

# VERS UNE ARCHITECTURE MULTI-AGENTS POUR LA REPRESENTATION ET L'EVALUATION DE SITUATIONS DYNAMIQUES

H. Boukachour, T. Galinho, P. Person, F. Serin, G. Simon, M. Coletta, D. Fournier  
LIH - Laboratoire d'Informatique du Havre, 25 rue Philippe Lebon, 76058 Le Havre France  
asvp@univ-lehavre.fr, hadhoum.boukachour@univ-lehavre.fr, thierry.galinho@univ-lehavre.fr

## Résumé

*Le besoin d'assister efficacement les décideurs, dans le cadre de la gestion de crise devient une nécessité. Il faut pouvoir leur fournir les outils pour les aider à anticiper l'évolution de la situation de manière à prendre les bonnes décisions. Toute activité liée à la gestion d'urgence suppose l'acquisition et le traitement de la connaissance. C'est en fonction de la connaissance d'une situation donnée, et de son interprétation que le décideur est amené à prendre une décision, à définir une action puis à en contrôler l'exécution.*

*Nous proposons une spécification et une architecture de système de veille préventive. Ce système repose sur une comparaison de la situation courante et des situations passées. Ces situations passées ont fait l'objet d'analyses qui permettent d'associer un certain déroulement à des conséquences engendrées. Si le système parvient à rencontrer dans la situation courante un déroulement similaire à celui d'une situation passée, les conséquences engendrées par la situation passée deviennent un risque potentiel pour la situation courante.*

**Mots-clés :** *Système multi-agents, situation dynamique, veille préventive, gestion de risque.*

## 1. INTRODUCTION

Cet article est une présentation de la recherche menée par le groupe de travail ASVP (Agents et système de veille préventive) du LIH (Laboratoire d'informatique du Havre). Nous proposons une architecture de système de veille préventive (SVP) permettant d'aider les acteurs à faire un état des lieux d'une situation courante et à prévoir son évolution, dans le contexte d'une gestion de risque, en se fondant sur des données provenant de différentes sources d'informations. Il s'agit de passer d'une description exhaustive et factuelle de la situation à une description de niveau connaissance permettant de caractériser synthétiquement cette situation.

Le système possède deux fonctionnalités : la fonctionnalité de veille correspondant au traitement continu des informations en provenance des systèmes d'information ou des autres acteurs, la fonctionnalité de prévention qui consiste à suggérer aux acteurs la ou les évolutions possibles de la situation courante.

Le SVP est un système multi-agents [4], [7] dont le coeur est constitué de trois couches d'agents. La première est en contact direct avec les acteurs et a un accès aux différents systèmes d'information distribués, la deuxième assure le traitement de cette information et la troisième a accès à une base de scénarios mémorisant des situations passées.

En effet, une manière d'évaluer la situation courante en terme de conséquences potentielles consiste à essayer de la rapprocher de situations passées similaires en utilisant une forme de raisonnement à partir de cas. Si le système parvient à identifier dans la situation courante un déroulement similaire à celui d'une situation passée, les conséquences engendrées par cette dernière deviennent un risque potentiel pour la situation courante.

Nous allons exposer la démarche que nous avons suivie pour représenter la situation courante et mettre en oeuvre le raisonnement à partir de cas sur les scénarios.

## 2. ARCHITECTURE EN COUCHES

L'architecture complète du système est composée de plusieurs organisations d'agents dédiées à différentes composantes fonctionnelles [1]. Dans cet article, nous nous focaliserons sur le noyau du système. Cette partie du système permet de gérer la représentation de la situation courante ainsi que son analyse en vue de son évaluation. Comme présenté en introduction, dans le système de veille préventive, évaluer la situation courante consiste à la comparer avec des situations passées. Il s'agit alors de mettre en oeuvre une forme de raisonnement par analogie reposant sur l'hypothèse suivante : si une situation A ressemble à une situation B alors il est probable que les conséquences de la situation A seront similaires à celles de la situation B si rien n'est mis en oeuvre par les décideurs.

Le coeur du système repose sur une architecture en couches d'agents du type de celle proposée par [10]. Elle est constituée de trois couches d'agents :

- la plus basse : les agents représentant en temps réel la situation courante appelés agents aspectuels. Cette couche est alimentée par les informations sur la situation parvenant au système ;

- la couche intermédiaire : les agents de synthèse permettant l'analyse de la population d'agents aspectuels ;

- la plus haute : les agents de prédiction permettant la comparaison avec des situations passées et donc l'évaluation du risque associé à la situation courante. Ces agents s'appuient à la fois sur les informations alimentant la couche basse et sur le résultat de l'analyse des agents de cette couche par les agents de synthèse.

Les situations passées sont modélisées dans des scénarios regroupés en une base de scénarios. Ils peuvent être conçus en se fondant sur des rapports d'intervention sur le terrain. Ils doivent permettre de caractériser, pour chaque situation passée, l'ensemble des aspects déterminants dans le déroulement de la situation. Pour ce faire, ils contiennent une liste, éventuellement ordonnée temporellement, des informations associées aux aspects importants de la situation. Ils contiennent également une description des conséquences importantes en terme de risque que la situation a pu avoir dans le passé.

### 3. SITUATION COURANTE ET AGENTS ASPECTUELS

La représentation de la situation courante doit être, en première approche, une image en temps réel aussi fidèle que possible du monde perçu. Dans le SVP, elle est représentée par une organisation d'agents aspectuels. Chaque agent de cette couche représente un élément partiel de la situation qui est modélisé par un trait sémantique. Nous considérerons ici un trait sémantique comme un triplet (objet, qualificatif, valeur) tel que par exemple (phénomène#1, est-une, fuite). Chaque trait sémantique, et donc chaque agent aspectuel, représente une information liée à la situation courante, dont on ne sait pas a priori si elle est importante ou pas. Un trait sémantique représente donc une information élémentaire. Celle-ci traduit un aspect particulier et partiel d'une situation observée. Une telle situation n'est elle-même pas élémentaire mais peut être représentée par un ensemble de traits sémantiques. Cela permet de l'évaluer en la comparant avec des situations connues (scénarios) issues du passé et de l'expérience.

Cette couche d'agents aspectuels a pour rôle de faire émerger les agents, et donc les traits sémantiques les plus pertinents pour la description de la situation courante. Ces agents sont en concurrence et possèdent

un mécanisme de renforcement et d'affaiblissement. En résumé ces agents aspectuels tentent de s'« associer » avec d'autres agents considérés comme amis, c'est-à-dire proches du point de vue des traits sémantiques, pour aggraver les agents porteurs de traits sémantiques opposés, considérés comme ennemis.

Le renforcement ou l'affaiblissement des agents est évalué par les critères suivants : la facilité, qui mesure la difficulté de l'agent à se développer, la vélocité qui représente la vitesse de développement, et la suprématie qui indique l'état de développement de l'agent. Ces caractéristiques évoluent dans le temps au fur et à mesure de l'arrivée des traits sémantiques dans le système, d'où l'importance d'une mesure de proximité entre traits sémantiques puisque c'est elle qui conditionne les mécanismes de renforcement et d'affaiblissement des agents et donc leur évolution.

Afin de comparer les divers traits sémantiques (actuellement cette étape est longue et fastidieuse : des travaux sont en cours pour l'automatiser), une ontologie du domaine est nécessaire. Ainsi que le montre Gruninger [6], le mot ontologie, traditionnellement décrit à la suite de Gruber [5] comme une « spécification explicite et formelle d'une conceptualisation faisant l'objet d'un consensus », recouvre en fait des réalités différentes. Il s'agit ici de réfléchir au moyen d'exploiter une ontologie pour déterminer une mesure de proximité sémantique entre termes et donc entre traits sémantiques.

Nous nous intéressons donc à la distance entre deux traits sémantiques. Actuellement nous distinguons trois types de proximités : la proximité temporelle, la proximité spatiale et la proximité sémantique (utilisant l'ontologie). La proximité entre deux traits sémantiques est le produit des ces trois proximités. Nous avons introduit ce produit de manière à prendre en compte le fait que la proximité entre deux traits doit s'affaiblir d'autant plus que les traits sont distants dans le temps ou dans l'espace.

Le mécanisme de renforcement et d'affaiblissement des agents aspectuels est régi par un automate à 4 états. Lors de la création d'un agent aspectuel, l'automate est systématiquement créé en état d'initialisation. Dans cet état, l'agent collecte les traits sémantiques qui parviennent au système. Dès qu'il détecte des traits qui lui sont proches du point de vue de la mesure de proximité, l'agent se renforce et franchit alors le seuil qui mène au deuxième état de l'automate : la délibération. Cet état est caractérisé par la constitution de la liste des agents amis et de celle des agents ennemis. Quelque soit l'état de l'automate, l'agent reste à l'écoute des traits sémantiques. Il continue donc à percevoir des informations extérieures qui le font évoluer en interne. Ces modifications de l'état de l'agent peuvent le conduire soit à franchir le seuil nécessaire à atteindre l'état de décision, soit à retourner en état

d'initialisation. En état de décision, le comportement de l'agent est plus volontaire : il attaque ses ennemis et aide ses amis. Toujours à l'écoute des traits sémantiques extérieurs et sensible aussi aux conséquences de ses actions d'aide et d'agression, l'agent peut passer en état action ou régresser en état délibération. En état action, l'agent intensifie son comportement actif d'agression envers ses ennemis et d'aide envers ses amis.

#### 4. LA COUCHE HAUTE : LE RAISONNEMENT A PARTIR DE CAS

Pour l'évaluation du risque associée à la situation courante, l'approche proposée consiste à s'appuyer sur des situations passées stockées dans des scénarios et à mettre en oeuvre une forme de raisonnement à partir de cas dynamique c'est-à-dire capable de s'adapter aux évolutions de la situation courante. Il s'agit donc d'un processus continu de remémoration contrairement au raisonnement à partir de cas classique [8], [9]. Notons qu'il n'y a pas de phase d'adaptation prévue pour le moment. Plus exactement celle-ci va être réalisée par les experts qui estiment pour le moment qu'il est très difficile de systématiser l'adaptation d'une situation à une autre, cette tâche étant déjà très délicate pour eux.

A chaque scénario de la base est associé un agent de prédiction. Son rôle est de déterminer si la situation passée relative au scénario ressemble ou non à la situation courante représentée par la couche d'agents aspectuels. Evaluer cette ressemblance consiste à déterminer si les aspects qui semblent déterminants dans la situation courante sont plus ou moins communs avec les aspects retenus comme déterminants dans la description du scénario. Nous appelons ici aspect déterminant, un fait (porté par un ou plusieurs traits sémantiques) qui a joué un rôle essentiel dans la manière dont les événements se sont déroulés. Par exemple, dans le cas d'une explosion liée à une fuite d'un produit, la fuite est un élément déterminant. Le volume de circulation automobile dans une zone éloignée ce jour-là ne l'est en revanche pas du tout. Or le système contient (au niveau des agents aspectuels) ces deux types de faits car il puise ses informations auprès de différentes sources (décideurs et systèmes d'information).

L'ensemble des faits importants de la situation courante doit être réactualisé au fur et à mesure de l'évolution de cette dernière. La comparaison avec le scénario auquel l'agent de prédiction est associé doit également être soumise à cette contrainte. Ainsi si un scénario semble pendant un moment être proche de la situation courante, il peut très bien soudainement en diverger et le système doit pouvoir en rendre compte.

Pour mettre en oeuvre l'évaluation de la ressemblance, chaque agent de prédiction s'appuie d'une

part sur le scénario auquel il est associé ainsi que sur le résultat du travail opéré par les agents de synthèse. Leur travail consiste à permettre aux agents de prédiction d'avoir une vue synthétique de la population d'agents aspectuels afin de faciliter la comparaison entre la situation courante et le scénario auquel ils sont associés. En d'autres termes, les agents de synthèse essaient de mettre en évidence les aspects déterminants de la situation courante. Les techniques utilisées reposent sur du clustering dynamique d'agents [3].

Le comportement de chaque agent de prédiction est spécifié par le macro-automate de la figure 1. Ce macro-automate comporte trois états correspondant à des comportements différents eux-mêmes spécifiés par des automates (que nous ne détaillerons pas ici [2]). Les transitions entre ces différents états correspondent à des seuils de renforcement. En effet, les agents de prédiction vont plus ou moins se renforcer en fonction de l'évolution de la similarité entre les traits sémantiques des scénarios auxquels ils sont associés et la situation courante représentée par les agents aspectuels.

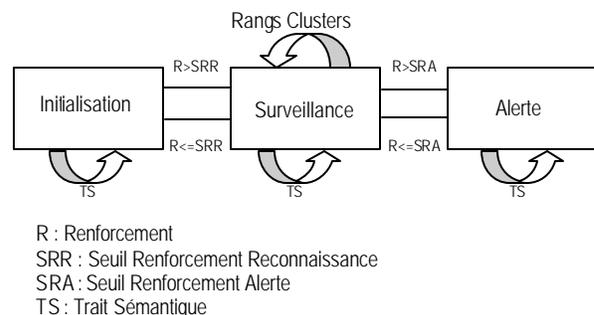


Fig. 1. Macro-automate de l'agent de prédiction.

L'état d'initialisation correspond à un stade où l'agent de prédiction est en attente d'information pour alimenter la comparaison avec le scénario. Dans cette étape, comme dans les suivantes, l'agent de prédiction s'appuie sur chaque trait sémantique arrivant dans le système (de même que les agents aspectuels). Pour comparer les traits sémantiques avec ceux présents dans le scénario, il s'appuie sur une mesure identique à celle utilisée par les agents aspectuels.

L'état de surveillance correspond à un stade où l'agent de prédiction a détecté une ressemblance minimale entre le scénario et la situation courante. Dans cet état, il va chercher à déterminer si les éléments sur lesquels se fonde cette ressemblance subsistent et si d'autres éléments nouveaux peuvent venir conforter cette ressemblance. Il s'appuie pour cela sur les traits sémantiques arrivant dans le système (comme dans l'état précédent) et sur le résultat du travail des agents de synthèse (les faits déterminants). Si la ressemblance est

confortée, l'agent passe dans l'état d'alerte. C'est un état où l'agent de prédiction considère que la situation courante ressemble à ce moment là suffisamment au scénario pour en informer les utilisateurs. Ces utilisateurs pourront alors consulter le scénario en question et en particulier la partie contenant les conséquences afin de déterminer si celles-ci sont réellement susceptibles de se produire dans le cas présent. On peut d'ailleurs envisager ici l'introduction d'un retour utilisateur sur la pertinence du scénario présenté afin d'améliorer le comportement de l'agent de prédiction via des mécanismes d'apprentissage. Dans cet état, l'agent de prédiction continue à surveiller les éléments sur lesquels se fonde la ressemblance. Si ces éléments ne sont pas confortés par la suite, l'agent de prédiction peut alors régresser et retomber dans l'état de surveillance. De la même façon, il peut repasser de l'état de surveillance à l'état d'initialisation.

## 5. CONCLUSION

Dans cet article, nous avons présenté un système de veille préventive pour le suivi et l'évaluation de l'évolution d'une situation courante dans le cadre de risques industriels. Le coeur de l'architecture structuré en trois couches hiérarchiques d'agents a été détaillé. Celui-ci permet de mettre en oeuvre un raisonnement à partir de cas dynamique et incrémental à partir de la description évolutive de l'état de la situation courante.

L'essentiel de nos travaux se porte actuellement sur l'implantation, les tests et la validation de cette architecture. A cette fin, en parallèle au développement, nous étudions deux cas réels fournis par une entreprise de la zone industrielle du Havre. Le premier porte sur un scénario de plan d'intervention. Le second porte sur une situation d'urgence qui est réellement survenue. Dans les deux cas, notre but est d'en extraire les traits sémantiques permettant de les décrire et nécessaires au système de veille pour les simuler. Après quoi nous passerons à une phase intensive de tests afin d'évaluer, avec des experts, la pertinence des résultats du système.

## 6. BIBLIOGRAPHIE

- [1] H. Boukachour, G. Simon, M. Coletta, T. Galinho, P. Person, F. Serin, « *Système de veille préventive : modélisation par organisation d'agents* », IC'2002, Rouen, France, mai 2002.
- [2] H. Boukachour, G. Simon, M. Coletta, « *Vers une architecture multi-agents pour l'évaluation de situations dynamiques* », rapport interne du LIH (Laboratoire informatique du Havre), France, août 2002.
- [3] R. Coma, G. Simon, M. Coletta "A multi-agent architecture for agents clustering", , Agent Based Simulation ABS'2003, avril 2003, Montpellier, France, A paraître.
- [4] J. Ferber. *Les systèmes multi-agents*. InterEditions, Paris, 1995.
- [5] T. Gruber, "A translation approach to portable ontology specification", Knowledge Acquisition, 7, 1993.
- [6] M. Gruninger, and J. Lee, "Ontology, Applications and Design", Comm. ACM, 45, 2, Feb 2002, pp. 39-41.
- [7] N. Jennings, M. Wooldridge, K. Sycara, "A roadmap of agent research and development", Autonomous Agent and Multi-Agent Systems, 1(5), p 7-38, 1998.
- [8] J. Kolodner, "Case-based reasoning", Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, 1993.
- [9] S. Loriette-Pougegrez, « *Raisonnement à partir de cas pour des évolutions spatiotemporelles de processus* », revue internationale de géomatique, vol 8, n° 1-2, [01/06/1998], pp 207 – 227
- [10] P. Marcenac, « *Modélisation de systèmes complexes par agents* », Technique et Sciences Informatiques, pp. 1013-1037, Octobre 1997.