

Représenter le temps en langue dans le formalisme des graphes conceptuels

une approche basée sur les schèmes sémantico-cognitifs

Tassadit Amghar(1), Delphine Battistelli(2) et Thierry Charnois(3)

(1) LERIA, Université d'Angers, 2 bd Lavoisier, 49045 Angers Cedex 01

Tassadit.Amghar@univ-angers.fr

(2) Equipe LaLic, Université Paris-Sorbonne, 96 bd Raspail, 75006 Paris

Delphine.Battistelli@paris4.sorbonne.fr

(3) LIPN, Université Paris 13, Av. J.-B. Clément, 93430 Villetaneuse

Thierry.Charnois@lipn.univ-paris13.fr

Résumé - Abstract

L'objectif de notre travail est de construire une représentation sémantique d'un corpus de textes français au sein des graphes conceptuels simples. Notre conceptualisation est fondée sur les Schèmes Sémantico-Cognitifs et la théorie aspecto-temporelle introduits par J. P. Desclés. Un texte est représenté par deux structures. La première modélise la représentation sémantico-cognitive des propositions du texte, et la seconde le diagramme temporel exprimant les contraintes temporelles entre les différentes situations décrites dans le texte. La prise en compte de ces deux structures et des liens qu'elles entretiennent nous a amenés à modifier le modèle des graphes conceptuels simples et à envisager les modes d'interaction entre temps, aspect (grammatical) et significations des lexèmes verbaux.

We propose here a system which deals with time, aspect and verbal meanings in natural language processing within Simple Conceptual Graphs on the basis of the Semantico-Cognitive Schemes and the aspecto-temporal theory both introduced by J-P. Desclés. Our work bears on French texts. A text is represented by two different structures both represented within the SCG model. The first one models the semantico-cognitive representation while the second one is the temporal diagram representing the temporal constraints between the situations described in the text. Linking these structures leads us to slightly extend the original SCG model.

Mots clés - Keywords

Temps linguistique - Valeurs Aspectuelles - Schèmes Sémantico-Cognitifs - Graphes Conceptuels

Linguistic time - Aspectual values - Semantico-Cognitive Schemes - Conceptual graphs

1 Introduction

L'objectif général de notre travail est de traiter du *temps linguistique* dans le cadre de raisonnements automatiques à partir de représentations associées à des textes *narratifs* extraits d'un corpus de constats d'accidents. Le texte (A) composé de six propositions est extrait de notre corpus.

Texte (A). (1) *Etant arrêté momentanément sur la file droite du Bd des Italiens*, (2) *j'avais mis mon clignotant*, (3) *j'étais à l'arrêt*. (4) *Le véhicule B arrivant sur ma gauche* (5) *m'a serré de trop près* et (6) *m'a abîmé tout le côté avant gauche*.

La mise en oeuvre de tels raisonnements nécessite de réaliser des inférences à partir de l'information aspecto-temporelle (Bestougeff, Ligozat, 1989). Il semble alors essentiel de disposer d'un niveau de description lexicale et grammaticale suffisamment fin, d'une part, et d'un langage de représentation adapté et permettant de réaliser des inférences de sens commun, d'autre part. Les *Schémes Semantico-Cognitifs* (Desclés, 1990) et la *théorie aspectuelle* (Desclés, 1989) permettent de répondre au premier point et constituent les fondements linguistiques de notre travail. Une première approche permettant de construire la représentation sémantico-cognitive d'un texte en tenant compte des significations lexicales et de la temporalité narrative a été proposée dans (Battistelli, Vazov, 1997) ; elle a été développée par la suite dans (Battistelli, 2000) en vue d'associer à un texte une séquence d'images en illustrant la signification. Pour répondre à la nécessité de réaliser des inférences de sens commun nous avons choisi le formalisme des graphes conceptuels [(Sowa, 1984) (Chein, Mugnier, 1992)]. Il fournit en effet un bon compromis entre capacités inférentielles et pouvoir expressif tout en préservant des propriétés formelles de complétude et de cohérence. Nous proposons donc un système réalisant la transformation d'une Représentation Sémantico-Cognitive d'un texte en sa représentation sous forme d'un graphe conceptuel simple. La section 2 présente les fondements linguistiques de notre travail. La section 3 présente les principes de construction de ces structures exhibées dans la section 2 dans le formalisme des graphes conceptuels. Enfin la section 4 conclut sur les perspectives de notre travail.

2 Fondements linguistiques

Pour rendre compte des informations spatio-temporelles présentes dans les constats d'accidents, nous nous appuyons sur les travaux développés par J.-P. Desclés sur la modélisation des significations des verbes de mouvement et d'activité (Desclés, 1990) d'une part, et sur la modélisation du temps linguistique (Desclés, 1989) d'autre part.

2.1 Représentation Sémantico-Cognitive (RSC) d'une proposition

La sémantique des verbes est exprimée à l'aide de structures abstraites, composées et organisées à partir de primitives sémantico-cognitives¹ ; ces structures sont appelées Schèmes Sémantico-Cognitifs (SSC). La signification du verbe "arriver" par exemple est représentée par une λ -expression à l'aide du SSC suivant :

[SSC du verbe "arriver"] $\lambda x. \lambda loc. CONTR (MOUVT or (\epsilon_0(ex\ loc) x) (\epsilon_0(fr\ loc) x)) x$

¹Ces primitives sont issues d'une analyse des catégories lexicales et grammaticales et ne sont pas lexicalisées. Elles représentent des "indécomposables".

Représenter le temps en langue dans le formalisme des graphes conceptuels

Cette structure exprime qu'une entité x contrôle (CONTR) un mouvement orienté (MOUVTor) entre deux situations statiques (Sit1 et Sit2). Dans la première (Sit1), x est repérée (ϵ_0) par rapport à l'extérieur (ex) d'un lieu loc ; dans la seconde (Sit2), x est repérée (ϵ_0) par rapport à la frontière (fr) du même lieu loc . En contexte, les variables d'un SSC sont instanciées par les arguments d'une relation prédicative donnée (composée d'un prédicat verbal et de ses arguments) ; la structure obtenue est appelée la *Représentation Sémantico-Cognitive* (RSC). Dans un texte, à chaque proposition identifiée correspond alors une RSC. Soient les deux propositions:

(1) la voiture arrivait dans le virage

(2) j'avais mis mon clignotant

La RSC de (1) est construite à partir de la relation prédicative (RP) qui lui est sous-jacente à savoir $\langle arriver_dans, le_virage, la_voiture \rangle$ et du SSC de "arriver" en instanciant les variables de celui-ci par les arguments de la RP, à savoir $/le_virage/$ et $/la_voiture/$. Le résultat est donné par (1'). Le même processus permet de construire la RSC (2') associée à (2).

(1') $CONTR(MOUVTor (\epsilon_0(ex\ le_virage)la_voiture) (\epsilon_0(in\ le_virage)la_voiture))\ la_voiture$

(2') $CONTR(CHANGTor (\epsilon_{act}(ex\ en_fonctionnement)\ le_clignotant) (\epsilon_{act}(in\ en_fonctionnement)\ le_clignotant))\ je$

(2') exprime que l'entité je contrôle (CONTR) un changement orienté (CHANGTor) entre deux situations statiques (Sit1 et Sit2) concernant l'entité $le_clignotant$, repérée successivement (ϵ_{act}) par rapport au lieu d'activité $en_fonctionnement$ visualisé dans son extérieur (ex) en Sit1 et dans son intérieur (in) en Sit2².

Dans (1') et (2'), les entités (repérées ou servant de repère dans une relation de repérage) sont typées : $la_voiture$, $le_clignotant$ et je ont le type sémantico-cognitif INDIVIDU et les entités le_virage et $en_fonctionnement$ ont le type sémantico-cognitif LIEU (lieu spatial pour le premier, lieu d'activité pour le second). D'une manière générale (figure 1), un SSC peut être de type statique (dans le cas d'une seule situation de repérage (Sit)), cinématique (dans le cas où il y a transition (TRANS) entre deux situations statiques (Sit1 et Sit2)) ou dynamique (dans le cas où il s'agit d'une situation cinématique elle-même sous le contrôle d'une entité, comme dans les exemples (1) et (2)). La figure 2 donne les 6 RSC³ associées aux 6 propositions du texte(A).

Static SSC

Cinematic SSC

Dynamic SSC

RSC ₁	&2 (e _{act} A_L'ARRET A) (e ₀ FR(la_file_dr_du_bd_des_I0) A)
RSC ₂	CONTR (CHANGTor (e _{act} EX(EN_FONCTIONNEMENT)clig(A)) (e _{act} IN(EN_FONCTIONNEMENT)clig(A)) A
RSC ₃	(e _{act} A_L'ARRET A)
RSC ₄	CONTR (MOUVTor (e ₀ EX(GAUCHE(A) B) (e ₀ FR(GAUCHE(A) B)) B
RSC ₅	CONTR (MOUVTor (e ₀ (LOC A) B) (e ₀ FR(LOC A) B)) B
RSC ₆	&2 (E1> E2) (CONTR (CHANGTor (e ₀ IN(E1) tout_le_côté_avt_gauche (A)) (e ₀ IN(E2) tout_le_côté_avt_gauche (A)) B)

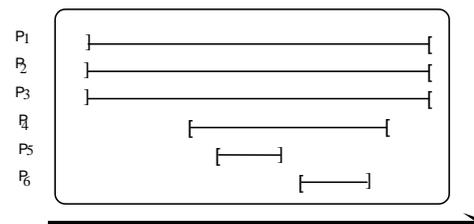


Figure 2: 2.1 RSC du texte (A) — 2.2 Diagramme temporel de (A)

2.2 Valeurs aspectuelles et diagramme temporel d'un texte

L'organisation conceptuelle du domaine aspecto-temporel repose sur la trichotomie état, processus et événement ; cette trichotomie trouve une interprétation dans le modèle topologique (Desclés, 1989). La valeur aspectuelle d'une proposition est calculée à partir d'indices (grammaticaux et lexicaux) présents dans le contexte, selon une stratégie d'*exploration contextuelle* présentée dans (Desclés et al. 91). Chaque valeur aspectuelle correspond alors à une zone de validation représentée par un intervalle topologique d'un certain type, situé sur un axe représentant le référentiel temporel de l'énonciateur⁴. Une valeur d'état est représentée par un intervalle ouvert ; une valeur d'événement par un intervalle fermé ; une valeur de processus par un intervalle semi-ouvert à droite⁵. Les relations temporelles entre intervalles sont calculées à partir de la prise en compte de la sémantique des connecteurs temporels et d'un ensemble de règles appliquées par défaut⁶. La figure 3 présente l'interaction entre les différents catégories de RSC en fonction des différents types de visée aspectuelle (de type état, événement ou processus) qui peuvent être envisagés⁷. Dans les rectangles grisés sont indiquées les situations encodées lexicalement ; les rectangles blancs désignent les situations qui sont focalisées selon le type de la valeur aspectuelle. Un rectangle complètement vide indique que la situation n'est pas encodée lexicalement i.e. qu'aucune **description** de cette situation n'est fournie par la signification du prédicat verbal et de ses arguments. La figure 2.2 fournit le diagramme temporel du texte (A).

3 Information temporelle et Graphes Conceptuels Simples

Nous représentons un texte par deux types de Graphes Conceptuels Simples (GCS). Le premier modélise la représentation sémantico-cognitif du texte et le second le diagramme temporel exprimant les contraintes temporelles entre les différentes situations décrites dans le texte.

⁴La théorie aspecto-temporelle proposée par J.-P. Desclés se distingue à la fois des travaux de (Kamp, 1979) et de (Reichenbach, 1947). Dans le premier cas, du fait qu'elle distingue trois grands types de procès (*état*, *processus* et *événement*) au lieu de deux (*état* et *événement* chez Kamp) mais aussi du fait qu'elle propose une stratégie explicite de calcul de ces valeurs primitives prenant en compte différents types de marqueurs temporels (Desclés et al. 1991). Dans le deuxième cas, du fait qu'elle propose d'exprimer les entités temporelles primitives à l'aide d'intervalles (topologiques) et non de points.

⁵Par exemple, les propositions (1) et (2) auront respectivement pour valeur aspectuelle *processus* et *état résultant*.

⁶règles appliquées en l'absence de marqueurs temporels explicites tels que les connecteurs temporels ; (Battistelli, 2000) présente en détail l'ensemble de ces règles ainsi que le processus de construction des RSC.

⁷C'est à ce niveau que nous abordons le problème de l'interaction entre aspect lexical et aspect grammatical.

Représenter le temps en langue dans le formalisme des graphes conceptuels

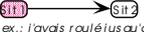
CINEM DYNA	PROCESSUS	EVENEMENT	ETAT (résultatif)	ETAT (d'activité)
	 ex.: j'roulais vers Marseille	 ex.: j'ai rouléjus qu'à Marseille	 ex.: j'avais rouléjus qu'à Marseille	 ex.: j'étais en route pour Marseille
STAT	∅	EVENEMENT	ETAT (descriptif)	ETAT (conséquent)
		 ex.: j'ai habité cette maison	 ex.: j'habitais cette maison	 ex.: j'avais habité cette maison

Figure 3: RSC et visées aspectuelles

Afin de représenter et traiter l'information temporelle nous avons étendu le modèle des GCS. L'ensemble des inférences (i) permettant d'obtenir la représentation sémantique du texte à partir des RSC associées aux propositions du texte et (ii) de sens commun s'expriment aisément par des opérations sur les GCS.

3.1 Présentation du modèle des GCS

Le modèle des GCS décrits ici est défini par (Chein, Mugnier, 1992). Intuitivement, un Graphe conceptuel simple est un graphe possédant deux types de sommets : les sommets concepts et les sommets relations pour représenter le lien unissant deux concepts. Les concepts et les relations conceptuelles sont organisés en une structure de treillis formant l'ontologie du domaine. Formellement :

Definition 3.1 *Un graphe conceptuel simple $G = (R, C, U, Etiq)$ est un graphe biparti, étiqueté et non nécessairement connexe. R est l'ensemble des sommets relations (r -sommets) et C est l'ensemble des sommets concepts (c -sommets). Tout sommet $x \in R \cup C$ possède une étiquette $Etiq(x)$. L'étiquette d'un c -sommets est un couple $(type(c), marqueur(c))$: $type(c) \in T_c$ où T_c est un treillis de types de concepts, et $marqueur(c) \in I \cup \{*\}$ où I est l'ensemble des marqueurs individuels et $*$ le marqueur générique. Les marqueurs individuels sont deux à deux incomparables et $*$ est plus grand que tous les marqueurs individuels. L'ensemble des étiquettes de C est donc ordonné par un treillis (T_c, \leq) . Si $r \in R$ alors $Etiq(r) \in T_R$ où T_R est un ensemble partitionné en ensembles de types de relations de même arité : $T_R = T_{R_1} \dots T_{R_p}$ où T_{R_j} est l'ensemble partiellement ordonné des relations d'arité j , $j \neq 0$. Deux relations comparables doivent avoir la même arité. Une signature est associée à chaque type de relation ; elle spécifie l'arité et les types maximaux que la relation peut lier. U est l'ensemble des arêtes. L'ensemble des arêtes adjacentes à chaque r -sommets r est numéroté de 1 à $degré(r)$.*

Ce modèle est utilisé pour représenter le diagramme temporel du texte (DT). Il est étendu pour intégrer l'information temporelle extraite des propositions du texte.

3.2 Les marqueurs temporels

Nous représentons l'information temporelle par un marqueur spécifique. Un sommet concept est ainsi étiqueté par un triplet $\langle type, marqueur1, marqueur2 \rangle$ où $type$ et $marqueur1$ correspondent respectivement au type et au marqueur de la définition ci-dessus, et $marqueur2$ est un marqueur aspecto-temporel. Il faut noter que ce deuxième marqueur est un marqueur individuel

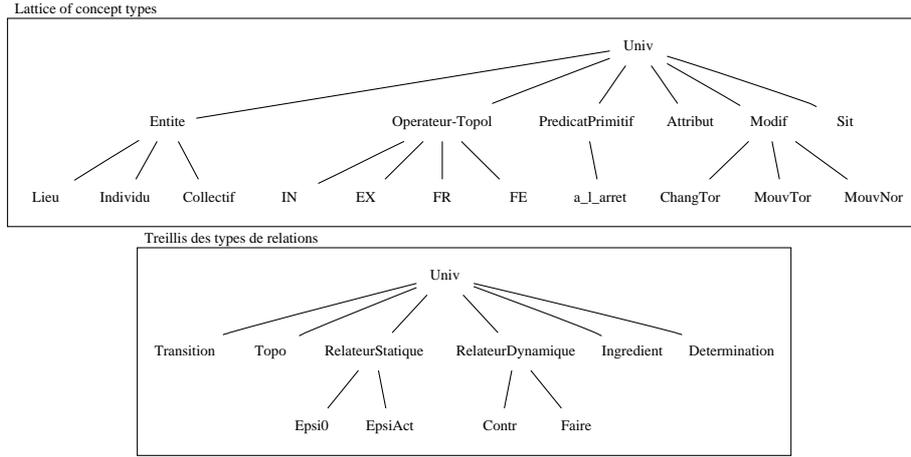


Figure 4: Extrait des treillis de concepts et de relations (le plus petit élément - le type absurde - est omis pour alléger les figures)

de l'ensemble des marqueurs de DT. Dans notre application, ce marqueur joue le rôle de lien co-référent entre l'intervalle temporel associé à la proposition du texte dans DT et les valeurs aspecto-temporelles de la RSC correspondante. Formellement, la définition 3.1 est modifiée comme suit :

Definition 3.2 *L'étiquette d'un c-sommet est un triplet $(type(c), marqueur1(c), marqueur2(c))$ où $marqueur1(c) \in I' \cup \{*\}$ et $marqueur2(c) \in I''$. I' est l'ensemble des marqueurs individuels et I'' est l'ensemble des marqueurs individuels de DT et $I' \cap I'' = \{\}$.*

marqueur2 ne peut pas être le marqueur générique. Il représente un marqueur temporel : lorsque pour un c-sommet donné cette information n'est pas instanciée, le marqueur $\varepsilon \in I''$ est utilisé par convention afin d'empêcher la fusion de deux sommets ayant même type et même marqueur1, mais ayant des marqueur2 différents : nous faisons l'hypothèse que le "même" objet considéré à des "moments différents" doit correspondre à différentes représentations. La comparaison entre deux c-sommets est ainsi définie :

Definition 3.3 *Soient $e = (t, m_1, m_2)$ et $e' = (t', m'_1, m'_2)$ deux étiquettes de deux c-sommets, $e \leq e'$ si et seulement si $t \leq t'$ et $(m'_1 = * \text{ ou } m_1 = m'_1)$ et $m_2 = m'_2$*

Definition 3.4 Fusion. *Deux sommets d'étiquettes e and e' sont fusionnables s'il existe un sommet différent du type absurde et d'étiquette e'' tel que $e'' \leq e$ et $e'' \leq e'$.*

La fusion de deux sommets consiste à les identifier en l'unique sommet qui est la borne inférieure de leurs étiquettes.

Les définitions 3.3 et 3.4 permettent de conserver les définitions de (Chein, Mugnier, 1992) et (Charnois, 2000) concernant les opérations d'isojointure maximale et de projection définies sur les GCS. Calculer une isojointure maximale entre deux GCS, G et H , consiste à trouver une bijection δ entre deux sous-GCS maximaux $G1 \subseteq G$ et $H1 \subseteq H$ telle que les graphes sous-jacents de $G1$ and $H1$ sont isomorphiques et pour tout $s \in G1$, $\delta(s) \in H1$, et s et $\delta(s)$ sont fusionnables. Le GC résultant est obtenu en fusionnant chaque sommet s de $G1$ avec $\delta(s)$.

3.3 La représentation des intervalles

Nous utilisons des intervalles typés par des bornes ouvertes ou fermées afin de représenter l'information aspectuelle (état, événement, processus). Les relations entre intervalles que nous avons implémentées sont celles proposées par (Allen, 1983).

```

ETAT : ]----[
type ETAT(x) is [point]->()->[intervalle: *x] ->()->[point]

EVENEMENT : [----]
type EVENEMENT(x) is [point]->()->[intervalle: *x] ->()->[point]

PROCESSUS : [----[
type PROCESSUS(x) is [point]->()->[intervalle: *x]->()->[point]

```

Nous exprimons les relations d'Allen sous forme de définitions de relations, par exemple : ⁸

```

relation BEFORE(x,y) is [point:*p1]->()->[procès: *x]->()->
    [point:*p2]->(<)->[point:*p3]->()->[procès: *y]->()->[point:*p4]

relation MEETS(x,y) is [point:*p1]->()->[procès: *x]->()->
    [point:*p2]->()->[procès: *y]->()->[point:*p3]

```

Ces primitives permettent de représenter le diagramme temporel du texte.

3.4 Notre système

La représentation finale du texte est réalisée par trois modules qui, à partir de la RSC de chaque proposition textuelle et du DT, génèrent deux GCS. Ils représentent respectivement les informations sémantiques et temporelles. L'ontologie utilisée (figure 4) est celle proposée par J-P. Desclés. Nous avons implémenté en Prolog un analyseur DCG. Il traduit une RSC en un GCS selon la grammaire donnée par la figure 5. Les GCS ainsi obtenus ne contiennent que des informations d'ordre lexical. L'information aspecto-temporelle est propagée par le second module.

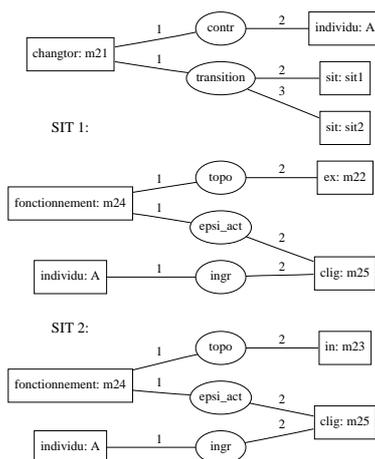
```

RSC0 -> RSCDynamique | RSCCinematique | RSCStatique
RSC0 -> &2 RSC0 RSC0
RSCDynamique -> AGTV(MODIF(SIT SIT)) INDIVIDU
RSCCinematique->MODIF(SIT SIT)
RSCStatique->SIT
SIT->(RelateurStatique Y X)
X -> ENTITE3
Y -> OperateurTopologique(ENTITE2) | ENTITE1
ENTITE1->ATTRIBUT(INDIVIDU) | INDIVIDU | PrédicatPrimitif
    | PrédicatPrimitif(INDIVIDU)
ENTITE2->PrédicatPrimitif | PrédicatPrimitif(INDIVIDU)
ENTITE3->ATTRIBUT(INDIVIDU) | INDIVIDU

```

Figure 5: Grammaire des RSC – RSC0 est l'axiome

⁸le type de concept *procès* est un super type des types *état, événement et processus* et le type de relation '*|*' un super type de '*|*' et '*|*'

Figure 6: Représentation de la proposition textuelle *J'avais mis mon clignotant*

3.4.1 La propagation de marqueurs temporels

Ce module propage le marqueur de l'intervalle temporel correspondant à la proposition considérée dans la partie adéquate du GCS en fonction de la valeur aspectuelle de l'action décrite. Par exemple, si la valeur aspectuelle d'une proposition est EVENEMENT, l'ensemble des concepts du composant nommé *sit2* est marqué temporellement par le marqueur du c-sommet correspondant au procès du DT. Cette implémentation est conforme à l'ensemble des règles données par la figure 3.

3.4.2 Une méthode incrémentale

En suivant un principe de compositionnalité, la représentation sémantique intégrant les informations aspecto-temporelles est obtenue en combinant les RSC par l'opération d'isojoint maximal⁹. Dans le cas de RSC de type cinématique ou dynamique, l'étape succédant à la propagation des marqueurs temporels consiste à remplacer, par isojoint maximal, les sommets *sit1* et *sit2* par les GCS correspondants. L'opération est répétée pour tous les GCS associés aux RSC. Enfin, la combinaison - par isojoins maximaux successifs - de tous ces GCS produit la représentation du texte. Les figures 6 et 7 donnent respectivement le graphe associé à la proposition 2 du texte (A) et le graphe associé à l'intégralité du texte (A). Dans cette représentation, le troisième champ des sommets concepts (lorsqu'il existe¹⁰) est le marqueur temporel. C'est aussi le marqueur individuel d'un concept de type intervalle du graphe DT (cf section 3.2) ; il permet ainsi de retrouver l'intervalle temporel associé et ses relations aux autres intervalles dans DT.

4 Conclusion

Nous avons présenté un travail dont l'objectif est la représentation et la manipulation des informations (aspecto) temporelles extraites de textes narratifs. Nous travaillons avec le modèle des graphes conceptuels simples que nous avons étendu afin de représenter en accord avec une

⁹l'algorithme d'isojoint implémenté est décrit dans (Charnois, 2000)

¹⁰sinon le concept n'est pas marqué temporellement

Représenter le temps en langue dans le formalisme des graphes conceptuels

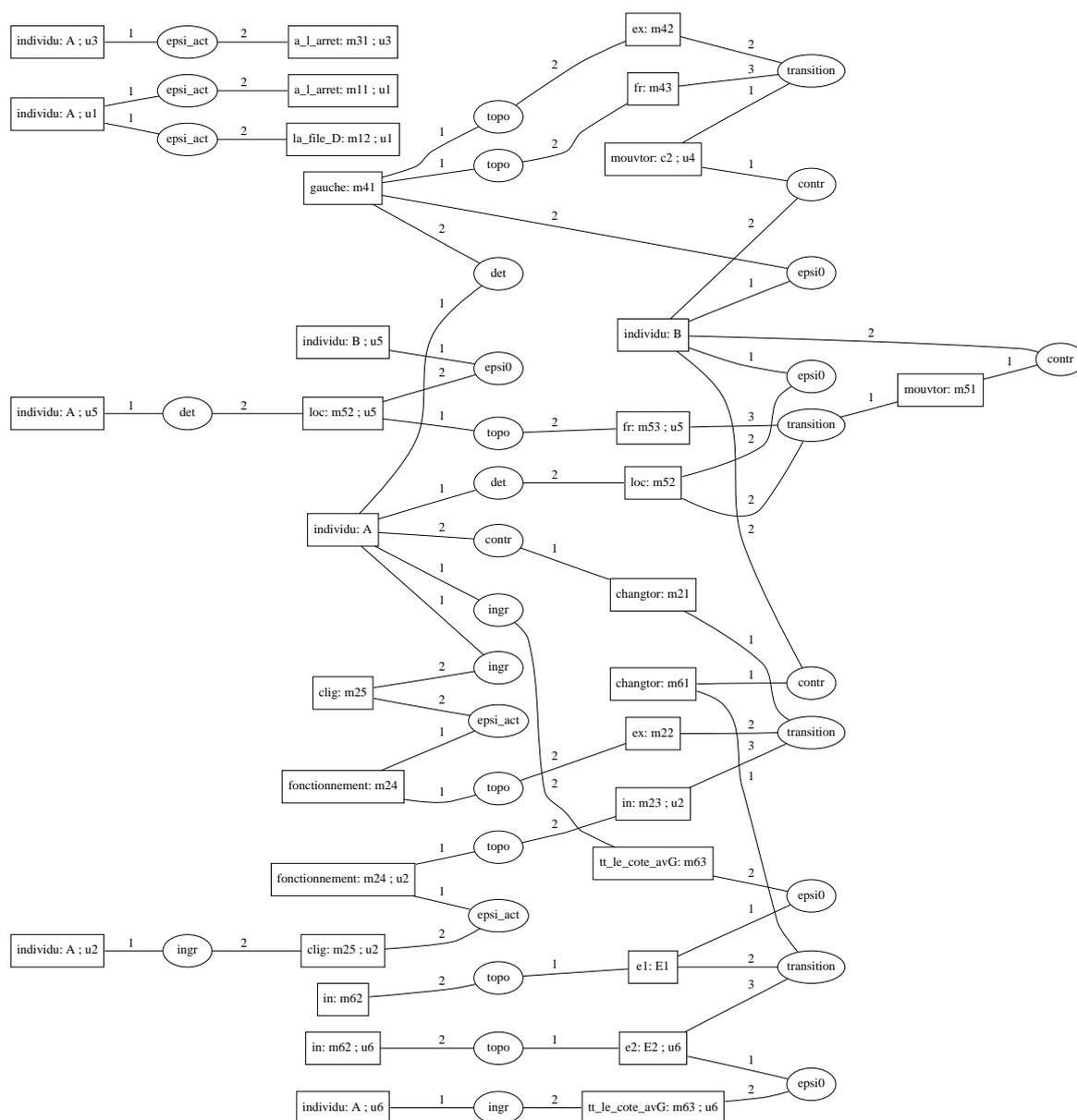


Figure 7: Représentation sémantique du texte (A)

théorie linguistique fine, le temps linguistique. Nous avons choisi de travailler sur un corpus de constats d'accidents, dans lequel le traitement des informations aspecto-temporelles revêt un aspect crucial. Notre système prend en entrée la Représentation Semantico-Cognitive d'un texte et la transforme en un graphe conceptuel simple. Cette chaîne de traitement complète menant d'un texte à un graphe conceptuel offre la possibilité de raisonner à partir des informations temporelles. Utiliser les capacités inférentielles des graphes conceptuels pour réaliser des déductions sur le degré de complétion des actions décrites dans un texte, est une de nos perspectives. Par ailleurs, nous envisageons d'utiliser cette représentation dans le but de tester la cohérence entre deux textes écrits par les deux protagonistes d'un même accident. En effet, chacune des parties exprimant son point de vue, il peut alors être intéressant de détecter les incohérences et de mettre ainsi en avant les différents points de vue. Nous envisageons pour ce dernier point de nous appuyer sur une méthodologie décrite par (Charnois, 1997).

Références

- J.F. Allen. (1983), Maintaining knowledge about temporal intervals. *Communication of the ACM*, Vol. 26(11), 832–843.
- D. Battistelli, N. Vazov. (1997), Building of semantico-cognitive representation of different types of narratives in french. In *RANLP'97*.
- D. Battistelli. (2000), *Passer du texte à une séquence d'images: analyse spatio-temporelle de textes, modélisation et réalisation informatique (système SPAT)*. Ph.D. thesis, Université Paris IV Sorbonne.
- H. Bestougeff, G. Ligozat. (1989), *Outils logiques pour le traitement du temps, de la linguistique à l'intelligence artificielle*. Masson.
- T. Charnois. (1997), A natural language processing approach for avoidance of feature interactions. *Feature Interactions in Telecommunication Networks IV*, pp. 347–363, IOS Press.
- T. Charnois. (2000), Maximal isojoin for representing software textual specifications and detecting semantic anomalies, In *Working with Conceptual Structures (ICCS'2000)*, pp. 189–200, Shaker Verlag.
- M. Chein, M.L. Mugnier. (1992), Conceptual graphs: fundamental notions. *Revue d'Intelligence Artificielle*, Vol. 6(4), 365–406.
- J.P. Desclés. (1989), State, events, process and topology. *General Linguistics*, Vol. 29(3), 159–200.
- J.P. Desclés. (1990), *Langages applicatifs, Langues naturelles et Cognition*, Hermès.
- J.P. Desclés, C. Jouis, H.G. OH, D. Maire–Reppert. (1991), Exploration contextuelle et sémantique : un système expert qui trouve les valeurs sémantiques des temps de l'indicatif dans un texte. In *Knowledge modeling and expertise transfer*, pp. 371–400.
- H. Kamp. (1979), Events, Instants, and Temporal Reference. In *Semantics from different points of view*, pp. 373–417, Springer Verlag.
- H. Reichenbach. (1947), *Elements of symbolic logic*. McMillan.
- J.F. Sowa. (1984), *Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine*. Addison Wesley.