
Nouvelle méthodologie de modélisation des systèmes adaptatifs d'aide à la décision

Soumaya EL MAMOUNE¹, Ahmed EL HADDIOUT¹,
Marouane EL MABROUK¹, Mostafa EZZIYYANI¹

1. Laboratoire Mathématique et Application, Université ABDELMALEK ESSAADI
F.S.T – B.P. 416 - Tanger, Maroc
soumaya.elmamoune@gmail.com,
Ahmed.elhaddioui@gmail.com,
elmabroukmarouane@gmail.com

2. Laboratoire Mathématique et Application, Université ABDELMALEK ESSAADI
F.S.T – B.P. 416 - Tanger, Maroc
ezziyyani@gmail.com

RESUME. Après l'étude de l'existence des systèmes adaptatifs comme le système adaptatif pour le e-Education, le système adaptatif pour l'acheminement du trafic d'un réseau téléphoniques et les systèmes complexes adaptatifs pour l'organisation du contenu du web, nous avons trouvé que chaque application de la notion d'adaptation nécessite une conception particulière de la situation et non applicable pour d'autre situation ainsi le manque de plusieurs critère comme l'interaction avec l'environnement, l'auto-amélioration et l'évaluation la chose qui nous a poussé d'approfondir notre recherche et proposer une solution qui traitera ce manque et être utilisable pour tout contexte. Dans cet article, nous présentons un nouveau modèle pour l'adaptation des systèmes complexes et interactifs pour offrir des décisions convenables à une situation donnée basé sur l'interaction avec l'environnement, l'auto-amélioration et l'évaluation du système. Le modèle proposé est une modélisation graphique à base d'un nouveau réseau appelé réseau de décision qui repose sur la conception et la construction du fonctionnement dynamique du noyau des systèmes adaptatifs. La décision finale du système est le résultat obtenu par la combinaison des actions à faire et leurs interactions itératifs via les données environnementales. Ce travail a deux objectifs: d'une part, présenter le noyau du système adaptatif avec son modèle et d'autre part proposer la modélisation du comportement du système via la recherche de décision finale qui est sous forme de décisions élémentaires adjacentes.

ABSTRACT. After studying the existence of adaptive systems such as adaptive system for e-Education, the adaptive system for traffic routing a telephone network and complex adaptive systems for the organization of the web content, we found that each application of the concept of adaptation requires a special design of the situation and not applicable to other situations and the lack of several criteria such as interaction with the environment, self-improvement and evaluation the thing that pushed us to deepen our research and propose a solution that

will address this gap and be used for any context. In this paper, we present a new model for the adaptation of complex and interactive systems to provide adequate decisions to a given situation based on the interaction with the environment, self-improvement and evaluation system. The proposed model is a graphical model based on a new network called network decision based on the design and construction of the dynamic operation of the kernel adaptive systems. The final decision of the system is the result obtained by the combination of actions to do and their iterative interaction via environmental data. This work has two objectives: first, to present the core of adaptive system with its model and secondly propose modeling the behavior of the system via the search final decision is in the form of adjacent elementary decisions.

MOTS-CLES : système adaptatif; réseau de décision; système incertain; interaction avec l'environnement, auto-amélioration, système collaboratif ; modélisation du comportement.

KEYWORDS: adaptive system; decision network; uncertain system; interaction with the environment, self-improvement, collaborative system; behavior modeling.

1. Introduction

Prendre la bonne décision dans une situation critique signifie avoir toutes les informations nécessaires qui représentent la situation et s'adapter à l'environnement et cela rend la prise de décision plus en plus difficile. Lorsqu'on a une décision à prendre, on est généralement confronté non seulement aux incertitudes des données mais aussi à l'hésitation du choix de la décision convenable. Cependant, nous trouvons des systèmes d'information avec plusieurs noyaux qui traitent les différentes situations ce qui influence négativement sur la rapidité et l'efficacité du système qui devient plus lourde.

Il est toutefois possible de s'adapter aux changements et prendre la meilleure décision en utilisant une nouvelle méthodologie de modélisation qui nous assure la meilleure solution dans une situation donnée.

Mon objectif est de proposer une nouvelle méthodologie de modélisation des systèmes adaptatifs d'aide à la décision basé sur trois critères : l'interaction avec l'environnement, l'auto-amélioration et l'évaluation. Notre proposition sera utilisée pour la conception d'un système d'aide à la décision pour leurs spécifications fonctionnelles, modélisation et évaluation afin d'écrire la structure et la dynamique du système afin qu'il soit capable de s'adapter aux changements de son environnement. Ce réseau présente des avantages intéressants tels que la modélisation et la visualisation de comportements du système, la synchronisation des services et le partage de ressources. Pour ce faire, cet article présente en premier temps la notion du système adaptatif avec les travaux déjà réalisés et les approches de prise de décision; en analysant l'existence, nous citons les limitations de chaque approche et les points manquants qu'il faut les traiter c'est pour cela nous présentons en deuxième temps la nouvelle méthodologie Réseau de Décision pour l'adaptation

avec une architecture bien détaillée en prenant en considération les limitations déjà citée.

2. Système adaptatif

Concevoir un système adaptatif d'aide à la décision dans un environnement évolutif et changeable est un objectif difficile à atteindre par les modèles et les approches classiques vu les données non structurées reçues, traitées et la sensibilité du domaine.

2.1. Travaux déjà réalisés

Dans cet axe de recherche « les systèmes complexes adaptatifs », nous trouvons plusieurs applications qu'on peut citer quelques uns :

- Système adaptatif pour l'e-Education, qui a été proposé par Georgé, Gleizes et Glize (2007), qui vise la recherche de formateurs et de sources d'informations pertinentes à partir de descriptions textuelles. Pour se faire le chercheur George a conçu un système multi-agent adaptatif dont la finalité est de modéliser la sémantique du domaine et il s'est basé sur l'organisation émergente.
- Système de commerce électronique adaptatif sur Internet (Rupert 2006): Abrose (Agent Based Brokerage Services in electronic commerce) est un projet européen faisant intervenir des partenaires et ayant pour objectif de concevoir un logiciel adaptatif pour améliorer cette fonction de courtage et pour répondre à ce projet une recherche a été faite qui a eu comme proposition un système constitué de plusieurs systèmes multi-agents auto-organisateurs sur plusieurs niveaux et pour chaque niveau un rôle a été affecté.

2.2. Les approches de prise de décision

Plusieurs travaux ont été fait afin de proposer une solution d'adaptation du système dans plusieurs domaines tels que l'enseignement, tourisme... Parmi ces travaux, on peut citer les plus fameux : la théorie Amas et les arbres de décisions.

- La théorie Amas proposée par Georgé en 2007 est une approche pour la conception des systèmes adaptatifs complexes, basée sur les systèmes multi-agents adaptatifs et l'émergente qui cherchent à collaborer afin de fournir un service ou une décision. Cette théorie ne traite pas un point essentiel pour les systèmes d'aide à la décision qui est l'efficacité des services ou les décisions offertes ainsi elle manque l'auto-amélioration de tout le système ce qui nous pousse à chercher d'autres solutions.
- L'arbre de décision est un outil d'aide à la décision qui représente la situation plus ou moins complexe à laquelle on doit faire face sous la forme graphique

d'un arbre de façon à faire apparaître à l'extrémité de chaque branche les différents résultats possibles en fonction des décisions prises à chaque étape. La modification d'une donnée exige de refaire tous les tests à partir de premier nœud de l'arbre afin d'avoir une solution à l'extrémité et cette répétition nécessite un temps de calcul important si l'arbre est grande même elle peut influencer négativement sur l'efficacité du système la chose qui montre que les arbres de décision reste une technique populaire d'apprentissage et d'adaptation mais limitée pour les situations complexe et pour les domaines sensibles qui nécessite une très grande précision (El mamoune et Ezziyyani, 2013).

2.3. La méthodologie proposée

Après l'analyse des systèmes existants, nous avons visé trois points auxquels notre nouvelle méthodologie doit répondre :

2.3.1. L'interaction avec l'environnement

Les domaines sensibles tels que « les catastrophes naturelle » et « la Médecine » ont besoin des systèmes spéciaux qui effectuent des traitements dédiées aux besoins, efficaces et rapides. Plusieurs recherches ont été faites afin de concevoir un système adaptatif qui répond à ce besoin et la majorité de ces recherches se basent sur les systèmes multi-agents qui fournissent des résultats après la coopération des agents. Ces recherches éliminent une option essentielle du système adaptatif c'est interactif : cette option permet au système de s'adapter avec l'environnement traité et vérifier cette adaptation à chaque instant puisqu'il s'agit d'un domaine sensible et chaque changement peut influencer sur l'efficacité du système.

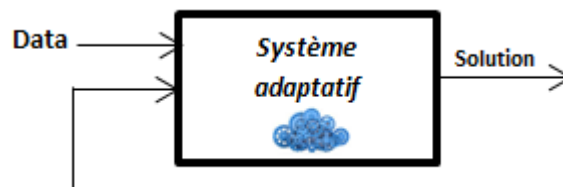


Figure1 : L'interaction avec l'environnement via les données

La mise en œuvre de l'adaptation implique l'adaptation à chaque instant via les données reçues et la prise en considération des résultats pour une autre adaptation en cas de besoin. Ce point a été un objectif à visé par nos recherches qui visent à prendre en considération les variables environnementaux pour l'adaptation à chaque instant c'est pour cela on a répondu à ce besoin par le nouveau modèle proposé.

2.3.2. Auto-amélioration

Fixer un service ou proposer une action à vie pour une situation est une mauvaise conception vue que nous vivons un changement hyper-vite c'est pour cela nous avons pris en considération ce changement et nous avons développé un point essentiel qui est auto-amélioration basé sur l'expérience du système ou le choix d'utilisateurs qui permet de modifier une décision afin d'augmenter l'efficacité du système.

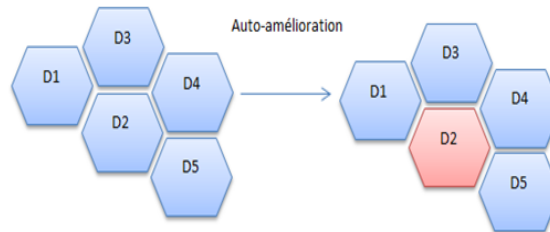


Figure2 : Auto-amélioration

Après plusieurs utilisation, si on remarque que la décision D2 n'est plus utilisable ou n'a pas été choisi comme solution d'une situation on peut la modifier par une autre comme il est montré sur la figure.

2.3.3. Evaluation

Le réseau est vide au départ et se constitue au cours du fonctionnement, en se créant graduellement sa propre ontologie du domaine via ses connaissances et développer de plus en plus le réseau. Il est donc nécessaire que les connaissances mémorisées évoluent de manière automatique et en cours de fonctionnement sans demander une grande intervention de l'utilisateur humain pour avoir un système de décision évolutif.

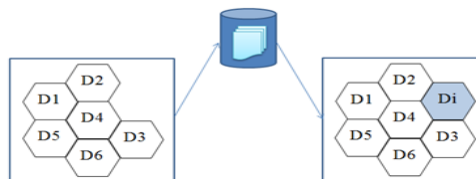


Figure3: Construction de réseau de décision

Les décisions élémentaires se créent graduellement à partir de l'expérience du système et construisent un noyau de plus en plus solide.

3. Réseau de décision

Avoir la mauvaise décision dans une situation critique telle que les catastrophes naturelles c'est engendrer des dégâts illimités soit des dégâts matériels et humains d'où vient la nécessité de traiter tous les détails et les risques de chaque situation ce qui présente un défi pour les chercheurs. Le changement des données environnementales est un besoin que les systèmes d'aide à la décision doivent le prendre en considération pour tendre à tout instant vers la fonction convenable ce qui est impossible à le faire avec les systèmes classiques c'est pour cela mes recherches visent à proposer une méthodologie d'adaptation à l'environnement afin de tendre à tout instant vers la fonction adéquate. La solution proposée est une nouvelle technique de modélisation du comportement du système pour permettre au système d'agir pertinemment dans son milieu en fonction de ses perceptions de l'environnement en utilisant les capteurs et ses connaissances.

La nouvelle méthodologie est appelé réseau de décision qui sert à modéliser la dynamique du système adaptatif et incertain visant à schématiser les comportements du système en termes des décisions ou services proposées.

3.1. Principe de fonctionnement

Le réseau de décision est un modèle de prise de décision qui peut être utilisé par n'importe quel système de décision visant à offrir une décision adaptative à la situation traitée. L'idée est de structurer les services offerts par le système sous forme d'un raison qui englobent une suite de décisions élémentaire liées entre elles selon les règles et les contraintes de fonctionnement du système.

Pour la présentation, nous avons utilisé le terme « décision finale » qui est l'ensemble des actions à faire, appelées décisions élémentaires et les représenté graphiquement sous forme d'un graphe de dépendance où on structure le réseau de décision à partir des bases de connaissance du système pour modéliser le comportement dynamique du système dans une situation donnée.

Le réseau est vide au départ et se constitue au cours du fonctionnement, en se créant graduellement sa propre ontologie du domaine et développer de plus en plus le réseau. Il est donc nécessaire que les connaissances mémorisées évoluent de manière automatique et en cours de fonctionnement sans demander une grande intervention de l'utilisateur humain pour avoir un système de décision évolutif.

3.2. Les composants du réseau

Le réseau de décision (RD) est un graphe évolutif permettant de modéliser la décision finale du système suivant un graphe de dépendances. Un nœud dans le

réseau représente une action à faire qui pourra être aussi une décision finale dans une simple situation. Cette action est appelée décision élémentaire parce qu'elle représente un élément d'une décision finale.

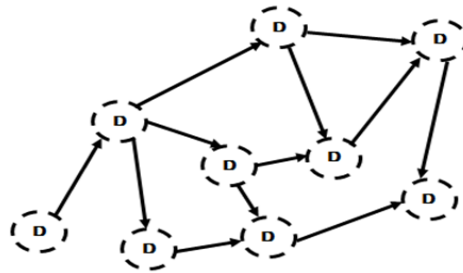


Figure 4: Présentation général d'un réseau de décision

Le graphe présenté ci-dessus regroupe les actions à faire avec leurs conditions qui assurent la bonne exécution de l'action ainsi que les liens de connexions entre les nœuds.

3.2.1. Décision élémentaire

Une décision élémentaire est une action à faire; elle permet au système de composer dynamiquement le service à rendre à l'utilisateur selon sa situation et son profil. On attribue à chaque décision élémentaire des propriétés pour assurer le bon fonctionnement du système et la bonne coordination entre les actions.

- Chaque action est activée selon une ou plusieurs données reçues ; La donnée reçue est appelée évènement déclencheur qui est un **signe indiquant** la nécessité d'exécuter l'action concernée.
- Chaque action a un ou plusieurs résultats qui indiquent l'exécution des tâches correspondantes et activent d'autres actions.

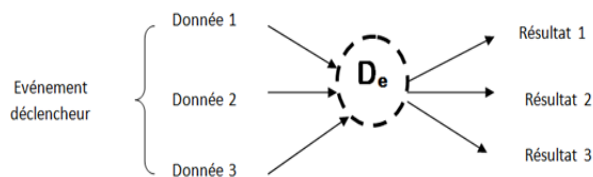


Figure 5 : Les entrées et les sorties d'une décision élémentaire

3.2.2. Arc

L'arc est un lien de dépendance entre les décisions élémentaires et un moyen d'enchaînement d'exécution des décisions élémentaires qui permet de visualiser le lien ou l'ordre d'exécution des tâches séquentiel ou parallèle.

Il y a deux types d'exécutions des actions qui seront représentées par deux types d'arc.



Figure 6 : Les types d'arc

3.2.3. Connecteur

Quand il s'agit d'un lien multiple entre les nœuds, on utilise le connecteur pour ordonner l'exécution. Le connecteur permet de mettre en relation les décisions élémentaires par deux types de connecteur (ET / OU).

- Connecteur ET : Ce type de connecteur est utilisé pour exécuter toutes les tâches liées au connecteur.
- Connecteur OU : Ce type de connecteur est utilisé pour exécuter une ou plusieurs tâches liées au connecteur pas forcément toutes les tâches.



Figure 7 : Les types d'arc

3.2.4. Décision globale

Dans une situation donnée, le système doit constituer une décision convenable à la situation en se basant sur le réseau de décision ; la décision finale est appelée Décision globale parce qu'elle englobe les décisions élémentaires et les décisions partielles.

La décision globale est une suite ordonnée des décisions élémentaires et partielles offrant les services convenables pour une situation donnée. Ces décisions seront enregistrées pour être réutilisé dans une situation similaire ;

3.2.5. Décision partielle

Les décisions de même contexte qui souvent se succèdent immédiatement peuvent être regroupées sous un bloc qui s'exécute à la fois. Ce bloc est nommé décision partielle parce qu'il est une partie de la décision global.

3.2.5. Réseau de décision

Le réseau de décision est le graphe qui regroupe tous les concepts présenté précédemment afin d'établir une décision dynamique dans une situation donnée.

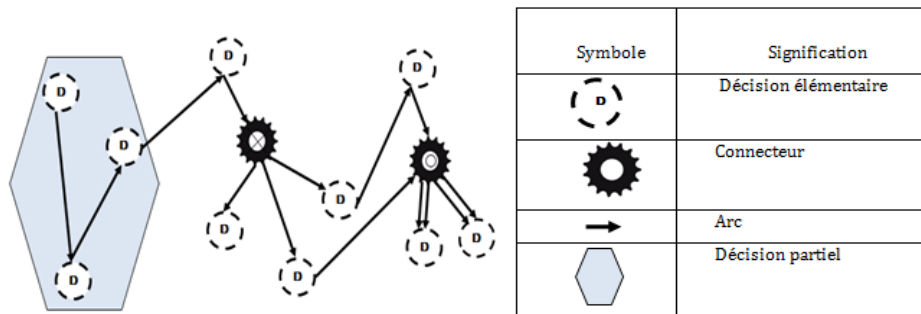


Figure 8: les composants du réseau de décision et leurs significations

4. Architecture du réseau de décision

Le réseau de décision se représente par un graphe, composé d'un triplé (nœud, arc et connecteur) avec des caractéristiques.

Nœud : est une structure qui présente une tâche à faire. Cette dernière se constitue d'une ou des actions de base à faire avec leurs propriétés. Le nœud représente *une décision élémentaire*.

Cette structure est un quadruplet (Pré, Action, Post, Data) qui représente les étapes d'application d'une décision élémentaire:

- **Pré** est un couple (Pré_condition, Pré_traitement)
 - Pré_condition* sont les conditions qu'il faut prendre en considération avant d'exécuter la tâche.
 - Pré_traitement* sont les traitements à faire avant d'exécuter la tâche.

- **PD** est un couple (PD_condition, PD_traitement)

PD_condition sont les conditions et les précautions qu'il doit être satisfait pendant l'exécution de la tâche.

PD_traitement sont les traitements à faire en parallèle pour assurer le bon déroulement d'exécution d'une tâche.

- **Action** est un couple (Pdt_condition, Tache)
Tache représente la liste des tâches à exécuter
Pdt_condition sont des conditions à vérifier durant l'exécution des tâches.
- **Post** est un couple (Post_condition, Post_traitement)
Post_condition sont les conditions à vérifier après l'exécution de la tâche.
Post_traitement sont les traitements à faire après l'exécution de la tâche.

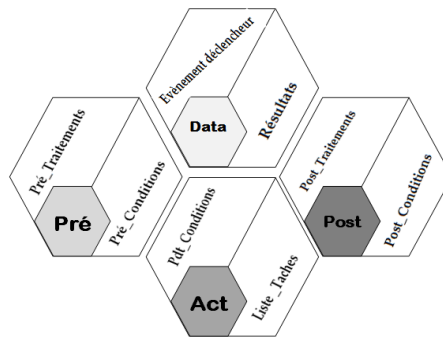


Figure9 : la décomposition de la décision élémentaire

4. La mise en place du réseau

La première étape à faire consiste à mettre en relation les décisions de même contexte ou qui peuvent être se réunir dans même utilisation. La mise relation se fait par les calculs du facteur homogénéité

Mettre en place le réseau c'est lier les nœuds en se basant que le facteur d'homogénéité.

Le facteur d'homogénéité :

- $H_i = (\sum_{k=0}^n FC(De_{i+1} / Ds_i)) / \text{Nbre de facteur}$
- $FC(De_{i+1} / Ds_i) = \{Prei+1_0, Prei+1_1, \dots, Prei+1_n\} \cap \{Posi_0, Posi_1, \dots, Posi_n\}$



Figure 11 : la représentation fonctionnelle de la décision finale

La suite des décisions adjacentes est la décision finale d'une situation donnée qui est sous forme d'une exécution séquentielle des décisions élémentaires.

5. Application du Réseau de Décision

L'objectif de cette session est de présenter une étude de cas où on peut utiliser la solution proposée afin de mieux exposer comment notre système peut s'adapter à une situation et offrir les services convenables. On applique notre solution pour la gestion des catastrophes naturelles et précisément l'incendie. Pour cette dernière, il faut préciser le degré de gravité, l'effet papion... et les solutions à proposer aux utilisateurs qui sont en danger pour sauver leurs vies.

Avant de lancer le processus de modélisation, on se base sur les observations reçues par le système soit les données envoyées par les capteurs, soit une donnée envoyée par un utilisateur ... les données reçues peuvent être un événement déclencheur du processus d'adaptation s'elles sont anormales, pour notre cas si la température est supérieure à 90° la valeur est un indice d'incendie qui provoque le lancement du réseau de décision.

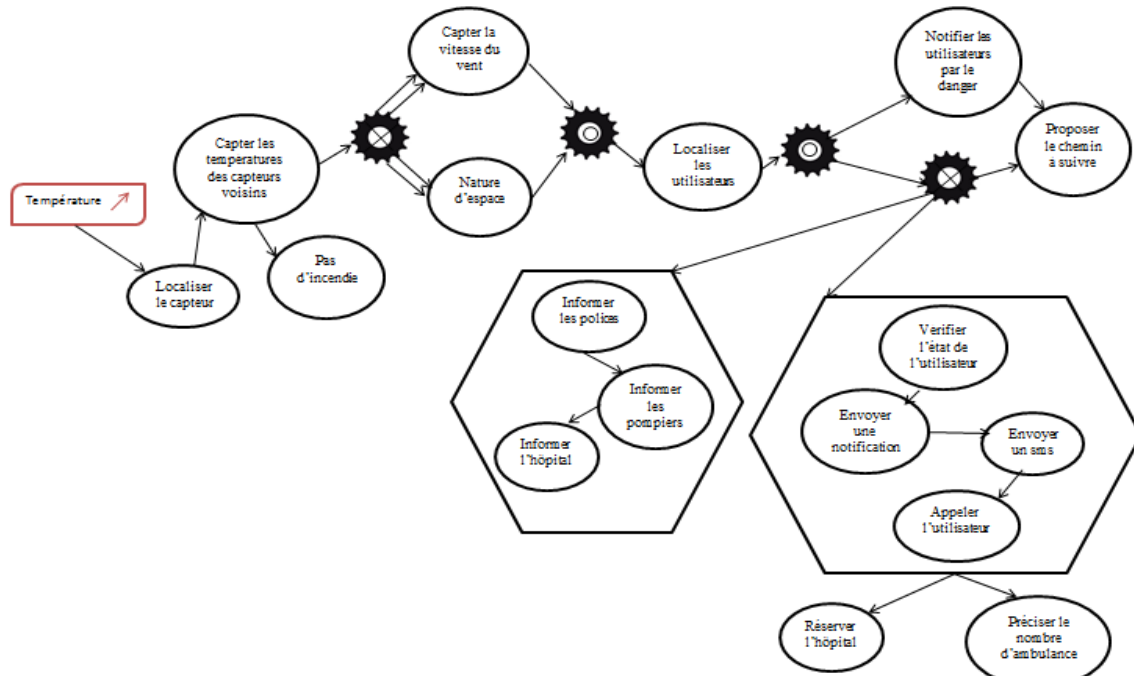
L'ajout des décisions élémentaires et la précision des événements déclencheurs se fait à l'aide d'un expert ou avec l'expérience du système et dans notre cas nous présentons quelques décisions qu'on va utiliser dans cette étude de cas :

- Localiser le capteur : Après avoir reçu la donnée, il faut localiser le capteur pour localiser le danger et pour ce faire, il faut que ce capteur soit lié au réseau des capteurs. Cette vérification de la connexion du capteur au réseau est une condition pré-condition qu'on vérifie avant l'exécution de la tâche. Après le capteur doit être équipé par un GPS ou référencier dans une base de données ; c'est une condition Pdt_condition et par la suite il faut que ce capteur soit lié au système par un moyen de communication (WIFI, câble ...) pour assurer l'envoi des données par la suite.
- Capturer les températures envoyées par les capteurs voisins : Les mêmes conditions citées avant doivent être appliquées aux autres capteurs.
D'autres décisions :
- Capturer la vitesse du vent

- Nature d'espace
- Localiser les utilisateurs près du danger
- Proposer le chemin à suivre
- Informer les responsables
- Vérifier l'état de l'utilisateur

Figure12 : Exemple d'une application de Réseau de décision pour l'incendie

Dès que le système reçoit une donnée anormale qui est représenté par un évènement déclencheur du réseau, le processus d'adaptation du système commence par la localisation du capteur pour géolocaliser le danger et pour préciser le degré de la gravité du danger, le système capte les températures des capteurs voisins et en se basant sur les valeurs envoyées par ces derniers le système décide s'il s'agit d'une incendie ou non. Dans le cas où on est dans une situation d'incendie, le système vérifie à la fois la vitesse de vent et la nature d'espace (espace fermé/ espace ouvert) pour estimer la propagation du feu pour le reste par la suite le système localise les clients qui sont en danger ou près du danger. Pour les clients qui sont près du danger, le système les notifie et leurs propose un chemin à suivre pour éviter toute sorte du danger mais pour les clients qui sont au milieu du danger, le système leurs propose un chemin à suivre et vérifier leurs état en exécutant la décision partielle de vérification d'état qui permet de préciser le nombre d'ambulance à appeler et en même temps l'exécution de l'autre décision partielle information qui permet d'informer tous les responsables qui peuvent agir dans ce cas.



6. Discussions et conclusion

Pour prendre une bonne décision, il faut réunir les multiples conditions : préciser la nature de la décision, sa portée par le profil d'utilisateur qu'il peut agir dans une décision simple ou dans un ensemble plus ou moins cohérent de décisions liées; c'est déterminer l'ensemble de la procédure avant, pendant et après pour s'assurer de la bonne exécution des actions et désigner les options admissibles, qui peuvent être soumises au processus (données d'entrée : événement déclencheur) et qui peuvent en sortir (conditions et résultats de sortie).

Le réseau de décision est la solution proposée pour la modélisation des systèmes adaptatifs complexes qui se base sur l'interaction avec l'environnement ou l'utilisateur, l'auto-amélioration et l'évolution. La procédure proposée permet l'évolution de la décision finale en prenant en considération les limites présentes dans la théorie Amas et les arbres des décisions que nous avons cherché à résoudre par cette proposition qui a l'objectif de présenter l'architecture générale de réseau et nous mettons comme perspective l'élaboration d'algorithme afin d'affecter à chaque décision élémentaire une fonction et définir les principes de passage via les arcs et les connecteurs qu'on les affecte aussi des fonctions. Par la suite, nous utiliserons les systèmes multi-agents pour la gérer le réseau et assurer la communication avec les différents entités du système.

Référence

- Bouzguenda. L., Bouaziz.R., Andonoff.E. (2008). Dynamic plugging of business processes in cross organizational workflow. *In international journal of computer sciences and applications, Technomatimatics Resarch foundation, Bombay India*, vol V issue IIIB, 2008.
- EL Mamoune S., Ezziyyani M. (2013). Adaptive Learning in The Simulation Of Emergency. In ^{3rd} International Conference on Information Systems and Technologies ('ICSIT'13) March 22-24, 2013, Tangier Morocco.
- Maya Rupert (2006), Organisation du contenu du Web selon la perspective des Systèmes Complexes Adaptatifs, *Actes de CORIA 2006*
- Badouel E., Bouillard A., Darondeau P., Komenda J. (2011). Residuation of tropical series: rationality issues. *In joint 50th ieee conference on decision and control and european control conference (cdc-ecc'11)*.
- Hanachi C., Khaloul I. (2008). Découvertes de protocoles et de structures organisationnelles dans le workflow. *In international conference Nouvelles TEchnologie de la Repartition, NOTERE, Lyon, 23-27 June, 2008*.
- David R., Alla H. (2010). *Discrete, continuous, and hybrid petri nets (2nd edition)*. Paris, Springer. Pierrakos D., Paliouras G., Papatheodorou C., Spyropoulos C. D., "Web usage mining as a tool for personalization: A survey", *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 13, n° 4, 2003, p. 311-372.
- Eirinaki M., Lampos C., Paulakis S., Vazirgiannis M., "Web personalization integrating content semantics and navigational patterns", *ACM Press, 2004*.
- Jean-Pierre Georgé, Marie-Pierre Gleizes, Pierre Glize, « Conception de systems adaptatifs à fonctionnalité émergente : la théorie Amas »
- Eliassi-Rad T., Shavlik J., "Intelligent Web Agents that Learn to Retrieve and Extract Information", Springer-Verlag, 2003.
- Komenda J., Lahaye S., Boimond J.-L. (2009). Supervisory Control of Automata: A Behavioral Approach. *Disc. Event Dyn. Syst.*, vol. 19, no 4, p. 525-549.
- Lime D., Roux O. H., Jard C. (2012). *Clock transition systems*. In *Cs&p*, p. 227-238.
- Jean-Pierre Georgé, Marie-Pierre Gleizes, Pierre Glize, « Conception de systems adaptatifs à fonctionnalité émergente : la théorie Amas »