



**HAL**  
open science

## Evolution d'un système de raisonnement à partir de cas dédié au diagnostic industriel.

Mohamed-Karim Haouchine, Brigitte Chebel-Morello, Noureddine Zerhouni

### ► To cite this version:

Mohamed-Karim Haouchine, Brigitte Chebel-Morello, Noureddine Zerhouni. Evolution d'un système de raisonnement à partir de cas dédié au diagnostic industriel.. 15ème Atelier de Raisonnement à Partir de Cas, RàPC'2007., Jul 2007, Grenoble, France. pp.27-39. hal-00163988

**HAL Id: hal-00163988**

**<https://hal.science/hal-00163988>**

Submitted on 19 Jul 2007

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Evolution d'un Système de Raisonnement à Partir de Cas Dédié au Diagnostic Industriel

Mohamed Karim Haouchine, Brigitte Chebel-Morello et Noureddine Zerhouni  
Laboratoire d'Automatique de Besançon  
{karim.haouchine, bmorello, zerhouni}@ens2m.fr

## Résumé

A partir de la démarche de conception d'un système de diagnostic définie par une base de cas et des modèles de connaissances générales, nous élaborons une base de cas constituée de prototypes d'expériences qui prenant appui sur les modèles de connaissances et des règles de décision, permet de réduire considérablement la base de cas initiale. Puis l'évolution de ce système de diagnostic est étudiée lorsque de nouveaux dysfonctionnements apparaissent sur l'équipement ou bien quand l'équipement est amené à évoluer suivant des spécifications de maintenance améliorative. Cette évolution aura des répercussions aussi bien sur la base de cas que sur les modèles du système. Nous proposons des étapes d'évolution du système ainsi qu'un algorithme d'insertion d'un nouveau cas dysfonctionnel dans la base de cas sans remettre en cause la qualité de la base. Cet algorithme exploite deux notions à savoir le recouvrement et l'atteignabilité.

**Mots clés :** Modèle d'équipement, modèle de la taxonomie des composants, graphes contextuels, évolution des modèles, évolution de la base de cas, RàPC, diagnostic

## 1 Introduction

Le raisonnement à partir de cas (RàPC) est une approche analogique pour la résolution de problème à partir de l'expérience [1]. Approche que l'on a déployée pour élaborer un système de diagnostic de pannes dédié à un équipement technique. Le but du système est donc d'établir un diagnostic en déterminant le composant défaillant et de proposer une action de réparation adéquate.

Althoff considère l'approche du RàPC comme une technologie d'implémentation des systèmes à base de connaissances [2]. On note que le RàPC est adapté à la création des systèmes de gestion de la connaissance [16]. A partir de la démarche de conception d'un système de diagnostic décrite dans [14] par une base de cas et des modèles de connaissances générales, la modélisation de l'équipement qui dans le cas d'un système de transfert de palettes, revient à faire un découpage spatial, et la typologie des composants du système qui sera exploiter dans les étapes de remémoration et d'adaptation. Ces modèles de connaissances étant développés en langage objet, par un jeu d'héritage et de mesures de similarité ont permis la remémoration et l'adaptation de cas qui s'appuie sur la hiérarchie des objets.

Cette base de cas a été évaluée dans [8], par des critères de performances et de compétences, et a été réduite à 35 cas.

Dans cette étude, nous nous intéressons, de plus près à la relation base de cas et modèles de connaissances. Ceci nous amène à extraire des « prototypes » de cas qui seront les représentants des fonctionnalités, à savoir la détection, l'action pneumatique, etc. Ces prototypes correspondent aux classes génériques identifiées dans la typologie des composants et seront à la base de l'adaptation pour les nouveaux problèmes à résoudre. Dans la deuxième section, sera présenté ce système de prototypes composé d'une base de cas notablement réduite à plus de 50 % (une dizaine de cas) en utilisant les cas généraux « prototypes ». Cette réduction a été rendue possible grâce à une généralisation des cas en utilisant des descripteurs faisant appel à des classes générales issues des deux modèles associés à la base de cas, l'un de l'équipement et l'autre fonctionnel qui ont des rôles spécifiques dans les étapes de remémoration et d'adaptation. Ces modèles ont été mise en place par des graphes.

La qualité de cette base de cas de prototypes a été évaluée par l'algorithme utilisé dans [9] afin de vérifier la couverture des différents cas à partir des éléments prototypes, des modèles du contexte et des

règles d'adaptation. Par cette évaluation, nous avons vérifié que ces cas n'étaient pas compressibles, et nous a permis de préparer la base de cas à l'étape de mémorisation (apprentissage) qui sera présenté à la section 3.

En effet, la phase d'apprentissage durant laquelle de nouveaux cas représentant les nouveaux problèmes résolus sont introduits dans la base de cas, ne se résume pas seulement au simple stockage de cas dans la base de cas, mais à leurs indexations et à leurs organisations pour faciliter la phase de remémoration et éventuellement la phase d'adaptation. Il est donc important de ne retenir que les cas pertinents qui adhèrent à l'organisation de la base de cas et qui complètent la connaissance du système tout en maintenant une bonne compétence du système de RàPC. Nous présenterons un algorithme de mémorisation prenant appui sur des notions de recouvrement et d'atteignabilité.

L'évolution des systèmes de RàPC dédiés au diagnostic de pannes d'équipement technique peut être de différentes natures : base de cas incomplète et le modèle de l'équipement à réactualiser à cause de l'évolution de l'équipement. La section quatre étudie l'impact de ces changements sur les modèles et la base de cas.

Nous illustrerons chaque section par des exemples liés au diagnostic de pannes d'un îlot flexible d'assemblage.

## 2 Description et fonctionnement du système de RàPC dédiée au diagnostic de pannes

En diagnostic, l'identification des problèmes est la première étape du dépannage. Cependant, excepté dans des cas simples, il n'est pas possible d'établir une table prédéfinie de solutions adaptées à chaque cas. Ceci soulève la difficulté d'organiser l'information et de la structurer à l'avance et la nécessité de rendre le contexte explicite dans n'importe quelle application.

### 4.3 Modèle de gestion des connaissances du système de RàPC

La représentation des connaissances de notre système de RàPC dédié au diagnostic est schématisée à la figure1. Elle est composée de deux modèles complétant la partie dysfonctionnelle de notre système qu'est la base de cas, et par des règles de décision déterminant le mode de fonctionnement du composant suivant le contexte de fonctionnement de celui-ci.

Le modèle de l'équipement est issu d'une décomposition de l'équipement du système étudié qui détermine les fonctions assurées par l'équipement et ses composants. Le modèle de taxonomie des composants, est déterminé à partir de leur analyse fonctionnelle. Chaque ensemble de composants est regroupé par classe de fonctionnelle.

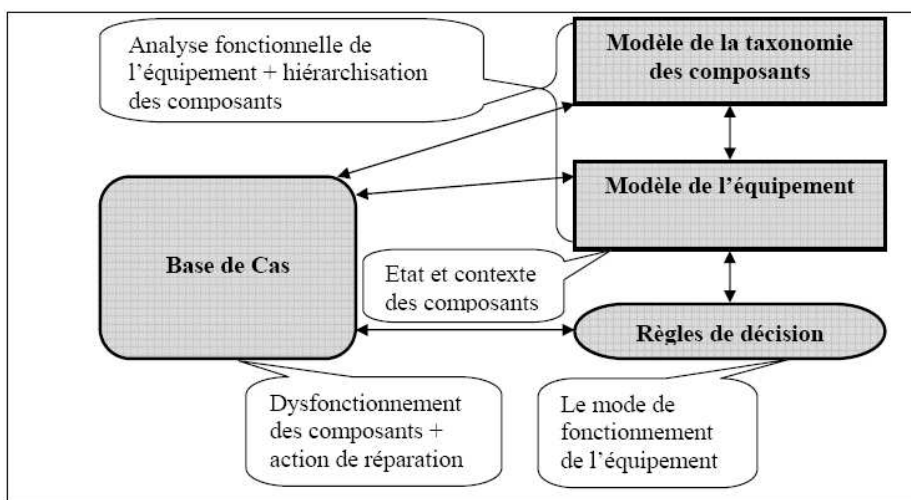


Fig. 1 –Représentation des connaissances d'un système de RàPC dédié au diagnostic de pannes

### 4.3 Le cycle du système de RàPC

Le système de RàPC met en œuvre les deux modèles de représentation des connaissances, les règles de décisions et la base de cas qui sont tous dépendants les uns les autres. La base de cas nous permet de représenter les différents modes de dysfonctionnements des composants ainsi que leur localisation. Le cas

dans la base de cas est générique, est représentée un ensemble de cas réels, qu'on retrouvera aisément à l'aide des modèles. Il se compose classiquement d'une paire (problème, solution). La partie problème est définie d'une part par les descripteurs reflétant la localisation de la panne, et d'autre part par descripteurs indiquant les différents modes de fonctionnements. Le cas source permet de définir les composants défaillants en se basant sur les règles de décision ainsi que sur les d'équipement et de taxonomie des composants.

Cas source = {Partie problème (localisation de la panne + modes de fonctionnement des composants du système), Partie solution}.

Nous allons maintenant aborder les différentes phases du cycle du système de RàPC.

### 2.2.1 Elaboration du cas cible

Lors d'une panne qui est caractérisée par le blocage de la palette, l'utilisateur sollicite notre système d'aide au diagnostic qui procède en trois phases :

- une phase de localisation de la panne qui se fait grâce au modèle de l'équipement. Ce modèle nous fournit un certain ensemble de composants pouvant être potentiellement défaillants par leur proximité géographique de la zone concernée. La phase d'élaboration s'initialisera donc par le remplissage des descripteurs associés à la « localisation de la panne ».

- une phase de consultation du superviseur, se faisant après requête de la phase d'élaboration du système de RàPC au superviseur, pour obtenir l'état réel de certains composants.

- une phase de décision, qui à partir de l'état actuel de ces composants, met en œuvre des règles de décisions élaborant ainsi le mode de fonctionnement des composants impliqués. Ceci permet aux descripteurs de la partie problème du cas cible à savoir sa partie localisation et sa partie mode de fonctionnement (normal/anormal) d'être renseignés (fig. 2). Il est à signaler que la relation de cause à effet est prise en compte lors de la création de la base de cas. Les différents composants sont liés par leur état, ce qui se traduit par les valeurs des descripteurs de la base de cas et donc la définition de leurs modes de fonctionnement. En effet, un composant peut être dans un état de mode de fonctionnement anormal sans être défaillant pour autant, ceci peut être dû à l'influence d'un autre composant défaillant.

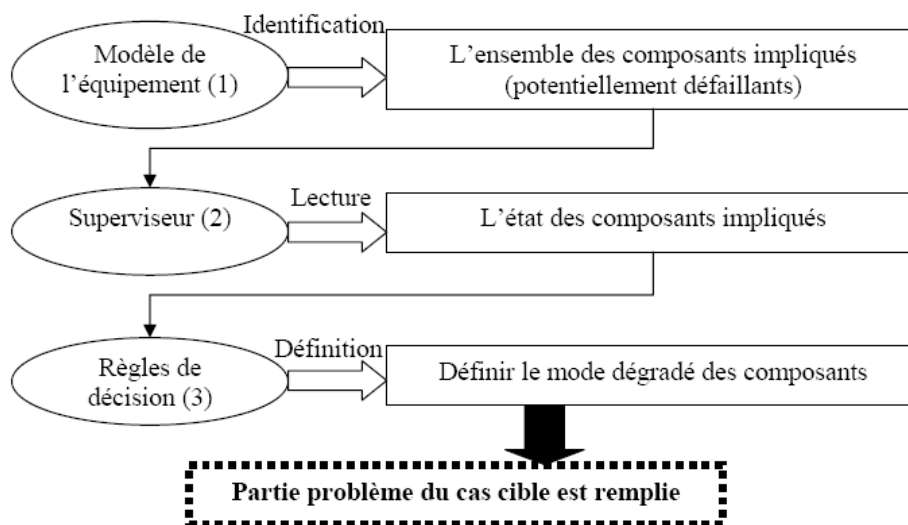


Fig. 2 – Les différentes étapes d'élaboration du cas cible

### 2.2.2 Phase de remémoration et d'adaptation

Une fois que le cas cible est rempli, une recherche par l'algorithme des K+ proches voisins, des cas sources les plus proches dans la base de cas est lancée. Ces derniers définissent la classe de défaillance du composant concernée. Ceci permet de définir l'action de réparation associée à cette classe.

La phase d'adaptation est anticipée dans la phase de remémoration grâce au modèle de la taxonomie des composants. Ce dernier nous permet de retrouver les cas qui sont associés à l'expertise. La phase d'adaptation se fait en deux étapes (fig. 3). La première repose sur le modèle de taxonomie des composants pour définir à partir de la classe de défaillance les différents composants hérités de cette classe. La deuxième

consiste à faire une intersection des composants potentiellement défaillants proposés par le modèle de l'équipement et les composants issus du modèle taxonomique. Le composant potentiellement défaillant qui est de même nature que la classe définie par le modèle taxonomique est sélectionné. Si le composant fait partie de ceux qui sont recensés dans le modèle, il sera élu directement ainsi que l'action de réparation. Sinon, on procède à l'instanciation du composant pour lui associer l'action de réparation proposée par la classe générique.

### 2.2.3 Phase de validation et de mémorisation

Notre objectif est de maintenir la qualité de la base de cas tout en l'incrémentant si besoin est. Le critère d'évaluation que nous emploierons sera la compétence [9]. La compétence de la base de cas représente le pouvoir de résolution de problèmes de celle-ci. Nous avons défini cette compétence par rapport à deux notions : le recouvrement et l'atteignabilité dans [8]. Avant tout développement, nous nous définissons ces notions.

Le recouvrement d'un cas source représente l'ensemble de cas cibles qu'il peut résoudre [15]. Soit « Vr » le cardinal de cet ensemble.

L'atteignabilité d'un cas cible est l'ensemble de cas sources qui peuvent être utilisés pour le résoudre [15]. Soit « Va » le cardinal de cet ensemble.

Le but est donc de maximiser le recouvrement et de minimiser l'atteignabilité pour avoir la meilleure compétence possible de la base de cas.

#### a. Caractérisation du cas

Chaque cas sera caractérisé par « Vr » et « Va ». Toutefois, on dissociera dans ces deux notions la partie problème et la partie solution. « Vrp » représente le cardinal du recouvrement de la partie problème. « Vrs » représente le cardinal du recouvrement de la partie solution. Même chose par rapport à l'atteignabilité.

On procède à cette dissociation dans le but de se servir que du cardinal de la partie problème (Vrp) lors de l'étape de remémoration. Ensuite, du cardinal de la partie solution (Vrs) lors de l'étape de mémorisation.

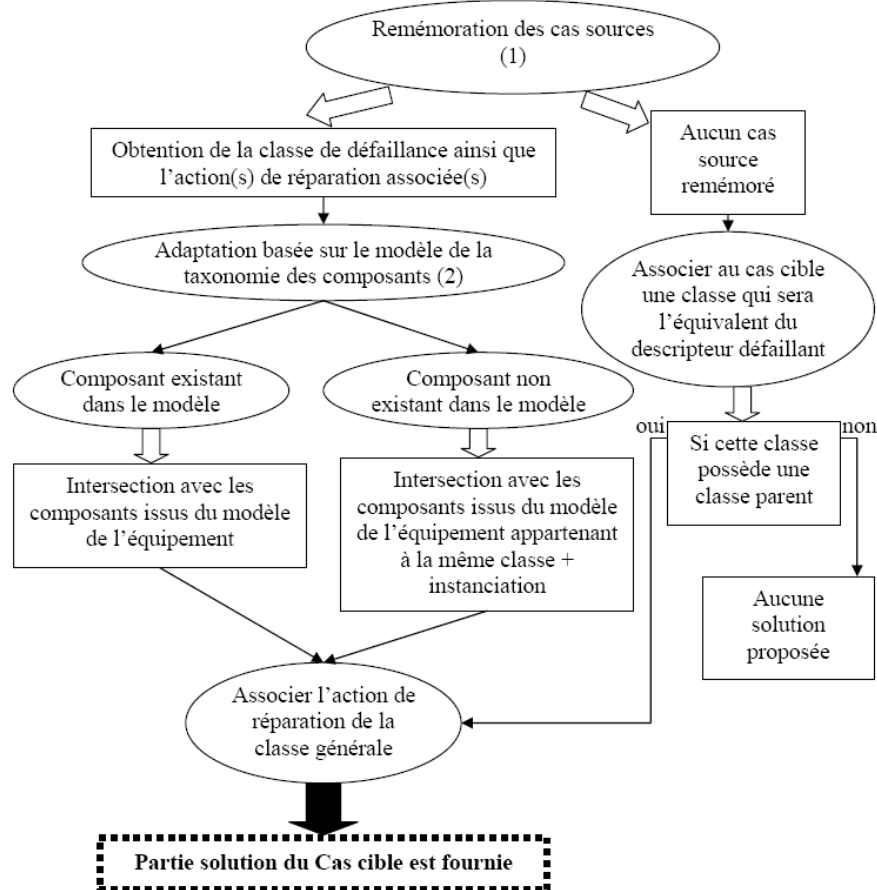


Fig. 3 – Etape de remémoration et d'adaptation du cas

## b. Caractérisation de la base de cas

Nous définissons une valeur de recouvrement moyen de la base de cas qui est la suivante :

$$\text{Recouvrement moyen(Base de Cas) } R_{BC} = \frac{\sum_{i=0}^n V_{ri}}{n} \quad (1)$$

Avec : n représentant le nombre de cas dans la base de cas.

Ce recouvrement RBC reflète le recouvrement moyen de toute la base de cas qui nous servira de repère pour l'introduction d'un cas cible adapté.

De ce fait, pour qu'un cas cible adapté soit introduit dans la base de cas, il faut que la solution proposée par ce cas cible adapté n'existe pas dans la base de cas. Ce qui veut dire que sa partie solution n'est atteignable par aucun autre cas. Par contre si la solution existe (sa partie solution est atteignable), il faut que la partie problème soit atteignable par un nombre de cas inférieur au taux de recouvrement moyen de la base de cas (fig. 4) [7]. Cette dernière condition assure que le cas introduit contribuera à la compétence de la base de cas car son taux d'atteignabilité sera relativement faible.

## c. Compétence de la base de cas

Nous avons défini la compétence de la base de cas par une métrique MC (Mesure de compétence).

$$MC = \frac{Vr}{Va} \quad (2)$$

Donc, l'augmentation de la compétence de la base de cas est proportionnelle à l'augmentation de la valeur de recouvrement « Vr » et proportionnellement inverse à l'augmentation de la valeur de l'atteignabilité « Va ».

Le cas cible est caractérisé par son taux d'atteignabilité. Car il interprétera le nombre de cas de la base de cas qui le recouvre. Donc le cas introduit à la base de cas est conditionné par le recouvrement moyen de la base de cas.

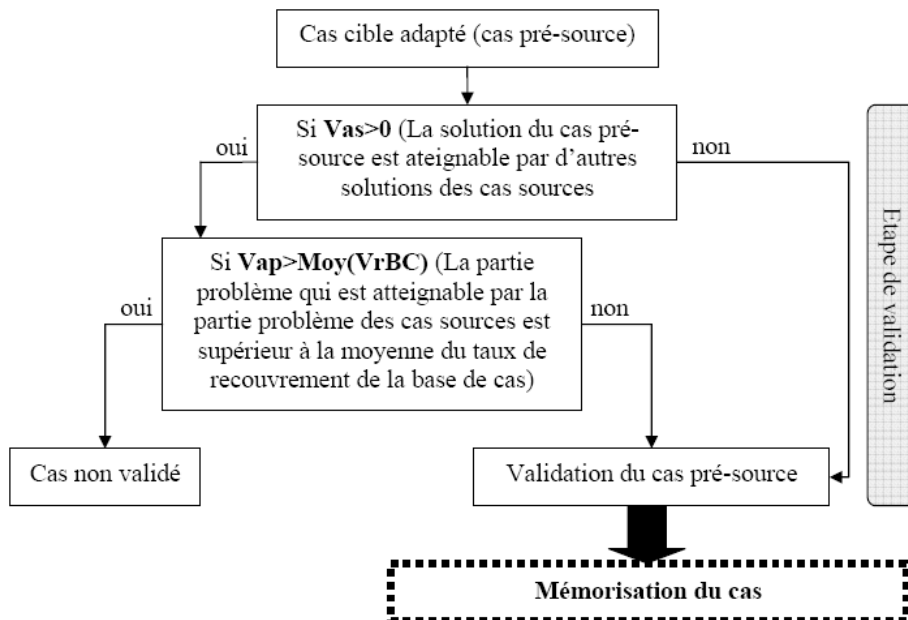


Fig. 4 – Etape de validation et de mémorisation du cas

### 3 Evolution des modèles de RàPC

En vue de l'évolution du système de RàPC, on est amené à gérer l'évolution de la base de cas et les modèles de connaissances sous-jacents. Le RàPC évolue en effectuant un apprentissage incrémental de cas durant son utilisation. Ceci permet aux nouveaux problèmes résolus, jugés nécessaires pour le raisonnement, de contribuer à la résolution des futurs problèmes [11]. Cette phase d'apprentissage permet d'une part d'introduire une dimension d'adaptabilité et d'évolution dans le cycle du raisonnement, et d'autre part de rendre possible un aspect coopératif entre plusieurs modules de raisonnement automatique. Dans cette phase, le système doit faire la synthèse du raisonnement qui a été suivi de manière à sauvegarder les nouveaux enseignements pertinents qui permettront d'améliorer le raisonnement par la suite. Plusieurs actions peuvent être alors effectuées : indexation du cas cible dans la mémoire, amélioration et modification de l'indexation des cas existants dans la mémoire [11].

L'évolution du système de RàPC se fait au niveau des quatre blocs montrés à la fig. 1 à savoir sur les deux modèles de représentation des connaissances (modèle de l'équipement, modèle taxonomique), la base de cas et sur les règles de décision (Fig. 5).

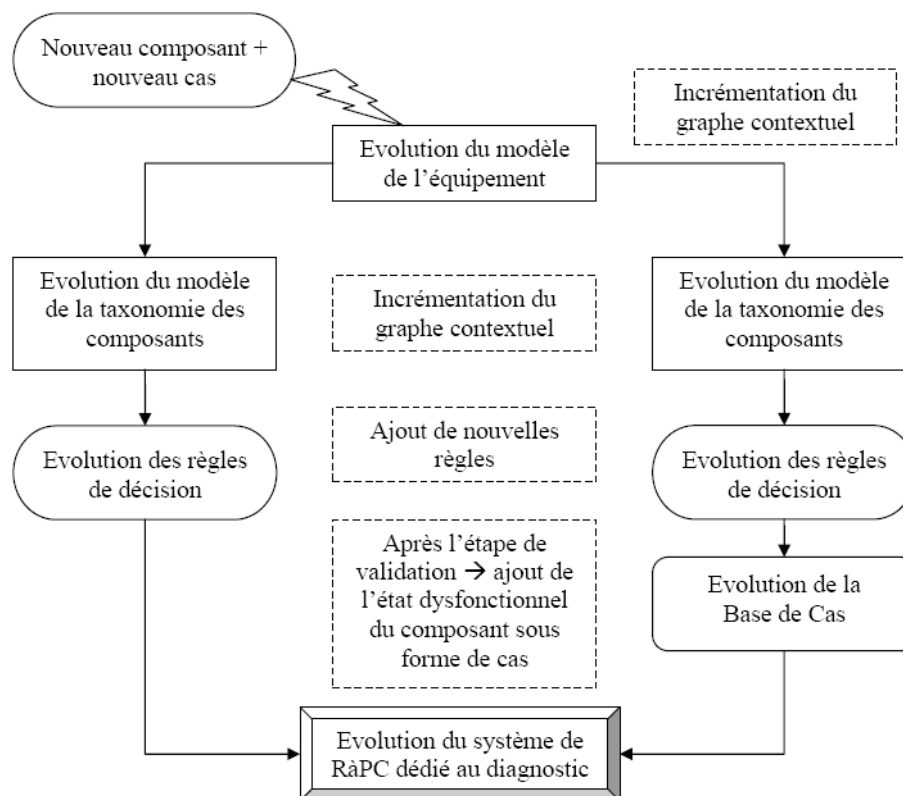


Fig. 5 – Evolution de la représentation du système de RàPC dédié au diagnostic

#### 4.3 Evolution des modèles représentés par les graphes contextuels

Concernant les deux modèles représentés par des graphes contextuels, il n'est pas possible de développer a priori une représentation exhaustive de toutes les manières de résoudre un problème [9]. Il existe plusieurs techniques de représentation des connaissances, telles que les prédicats logiques [10], les systèmes à base de règles [13], les réseaux sémantiques [6], la représentation orientée objet [6] et les graphes contextuels.

Un système basé sur les graphes contextuels soit connaît une pratique utilisée par un opérateur pour résoudre un problème, soit va l'acquérir s'il ne la connaît pas [5]. Dans cette dernière situation, le système peut identifier néanmoins la pratique connue la plus proche de la nouvelle pratique et demander à l'opérateur l'élément contextuel qui différencie la nouvelle pratique de celle qu'il connaît. Un intérêt des graphes contextuels est de pouvoir ainsi acquérir facilement de nouvelles pratiques avec leur contexte d'utilisation, et savoir comment la nouvelle pratique s'intègre dans le corpus de pratiques déjà connues [3]. Cette nouvelle pratique demandera donc l'acquisition d'un petit nombre d'éléments (comme l'ajout d'un nouvel élément contextuel et l'introduction d'une action en alternative à celle existant précédemment). Le système entre dans

une phase d'acquisition incrémental de la nouvelle pratique à travers ses différences avec la pratique connue la plus proche. C'est-à-dire la demande de l'élément contextuel (le nœud contextuel et le nœud de recombinaison correspondant) qui n'avait pas encore été considéré jusqu'à présent mais dont il faut une instanciation particulière pour la pratique à acquérir et la nouvelle action. De plus, les mécanismes d'agrégation et d'expansion des graphes contextuels permettent à l'opérateur de se focaliser seulement sur une partie d'un graphe contextuel [4]. Pasquier aborde dans [12] les graphes contextuels dans le domaine du diagnostic dans le cadre de la résolution d'incidents sur les lignes de métro (RATP).

L'inconvénient dans les graphes contextuels repose sur le fait que si un nouveau cas se présente et que son acquisition va remettre en cause ces modèles, cela va se répercuter sur tout le graphe et donc la nécessité d'en refaire un autre. Cependant, le graphe contextuel suit un ordre bien défini préalablement. Lorsqu'on est face à une nouvelle situation, il serait nécessaire de l'insérer pour compléter le graphe dans l'endroit focalisé. Donc, insérer une branche qui peut contenir un ou plusieurs éléments contextuels avec ou sans l'action dans l'endroit où le graphe ne peut pas donner une suite pour arriver au nœud de recombinaison.

### **4.3 Evolution de la base de cas**

L'évolution de la base de cas se fait par insertion d'un cas avec une classe dysfonctionnelle. Le cas doit être confirmé lors de l'étape de validation. Ensuite, il sera inséré à l'étape de mémorisation pendant le fonctionnement du système.

Un cas est incrémenté dans la base de cas dans un premier temps dans sa partie problème avec sa nouvelle classe suivant l'état anormal du descripteur concerné. Par la suite, on rajoute la partie solution qui sera instanciée par d'autres classes d'héritages issues du modèle de la taxonomie des composants. L'évolution de la base de cas revient donc à l'insertion du cas dans la base de cas lors des deux étapes de validation et d'apprentissage qui sont détaillées au paragraphe 2.2.3.

## **4 Mise en place du système de RàPC pour le diagnostic de pannes sur le transfert Sormel et application**

Le système d'aide au diagnostic et à la réparation a été mis en place sur une plate-forme industrielle d'un système de transfert de palettes Sormel dont le modèle est présenté sur la fig. 6.

Le but du diagnostic de pannes dans le transfert Sormel est de détecter la nature de la panne et d'apporter une solution sans arrêter la production.

### **4.3 Description de la plate forme Sormel**

Le transfert Sormel est un îlot flexible d'assemblage organisé en double anneau, constitué d'un système de transfert de palettes et de cinq stations de travail. Le déplacement des palettes est assuré par frottement sur des courroies, qui sont entraînées par des moteurs électriques. Les palettes sont munies d'une étiquette magnétique qui leur sert de « mémoire embarquée ». Ces mémoires peuvent être lues dans chaque station grâce à des plots magnétiques de lecture/écriture (BALOGH) et permettent la mémorisation d'une gamme d'assemblage de produits.

Ces étiquettes permettent donc de déterminer le cheminement des palettes à travers le système. Les palettes sont véhiculées sur l'anneau intérieur permettant ainsi le transit entre les différentes cellules. Lorsque l'une des palettes doit subir une opération de la part d'un robot (information lue sur l'étiquette de la palette), cette dernière est déviée sur l'anneau extérieur où se trouve le poste de travail concerné. Chaque station de travail est étiquetée d'actionneurs pneumatiques (pousseurs, tireurs, indexeurs) et électriques (stoppeurs) ainsi que d'un certain nombre de capteurs inductifs (capteur de proximité D). La décomposition et l'analyse fonctionnelle de ce système permettent de créer une représentation d'un cas qui sera la brique de base pour le développement d'une base de cas.



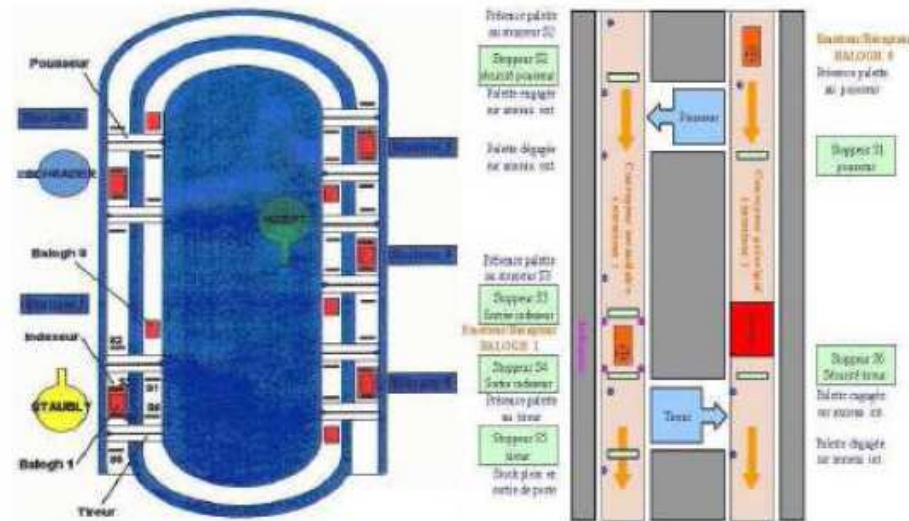


Fig. 6 – Ilot flexible d’assemblage SORMEL (figure gauche) et composition d’un module du système de transfert (figure droite)

### 4.3 Connaissances du système de RàPC mis en place

La fonction principale de la plate forme est le transfert de la palette. Quand ce transfert pose un problème sur l’équipement, nous devons être en mesure de localiser la palette et les composants défaillants qui empêchent le transfert de celle-ci. C’est pourquoi nous modélisons l’équipement par un graphe contextuel dont les actions sont la localisation de la palette et par conséquent les composants susceptibles d’être défaillants. Pour modéliser les connaissances du domaine d’application de la plate forme Sormel, deux modèles ont été mis en place à savoir le modèle de l’équipement et le modèle de la taxonomie des composants.

#### 4.2.1 Graphe d’équipement

Le modèle de l’équipement reflète le découpage spatial de la plate forme qui est partitionnée en zones et sous zones, auxquelles sont associés les composants présents dans l’endroit précis. Les ensembles des composants associés à chaque zone ou sous zone constituent un contexte dans lequel le composant défaillant est identifié. Un aperçu du graphe contextuel de ce modèle est montré à la fig. 7.

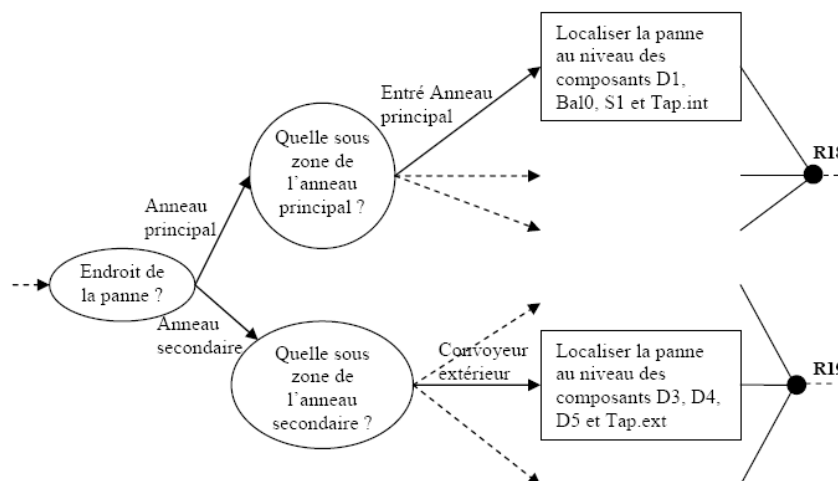


Fig. 7 – Aperçu d’une partie du graphe contextuel du modèle de l’équipement

#### 4.2.2 Taxonomie des composants

L’analyse fonctionnelle de l’équipement a permis de classer les composants suivants leur type de

fonctionnement à savoir les actionneurs, les détecteurs, les composants assurant la transmission, etc... Cette taxonomie montrée à la fig. 8 détermine la nature et les ensembles de l'équipement à partir de leurs classes d'héritages. Nous disposons ainsi de plusieurs classes de composants, par exemple la classe « détecteur magnétique » se décline en deux sous-classes à savoir « Détecteur de présence » et « Balogh ». Ces deux dernières assurent la même fonction de détection de la présence de la palette. De plus, la balogh assure une fonction supplémentaire de lecture et écriture sur l'étiquette de la palette. Pour chacune des classes un ensemble de composants est défini. Pour la classe « détecteur de présence » on recense 9 détecteurs « D1... D9 » et pour la classe « Balogh », elle dispose de deux composants « balogh0 et balogh1 ».

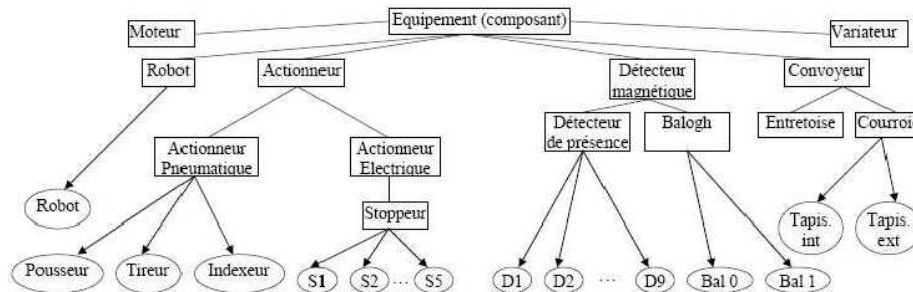


Fig. 8 – Taxonomie des composants du transfert Sormel

### 4.2.3 Les règles de décision

Les règles de décision permettent de déterminer le mode de fonctionnement des composants sélectionnés lors du parcours du modèle de l'équipement. Ces règles sont implémentées en Java. On dispose de neuf ensembles de règles de décision relatifs aux composants se trouvant dans les différentes sous-zones. Par contre, les modèles d'équipement et de taxonomie sont élaborés sous forme de graphe contextuel implémenté sous Protégé 3.1.1. Protégé est un éditeur d'ontologie et une architecture extensible pour la création des outils basés sur la connaissance adapté aux besoins du domaine d'application. Ces connaissances sont manipulées via un programme en Java.

### 4.2.4 La base de cas

Grâce à cette modélisation composée du graphe contextuel d'équipement, de la taxonomie des composants et des règles de décisions, nous proposons une base de cas constituée, de cas génériques reflétant l'expertise, de la partie dysfonctionnelle des composants. Nous comptabilisons 10 cas génériques qui prennent appui sur le mode de fonctionnement des différents types de composants. Le cas source est constitué d'une partie problème comportant 7 descripteurs, les deux premiers sont définis par « la localisation de la panne » et les cinq autres par le mode de fonctionnement des composants et d'une partie solution. Une classe est attribuée à chaque cas. Ci-dessous, un exemple de deux cas appartenant à la même classe « Actionneur Pneumatique ». La partie problème est montrée à la fig. 9 et la partie solution à la fig. 10.

Solution							
Détecteur	Stoppeur	Balogh	Actionneur pneumatique	Palette	Convoyer	Robot	Action de réparation
x	x	x	Actionneur P bloqué	x	x	x	Débloquer actionneur P
x	x	x	Indexeur hors service	x	x	x	Changer Indexeur
x	x	x	Obstacle sous Indexeur	x	x	x	Enlever obstacle

Fig. 9 – Exemple de la partie problème de deux cas de la base de cas Sormel

		Problème						
Cas	Modèle de l'équipement		Superviseur					Classe
	Localisation		Mode de fonctionnement anormal (Etat des composants)					
N° Cas	Emplacement de la palette	Convoyeur	Commande	Actionneur Pneumatique	Actionneur Electrique	Détecteur de présence	Détecteur Infrarouge	
4	Zone Actionneur pneumatique	indéterminé	normal	anormal	normal	normal		Actionneur Pneumatique
5	Zone poste	indéterminé	normal	anormal	normal	normal		

Fig. 10 – Exemple de la partie solution de la classe actionneur pneumatique de la base de cas Sormel

Cette démarche nous a permis de réduire notre base de cas initiale n'ayant pas de modèles sous-jacents de plus de 50%, en regroupant les cas appartenant à la même classe de fonctionnement. En effet, notre base de cas dont nous vous donnons un aperçu à la fig. 11 comportait 36 cas.

	Ensemble	Zone	Sous-zone	Composant - équipement	Palette ds bon sens	Détecteur	Stoppeur	Variable du contexte	Situer le problème
1	Station	Anneau principal	Entrée	Tapis int	Oui	Bal0=0 (presce)			Pb Balogh 0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
16	Station	Zone poste	Indexeur	Indexeur	oui		S4=1 bas	I=1 haut	Pb indexeur
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
36	Station	Zone robot	robot	Robot	oui			Robot	Pb robot

Fig. 11 – Aperçu d'une partie de la base de cas initiale comportant 36 cas

### 4.3 Cycle du RàPC

Dans le transfert Sormel, la palette est véhiculée à travers les différentes stations et son trajet est prédéfini et détermine l'état normal des composants. Lorsqu'une panne est détectée, on procède au diagnostic en enclenchant le cycle du RàPC ainsi que les modèles sous-jacents. Le cycle du RàPC est présenté ci-dessous.

#### 4.3.1 Elaboration du cas cible

Soit une panne produite au niveau d'un « détecteur infrarouge », notre système est alors sollicité et le processus du diagnostic commence.

Etape 1 : On parcourt le graphe contextuel du modèle de l'équipement. La panne est localisée au niveau de la sous-zone « Convoyeur intérieur » impliquant les composants potentiellement défectueux suivants : « Balogh0, Stoppeur S1, Stoppeur S6, Détecteur Infrarouge DI1, Tapis intérieur » (fig. 12).

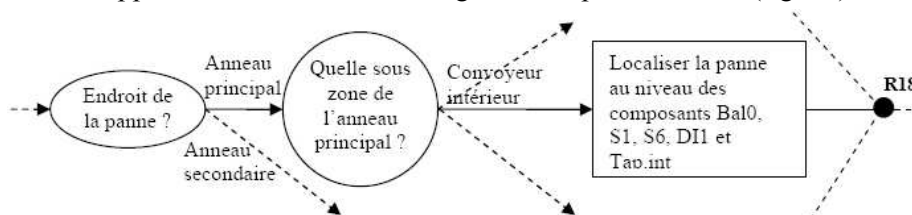


Fig. 12 – Exemple de localisation des composants potentiellement défectueux via le graphe contextuel du modèle de l'équipement

Etape 2 : On récupère l'état des composants impliqués grâce au Scada (logiciel de surveillance d'équipement et d'acquisition de données). On obtient les états suivants :

- Balogh0 = 0 (La palette traverse la station sans passer par la zone poste)
- S1 = 1 (Etat bas du stoppeur)
- S6 = 0 (Etat haut du stoppeur)
- DI1 = 0, (Le détecteur infrarouge ne détecte pas de palette)
- Tapis intérieur = 1 (Tapis en marche)

Etape 3 : En appliquant les règles de décisions concernant les composants impliqués dans cette sous-

zone, on obtient le mode de fonctionnement des composants suivants :

- Commande : mode normal
- Actionneur pneumatique : mode indéterminé
- Actionneur électrique : mode normal
- Détecteur de présence : mode indéterminé
- Détecteur Infrarouge : mode anormal

De ce fait, le cas cible obtenu sera le suivant (fig. 13) :

Cas cible	Emplacement de la palette	Convoyeur	Commande	Actionneur Pneumatique	Actionneur Electrique	Détecteur de présence	Détecteur Infrarouge
1	Zone Anneau principal	Intérieur	normal		normal		anormal

Fig. 13 – Cas cible obtenu

### 4.3.2 Remémoration et adaptation

Nous avons obtenu dans la phase de recherche qu'aucun cas source n'est proche du cas cible acquis à la fig. 13. Cependant, on constate que la valeur du descripteur « Détecteur Infrarouge » du cas cible est « anormal ». On associe à ce cas cible cette classe. Cette dernière est de même nature que la classe parent « Détecteur » dans le modèle de taxonomie des composants. On associe à cette nouvelle classe l'action de réparation dédiée à sa classe héritée « Détecteur magnétique » (fig. 8). On obtiendra ainsi le cas cible adapté (cas pré-source) suivant (fig. 14) :

Problème								
Cas cible	Emplacement de la palette	Convoyeur	Commande	Actionneur Pneumatique	Actionneur Electrique	Détecteur de présence	Détecteur Infrarouge	Classe
1	Zone Anneau principal	Intérieur	normal		normal		anormal	Détecteur infrarouge
Solution								
Détecteur	Stoppeur	Balogh	Actionneur pneumatique	Palette	Convoyer	Robot	Action de réparation	
Trop bas	x	x	x	x	x	x	Lever Détecteur	
Décalé	x	x	x	x	x	x	Pousser Détecteur	
Alimentation	x	x	x	x	x	x	Rebrancher Détecteur	

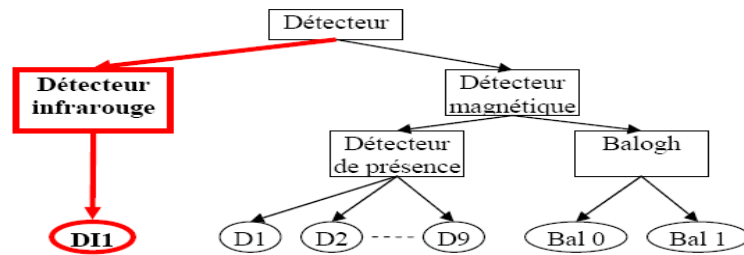
Fig. 14 – Partie problème et solution du nouveau cas (cas pré-source)

### 4.3.3 Validation et Apprentissage

Un cas est incrémenté suivant deux cas de figures. Le premier concerne l'incrémentation d'un nouveau composant seulement dans les modèles. Le deuxième concerne le cas dans la base de cas lorsqu'il s'agit d'une nouvelle classe. L'incrémentation se fait en premier lieu au niveau de la base de cas en rajoutant un nouveau cas avec sa nouvelle classe suivant l'état anormal du descripteur concerné. Dans un deuxième lieu au niveau des modèles en rajoutant cette nouvelle classe et le(s) composant(s) associé(s). La base de cas est incrémentée dans un premier temps dans sa partie problème. Par la suite, on rajoute la partie solution qui sera instanciée par d'autres classes d'héritages ou qui sera proposée par un expert. Une fois que le cas est ajouté à la base de cas, on incrémente le graphe contextuel du modèle de la taxonomie des composants en rajoutant la nouvelle classe ainsi que le composant de cette classe. Ceci se fait par l'ajout de nouveaux éléments contextuels et les actions qui seront reliés au nœud de recombinaison correspondant.

Si par contre le cas existe dans la base de cas mais n'est pas recensé dans le modèle taxonomique, on rajoute une branche à partir de la classe appropriée contenant le nouveau composant.

**Exemple d'application :** Il n'y avait aucun cas source remémoré lors de la phase de remémoration, donc on était face à une nouvelle classe de dysfonctionnement. Tout d'abord, le modèle de la taxonomie des composants va évoluer en rajoutant la nouvelle classe « Détecteur infrarouge » ainsi que le composant « DI1 » qui appartient à la classe mère « Détecteur » (fig. 15).



**Fig. 15** – Evolution d’une partie de la taxonomie des composants en rajoutant la classe « Détecteur infrarouge » et le composant « DI1 »

Quant à la base de cas, après avoir adapté ce cas on calcul ces valeur  $V_{as}$  et  $V_{ap}$ . Sachant que la valeur moyenne du recouvrement de la base de cas est :

- $R_{BC} = 1,8$

Les valeurs d’atteignabilité de la partie problème et solution du cas pré-source sont les suivantes :

- $V_{as}$  (cas pré-source) = 1
- $V_{ap}$  (cas pré-source) = 0

On obtient  $V_{ap} < R_{BC}$ . De ce fait, on conclu que le cas cible adapté est mémorisable dans la base de cas. En le rajoutant, on recalcule la nouvelle valeur moyenne du recouvrement de la base de cas qui sera égale :  $R_{BC} = 1,72$ .

« La base de cas évolue en rajoutant le onzième cas ».

Le cas idéal pour la base de cas est que son recouvrement moyen «  $R_{BC} = 1$  » ce qui signifie que tous les cas de la base de cas sont des cas pivots [9]. Rappelons qu’un cas pivot est un cas pour lequel son ensemble d’atteignabilité est réduit à un singleton et que c’est un cas important pour la compétence de la base de cas.

## 5 Conclusion

Nous vous avons présenté un système d’aide au diagnostic et de réparation d’un équipement industriel. Ce système orienté modèle de connaissance concernant l’équipement est manipulé par les différentes étapes du RàPC. Les deux modèles développés dans notre système concernent le modèle d’équipement et le modèle hiérarchique des composants (permettant de classer ceux-ci suivant leur fonctionnalité), ils sont représentés par des graphes contextuels. La base de cas représente la patrie dysfonctionnelle des composants et les règles de décisions déterminent les différents modes de défaillances. Notre système est amené à évoluer dans le temps. Cette évolution se répercute sur les modules du système qui sont dépendants les uns les autres. L’évolution des deux modèles sous-jacents à la base de cas revient à l’évolution de leurs graphes contextuels en insérant des éléments contextuels et des actions. Quant à l’évolution de la base de cas, elle se fait suivant la nouvelle classe et la qualité du cas à incrémenter. Cette qualité est testée par deux notions à savoir le recouvrement et l’atteignabilité du cas. Pour cela, il a été proposé un certain nombre de conditions basées sur le calcul de ces deux notions dédiées à la base de cas.

A la suite de ce travail, nous voudrions généraliser la méthode d’évolution de la base de cas qui est basée sur les notions de mesures de la qualité de la base de cas à savoir la compétence associée à la performance pour l’apprentissage incrémental de celle-ci.

## 6 Références

- [1] A. Aamodt et E. Plaza. Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variation, and systems. *AI Communication*, 7(1) : p. 36-59, 1994.
- [2] K.D. Althoff(2001). Case-Based Reasoning. S.K. Chang (Ed.), *Handbook on Software Engineering and Knowledge Management*, p. 549-588, 2001.
- [3] P. Brézillon, L. Pasquet et J.CH. Pomerol. Reasoning with contextual graphs. *European Journal of Operational Research*, 136(2): p. 290-298, 2002.

- [4] P. Brézillon. Context dynamic and explanation in contextual graphs. In: Modeling and Using Context (CONTEXT-03), P. Blackburn, C. Ghidini, R.M. Turner and F. Giunchiglia (Eds.). LNAI 2680, Springer Verlag Verlag. p. 94-106, 2003a.
- [5] P. Brézillon. Context-based intelligent assistant systems: A discussion based on the analysis of two projects. Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on Systems Sciences, HICSS-36, Track "Decision Technologies for Management", R.H. Sprague (Ed.), Los Alamitos: IEEE, Hawaii, 2003b.
- [6] C. Capponi. Identification et exploitation des types dans un modèle de connaissances à objet. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble, 1995.
- [7] B. Chebel-Morello, M.K. Haouchine et N. Zerhouni. Auto-incrémentation d'une base de cas de diagnostic d'aide à la réparation sur un transfert de palette. A paraître dans PENTOM 2007, 3ème édition du colloque international francophone : Performance et Nouvelles Technologies en Maintenance. Mons, Belgique, 2007.
- [8] M.K. Haouchine, B. Chebel-Morello et N. Zerhouni. Méthode de Suppression de Cas pour une Maintenance de Base de Cas. 14ème atelier de raisonnement à partir de cas, Besançon, France, 2006.
- [9] M.K. Haouchine, B. Chebel-Morello et N. Zerhouni. Case-base maintenance approach. International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM'07). Beijing, 2007.
- [10] A. Kaufman. Nouvelles logiques pour l'intelligence artificielle. Editions Hermès, Paris, 1987.
- [11] J. Main, T.T. Dillon et S.C.K. Shiu. A tutorial on case based reasoning. Soft Computing in Case Based Reasoning, p. 1-28, 2000.
- [12] L. Pasquier. Modélisation de raisonnement tenu en contexte. Application à la gestion d'incidents sur une ligne de métro. Thèse de l'Université Paris 6, 2002.
- [13] B. Rousseau. Vers un environnement de résolution de problèmes en biométrie – apports des techniques de l'intelligence artificielle et de l'interaction graphique. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard, Lyon, 1988.
- [14] I. Rasovska, B. Chebel-Morello et N. Zerhouni. Case elaboration methodology proposed for diagnostic and repair help system based on CBR. FLAIRS-20 The 20th International FLAIRS Conference Key West, Florida, May 7-9, 2007.
- [15] B. Smyth et M.T. Keane. Remembering To Forget: A competence Preserving Deletion Policy for Case-Based Reasoning Systems. In: Proceeding of the 14th International Joint Conference on Artificial Intelligent, Morgan-Kaufmann. p. 377-382, 1995.
- [16] I. Watson. Case-Based Reasoning and Knowledge Management: a Perfect Match? Proc. of the 14th Int. FLAIRS Conference, Key West Florida, AAAI Press. p. 118-123, 2001.