Représentation des connaissances échangées dans un système d'information

Stéphane Durand[**] - Franck Lesage[**] - Alain Cardon[*,]- Pierrick Tranouez[*]**

[*]*LIP6 - Université Paris VI*
Case 69, Place Jussieu
75252 Paris Cedex 05
Alain.Cardon@lip6.fr, Tranouez@ecoledoc.lip6.fr
[**]*Laboratoire d'Informatique du Havre*
Université du Havre
76610 Le Havre
Stephane.Durand@poleia.lip6.fr, Franck.Lesage@lip6.fr

RÉSUMÉ. *La prise de décision dans un SIC aidant à la gestion d'une situation d'urgence doit être coopérative, c'est-à-dire doit être le résultat bien négocié des objectifs, projets, actions et points de vue des différents décideurs. Le point central de cette prise de décision est la bonne interprétation pour chaque acteur des communications entre décideurs, c'est par elle que la situation se structure, s'éclaircit et se précise. Cette communication doit minimiser les incompréhensions et mettre en évidence les erreurs locales. Nous proposons un modèle de système d'interprétation des communications prenant en compte les faits objectifs décrivant la situation mais également certains aspects subjectifs des communications afin de construire une représentation la plus complète possible des différents points de vue des décideurs sur la situation en cours, dans le but d'exhiber les incohérences et les dysfonctionnements dans l'organisation de l'intervention. Ce modèle est implémenté dans un système multiagent programmé en Smalltalk et distribué en Corba.*

MOTS-CLÉS : *Système multiagent, Interprétation, Emergence, Gestion de crise*

1. Introduction

Lors d'une intervention sur un accident technologique ou une catastrophe naturelle, les services de secours s'organisent et coopèrent afin de gérer au mieux ce qu'ils appellent "une situation d'urgence". Une telle situation est caractérisée par la nécessité d'une intervention et d'un traitement immédiats afin d'éviter qu'elle ne se transforme en crise.

Pour gérer ces situations, des systèmes informatisés sont souvent utilisés : les Systèmes d'Information et de Communication (SIC). Ces systèmes, hérités des systèmes de commandement militaires, collectent les informations sur la situation et les retransmettent aux différents décideurs afin que ceux-ci décident au bon moment et de façon justifiée des actions à effectuer. Les SIC permettent aux différents intervenants d'échanger des données, des informations, des connaissances, des opinions et des jugements sur le déroulement de la situation.

Cependant, dans les SIC classiques, se pose le problème de la gestion des différents points de vue d'intervenants appartenant à des organisations dont la hiérarchie et la culture sont très dissemblables. De plus, les connaissances purement objectives y sont en général privilégiées au détriment de leur contexte d'émission et des aspects subjectifs des dialogues entre les acteurs et de leurs opinions. Or, dans un rapport européen [STE94] les professionnels ont eux-mêmes indiqué la nécessité de prendre en compte les critères subjectifs propres à l'appréhension de la situation par chaque intervenant.

Nous présentons un système d'aide à la gestion de situation d'urgence basé sur l'analyse des messages entre intervenants et prenant en compte des caractères subjectifs et les points de vue multiples des décideurs sur la situation en cours. Pour cela, nous générons, à partir des communications, de leur contexte d'émission et des caractères subjectifs explicitement exprimés par les intervenants, une représentation de la situation telle qu'ils la perçoivent. Pour générer cette représentation, chaque aspect perçu et exprimé de la situation est réifié dans le système sous forme d'agents dits aspectuels au sein d'organisations. Nous obtenons ainsi une vaste organisation d'agents dont les caractères structurels vont pouvoir refléter la situation perçue par les différents acteurs. Les caractères organisationnels émergents de cet ensemble d'agents sont décrits par une organisation d'agents dits de morphologie dont la structure propre doit permettre une lecture aisée de cette situation perçue.

2. Problème des communications multi-acteurs en temps contraint

Lors de la gestion d'une situation d'urgence, la situation initiale n'est pas clairement structurée, nombre d'informations sont imprécises, vagues, floues, incomplètes ou manquantes. Les sources d'informations peuvent, en plus, ne pas être fiables. Les acteurs impliqués dans la gestion de situations d'urgence, appartenant à des institutions différentes ayant chacune une culture propre, ne possèdent qu'un point de vue partiel et parfois partial de la situation courante. La plupart des informations échangées sont en fait teintées de subjectivité, leur sens dépendant fortement de leur contexte d'émission, appelé pragmatique, qui ne peut pas être évacué [STE94]. Dans ces conditions les décideurs, incomplètement informés,

doivent prendre dans l'urgence des décisions sur une situation non structurée, à évolution rapide et imprévisible [WF86].

L'échange de connaissances purement factuelles, est donc nécessaire [BAR93] mais non suffisant pour gérer de façon satisfaisante une situation d'urgence puisque chaque acteur interprète les messages reçus en fonction de sa propre culture et de sa représentation de la situation courante.

Lors de la communication entre acteurs, l'interprétation des messages conduit donc à des incompréhensions entre ces acteurs. Mais avec du temps, un dialogue entre eux peut s'instaurer, levant ainsi les erreurs d'interprétation et les ambiguïtés. Cependant dans le cadre d'une gestion de situation d'urgence, cet échange dialogique n'est pas possible pour deux raisons : le nombre important d'intervenants ayant des cultures différentes et le manque de temps pour discuter posément des ambiguïtés et des mauvaises interprétations des messages.

3. Communications au sein d'un SIC

Les Systèmes d'Informations et de Communication (SIC) sont des systèmes distribués incluant un nombre important de nœuds de communication, occupés par des acteurs humains, connectés à des systèmes d'information spécialisés et locaux (Systèmes d'Information Géographique (SIG), Bases de Données propriétaires, ...) opérant sur une situation possédant une forte dynamique.

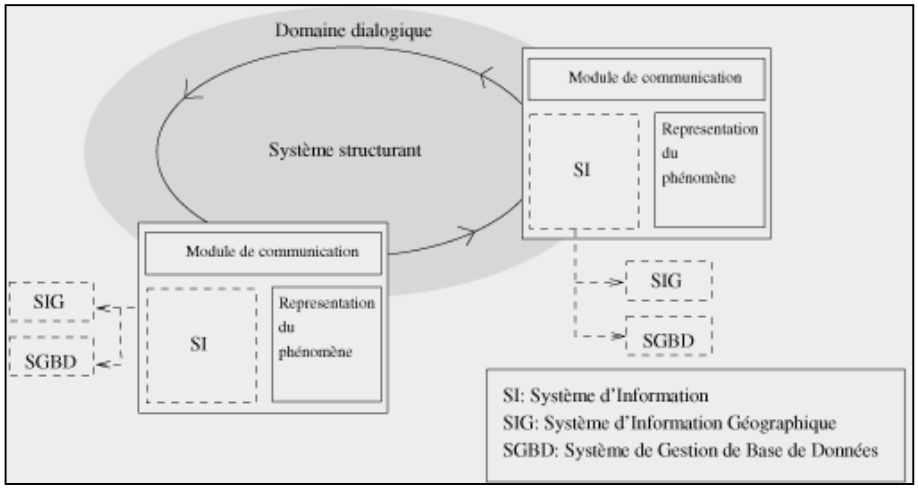

Figure 1. *Architecture d'un SIC distribué*

Un SIC comprend [Car98]:

1. Une partie structurelle aux fonctionnalités précises : quelles sont les institutions et quels sont leurs moyens ?
2. Des plans locaux précis de traitement de très nombreuses situations, comme les Plans Particuliers d'Intervention.
3. Des plans généraux comme Orsec, Rouge …
4. Une structure générale partiellement hiérarchique (avec par exemple le préfet tout en haut, gendarmerie et pompiers en dessous etc…)
5. Un système de communication permettant d'informer entre eux les décideurs des différentes institutions sur leurs intentions et actions

C'est à cette cinquième partie, le medium de communication, que nous allons nous intéresser. Le problème étudié est donc l'aide à l'interprétation des messages échangés entre les acteurs d'un SIC, ce qui implique :

1. D'analyser le texte des messages échangés
2. D'enrichir ces messages par son contexte d'émission
3. D'immerger les messages reçus dans le contexte de leur réception
4. De dégager les traits saillants de cette immersion. Ce sont les tendances significatives du discours entre émetteur et récepteur
5. De valider la mise en exergue de ces traits saillants

Nous allons à présent décrire un tel système d'aide à l'interprétation baptisé ABIS.

4. Des messages aux données communicationnelles

Les décideurs communiquant en utilisant ABIS le font par envoi de messages asynchrones. La forme standard du message comporte l'expéditeur, les destinataires, le sujet du message, l'heure d'émission, le texte du message et la finalité opératoire. La finalité opératoire correspond au but officiellement annoncé par l'expéditeur. Ceci a pour objectif de clarifier les intentions de l'expéditeur sur le message, par rapport à son appréciation de la situation en cours.

A cette forme standard, a été ajoutée à l'expéditeur la possibilité d'exprimer son point de vue de façon explicite pour les autres acteurs et de façon compréhensible à un système informatique d'interprétation artificielle des messages.

Cette expression se fait sous la forme de *traits sémantiques*. Un trait sémantique est représenté par un triplet (Objet du discours, Qualification, Valeur).

Les trois valeurs du triplet correspondent respectivement :

1. à l'objet que l'on cherche à qualifier *(ex :un phénomène, un véhicule, une personne, un plan d'action,…)*,
2. à une qualification de *l'objet (ex :une couleur, une immatriculation, une identité, un doute,…)* et
3. à la valeur de cette qualification (*ex :bleu, 1475 QN 14, John Smith, …*) ou une intensité de la qualification sur une échelle subjective allant de 1 à *10 (pour une faible certitude, un doute fort*).

Dans la mesure où le langage utilisé par les professionnels des situations d'urgence est déjà fortement contraint [MAL98], nous faisons l'hypothèse qu'il existe une ontologie construite à partir des connaissances du domaine de la gestion de situations d'urgence qui soit génératrice du langage utilisé pendant les interventions.

En effet même si les personnes impliquées dans la gestion de situations d'urgence appartiennent à des institutions possédant chacune des procédures particulières d'intervention, une culture, des buts et un langage propre, ces procédures et ces langages s'appliquent tous à un même domaine: la gestion de crises. En classifiant, dans ce domaine, les informations échangées durant les communications, on obtient une ontologie du domaine des communications lors de gestion de crises. Le système d'interprétation des messages échangés dans le SIC doit opérer sur les communications en représentant le sens de la situation à gérer, c'est-à-dire en représentant la perception qu'ont les décideurs de la structure et de l'organisation de cette situation au fur et à mesure qu'elle évolue à travers les messages qu'ils échangent. En se basant sur des comptes-rendus d'incident réels, cinq types d'énoncés constituant les messages ont été dégagés [CL98] [DUR99]:

- Fait énoncé
- Question posée
- Jugement affirmé
- Ordre donné
- Action commentée

Chaque message est constitué de plusieurs énoncés. Le contenu cognitif des messages est regroupé en catégories relatives aux situations d'urgence :

- Connaissances spatiales
- Connaissances temporelles
- Connaissances organisationnelles
- Connaissances de perception subjective de la situation par les décideurs

On arrive ainsi à édifier *un script* grâce auquel les décideurs peuvent composer des messages par sélection de mots dans des menus déroulants ou dans des dictionnaires.

Cependant, même si l'ontologie du domaine est suffisamment exhaustive, les messages échangés devront être replacés, par le système informatique, dans leur contexte de génération. Pour cela, le système informatique permet d'augmenter les discours des acteurs par des éléments contextuels afin de préciser le contexte d'émission des messages, ce que l'on appelle en linguistique la pragmatique. Le système informatique génère alors à son tour des traits sémantiques particuliers.

Exemple : Lors d'une explosion dans un métro, le système générera des traits sémantique à propos de la possibilité d'un nombre important de victimes, de problèmes de circulation des rames, de la difficulté d'accès des secours, de différent types de blessures possibles, brûlures, coupures, asphyxie à contusions potentiellement graves.

Cette communication étendant le message à des connaissances de sa pragmatique, constitue ce que nommons une *donnée communicationnelle* [CD97]. Une donnée communicationnelle est composée d'une partie multimédia destinée aux acteurs et d'une liste de traits sémantiques.

```
Emetteur :  LCL Pompiers
Destinataire : Préfet
Sujet : Incendie dans un train
Texte : Incendie dans un train sur la ligne
V1-V2

(Phénomène #1, Type, Incendie)
(Phénomène #1, Impliqués, Train #1)
(Train #1, Localisation, Ligne V1-V2)
(Localisation(Train \#1), Précision, Vague)
```

Figure 2. *Exemple de donnée communicationnelle*

5. Interprétation des données communicationnelles

5.1. *Présentation de l'architecture générale d'ABIS*

Dans le cadre d'un projet financé par la région Haute-Normandie et en collaboration avec pompiers, SAMU et Préfecture, un système d'aide à la gestion de situations d'urgence et de crise a été réalisé dans le cadre d'un travail de thèse [DUR99] [LES99]. Baptisé ABIS, pour Agent-Based Interpretation System, c'est un vaste système multiagent physiquement distribué par CORBA, dont un prototype implémentant une partie importante du modèle a été réalisé en Smalltalk. Son but est de permettre de faire émerger le sens des communications, en partie multimédia et en partie en scripts, sur des réseaux à haut-débits (cf. schéma ci dessous).

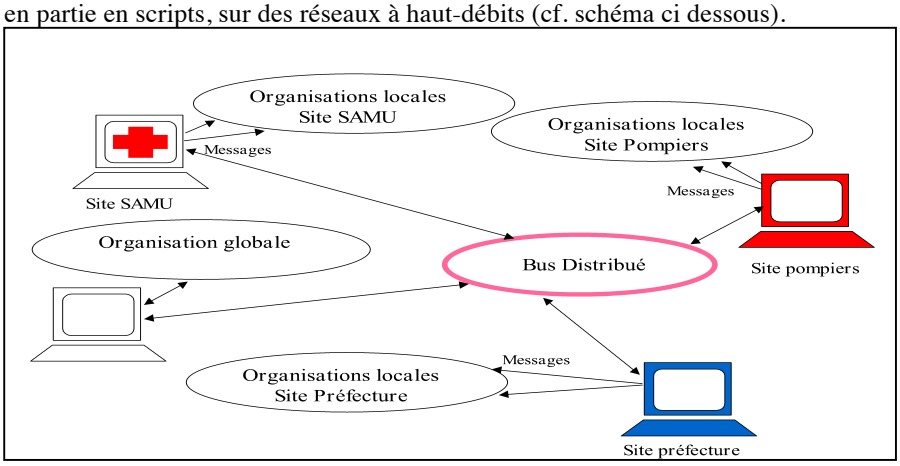

Figure 3. *Schéma du système distribué*

Chaque décideur, responsable d'une institution, est représenté par un nœud du réseau de communication. Localement, pour chaque décideur, ABIS se compose de trois couches.

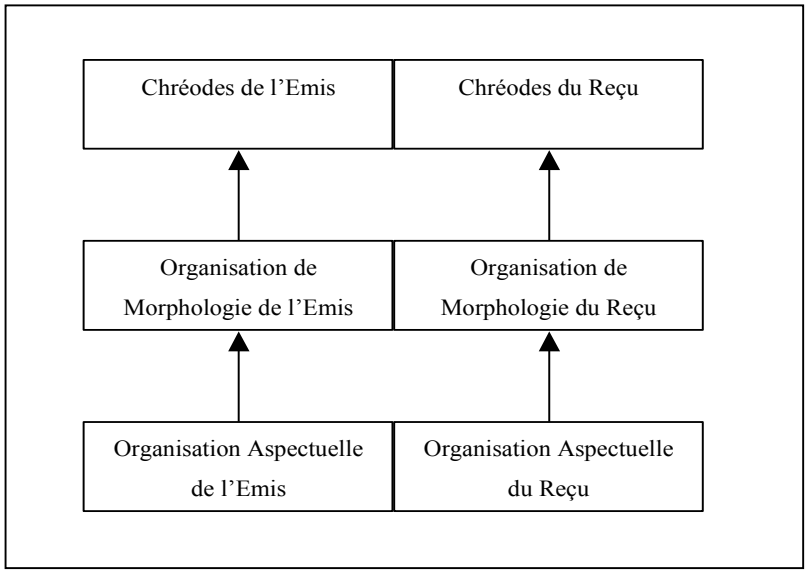

Figure 4. *Les trois couches locales du système*

Il existe également une couche globale regroupant la signification des interprétations locales des messages.

5.2. *Des données communicationnelles aux agents : L'organisation des agents aspectuels*

Les traits sémantiques exprimés par les décideurs sous forme de triplets vont, dans ABIS, être interprétés grâce à des agents. Ces agents, représentant les différents caractères de la situation en cours, sont appelés agents aspectuels. Les traits sémantiques sont un triplet comportant une qualification, un objet du discours et une intensité. A chaque trait sémantique on associe plusieurs agents aspectuels représentant entre autres l'objet et la qualification.

Il existe une notion de proximité sémantique entre les agents aspectuels. En effet, certains sujets de communication ou certaines qualifications peuvent être proches (une voiture et un camion ou le doute et la défiance), éloignés (un incendie et une inondation ou le doute et la certitude) ou franchement sans aucun rapport sémantique (un incendie et le doute, ou d'une certaine façon un incendie dont le

décideur parle et un dont on lui parle (le rapport entre ces deux notions sera perçu dans une autre couche du système)). Cette proximité a deux fonctions : permettre à un agent de définir ses alliés et ses ennemis potentiels, et déterminer si un trait sémantique l'intéresse ou non.

Tous les agents créés sont susceptibles d'utiliser un trait sémantique pour leur développement. Le rôle de ces agents aspectuels est de représenter un aspect de la situation dans son évolution.

Les agents aspectuels agrègent des macro-automates. Les états de cet automate sont des ATN. Quand les agents se renforcent, leur état courant dans le macro-automate change et par conséquent leur comportement, fixé par l'ATN correspondant aussi. S'ils s'affaiblissent, ils régressent dans leur macro-automate.

Lorsqu'un agent filtre un trait sémantique, il compare son objet et sa qualification aux siens selon cette proximité sémantique, codée dans une matrice de proximité propre à chaque organisation d'agents aspectuels. Selon l'intensité du trait et sa proximité sémantique, le trait modifiera de façon plus ou moins importante l'état de l'agent. Plus le trait sémantique est proche de l'agent, plus le renforcement est fort. Un trait sémantique opposé est généralement ignoré. Ainsi, chaque message a un impact sur l'organisation des agents aspectuels fortement lié au sens des messages.

Le but des agents aspectuels est de se développer afin d'acquérir une place prépondérante dans le SMA afin de faire prévaloir la catégorie sémantique qu'ils représentent. Pour cela ils vont se grouper, s'associer et se combattre [CF98]. Au cours de leur évolution, les agents combattent les agents sémantiquement éloignés et s'allient avec les agents sémantiquement proches. Les actions agressives consistent à ralentir ou à affaiblir les agents ennemis (i.e. sémantiquement éloignés). Les actions d'aide consistent à renforcer les agents alliés les plus faibles.

Ces organisations d'agents aspectuels sont des représentations dynamiques de la façon dont les décideurs ont exprimé leur vision de la situation en cours. Il existe une organisation d'agent aspectuelle locale à chaque décideur utilisant le système, représentant ce qu'il a dit et ce qu'on lui a dit.

Ces agents aspectuels sont hybrides [GUE96], c'est-à-dire qu'ils réunissent des qualités cognitives et des réflexes innés typiques des agents réactifs. Ils répondent par ailleurs à la notion légère d'agent [WJ95]. On trouvera ainsi des agents aspectuels aussi divers que des agents de doute#3 ou de camion#1. On distinguera de plus les agents en fonction de s'ils sont émis ou reçus.

Chaque message émis est augmenté par l'organisation aspectuelle de l'émetteur. De nombreux traits sémantiques sont donc émis à chaque message, chacun créant ou renforçant plusieurs agents aspectuels. Au bout de quelques communications, le nombre d'agents aspectuels pour chaque décideur peut donc dépasser plusieurs centaines.

L'analyse individuelle de ces agents et de leurs relations conduirait à une explosion combinatoire. Il nous faut donc pour ABIS parvenir à résumer le plus fidèlement possible cet ensemble d'agents. Il doit réussir à percevoir ce que ces agents ont en commun, quels sont les plus importants, lesquels sont proches de certains et loin d'autres. Nous devons essayer de voir quelles « formes » se dessinent dans cet ensemble, dans ce que nous appelons *un paysage d'agents*. Nous raisonnerons ensuite sur ces formes, ces tendances géométriques émergentes reconnues dans le paysage, et non plus sur les agents eux-mêmes qui les composent.

5.3 *Lecture des tendances géométriques émergentes dans l'organisation aspectuelle par l'organisation des agents de morphologie*

5.3.1 Notions locales

Les agents aspectuels sont renforcés par les messages les concernant et par les agents proches d'eux sémantiquement. Ils sont affaiblis par les agents opposés sémantiquement. Nous avons formalisé ceci grâce à une analogie mécanique. La relation fondamentale de la dynamique indique que :

$$\vec{F}_{ext} = m\vec{a}$$

Ici les forces extérieures sont exercées par les autres agents et les messages. L'accélération s'appelle ici *facilité*. Un agent aspectuel sera accéléré (sa facilité augmentera) par les messages le concernant (composante de connaissance), accéléré ou ralenti (composante structurelle) par d'autre autres agents pouvant l'influencer selon leur *suprématie* (voir plus bas, composante structurelle) pondérée par leur proximité sémantique (composante organisationnelle).

La masse, qui en mécanique représente l'inertie du solide, est ici l'expérience de l'agent aspectuel. Un agent sera moins sensible aux attaques des agents ennemis s'il a déjà été la cible de beaucoup d'attaques ou d'aides d'agents éloignés ou proches sémantiquement, ou s'il a été modifié par beaucoup de messages. De même, si un message parle de lui mais qu'il a été précédé de dizaines d'autres sur le même sujet, il influencera moins l'agent aspectuel.

On intègre la facilité par rapport au temps pour obtenir la *vélocité* de l'agent. La vélocité représente la vitesse de développement de l'agent. Si la facilité est forte (plus de soutien que d'empêchement) l'agent aspectuel se développera plus vite ; dans le cas contraire, il pourra aller jusqu'à régresser.

Enfin, on intègre la vélocité pour obtenir la *suprématie*. Celle-ci mesure la force de l'agent aspectuel par rapport aux autres. Elle lui vient, comme on peut le voir en suivant son procédé de calcul, de son intégration dans son environnement aspectuel et communicationnel.

Chaque agent calcule donc sa facilité, sa vélocité et sa suprématie. C'est néanmoins à un autre niveau que ces caractéristiques de l'agent sont exploitées.

5.3.2 Agents de morphologie

Pour ne pas être débordé par le volume de données sur les caractéristiques des agents aspectuels, pour concentrer ces données en connaissances significatives sur leurs actions et développement, on regroupe ces agents par paliers de valeurs. Ce n'est pas une simplification trop grossière car ces paliers sont calculés dynamiquement à l'aide d'agents particuliers, les *agents de morphologie*.

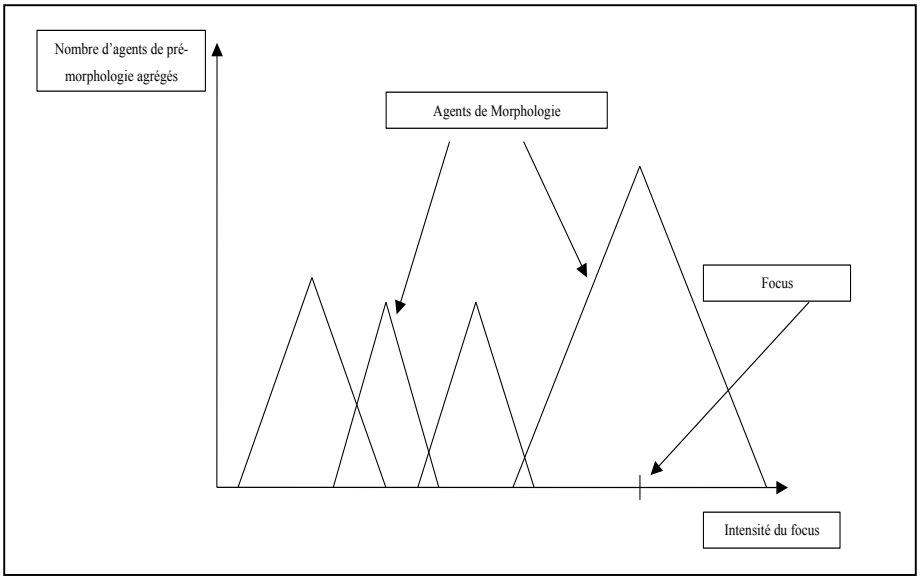

Figure 5. *Représentation d'une organisation d'agents de morphologie*

Nous avons trois organisations différentes d'agents de morphologie, une pour chaque caractéristique retenue dans le paysage aspectuel. Leur fonctionnement est néanmoins identique. A chaque agent aspectuel correspond trois agents de pré-morphologie, un pour chaque organisation. Ces agents de pré-morphologie vont avoir tendances à s'agréger, soit entre eux, créant ainsi un agent de morphologie, soit à un agent de morphologie existant. Les agents de morphologie ont donc ainsi un *focus*, valeur moyenne de la caractéristique des agents de pré-morphologie agrégés, et une *intensité*, dépendant du nombre d'agents de pré-morphologie qu'ils agrègent. L'intensité d'un agent de morphologie détermine la largeur de l'intervalle autour du focus sur lequel l'agent de morphologie agrège les agents de pré-morphologie (cf. schéma).

Il est donc à noter qu'un même agent de pré-morphologie peut être agrégé dans plusieurs agents de morphologie.

Ce résumé des caractéristiques morphologiques du paysage d'agents est particulièrement intéressant en ce qu'il fait que celui-ci interprétera les événements extérieurs en fonction de ce qui a capté son attention sur le moment (les agents de morphologie à plus forte intensité). Ainsi un agent aspectuel pourra s'intégrer morphologiquement au discours dans sa globalité s'il fait partie d'un agent de morphologie consensuel (intense) ou s'en écarter s'il est en dehors de tout, pouvant aller jusqu'à créer lui-même une nouvelle tendance.

Nous avons donc la couche aspectuelle, totalement reliée à la signification des scripts de message, et la couche morphologique, qui en est détachée, qui ressemblerait à une couche méta dans un système à base de règles. Pour pouvoir analyser rationnellement ces deux aspects du discours, il va nous falloir fusionner

ces deux approches pour que l'on puisse se faire une idée de ce qu'exprime le discours, incluant une partie de son non-dit. C'est le rôle des *chréodes*. Ces chréodes , qui sont des regroupements de traits sémantiques morphologiquement forts et épaulés par d'autres traits proches d'eux sémantiquement, seront ensuite analysées par une troisième organisation d'agents, dits d'analyse [CL98].

6. Une réalisation distribuée

La distribution d'ABIS repose sur la classe DMAP qui contient toutes les références aux services CORBA. Le système est démarré par l'initialisation de la plate-forme via la classe DMAP qui lance l'ORB (Object Request Broker) et enregistre une instance d'elle-même qui sera utilisée par toutes les images qui se connecteront ultérieurement à la plate-forme.

Dans la mesure où les attributs d'un objet distribué se trouvent automatiquement distribués, il est suffisant d'enregistrer une seule instance de la classe DMAP si celle-ci contient toutes les références aux objets (agents, attributs et objets de l'environnement) de la plate-forme. Quand un agent ou un objet est créé sur une des images, celui-ci est donc automatiquement visible depuis les autres images via l'accès à la méthode de classe 'SharedDMAP' de leur classe DMAP qui retourne une référence à la plate-forme.

Cette approche par "proxy" a permis de distribuer en quelques minutes une version initialement "monolithique" du prototype de SIC que nous avons développé. Il reste cependant des problèmes à résoudre tels que la sécurité dans un réseau non-privé, la robustesse du système en cas de déconnexion de l'image contenant le naming service et l'instance partagée de la plate-forme, où est réalisée l'analyse globale de l'interprétation.

7. Conclusion

ABIS permet une émergence dynamique du sens des messages échangés lors de communications dans un SIC.

Les décideurs utilisant le SIC envoient des messages sous forme de scripts. Ces messages sont augmentés localement à l'émetteur par une organisation d'agents aspectuels. Ils sont ensuite reçus par une organisation d'agents aspectuels locale au récepteur qu'ils modifient. Cette organisation change également au fur et à mesure que les agents qui la compose luttent, se renforcent ou s'affaiblissent.

La population de l'organisation aspectuelle est lue morphologiquement, c'est à dire qu'on s'attache à certaines structures émergentes au sein de l'organisation, liées à différentes caractéristiques des agents. Cette lecture est réalisée par une autre organisation d'agents.

Les traits saillants de cette lecture morphologique sont ensuite analysés localement par une troisième organisation d'agents, afin de comprendre ce qui a retenu l'attention des décideurs. On compare enfin ces points d'attention des

différents décideurs afin de percevoir d'éventuels conflits ou des écarts entre les représentations qu'ils se font de la situation.

Repousser l'analyse rationnelle à la fin du cycle d'interprétation permet une prise en compte du contexte et de la manière dont les décideurs conçoivent la situation plus efficace que dans les SIC plus classiques, répondant ainsi à une directive européenne .

Le grand nombre d'agents qui composent ABIS rendent l'interprétation lente sur les machines de développement actuelles. Ceci devrait s'améliorer prochainement lors du passage à un cluster d'ordinateurs, mieux adapté à la nature très distribuée de ce système.

8. Bibliographie

[BAR93] BARES M., *Systèmes de Commandement, Elements Vers Une Prospective, 1993, Paris*, Polytechnica

[CAR98] CARDON A., *A Multi-Agent Model for Co-Operative Communications in Crisis Management System : The Act of Communication*, 1998, 7th European-Japanese Conference in Information Modelling and Knowledge Bases

[CD97] CARDON A., DURAND S., *A Model of Crisis Management System Including Mental Representation*, 1997, Stanford University, Proceedings of AAAI'97 Spring Symposium

[CF98] CASTELFRANCHI C., FALCONE R., *Principles of Trust for MAS : Cognitive anatomy, Social Importance and qualification*, 1998, ICMAS'98 proceedings

[CL98] CARDON A., LESAGE F., *Toward Adaptive Information Systems : considering concern and intentionality,* 1998, Proceedings of KAW'98

[DUR99] DURAND S., *Thèse de doctorat,* Non publié

[GUE96] GUESSOUM Z., *Un environnement opérationnel de conception et de réalisation de systèmes multi-agents,* 1996, Thèse de l'Université Paris 6, LAFORIA.

[LES99] LESAGE F., *Thèse de doctorat,* Non publié

[MAL98]MALAVIELLE D., *Etude et Réalisation D'un Système à Base de Connaissances Pour L'aide à L'intervention sur un Accident Majeur*, 1998, Université de Paris XI Orsay

[STE94] STEP, *Peut-on modifier les processus mentaux de représentation et de décision en situation d'urgence*, Contrat CEE STEP 90-0094, 1994.

[WF86] WINOGRAD T., FLORES F., *Understanding Computers and Cognition: A new Fundation for Design,* 1986, New Jersey, Abley Press

[WJ95] WOOLRIDGE M., JENNINGS N. R., *Intelligent agents : Theory and practice*, 1995,Knowledge engineering review, 10(2).