

Les Cadres des situations sémantiques¹

Dans différentes langues, les moyens d'expression des situations se répartissent diversement entre la grammaire et le lexique et doivent être représentés par des configurations sémantiques propres à une langue (ou à un groupe de langues). Les situations constituent des nids sémantiques pour plusieurs verbes. Ces derniers permettent d'exprimer une variété d'aspects au cours de la communication. Pour cette raison, du point de vue théorique, les situations sémantiques peuvent être envisagées comme indépendantes de la langue dans laquelle elles s'expriment. Les recherches sur la catégorie de l'aspect dans diverses langues ont montré qu'on ne pouvait expliquer l'aspect sans décrire au préalable les situations sémantiques. C'est ainsi que sont apparues de nombreuses tentatives de classification² des situations sémantiques surtout depuis celle proposée par Z. Vendler (1957 et 1967) pour expliquer l'aspect en anglais.

Les verbes des langues naturelles exprimant le plus souvent des situations complexes, les situations sémantiques se composent d'autres situations de sorte qu'il est possible de parler d'agrégats de situations. Autrement dit, les situations sont enchevêtrées entre elles. Nous posons néanmoins qu'il est possible de dégager un certain nombre de types de situations et de leurs composantes en tenant compte de la possibilité de les classer de deux points de vue. En effet, nous distinguerons par voie d'hypothèse entre les *situations cadres* et les *situations rôles*. Dans le présent travail, nous nous occuperons uniquement des *situations cadres*. Les *situations rôles* seront traitées dans un travail ultérieur. Certains des critères retenus dans notre approche ont été diversement pris en compte par différents théoriciens, mais la plupart confondant la distinction cadre/rôle aboutissent à des classifications moins homogènes que la nôtre. En anticipant quelque peu, nous pensons que les situations peuvent être également classées du point de vue de leurs composantes *rôles*, que ce soit en mettant en évidence leurs interactions (situations intransitives, transitives, convertibles etc.) ou leurs rapports, entre autres, avec les centres d'intérêt globaux (sujet) ou locaux (objet), ou encore la nature dénombrable ou non des participants mais nous ne traiterons pas de ces configurations ici.

¹ Mes remerciements sincères vont à Daniel Kayser, professeur d'informatique à l'Université Paris-Nord (Paris 13), dont les remarques avisées ont amplement contribué à améliorer la présentation de cet article.

² Francois J. & Denhiere G. (éditeurs; 1997, p. 125) recensent — de 1967 à 1994 — 34 propositions différentes de classement conceptuel des prédications verbales; parmi elles, on trouve les travaux de W. Chafe, S. Dik, Ch. Fillmore, J. François, R. Jackendoff, R. Martin, Z. Vendler, A. R. Verkuyl etc. Dans le seul domaine de la linguistique slave, on pourrait citer parmi tant d'autres Bulygina T. V. (1982), Laskowski R. (1998), Piernikarski C. (1967), Sémon J.P. (1979) etc.

L'objectif de cette étude est de définir les situations du point de vue de leur "construction interne" (c'est-à-dire.: sans tenir compte des modalités, temps, aspect etc.). Il est en effet souhaitable (1) de proposer un système cohérent de classification des situations qui soit fondé sur un petit ensemble de primitives bien définies et (2) d'indiquer comment les différentes expressions verbales employées dans le contexte sont susceptibles d'hériter les caractéristiques des situations partiellement ordonnées (hiérarchisées) en tenant compte des primitives dégagées.

1. STRUCTURE DES SITUATIONS SÉMANTIQUES

Cette recherche sur les situations sémantiques fait suite à nos travaux qui s'appuient sur l'hypothèse des processus parallèles censés caractériser les opérations linguistiques et cognitives. De plus, comme hypothèse de travail, nous posons que les situations sémantiques (c'est-à-dire: les situations exprimées par des moyens linguistiques) ont un caractère discret (comme toute notre perception, d'ailleurs) malgré l'impression qu'ont les agents épistémiques de saisir du continu. Nous posons par ailleurs (cela est fréquemment postulé) qu'il doit être possible de classer toutes les situations en utilisant un ensemble de primitives aussi réduit que possible et que ces dernières, telles quelles, ne représentent directement aucune situation.

Définition 1: On appelle « situation » tout état ou cours des choses contenu dans des limites appelées « cadres ».

1.1. L'Espace

Définition 2: On distingue entre deux types de situations: **statiques** (états de choses) et **dynamiques** (cours des choses ou actions).

Les situations ont en commun d'être repérées dans l'espace (leurs propriétés sont rapportées à l'espace tri-dimensionnel), elles se distinguent par la manière dont elles sont concernées par le temps. L'état se distingue des trois autres types de situations connues sous le terme générique d'*actions*, cf. ci-après) par le critère du dynamisme, c'est-à-dire que le passage du temps y provoque des changements.

Définition 3: Les éléments constitutifs d'une **situation statique** sont son « lieu » (dans l'univers des entités) et sa « périphérie » (lieux de transitions³ non temporisées).

1.2. Le Temps

Toutes les situations (statiques et dynamiques) sont entourées dans le temps de situations voisines: antérieure et postérieure. Comme nous le verrons plus loin, les situations avoisinantes constituent des transitions pour les situations concernées.

Postulat : Les situations sémantiques dynamiques sont structurées.

Définition 4: Les éléments constitutifs d'une **situation dynamique** sont ses « moments » (transitions temporisées) et ses « étapes » (intervalle d'une transition à la suivante).

Du point de vue conceptuel, toutes les situations ne devraient être que caractéristiques. Une situation peut être dite caractéristique lorsque tous les moments et toutes les étapes de son « cycle de vie » sont prises en compte, cependant les sémanticiens soulignent souvent que les langues expriment rarement les situations caractéristiques sans y sélectionner aucun moment ni étape (par exemple, en français, le verbe "bouger" représenterait la situation

³ La transition est ici prise au sens du réseau des graphes bipartites dit « réseau de Petri », voir plus loin, au chapitre concernant les représentations et les formalisations.

caractéristique exprimant le concept abstrait de “mouvement”), alors que les lexiques des langues comportent plus de mots qui contiennent des sèmes aspectuels⁴ (par exemple, “arriver” exprimerait la phase finale de la situation caractéristique “bouger”, ou plus précisément de l’un de ses hyponymes “se déplacer”). Ainsi, certains énoncés expriment les situations dans leur ensemble (nous les noterons par le trait sémique pris de l’anglais *whole*), d’autres présentent les situations analysées en moments et/ou en étapes (*moments/stages*).

Non seulement les situations sont analysées – comme nous l’avons dit – en moments et étapes « internes », mais aussi elles sont en relation avec les situations voisines souvent prises en compte dans l’expression linguistique. En effet, ce qui se produit dans le monde n’est jamais perçu « dans le vide » mais en relation avec ce qui précède et ce qui suit. De nombreux linguistes considèrent que les situations peuvent être vues comme soumises à des « cycles de vie » de sorte que l’on puisse y discerner les trois étapes internes (*inner*) suivantes: « étape du début » (*begin*), « étape du milieu » (*run*) et « étape de la fin » (*end*). C’est notamment à ces trois étapes de base que nous ajoutons deux segments de part et d’autre représentant la situation antérieure voisine « étape avant » (*before*) et la situation postérieure voisine « étape après » (*after*). Les deux situations antérieure et postérieure doivent être considérées comme étapes externes (*outer*) de la situation concernée; elles constituent ainsi sa préparation et sa conséquence immédiates⁵.

Postulat : Les situations sémantiques dynamiques sont complexes. Cette complexité est due au fait que les situations n’existent pas sans participants et sans les rôles qu’ils jouent.

Étant donné que nous ne traitons pour le moment que les cadres des situations, ces dernières peuvent nous apparaître comme simples (c.-à-d. représentant un seul processus). Dans ce cas, en représentant le cadre des situations par une ligne droite (image du modèle du temps linéaire), nous obtenons la distribution des éléments constitutifs des situations comme dans la figure 1. Tous les éléments constitutifs y sont représentés respectivement par des marques (pour les *moments*) et des intervalles délimités par des bornes (pour les *étapes*). Le même modèle linéaire du temps suffit généralement pour représenter des processus parallèles, donc également les situations complexes car la ligne droite de la figure 1 représente bien le cours des choses d’une situation complète et non la mesure du temps.

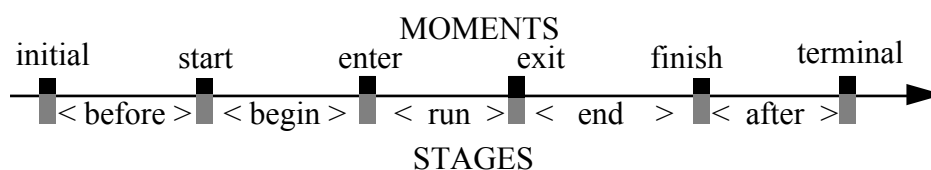


Fig. 1: Distribution des éléments constitutifs des situations dynamiques simples.

Nos définitions des situations sémantiques sont de nature cognitive (et non ontologique ou phénoménologique). Nous distinguons entre les quatre situations différentes: (1) *états*, (2) *événements*, (3) *procès ordinaires* et (4) *procès affinés*. Il convient de rappeler que, malgré certaines convergences de vue, ces termes sont soit employés dans d’autres théories avec des acceptions *différentes* (*états*, *événements*, *procès*) soit nous sont propres (*procès ordinaires* / *procès affinés*).

⁴ En effet, les catégories aspecto-temporelles d’une langue donnée concernent les situations sémantiques ; elles permettent, par différents moyens flexionnels, dérivationnels ou syntaxiques, de choisir différents points de vue sur les situations sémantiques.

⁵ Selon le triplet des processus séquentiels (Hoare C. A. R., 1969), les opérations sont précédées par des conditions (appelées « préconditions ») et suivies des conséquences (appelées « postconditions »).

Dans les situations dynamiques, les entités subissent des changements dus à la quatrième dimension (le temps). Toutes les situations dynamiques se développent ou déroulent (a) **par moments**: le « départ » (*start*), « l'entrée » (*enter*), la « sortie » (*exit*) et « l'arrivée » (*finish*) et (b) **par étapes** (les procès ordinaires et affinés connaissent trois étapes distinctes: le « début » (*begin*), l'étape « médiane » (*run*) et la « fin » (*end*)). « L'étape médiane » (*run*) n'apparaît pas dans les *événements* pour lesquels le début est aussitôt suivi de la fin car les *événements* sont perçus sans durée interne.

1.3. La Progression

Les procès ordinaires et affinés, en plus du temps, se caractérisent par la progression⁶ qui se définit par le *passage* d'une étape à l'autre. En effet, bien que le temps constitue la condition nécessaire de la progression, cette dernière doit être comprise en tant que succession d'étapes. Dans la conception de Mazurkiewicz A. (2000), la progression est un « changement continu » qui s'ajoute à l'interprétation des états et événement⁷. Les problèmes de la progression (en même temps que ceux de la régression) sont largement discutés dans la *théorie* du Calcul situationnel, aussi bien par des logiciens que par des roboticiens⁸.

1.4. La Granularité

Le quatrième concept (mais la sixième dimension) qu'il nous semble nécessaire d'introduire au modèle des situations concerne la *granularité*⁹ cognitive des étapes. Il s'agit donc de déterminer (préciser) la façon dont les progressions se déroulent. La granularité peut être définie comme une conjonction de sélecteurs de traits sémiques (tels que l'intensité, la vitesse, la taille, le poids, la force etc.). Par exemple, pour les situations dont les grains concernent la vitesse du déroulement, les traits sémiques peuvent être soit l'*accélération* ($t_i = v_j$ & $t_{i+1} = v_{j+1}$, c.-à-d. : au temps t_i la vitesse est v_j et au temps t_{i+1} la vitesse est augmentée et égale v_{j+1}) soit la *décélération* ($t_i = v_j$ & $t_{i+1} = v_{j-1}$, c.-à-d. : au temps t_i la vitesse est v_j et au temps t_{i+1} la vitesse est diminuée et égale v_{j-1}). La plupart des situations à étapes granulees sont des paires duales de sélecteurs de traits sémiques concernent (a) l'orientation du mouvement physique (gauche/droite¹⁰, haut/bas¹¹, en avant/en arrière), (b) l'orientation du mouvement psychique (mouvement de l'esprit) la polarité (oui/non¹², plus/moins) et l'intensité (fort/faible¹³) etc. Bien que la notion de granularité soit proche de celle de la discrétion, nous nous garderons de les confondre.

2. ORDRE PARTIEL DES SITUATIONS SÉMANTIQUES

La régularité des différences définitoires entre *état* et *actions* (*événement*, *procès ordinaire et affiné*) peut être représentée sur un tableau qui met en évidence la hiérarchie dont ils participent : plus une situation est complexe, plus elle comporte de traits définitoires. Les relations hiérarchiques ainsi dégagées peuvent être comparées à l'ordre des logiques classiques où la logique propositionnelle est de l'ordre zéro (ordre 0), la logique prédicative

⁶ Cf. Mazurkiewicz A. (2000).

⁷ Cf. Mazurkiewicz A. (1986).

⁸ Cf. Reiter R. (2001).

⁹ L'auteur de la métaphore de « granule de connaissance » (granule of knowledge) est Zadeh L. (1996, 1997). Ce concept, d'abord réinterprété dans le cadre de la *théorie des ensembles approximatifs* de Pawlak Z. (1981, 1982, 1991), a été ensuite généralisé par Polkowski L. et Skowron A. (1999).

¹⁰ Par ex. : en fr. « se balancer » pour un pendule mais « en avant/en arrière » pour une balançoire.

¹¹ Par ex. : en pol. « machać ręką » (agiter la main) mais, au Japon, le geste que l'expression « te wo furu » désigne est orienté gauche/droite.

¹² Par ex. : en fr. « hésiter » entre une décision positive ou négative ou entre une gamme de décisions.

¹³ Par ex. : en fr. « clignoter » ou en pol. „migotać”.

est du premier ordre (ordre 1) etc. De la même façon, les états (situations statiques) peuvent être vus comme de l'ordre 0, les événements, les procès ordinaires et affinés sont des ordres successifs. Ainsi, les différentes situations sont incluses les unes dans les autres et s'ordonnent de la manière suivante :

Situation = État < Événement < Procès ordinaire < Procès affiné

Cette formule se lit : « Les situations sont en relation d'ordre : état, événement, procès ordinaire, procès affiné, du plus petit au plus grand ». L'emboîtement des situations constitue un ordre hiérarchique où chaque type de situation hérite des propriétés de celui qui le précède. Précisons qu'il ne peut s'agir de l'inclusion des situations au sens ensembliste car il n'est pas vrai qu'un état est un sous-ensemble d'un événement ou d'un quelconque procès. En effet, les inclusions que nous proposons pour définir l'ordre hiérarchique des types de situations ne concerne que leurs propriétés (dimensions).

SITUATIONS				
Propriétés caractéristiques (dimensions)	Situations statiques	Situations dynamiques (ACTIONS)		
	ÉTAT	ÉVÉNEMENT	PROCÈS ORDINAIRE	PROCÈS AFFINÉ
Espace (3D)	+	+	+	+
Temps	-	+	+	+
Progression	-	-	+	+
Granularité	-	-	-	+

Tableau 1: Hiérarchie des situations sémantiques (vue tabulaire)

Ce tableau rappelle certaines classifications existantes des verbes en classes sémantiques. Comme Vendler Z. (1967) lui-même et ses successeurs s'en sont aperçus, les situations sémantiques ne sont pas des notions exprimées par des verbes seuls. Le problème est un peu plus complexe car il s'agit en fait de *types sémantiques* qui parfois n'ont pas de correspondant direct sous la forme d'une expression linguistique mais qu'on peut retrouver parmi les sèmes contenus dans (a) des verbes eux-mêmes, (b) des périphrases verbale, (c) présuppositions (d) actes communicatifs, (e) connaissances etc. Il ne s'agit donc pas nécessairement de propriétés de verbes en tant que lexèmes mais de verbes employés dans des énoncés pour désigner des situations. Suivant le contexte¹⁴ dans lequel il est employé, un même verbe peut exprimer des situations sémantiques de type différent.

2.1. La Hiérarchie des types de situations

On peut également représenter les type des situations par la structure à oppositions binaires (fig. 2).

¹⁴ Par contexte, on entend aussi bien les actants et les circonstants avec lesquels un verbe est employé que les formes aspecto-temporelles selon lesquelles il est fléchi.

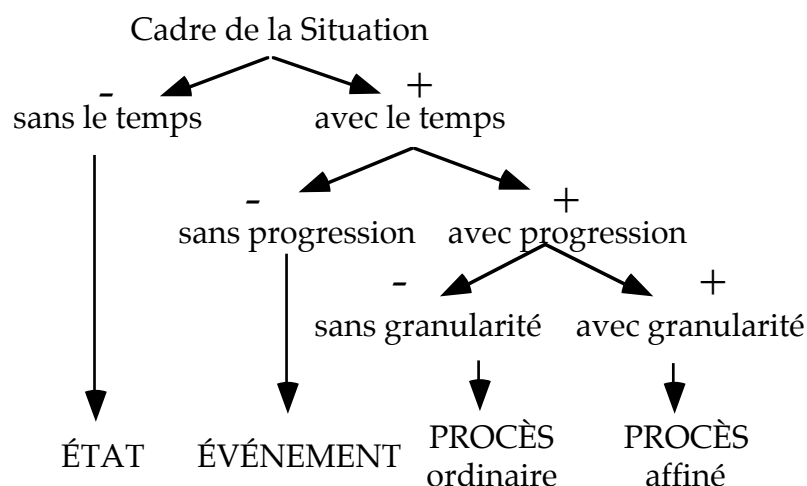


Fig. 2. La hiérarchie des cadres des situations sémantiques (vue arborescente)

Il va de soi que les relations d'inclusion, que nous avons mises en évidence entre les différents types de situations sémantiques, permettent que les situations se composent de deux façons : successive ou parallèle. Lorsqu'une situation succède à une autre situation, leur composition suit la loi de la transitivité des relations d'inclusion. Winston M. E., Chaffin R., Hermann D. J. (1987) distinguent la relation d'inclusion de classes qui dans la hiérarchie précède la relation d'inclusion de composition et celle-ci, à son tour, précède la relation d'inclusion spatiale (topologique). Ces auteurs ont observé que les relations mixtes d'inclusion sont valides si et seulement si la conclusion exprime la relation la plus faible au sens de l'ordre hiérarchique existant entre ces relations d'inclusion.

Cette propriété formelle de la relation d'inclusion trouve une application intéressante pour la description des situations sémantiques exprimées dans les langues. Dans notre cas, les verbes concrets, même quand ils expriment des situations de type identique (par exemple, procès), doivent obéir à la transitivité d'inclusion des relations si leurs sens lexicaux se réfèrent à des relations d'inclusion de types différents. L'inclusion la plus faible est : *état* \supseteq *procès affiné*. C'est la raison pour laquelle les *états* succèdent souvent aux *procès* ou, autrement dit, les *procès* sont souvent en relation de composition avec les *états* (cf. aspect résultatif) mais dans le cas de la relation d'inclusion *état* \supseteq *événement*, il est évident que ce sont les *événements* qui devraient être composés avec les *états*.

2.2. Modèle des cadres des situations

Notre modèle des cadres des situations sémantiques est, par sa nature, cognitif. Par exemple, les grains de la progression permettent de traiter la finesse cognitive avec laquelle certaines situations (procès affinis) peuvent se dérouler (non uniquement les nuances d'expression). Ainsi, nous définissons la situation comme le quadruplet contenant (1) le nom de situation, (2) le type, (3) le cadre et (4) les rôles :

$$\text{Situation} = \{ \text{Nom de situation, Type, Cadre, Rôles} \}$$

Les noms sont ceux des verbes (ou adjectifs) et locutions verbales (ou adjectivales). Les types sont au nombre de quatre : états et événements, procès ordinaires et procès affinis. Cependant, pour nous conformer à une tradition théorisante en linguistique, nous faisons également la distinction entre les situations statiques (états) et dynamiques (actions : événements et procès).

Les cadres de situation ont des dimensions qui déterminent leurs types auxquelles s'ajoutent les paramètres « moment » et « étape ».

Cadre de situation = { Dimension, Moment, Étape }

La figure 3 visualise le cadre des situations vu comme « situation entière » ou analysée en « moments » et « étapes ».

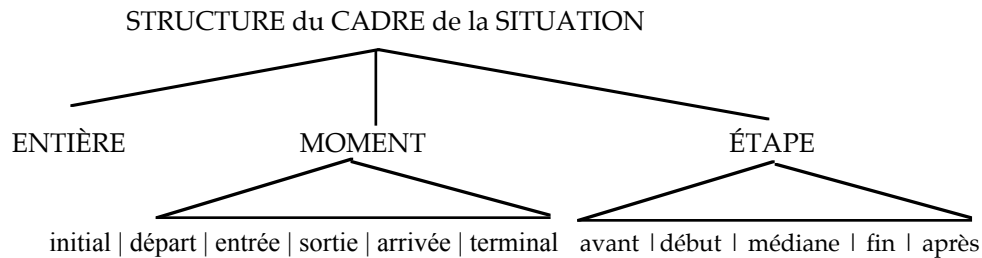


Fig. 3. Structure interne du cadre situationnel

Les *États* n'ont que la dimension « espace », ils sont des états de choses mais ils peuvent être transformés en événements ou même procès. Les *Événements* se caractérisent par le fait qu'ils n'ont pas de moment de « milieu », et ce qui en découle, pas d'étape « médiane ». Les *Procès* présentent tous les moments et toutes les étapes, mais les *Procès ordinaires* se distinguent des *Procès affinés* par l'absence de granularité au cours de leur progression. L'ordre des différents types de cadres de situation peut être constaté sur le tableau 2.

TYPES	DIMENSION				MOMENT					ÉTAPE				
	E S P A C E	T E M P S	P R O G R E S S I O N	G R A N U L A R I T É	I N I T I A L	S T A R T	E N T R E	E X I T	F I N I S H	T E R M I N A L	B E F O R E	B E G I N	R U N	E N D
<i>ÉTAT</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>ÉVÉNEMENT</i>	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	+
<i>PROCÈS ORD.</i>	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>PROCÈS AFFINÉ</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tableau 2: Traits distinctifs des cadres de situations sémantiques

Il est important d'observer que, malgré la présence des paramètres qui sont nécessaires pour représenter l'aspectualité (comprise comme englobant les « modes d'actions »), la structure de la situation *en soi* ne présente pas de caractéristiques aspectuelles. Elle correspond au nid sémantique qui est le sens idéalisé d'une famille de verbes ou adjectifs (voire expressions verbales ou adjectivales). Au niveau de l'emploi, les expressions contenant les mêmes verbes ou adjectifs peuvent correspondre tour à tour à divers nids sémantiques grâce aux procédés (ajout d'adverbes, de préfixes etc.) qui permettent d'opérer des choix parmi les différents paramètres.

3. EXEMPLES DES TYPES DE SITUATIONS SÉMANTIQUES

Les dimensions que nous avons retenues (espace, temps, progression et granularité) nous ont permis de distinguer quatre types de situations dont nous donnons ci-après quelques exemples de langues. Notre article sur les paramètres aspectuels (en collaboration avec Włodarczyk H., dans le même volume) donne de plus nombreux exemples de différentes langues. Notamment, nous montrons que certains procédés aspectuels (préfixes, formes de la conjugaison, constructions syntaxiques) permettent de faire changer l'appartenance d'un verbe d'un type sémantique à un autre, par exemple on peut ainsi transformer un verbe de procès en un verbe d'événement. Dans le présent article, nous nous contentons de donner quelques exemples sans entrer dans les détails du problème des liens entre les paramètres aspectuels et les types sémantiques. Nous insistons toutefois sur le fait que les structures des situations que nous avons définies, notamment les moments et les étapes, tout en demeurant théoriques, doivent être considérées comme inhérentes aux situations et cela indépendamment de l'aspectualisation.

3.1. États

L'ÉTAT est le type le plus simple de situation, il se définit comme une situation dans l'espace qui dure plus ou moins longtemps mais n'est pas affectée par le passage du temps puisqu'elle reste identique à tous les instants. Nous considérons donc que le paramètre *temps* n'est pas pertinent pour les états. Dans un état, on ne peut faire de distinction entre des étapes

successives. Bien que les états puissent avoir une durée, nous ne distinguons pas entre état-moment et état-durée.

Mary is feeling bad.
Marie se sent mal.
Maria czuje się niedobrze.

At that time all inhabitants of the district were laying in bed.
A cette heure-là tous les habitants du quartier étaient couchés.
O tej porze wszyscy mieszkańcy tej dzielnicy leżeli w łóżku

Il est possible de considérer le début d'un état (en tant qu'une autre situation qui le précède) ou la fin d'un état (en tant qu'une autre situation qui le suit). Les langues possèdent des moyens variés d'exprimer ces différents points de vue sur les états.

3.2. Événements

L'ÉVÉNEMENT, conçu comme une situation dynamique instantanée (c'est à dire: sans progression), a un « départ » et une « arrivée » si rapprochés qu'on ne peut distinguer entre eux d'étape médiane. En effet, même si, dans la réalité, rien ne peut se produire sans occuper un intervalle de temps si minime soit-il, dans la représentation linguistique, l'homme conçoit les événements comme instantanés et ne tient pas compte de l'intervalle réel qu'ils occupent. En revanche, les *événements* peuvent servir à exprimer le moment de départ ou le moment d'arrivée d'un *état*, d'un *procès ordinaire* ou d'un *procès affiné*.

Selon la situation qui précède ou qui suit un événement, il est possible de distinguer trois types d'événement. L'événement de type E1 surgit et disparaît sans rapport avec un état antérieur ou postérieur, il peut être conçu comme un très court passage dans un état presque aussitôt terminé que commencé.

Nagle wrzasnął.
Soudain il poussa un hurlement.
Suddenly he shouted.

L'événement de type E2 précède un état ou procès ordinaire dont la durée n'est pas précisée, il peut donc être conçu comme un point de départ.

Piotr wczoraj zachorował.
Pierre est tombé malade hier.
Yesterday Peter fell ill.

L'événement de type E3 met un terme à un état ou procès ordinaire: on peut se le représenter comme un point final.

Piotr przestał być dokuczliwym.
Pierre a cessé d'être énervant.
Peter stopped being irritating.

3.3. Procès ordinaires

Les PROCÈS se définissent par la progression et peuvent donc être analysés en trois étapes (début, milieu et fin). Le PROCÈS ORDINAIRE est défini comme une situation repérée dans l'espace et se déroule au cours du passage du temps (progression). On peut repérer dans un procès ordinaire trois étapes: initiale, intermédiaire et finale.

A dark shape was approaching in their direction.
Jakaś ciemna sylwetka coraz wyraźniej zbliżała się w ich stronę.

Une silhouette sombre s'approchait d'eux de plus en plus nettement.

3.4. Procès affinés

Les procès qui contiennent un paramètre supplémentaire, la granularité, qui se répète au cours de la progression, sont définis comme des procès affinés.

Machali do przejeżdżających rękami, krzyczeli coś.

Ils agitaient les mains en direction des voyageurs, criaient quelque chose.

They were waving hands at passing by travellers and were shouting something.

Les traits sémiques des grains de certains procès affinés peuvent être de nature quantitative. Du fait de la variation de grandeur de ces traits, il est possible de subdiviser ces procès en trois phases¹⁵ qui constituent leur « cycle de vie » (fig. 4).

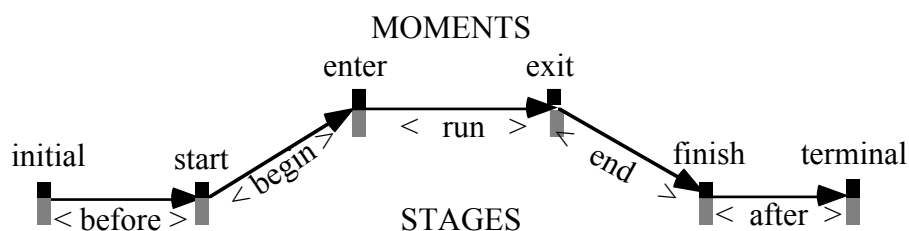


Fig. 4. Schéma du cycle de vie d'un cas particulier de procès affiné.

L'étape de « début » est alors la phase où la grandeur pertinente est en augmentation (représentée par un segment montant), le « milieu » - la phase où la grandeur pertinente semble atteindre un équilibre (représentée par un segment horizontal) et l'étape de la fin - la phase où la grandeur pertinente subit une décroissance conduisant à la cessation du procès affiné (représentée par un segment descendant). Par exemple une situation telle que « la porte s'ouvre » pourrait ainsi s'analyser en trois phases : (a) la vitesse initiale du grain de la progression étant égale à zéro, au cours de l'étape de « début », cette vitesse augmente, (b) dans l'étape « médiane » elle se stabilise, puis (c) elle décroît pendant l'étape de « fin ».

4. REPRÉSENTATIONS ET FORMALISATION

La première source d'inspiration pour définir les étapes « internes » de la situation sémantique fut pour nous l'algorithmique. Mais au cours de l'élaboration de l'ordre des situations, nous avons cru utile de consulter des théories de la logique modale: (1) de l'**action** (von Wright G. H., 1967), (2) des **structures d'événements** (Winskel G., 1982 & 1983; Kowalski R. A. & Sergot M. J., A., 1986) et (3) des **situations** (McCarthy J. & Hayes, P. J., 1969). Ce sont avant tout les rapports de ces théories avec l'informatique qui nous ont semblé pouvoir contribuer à l'élaboration des théories du sens en linguistique. En fait, ce va-et-vient entre la logique et l'informatique est d'ailleurs également profitable à la logique elle-même. En ce qui concerne l'apport de la logique et de l'informatique à la linguistique, est-il nécessaire de souligner que la linguistique générative doit justement son apparition au développement des techniques informatiques (en particulier, à l'intense recherche menée sur les langages formels, y compris la « hiérarchie des langages de Chomsky ») et que, depuis, beaucoup d'activités de recherche sur le traitement de langues naturelles s'inspirent soit directement de la logique soit des théories informatiques du traitement de symboles.

¹⁵ Un schéma de ce type est utilisé dans de nombreux travaux sur l'aspect, par ex. Sémon 1986, Barentsen 1995.

Cependant, pour construire notre concept de *structure de la situation*, nous avons en premier lieu emprunté la *structure de la séquence* telle qu'elle a été définie par Hoare C. A. R. (1969). C'est sans doute la même conception qui a pu inspirer Moens (1987), puis Moens & Steedman (1988), afin de proposer la « structure tripartite des événements » appelée « noyau ». Ce noyau a ensuite été adopté par les théoriciens de la représentation du discours: Kamp et Reyle (1993), et d'autres spécialistes des *modes d'action* (Aktionsarten): Blackburn et al. (1993) et Gagnon et Lapalme (1995).

En raison d'une intense utilisation en informatique aussi bien (1) des **réseaux de Petri** que (2) de la **sémantique des structures d'événements**¹⁶ (Event Structures) de Winskel G. (1982 et 1983) et parce que ces deux représentations se prêtent à décrire les structures parallèles¹⁷, nous pouvons comparer les résultats de nos recherches sur la situation avec les recherches que suscitent dans ce domaine les réseaux de Petri et les structures d'événements. Les réseaux de Petri ont été pour la première fois appliqués à l'analyse linguistique par Mazurkiewicz A. (1986, 2000). Comme nous le verrons cependant, notre utilisation du modèle de Petri diffère de celle de Mazurkiewicz A. (1986) par le fait que nous ne traitons pas de relation inter-situationnelles (c.-à-d. : entre des situations multiples) et de celle de Mazurkiewicz A. (2000) par le fait que nous distinguons deux niveaux d'analyse: micro-structurel (bas) et macro-structurel (haut). Pour présenter les concepts du niveau macro-structurel, nous utiliserons également le formalisme des "structures d'événements". Toutefois, ce dernier sera augmenté des deux façons suivantes: (a) en y ajoutant la composante temporelle¹⁸ et (b) en complétant la structure des "événements" (« situations sémantiques » dans notre terminologie) par le « moment terminal » et, par conséquent, par « l'étape d'après » (after).

4.1. Les Situations sémantiques et les réseaux de Petri

Il existe au moins trois façons différentes d'introduire le système des réseaux de Petri (ensembliste, graphique et algébrique). Nous adoptons la méthode graphique pour sa valeur de visualisation. Pour nos besoins actuels, nous nous limiterons à une version abrégée des réseaux de Petri dit "ordinaires" qui sont composés de la paire (place, transition) et d'un ensemble de liens allant des *places* aux *transitions* et des *transitions* aux *places*. Les *places* sont représentées par des cercles et les *transitions* par des carrés. L'étude de différentes interprétations des axiomes de Petri (Banaszak Z. & al. 1993, Suraj Z. & Szpyrka M. 1999, Le Grafset 1979) montre que les **places** sont souvent interprétées non seulement comme des "états" mais aussi comme des "positions", "conditions", "états locaux" ou "étapes" et les **transitions** comme des "événements", "opérations" ou "actions".

Mazurkiewicz A. (1986) en interprétant les places comme des "états" et les transitions comme des "événements" a fait une correspondance directe entre les situations et les primitives de Petri, ce qui se fonde sur l'idée que toutes les situations sémantiques pourraient être ramenées uniquement à *deux* catégories (états et événements). Si nous considérons le modèle des situations utilisé depuis 1986 jusqu'à 2000, à la suite de Mazurkiewicz A., par Koseska-Toszewa V. (1986) et d'autres (par exemple, Laskowski R. ou Bojar B.), nous constatons d'abord que ce modèle s'appuyant sur le calcul classique des réseaux de Petri (c'est-à-dire : sans enrichissements temporels ni stochastiques, par exemple) ne distingue pas

¹⁶ La sémantique des structures des événements a été élaborée par Winskel G. pour le *calcul des systèmes communicants* (CCS - Calculus of Communicating Systems) de Milner R.A. (1980).

¹⁷ Nous considérons, en effet, que les interprétations sont des processus parallèles (Włodarczyk A., 2002, à paraître)

¹⁸ Winkowski J. (1992).

entre (1) le *niveau micro-structurel* (niveau bas subconceptuel) et (2) le *niveau macro-structurel* (niveau haut conceptuel). En effet, dans un réseau de Petri, une place est toujours suivie ou précédée d'une transition et une transition d'une place, c'est-à-dire que jamais ni deux places ni deux transitions ne se suivent. Cette contrainte formelle impose l'ordre de succession (précédence) au niveau bas qui, pris au niveau haut, a conduit Mazurkiewicz A. (1986, p. 10) à considérer qu'il y aurait un ordre naturel caractérisant les relations entre les places (interprétées comme "états") et les transitions (interprétées comme "événements").

A notre avis, c'est notamment le fait d'assimiler les concepts primitifs des réseaux de Petri directement avec les situations sémantiques (exprimées par les langues) qui conduit Mazurkiewicz à proposer une relation de succession (précédence) au niveau haut (bien que dégagée au niveau bas) et à conclure qu'elle est génératrice d'ordre (notamment, elle serait transitive et antisymétrique) également au niveau haut. Pour se persuader qu'il n'en est pas ainsi, il suffit de se rappeler que les relations (de succession ou même de concurrence) entre les situations sémantiques (de la vie courante) dépendent en fait de l'expression ou sont simplement imprévisibles¹⁹.

La "transition" des réseaux de Petri n'est pas en soi une situation dynamique. Afin de rendre les transitions dynamiques, les informaticiens ont proposé des réseaux de Petri étendus (Murata 1989). D'autre part, et cette fois-ci déjà en étudiant l'aspect des langues, des chercheurs de Berkeley²⁰, ont proposé d'introduire davantage d'enrichissements au formalisme de départ : « *our extensions to the basic Petri Net formalism include typed arcs, hierarchical control, durative transitions, parametrization, typed (individual) tokens and stochasticity* ».

De façon indépendante, Mazurkiewicz A. (2000) a également proposé d'étendre les réseaux de Petri en introduisant le concept de « progression » (représentée par un triangle) qui lui permet de temporiser des transitions. Ainsi, apparaît la nécessité de préciser les quatre types suivants de *progressions*: (1) progression ouverte [état₁ → progression → état₂], (2) progression fermée [événement₁ → progression → événement₂], (3) progression fermée en arrière [événement → progression → état], (4) progression fermée en avant [état → progression → événement]²¹. Cependant, la proposition de Mazurkiewicz présente des conséquences profondes pour la structure même des réseaux de Petri, notamment la nécessité d'y introduire un troisième graphe, celui des triangles. Ainsi étendus, les réseaux de Petri ne seraient plus des systèmes de transitions et de places (graphes bipartites²²) mais des systèmes de transitions, de places et de progressions (graphes tripartites). A moins que la **progression** définie par Mazurkiewicz A. (2000) ne soit une "macro-étape" (cf. Grafset) et, par conséquent, possède l'interprétation sémantique fondée sur l'idée de la continuité des opérations qui définissent le changement.

Puisque nous avons affaire à des langages (y compris langues naturelles) dont la sémantique concerne les "expressions" des situations non leurs "exécutions", chaque type de situation doit être modélisé (au niveau haut) en utilisant des formules qui la rendent discrète (niveau bas). La distinction entre les niveaux macroscopique (haut) et microscopique (bas) est capitale lorsqu'on doit compiler des langages. Ainsi, si nous voulions représenter notre

¹⁹ Cette observation a déjà été formulée par Bojar B. (1986, p. 85).

²⁰ Chang N. (1997), Narayanan S. (1997), Chang N., Gildea D. et Narayanan S. (1998).

²¹ NB. [état → progression → événement] = [événement ← progression ← état].

²² En effet, suivant l'explication de Sowa J. (2000), les réseaux de Petri est une fusion des structures d'organigramme (Flow Chart) et de machine d'états (State Machine), chacune pouvant être représenté par un graphe. C'est notamment la façon dont cette fusion a été opérée qui nous fait penser aux graphes bipartites.

modèle des situations, le modèle proposé par Mazurkiewicz en 1986 (qui pose à la base un réseau minimum constitué de places et de transitions) ne serait pas suffisant car notre modèle est plutôt macroscopique. Il nous faudrait donc définir un certain nombre de macro-objets qui constitueraient les unités élémentaires de notre réseau. Nous aurions ainsi besoin de distinguer entre des transitions non-temporisées (t_1, t_2, \dots, t_n) et temporisées²³ (m_1, m_2, \dots, m_n). Les transitions temporisées, appelées « moments » dépendent de l'horloge du système, ce qui le rend dynamique.

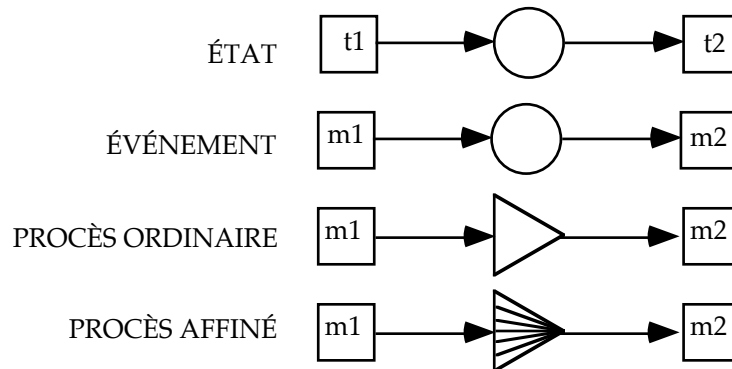


Fig. 5. Quatre types de situations représentés par un formalisme de Petri étendu

Dans la figure 5, l'état est représenté en tant que « place » entre deux transitions (non temporisées) et l'événement en tant que « place » entre deux transitions temporisées. Les deux types de procès (ordinaire et affiné) se caractérisent par la progression représentée par un triangle qui, ici, est censé synthétiser les quatre types de progression définis par Mazurkiewicz A. (2000). Dans le procès affiné, la granularité est représentée par les lignes subdivisant le triangle de la progression.

Néanmoins, même les représentations que nous venons de proposer sont trop schématiques pour rendre compte du modèle des situations que nous avons décrites de façon informelle aux chapitres 1 à 3 ci-dessus. La fig. 6 représente de manière intuitive une situation complexe²⁴ où les flèches correspondent à des parcours (dans le temps) dont certains sont parallèles. Les parallélismes, quant à eux, reflètent l'idée que les situations contiennent des rôles qui, une fois joués, peuvent se dérouler dans des temps relatifs les uns par rapports aux autres, et tout cela compris dans le cadre du temps interne à chaque situation.

²³ « ...tout réseau de Petri temporisé peut être traduit par un réseau t-temporel. Formellement, une durée de sensibilisation $d_i = [d_i \text{ min}; d_i \text{ max}]$ est associée à chaque transition t_i du réseau ». « Dans le cas des réseaux t-temporisés l'intervalle associé aux transitions caractérise la durée du franchissement. C'est le temps pendant lequel les jetons des places en entrée ne sont plus présents (ils sont réservés) mais pendant lequel les jetons produits ne sont pas encore visibles dans les places de sortie. » (Pradin-Chézalviel B. et Valette R. - 2000).

²⁴ Dans le cadre de la programmation organique (système GAEA), on définit également les situations complexes comme se composant de situations primitives (Nakashima H. - 1998). Cf. également Nakashima H., Ohsawa I. and Kinoshita Y. (1991) et Harada Y. & Nakashima H. (1995).

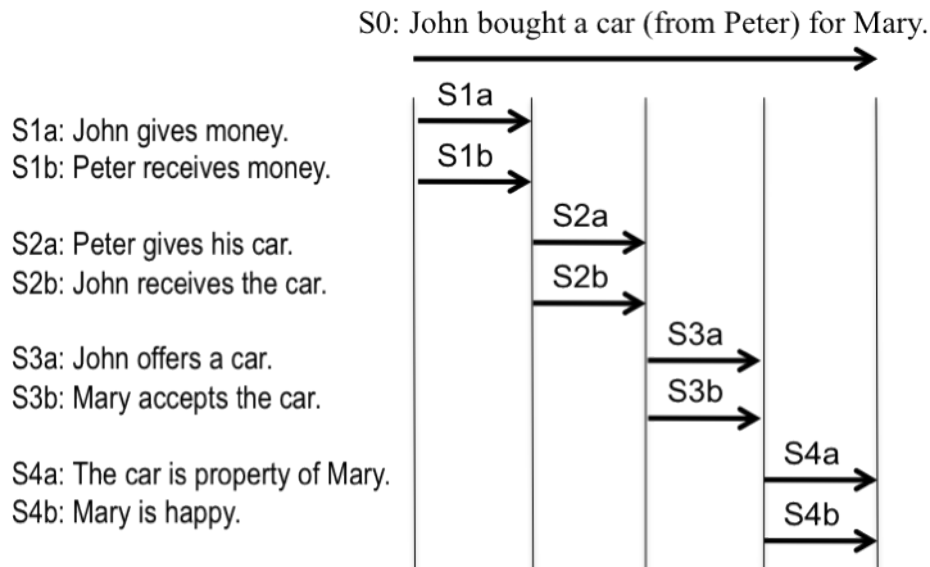


Fig. 6. Distribution des éléments constitutifs des situations dynamiques complexes.

Le modèle de la fig. 6 comparé à celui de la fig. 1, n'ajoute que des parallélismes sans pour autant changer de modèle du temps, lui-même. En effet, le temps interne d'une situation se laisse modéliser simplement par le temps linéaire. Mais tel n'est pas le cas des temps concernant les relations intersituationnelles. L'expérience humaine montre que, pour rendre compte de ces relations, il serait nécessaire d'utiliser plutôt le modèle à embranchements²⁵ (mais non le modèle circulaire, par exemple).

4.2. Les Situations sémantiques et les « structures d'événements et de configurations d'événements »

Les situations sémantiques peuvent également être représentées par les concepts de la logique séquentielle de Hoare C. A. R. (1969) et de structures d'événements étendues²⁶. Selon les structures d'événement, toute action²⁷ qui se déroule dans le temps (timed action) est un quadruplet composé de:

- l'action elle-même,
- le temps de préparation (enabling time: t_0),
- le temps de départ (start time: t_1),
- et le temps d'achèvement (completion time: t_2).

Les trois temps définis sont en relation d'ordre: $t_0 > t_1 > t_2$. En nous inspirant de la logique des processus séquentiels (de Hoare) selon laquelle toute séquence se compose d'un préfixe $\{\phi\}$ (exprimant les préconditions), d'une opération α et d'un postfixe $\{\psi\}$ (exprimant les postconditions ou effet): $\{\phi\} \alpha \{\psi\}$, nous ajoutons aux structures événementielles un 4e temps (temps d'effet ou résultant, effect or resulting time : t_3). Seules les opérations α dont les préconditions $\{\phi\}$ sont vraies peuvent aboutir aux résultats prescrits par les postconditions $\{\psi\}$.

²⁵ Cette importante remarque est due à Kayser D. (communication personnelle).

²⁶ Nous appelons « structures d'événements étendues » les structures d'événements de Winskel G. (1982 & 1983) intégrées dans les structures et configurations d'événements de Winkowski J. (1992).

²⁷ Nous employons dans ce paragraphe les termes actions et événements avec l'acception qu'ils ont dans la "théorie des structures d'événements" et non pas telles que nous les définissons dans notre typologie des situations sémantiques.

Par rapport aux « structures d'événements », dans notre modèle des situations sémantiques, ce que nous appelons *état* n'est pas une structure événementielle car la prédication sur l'état exprime la propriété des objets ou entités sans qu'aucune structure interne le caractérise. Ce que nous avons décrit comme événement peut être défini dans le formalisme des structures événementielles comme une situation où aussi bien le temps de préparation t_0 coïncide avec le temps départ t_1 et le temps d'achèvement t_2 coïncide avec le temps d'effet t_3 (en bref, $t_0 = t_1$ et $t_2 = t_3$). Ainsi, l'événement peut être défini comme un cas particulier des structures événementielles que nous appellerions *situations critiques*. Les *procès ordinaires*, en revanche, se laissent bien décrire par les structures d'événement à condition cependant d'y ajouter une phase médiane entre le temps de départ et le temps d'achèvement.

Mes remerciements sincères vont à Daniel Kayser, professeur d'informatique à l'Université Paris-Nord (Paris 13), dont les remarques avisées ont amplement contribué à améliorer la présentation de cet article.

Bibliographie

- BANASZAK Z., KUŚ J. & ADAMSKI M. (1993) *Sieci Petriego – Modelowanie, Sterowanie i Synteza Systemów Dyskretnych*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Inżynierskiej, Zielona Góra, Pologne.
- BARENTSEN A. (1995) « Trexstupencataja model' invarianta soversennogo vida v russkom jazyke », in., *Semantika i struktura slavjanskogo vida*, sous la rédaction de KAROLAK St., Wydawnictwo Naukowe WSP, Kraków.
- BOJAR B. (1986) « Werbalne wykladniki leksykalne relacji temporalnych w jezykach polskim i bulgarskim » (Les marqueurs lexicaux verbaux des relations temporelles en polonais et bulgare), in *Studia Gramatyczne bulgarsko-polskie, Tom I: Temporalność* p. 83-91)
- BULYGINA T. V. (1982) « K postrojenju tipologii predikatov v russkom jazyke », *Semanticeskie tipy predikatov*, Moskva.
- CHANG N. (1997). « A Cognitive Approach to Aspectual Composition », ICSI TR 97-034.
- CHANG N., GILDEA D., NARAYANAN S. (1998). « A Dynamic Model of Aspectual Composition », Proceedings of the Twentieth Annual Meeting of the Cognitive Science Society COGSCI-98. Madison.
- Collectif ADEPA, *Le Grafset, diagramme fonctionnel des automatismes séquentiels*, rapport de la commission ADEPA sur la normalisation du GRAFCET, Montrouge 1979
- DOWTY D. (1979) *Word Meaning and Montague Grammar: The Semantics of Verbs and Times in Generative Semantics and in Montague's PTQ*, Reidel, Dordrecht.
- FRANCOIS J. & DENHIÈRE G. - éditeurs (1997) *Sémantique linguistique et psychologie cognitive*, Presses de l'Université de Grenoble.
- HARADA Y. and NAKASHIMA H. (1995) « Situated Disambiguation with Properly Specified Representation », in *Semantic Ambiguity and Underspecification*, eds Kees van Deemter and Stanley Peters., CSLI Publications
- HOARE C. A. R., 1969. « An Axiomatic basis for computer programming » , in *Comm. ACM* 12: 576-583.
- KOSESKA-TOSZEWA V. (1986) « O temporalności inaczej », in *Studia Gramatyczne bulgarsko-polskie, Tom I: Temporalność* p. 39-64)
- KOWALSKI R. A. and SERGOT M. J., A (1986) « Logic-Based Calculus of Events », *New Generation Computing*, vol 4.

- LASKOWSKI R. (1986) « System temporalno-aspektowo-modalny języka polskiego a sieci Petriego » (Le Système temporel, aspectuel et modal de la langue polonaise et les réseaux de Petri), in *Studia Gramatyczne bulgarsko-polskie, Tom I: Temporalność* p. 23-37)
- LASKOWSKI R. (1998) « Uwagi o znaczeniu czasowników », in *Gramatyka współczesnego języka polskiego, Morfologia*, wyd. 2 zmienione, T. 1 p. 152-157, P.W.N., Warszawa.
- MAGGIOLO-SCHETTINI A. & WINKOWSKI J. (1992) *Towards an Algebra for Timed Behaviours*, Report 677, Institute of Computer Science of the Polish Academy of Sciences, January 1990, and *Theoretical Computer Science* 103, 1992, pp. 335-36.
- MAZURKIEWICZ A. (1986) « Zdarzenia i stany: elementy temporalności », (Evenements et états: éléments de temporalité), in *Studia Gramatyczne bulgarsko-polskie, Tom I: Temporalność*, p. 7-21.
- MAZURKIEWICZ A. (2000) Communication orale sur la progression à la réunion du Groupe de recherche franco-polonais « Etudes cognitives », (Paris, LACITO, 24 novembre 2000)
- McCARTHY J. & HAYES, P. J. (1969) « Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence », in *Machine Intelligence 4*, eds D. Michie and B. Meltzer, Edinburgh University Press.
- MILNER R.A. (1980) *Calculus of Communicating Systems*, Springer LNCS 92
- MOENS M. (1987) *Tense, Aspect and Temporal Reference*, PhD dissertation, University of Edinburgh.
- MOENS M. and STEEDMAN M. (1988). « Temporal Ontology and Temporal Reference », in *Journal of Computational Linguistics*, Association for Computational Linguistics 14 (2):15-28.
- MURATA T. (1989) « Petri nets: Properties, analysis, and applications », in *Proc. IEEE-89*, volume 77, p. 541–576.
- MURATA, T. (1991). « Planning with Petri Nets », In *Information and Control*.
- NAKASHIMA H. (1998) *GAEA Version 2.3 Manual*, Revision 011, Cooperative Architecture Project Team, Electrotechnical Laboratory (ETL), Japon.
- NAKASHIMA H. OHSAWA I. and KINOSHITA Y. (1991) "Inference with Mental Situations", TR-91-7: a Technical Report of Electronical Laboratory, Tsukuba (<http://ci.etl.go.jp/kyocho/Papers>)
- NAKASHIMA H., OHSAWA I. AND KINOSHITA Y. (1991) « Inference with Mental situations », TR-91-7Received in 1991-06-22, Electrotechnical Laboratory.
- NARAYANAN S. (1997). « Talking The Talk Is Like Walking the Walk: A Computational Model of Verbal Aspect », *Proceedings of the Nineteenth Annual Meeting of the Cognitive Science Society COGSCI-97*. Stanford: Stanford University Press
- PAWLAK Z. (1981) « Information Systems — Theoretical Foundations », in *Informations Systems*, 6, 205–218.
- PAWLAK Z. (1982) « Rough sets », in *International Journal of Information and Computer Science*, 11, 344-356.
- PAWLAK Z. (1991) *Rough sets: Theoretical aspects of reasoning about data*, Kluwer, Dordrecht.
- PETRI C. A (1966) *Kommunikation mit Automaten*, Schriften des IIM Nr 2, Institut für Instrumentelle Mathematik, Bonn 1962, Traduction en anglais: Technical Report RADC-TR-65-377, Griffiths Air Force Base, New York, Vol. 1, Suppl. 1, 1966.

- POLKOWSKI L. & SKOWRON A. (1999) « Towards adaptive calculus of granules », in L. A. Zadeh and J. Kacprzyk (eds.), *Computing with Words in Information /Intelligent Systems*, Springer-Verlag Group (Physica-Verlag), *Studies in Fuzziness and Soft Computing* 30, pp. 201-228.
- PRADIN-CHÉZALVIEL B., VALETTE R. (2000) « Accessibilité de marquage et logique linéaire dans un réseau de Petri t-temporel », (chezalviel@laas.fr, robert@laas.fr), IUT A, Université Paul Sabatier, Toulouse, France.
- REITER R. (2001) *Knowledge in Action – Logical Foundations for Specifying and Implementing Dynamical Systems*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England.
- SOWA J. F., (2000) *Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations*, Brooks Cole Publishing Co., Pacific Grove, CA.
<http://www-ksl.stanford.edu/email-archives/srkb.index.html>
- SURAJ Z. & SZPYRKA M. (1999) *Sieci Petriego i PN-Tools (Narzędzia do konstrukcji i analizy sieci Petriego)*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Pedagogicznej, Rzeszów, Pologne.
- VENDLER Z. (1967) « Verbs and Times », in Z. Vendler, *Linguistics and Philosophy*, Ithaca, Ithaca, New York: Cornell University Press., pp. 97-121 (revised version of Vendler Z. « Verbs and Times », *The Philosophical Review*, 66 (1957), 143-160)
- Von WRIGHT, G. H. (1967) « The Logic of Action : a sketch », in *The Logic of Decision and Action*, ed. Rescher N., University of Pittsburgh Press
- WINKOWSKI J. (1992) « Modelling timed behaviours with the aid of Event and Configuration structures », ICS PAS Reports, N° 715, p. 34
- WINSKEL G. (1982) « Event Structure Semantics for CCS and Related Languages », Springer LNCS 140, pp. 561-576
- WINSKEL G. (1983) « Event Structure Semantics for CCS and Related Languages », Aarhus University, DAIMI PB-159, April 1983
- WINSTON M. E., Chaffin R., Hermann D. J. (1987) « A Taxonomy of Part-Whole Relation », *Cognitive Science* , N°11, p. 417-444.
- WŁODARCZYK A. (2002 à paraître) « Linguistique dynamique: évolution du discours dans le temps », Communication au Xe Colloque international romano-slave sur « Temps et temporalité » à l'Académie Pédagogique de Cracovie, sept. 2000.
- ZADEH L. A. (1996) « Fuzzy logic = computing with words », *IEEE Trans. On Fuzzy Systems* 4, p. 103-111.
- ZADEH L. A. (1997) « Toward a theory of fuzzy information granulation and its certainty in human reasoning and fuzzy logic », *Fuzzy Sets and Systems* 90, p. 111-127.