état et k_5 décrivant un événement, l'axiome (A5) suggère un attachement possible de k_5 à k_4 à travers une relation d'arrière-plan. La règle (R3) sur le comportement des FBP nous conduit cependant à écarter cette possibilité puisqu'il exclut le fait qu'un constituant puisse servir d'arrière-plan à deux éléments de premier plan distincts. L'attachement à k_4 par la narration n'étant lui non plus pas

possible (R2), nous tentons de rattacher k_5 à k' au moyen de la narration, (A3) étant le seul axiome applicable ici. Cette tentative échoue également car comme le stipule la règle (R1), k_5 devrait alors élaborer le survol des icebergs par Nicholas ce qui n'est pas le cas puisque le déplacement de Nicholas et Sheila à Carcassonne ne constitue pas une partie de cet événement.

Les deux seuls points d'attachement possibles pour la résolution de l'anaphore *Ils* du constituant k_5 ayant été écartés, il convient donc maintenant de mettre en cause l'attachement de k_4 et d'envisager la possibilité de l'attacher à k_2 par une relation d'arrière-plan. Comme précédemment on construirait un FBP k'' regroupant k_2 et k_4 , ce qui donnerait une SDRS dont la structure est présentée dans la Figure 12. On tenterait ensuite d'attacher k_5 à k_4 , puis à k'' , qui sont les seuls constituants envisageables pour pouvoir résoudre l'anaphore. Les mêmes types de raisonnements que ceux mis en œuvre ci-dessus nous conduisent à écarter finalement cette seconde solution pour l'attachement de k_4 (k_4 ne peut être à la fois l'arrière-plan de k_2 et de k_5 ; il ne peut y avoir de relation de narration entre k_4 et k_5 ; et enfin k_5 ne peut élaborer le vol de Nicholas jusqu'à Toulouse).

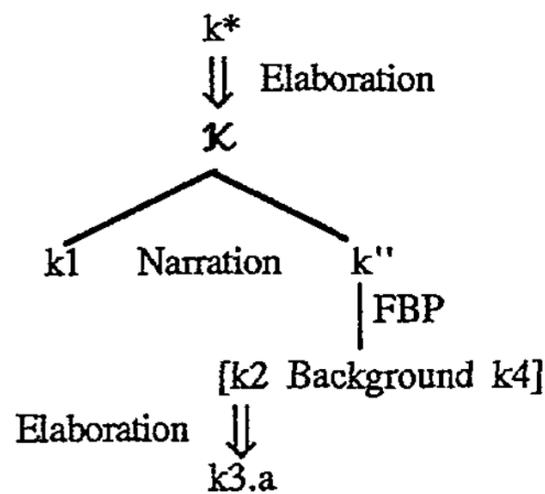


Figure 12

Deuxième possibilité pour la structure de la SDRS
pour (1)(2)(3.a)(4)

La dernière solution envisageable pour cet attachement est donc la mise en relation de k_4 et k^* par un arrière-plan. Nous sommes amenés comme précédemment à introduire un constituant k''' du type FBP réunissant ces deux éléments (FBP(k''' , [k^* , k_4])) ce qui donne la structure présentée dans la Figure 13 (ci-contre).

La somme de Sheila et Nicholas étant présente à la fois dans les constituants k_4 (après résolution de l'anaphore) et k''' nous pouvons maintenant tenter de mettre k_5 en relation avec l'un de ces deux éléments. Le recours à la mise en arrière-plan ou à la narration pour le rattachement à k_4 étant, comme précédemment, écarté (du fait des règles (R3), (R2)) la seule possibilité qui demeure consiste à relier k_5 à k''' au moyen de la

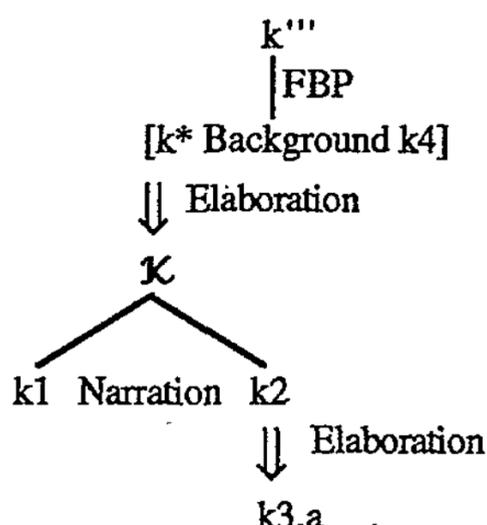


Figure 13

Troisième possibilité pour la structure de la SDRS
pour (1)(2)(3.a)(4)

narration. (P3) nous indique que la source de l'événement auquel il est fait référence dans k5 est l'aéroport de Toulouse, les règles sur la sémantique des complexes verbaux de déplacement nous permettant pour leur part de savoir que le but de ce déplacement est Carcassonne (A27). L'axiome (A1) sur le fonctionnement de la narration nous contraint à construire un topique k** regroupant les éléments k''' et k5. L'axiome (A56) sur la structuration des événements de type "voyage" et le fait que les villes de Toulouse et Carcassonne se trouvent en Occitanie (A63) nous conduisent donc à introduire le voyage de Nicholas en Occitanie comme topique.

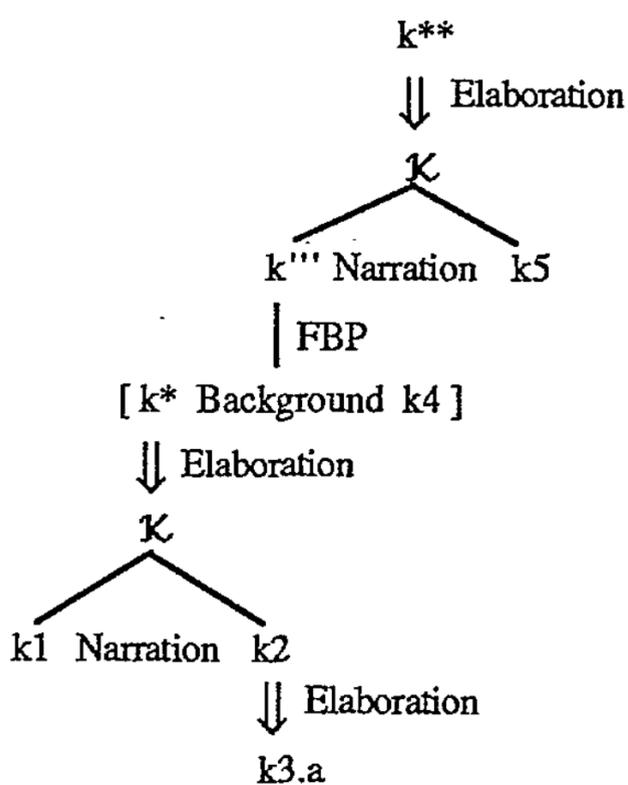


Figure 14

Structure de la SDRS pour (1)(2)(3.a)(4)(5)

7. 5. Sixième phrase

La présence de l'adverbe *puis* dans la phrase (6) implique, à travers l'axiome (A28), une relation temporelle entre les événements e_5 et e_6 qui est compatible avec les effets temporels de la relation de narration. On peut donc établir $\text{Narration}(k_5, k_6)$. P3 nous indique que la source de e_6 coïncide avec le but de e_5 — à savoir Carcassonne — et puisque l'expression *prendre un repos* n'est pas un complexe verbal de déplacement, nous déduisons qu'à l'issue de e_5 Nicholas et Sheila se trouvent toujours à Carcassonne. L'axiome (A56) nous permet enfin de vérifier que le topique k^{**} introduit pour k''' et k_5 ("le voyage de Nicholas en Occitanie") demeure valable pour k''' , k_5 et k_6 (après application de R1). La structure finale obtenue est présentée dans la Figure 15.

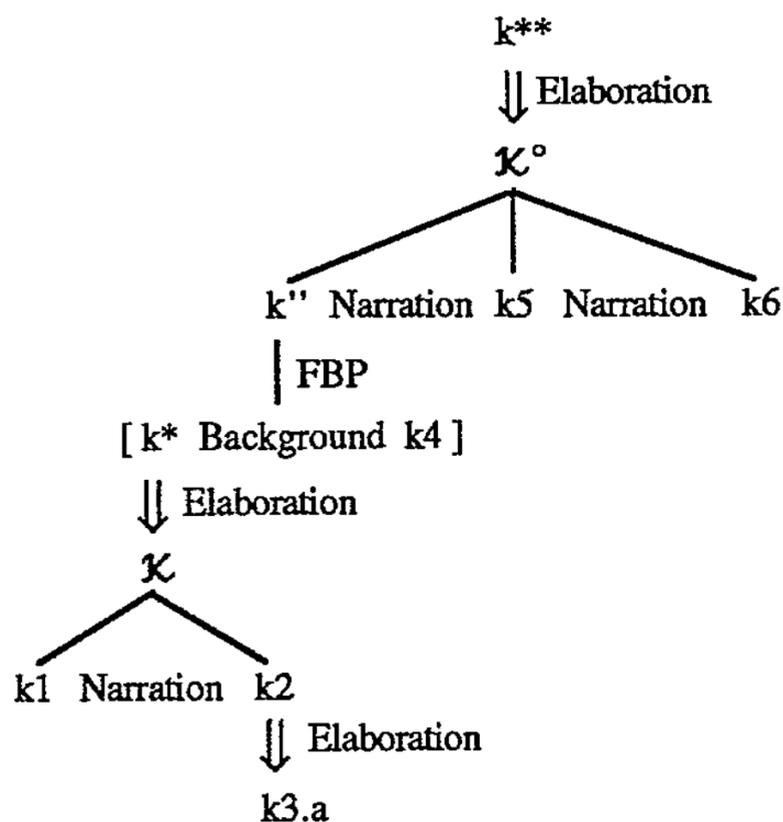


Figure 15

Structure de la SDRS pour (t1)

7. 6. Traitement de la variante

L'énoncé analysé jusqu'à ce point comporte une variante pour le traitement de laquelle il est nécessaire de recourir à diverses connaissances sur le monde ainsi que sur la relation d'arrière-plan. Ainsi si nous substituons 3.a (*Il survola de gros icebergs*) par 3.b (*Il vit de grandes montagnes*) dans le texte initial, nous ne pouvons plus utiliser (A42) pour déduire $D_Permissible_Subtype(k_2, k_{3.b})$ et il n'est donc pas possible d'inférer $\text{Elaboration}(k_2, k_{3.b})$. La connaissance géographique pourrait cependant nous être utile si au lieu de 3.b nous avions 3.c (*Il vit de gros icebergs*).

En effet, (A45, A49-51) et (A62-65) nous permettent de déduire qu'un voyage des États-Unis en Occitanie pourrait comporter la traversée de la zone Arctique dans laquelle les icebergs se trouveraient possiblement localisés si bien que nous parvenons à nouveau à établir $D_Permissible_Subtype(k2,k3.c)$.

Dans le cas de 3.b cette information géographique nous fait défaut et nous tentons donc de relier $k3.b$ à l'un des deux points d'attachement ouverts dans la structure — $k2$ ou k^* — par une relation de narration. Nous constatons immédiatement que l'attachement de $k3.b$ à $k2$ par la narration n'est pas possible car (R1) nécessiterait alors $Elaboration(k^*,k3.b)$, ce que nous ne pouvons établir puisque, comme nous l'avons déjà noté, la connaissance géographique ne nous permet pas de déduire que les montagnes auxquelles il est fait référence aient été aperçues par Nicholas durant son voyage. Le seul attachement possible étant par conséquent $\langle \tau, k^*, k3.b \rangle$, nous concluons $Narration(k^*, k3.b)$. Ainsi que le requiert l'axiome (A1), en nous basant sur le fait que *voir* n'est pas un verbe de déplacement et en utilisant l'axiome (A56), nous introduisons le topique k^{**} regroupant k^* et $k3.b$. Ce topique décrit l'ensemble du voyage de Nicholas à Toulouse, y compris ses activités sur le lieu d'arrivée, en particulier la vision de grandes montagnes.

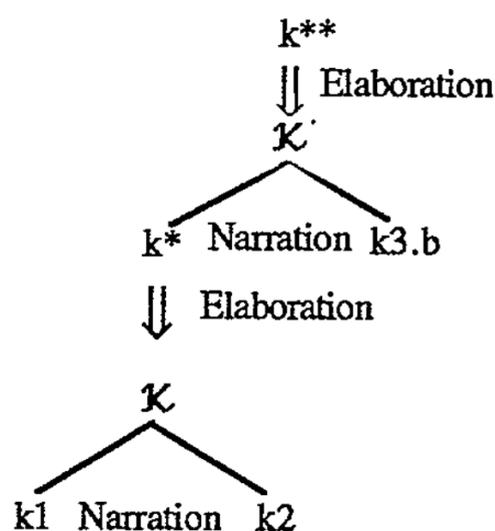


Figure 16
Structure de la SDRS pour (1)(2)(3.b)

Nous tentons maintenant de mettre en relation l'élément $k4$ à la SDRS élaborée jusqu'à ce point, $k3.b$ constituant, selon la SDRT, un point d'attachement possible (de même que k^{**}). $k4$ contenant un état et $k3.b$ un événement, (A4) et (CE3) nous permettent d'inférer $Background(k3.b,k4)$. On note cependant que les effets temporels de la mise en arrière-plan impliquent que l'on ait $O_t(ST(e3.b), ST(s4))$ (A40). Compte tenu des effets temporels de la narration entre k^* et $k3.b$ (P1), on

déduit donc $e^* \langle e3.b \ \& \ \neg \ s4 \langle e3.b$, ce qui est en contradiction avec l'axiome (A58). La théorie aboutit donc à considérer cette variante du discours initial comme étant incohérente.

8. Conclusion

A travers cet article nous avons montré qu'il est possible de maîtriser les connaissances lexicales et discursives nécessaires au calcul des structures spatio-temporelles de textes simples décrivant des voyages. Le cadre théorique construit permet d'articuler les diverses sources d'information qui interviennent dans ce calcul tout en s'assurant, dans la mesure du possible, de la validité des hypothèses cognitives et ontologiques sous-jacentes. Il est clair, néanmoins, que certains composants du cadre théorique ne sont pour l'instant qu'à l'état d'ébauche. Il en va ainsi de la représentation de la connaissance du monde qui constitue comme on le sait une entreprise vaste et difficile. Par contre, nous pensons que certains éléments comme la théorie des structures discursives et le cadre ontologique et sémantique pour la compréhension des expressions spatiales, temporelles et spatio-temporelles, présentent un caractère de généralité suffisant pour envisager leur application à d'autres classes de textes ou à des textes plus complexes. Outre une présentation détaillée de l'architecture globale proposée pour le traitement de ces textes narratifs, cet article analyse en profondeur certains éléments précis de la théorie qui, jusqu'à ce jour, n'avaient pas fait l'objet d'un examen détaillé dans la littérature. Il s'agit notamment de la relation rhétorique de mise en arrière-plan et de l'interprétation spatio-temporelle des adverbiaux de localisation temporelle et spatiale du français.

(**Université du Texas à Austin, USA*)

+*Institut de Recherche en Informatique de Toulouse,
Université Paul Sabatier*

#*Equipe de Recherche en Syntaxe et Sémantique,
Université de Toulouse-Le Mirail*)

Remerciements

Les auteurs remercient Mario Borillo pour les inspirations scientifiques qui sont à l'origine de ce travail et pour les nombreuses discussions qui ont accompagné son développement.

Références bibliographiques

[Ash93]

ASHER (N.)

1993, *Reference to Abstract Objects in Discourse*, Dordrecht, Kluwer.

[AB94]

ASHER (N.) & BRAS (M.)

1994, "Le Raisonnement non monotone dans la construction de la structure temporelle de textes en français", Paris, *Actes de RFIA94*.

[AK94]

ASHER (N.) & KOONS (R.)

1994, "The Revision of Beliefs and Intentions in a Changing World", *Actes de TARK'94*.

[AM91]

ASHER (N.) & MORREAU (M.)

1991, "Commonsense Entailment : A Modal Theory of Nonmonotonic Reasoning", *Actes de IJCAI'91*.

[AS94]

ASHER (N.) & SABLAYROLLES (P.)

1995, "A Typology and Discourse Semantics for Motion Verbs and Spatial PPs in French", *Journal of Semantics*, 12 (2).

[AV95]

ASHER (N.) & VIEU (L.)

1995, "Toward a Geometry of Common Sense : A Semantics and a Complete Axiomatization of Mereology-Topology", *Actes de IJCAI'95*.

[AW89]

ASHER (N.) & WADA (H.)

1989, "A Computational Account of Syntactic, Semantic and Pragmatic Factors in Anaphora Resolution", *Journal of Semantics*.

[Aur91]

AURNAGUE (M.)

1991, *Contribution à l'étude de la sémantique formelle de l'espace et du raisonnement spatial : la localisation interne en français, sémantique et structures inférentielles*, Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse.

[Aur95]

AURNAGUE (M.)

1995, "L'Expression de l'espace en basque : à propos du génitif et de l'inessif", *Linguisticae Investigationes*, 19 (1).

[AV93]

AURNAGUE (M.) & VIEU (L.)

1993, "Toward a Formal Representation of Space in Language : A Commonsense Reasoning Approach", *Notes du Workshop on Temporal and Spatial Reasoning at IJCAI'93*.

[Bie88]

BIERWISCH (M.)

1988, "On the Grammar of Local Prepositions", Bierwisch, Motsch, Zimmermann eds., *Syntax, Semantik und Lexikon, Studia grammatica*, 29, p. 1-65.

[Boo85]

BOONS (J.-P.)

1985, "Préliminaires à la classification des verbes locatifs : les compléments de lieu, leurs critères, leurs valeurs aspectuelles", *Linguisticae Investigationes*, 9 (2), p. 195-267.

[Bor93]

BORILLO (A.)

1985, "Prépositions de lieu et anaphores", *Langages*, p. 27-46.

[Bra90]

BRAS (M.)

1990, *Calcul des structures temporelles du discours*, Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse.

[BM93]

BRAS (M.) & MOLINES (F.)

1991, "Adverbials of Temporal Location : Linguistic Description and Automatic Processing", *Actes du 26th Colloquium of linguistics* (Linguistische Arbeiten), Tübingen, Niemeyer.

[Cla81]

CLARKE (B. L.)

1981, "A Calculus of Individuals based on «Connection»", *Notre Dame Journal of Formal Logic*, 22(3), p. 204-218.

[Dav69]

DAVIDSON (D.)

1969, "The Individuation of Events", in *Essays in Honor of Carl G. Hempel*, N. Rescher, ed., Dordrecht, Reidel.

[Dav71]

DAVIDSON (D.)

1971, "Agency", in *Agent, Action and Reason*, R. Binkley, R. Bronaugh, A. Marras, eds, University of Toronto Press.

[Ebe92]

EBERLE (K.)

1992, "On Representing the Temporal Structure of a Natural Language Text", *Actes de COLING'92*.

[GB95]

GAGNON (M.) & BRAS (M.)

1994, "Discourse Interpretation and Time Representation", *Rapport IRIT n°94/54 -R*.

[GS86]

GROSZ (B. J.) & SIDNER (C.)

1986, "Attention, Intentions, and the Structure of Discourse", *Computational Linguistics*, 12, p. 175-204.

[HR91]

HERZOG (O.) & ROLLINGER (C. R.)

1991, *Text Understanding in LILOG / Integrating Computational Linguistics and Artificial Intelligence* (Lecture notes in AI, 546), Berlin, Springer Verlag.

[Hob85]

HOBBS (J. R.)

1985, "On the Coherence and Structure of Discourse", *Report CSLI-85-37*, Center for Study of Language and Information.

[HCDEL87]

HOBBS (J. R.) & CROFT (W.) & DAVIES (T.) & EDWARDS (D.) & LAWS (K.)

1987, "Commonsense Metaphysics and Lexical Semantics", *Computational Linguistics*, 13 (3-4), p. 241-250.

[Kam79]

KAMP (H.)

1979, "Events, Instants and Temporal Reference", p. 376-417, in *Semantics from Different Points of View*, Bauerle, Egli, Von Stechow, eds., Berlin, Springer Verlag.

[Kam81]

KAMP (H.)

1981, "Événements, représentations discursives et référence temporelle", *Langages*, 64, p. 34-64.

[KR93]

KAMP (H.) & REYLE (U.)

1993, *From Discourse To Logic*, Dordrecht, Kluwer.

[KR92]

KAMP (H.) & ROSSDEUTSCHER (A.)

1992, "Remarks on Lexical Structure, DRS Construction and Lexically Driven Inferences", *Sprachtheoretische Grundlagen des Computerlinguistik*, Arbeitspapiere des Sonderforschungsbereichs 340.

[LA93]

LASCARIDES (A.) & ASHER (N.)

1993, "Temporal Interpretation, Discourse Relations, and Commonsense Entailment", *Linguistics and Philosophy*, 16, p. 437-493.

[Lau91]

LAUR (D.)

1991, *Sémantique du déplacement et de la localisation en français : une étude des verbes, des prépositions et de leurs relations dans la phrase simple*, Thèse de doctorat, Université Toulouse-Le Mirail.

[Les27-31]

LESNIEWSKI (S.)

1927-31, "O podstawach matematyki", in *Przegląd filozoficzny*, 30-40.

[Lin83]

LINK (G.)

1983, "The Logical Analysis of Plurals and Mass Terms / A Lattice Theoretical Approach", in *Meaning, Use and Interpretation of Language*, Bauerle, Schwarze, von Stechow, eds., Berlin, de Gruyter.

[MT87]

MANN (W. C.) & THOMPSON (S. A.)

1987, "Rhetorical Structure Theory : A Theory of Text Organization", *Reprint Series ISIIRS-87-1190*, Information Sciences Institute.

[Mo189]

MOLINES (F.)

1989, *Acceptabilité et interprétation des adverbiaux de localisation temporelle : grammaire ou dictionnaire*, Mémoire de DEA en Sciences du Langage, Université Toulouse-Le Mirail.

[Po185]

POLANYI (L.)

1985, "A Theory of Discourse Structure and Discourse Coherence", in *Papers from the General Session at the 21st Meeting of the Chicago Linguistics Society*, Eilfort, Kroeber & Peterson, eds, Chicago.

[Vie91]

VIEU (L.)

1991, *Sémantique des relations spatiales et inférences spatio-temporelles : une contribution à l'étude des structures de l'espace en langage naturel*, Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse.

[Web91]

WEBBER (B.)

1991, "Structure and Ostention in the Interpretation of Discourse Deixis", *Language and Cognitive Processes*, 6 (2), p. 107-135.

[WCH87]

WINSTON (M.) & CHAFFIN (R.) & HERRMANN (D.)

1987, "A Taxonomy of Part-Whole Relations", *Cognitive science*, 11, p. 417-444.