

Année : **2009**

THESE

présentée à

**L'UFR des Sciences et Techniques
de l'Université de Franche-Comté**

pour obtenir le

**GRADE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITE
DE FRANCHE-COMTE**

en Automatique

(Ecole Doctorale Sciences Physiques pour l'Ingénieur et Microtechniques)

**Remémoration guidée par l'adaptation et maintenance des
systèmes de diagnostic industriel par l'approche du
raisonnement à partir de cas**

par

Mohamed Karim Haouchine

Soutenue le 23 septembre 2009 devant la Commission d'examen :

Rapporteurs :	Luc Lamontagne	Professeur, Université Laval
Examineurs :	Laurent Geneste	Professeur, ENIT
	Belkacem Ould-Bouamama	Professeur, Université Lille
	Sylvie Despres	Professeur, Université Paris 13
Directeur de thèse :	Nouredine Zerhouni	Professeur, ENSMM
	Brigitte Chebel-Morello	Maître de conférences, Université de Franche- Comté

Table des matières

Introduction générale	15
Chapitre 1 : Diagnostic et approche du Raisonnement à Partir de Cas (RàPC)	21
1. Introduction.....	23
2. Le diagnostic.....	24
3. Présentation de l'approche du Raisonnement à Partir de Cas (RàPC)	29
3.1. Historique.....	30
3.2. Communautés en RàPC	31
3.3. Carré d'analogie.....	32
3.4. Définition du cas	33
3.4.1. Structure du cas.....	33
3.4.2. Indexation du cas	34
3.5. Modèles de RàPC.....	36
3.5.1. Le modèle conversationnel	37
3.5.2. Le modèle textuel.....	38
3.5.3. Le modèle structurel	40
3.6. Base de cas (la mémoire dans les systèmes de RàPC).....	41
3.7. Cycle du RàPC.....	42
3.7.1. Phase d'élaboration du cas.....	44
3.7.2. Phase de remémoration.....	44
3.7.3. Phase d'adaptation	48
3.7.4. Phase de validation	49
3.7.5. Phase d'apprentissage	50
4. Containers de connaissances.....	51
5. Domaines d'application et conditions d'utilisation du RàPC	54
5.1. Typologies d'applications.....	54

5.2. Conditions d'applications	57
6. Conclusion	58
Chapitre 2 : Etat de l'art des systèmes de diagnostic industriel par le raisonnement à partir de cas et démarche adoptée	61
1. Introduction.....	63
2. Les principaux systèmes de RàPC dédiés au diagnostic industriel	64
2.1. Présentation générale	64
2.1.1. Typologie des systèmes de diagnostic	64
2.1.2. Systèmes de type diagnostic médical.....	65
2.1.3. Systèmes de type help desk	66
2.2. Case-Based Reasoning for Gas Turbine Diagnostics	67
2.3. Creek	69
2.4. Cassiopee	70
2.5. ICARUS.....	71
2.6. General Electric Plastics sites (FormTool)	73
2.7. Pad'im	74
2.8. Nodal _{CBR}	75
2.9. Patdex.....	75
2.10. Tableau de comparaison et bilan des systèmes étudiés	79
3. Nos choix et nos démarches.....	85
3.1. Systèmes orientés extraction (mining).....	86
3.1.1. Ressources du domaine.....	87
3.1.2. Containers de connaissance	89
3.1.3. Cycle de RàPC	90
3.2. Systèmes orientés connaissances (knowledge).....	92
3.2.1. Ressources du domaine.....	92
3.2.2. Containers de connaissance	93
3.2.3. Cycle de RàPC	104
4. Conclusion	104
Chapitre 3 : Proposition d'une méthode de Maintenance de la Base de Cas.....	107
1. Introduction	109

2.	Maintenance de la base de cas.....	110
2.1.	Introduction	110
2.2.	Processus de la maintenance de la base de cas.....	112
2.3.	Critères d'évaluation de la qualité de la base de cas	114
2.4.	Politiques et stratégies de la maintenance de la base de cas	117
2.4.1.	Politique de partitionnement de la base de cas	117
2.4.2.	Politique d'optimisation de la base de cas	120
2.5.	Synthèse de la politique d'optimisation de la base de cas.....	135
3.	Proposition d'une méthode de maintenance de la base de cas.....	138
3.1.	Structuration de la base de cas	138
3.1.1.	Démarche suivie	139
3.1.2.	Mise en place de la structuration de la base de cas.....	141
3.2.	Auto-incrémentation de la base de cas	149
4.	Validation	153
4.1.	Etude comparative selon le critère de compétence	153
4.2.	Etude comparative selon le critère de performance et résultats de l'auto-incrémentation.....	155
5.	Conclusion.....	157
Chapitre 4 : Proposition d'une approche de remémoration guidée par l'adaptation.....		159
1.	Introduction	161
2.	Phase de remémoration	162
2.1.	Remémoration simple	162
2.1.1.	Similarités de surface.....	162
2.1.2.	Similarités structurelles.....	163
2.2.	Unification Remémoration-Adaptation.....	165
3.	Phase d'adaptation.....	169
4.	Proposition d'une méthode de remémoration guidée par l'adaptation	178
4.1.	Formalisation du problème.....	179
4.2.	Etape de remémoration.....	179
4.2.1.	Mesure de Remémoration (M_R).....	180

4.2.2.	Mesure d'Adaptation (M_A)	182
4.3.	Etape d'adaptation.....	183
4.3.1.	Relations de dépendance.....	183
4.3.2.	Algorithme d'adaptation	184
5.	Etude de la méthode de la remémoration guidée par l'adaptation sur un moteur à explosion	186
5.1.	Mise en place des relations de dépendance (RD).....	187
5.2.	Exemples d'illustration de la méthode de remémoration et d'adaptation..	188
5.2.1.	Premier exemple type d'adaptation « RD = Forte & même classe de fonctionnement »	188
5.2.2.	Deuxième exemple type d'adaptation « RD = Forte & différentes classes de fonctionnement »	190
5.2.3.	Troisième exemple type d'adaptation « RD = Faible »	193
5.3.	Evaluation.....	196
6.	Conclusion.....	197
Chapitre 5 : Application.....		199
1.	Introduction	201
2.	Présentation de SISTRE	202
2.1.	Aspect général de SISTRE	202
2.2.	Composition d'une station	204
2.3.	Fonctionnement d'une station	207
3.	Mise en place du système de diagnostic par le RàPC sur SISTRE	207
3.1.	Système orienté mining.....	208
3.1.1.	Représentation du cas	209
3.1.2.	Elaboration du cas cible	210
3.1.3.	Phase de remémoration	210
3.1.4.	Phase de maintenance de la base de cas de la base de cas SISTRE	211
3.2.	Système orienté connaissance	214
3.2.1.	Représentation d'un cas	214
3.2.2.	Base de cas.....	216
3.2.3.	Modèle hiérarchique des composants de l'équipement	217
3.2.4.	Modèle de contexte de l'équipement	217

3.2.5.	Mode de fonctionnement des composants de l'équipement	219
3.2.6.	Phase d'élaboration d'un cas	219
3.2.7.	Phases de remémoration et d'adaptation	220
3.2.8.	Validation des phases de remémoration et d'adaptation	226
4.	Conclusion.....	227
Conclusion générale.....		229
Références bibliographiques.....		237

Résumé

Le développement des nouvelles technologies des différents produits et composants a rendu la nature des systèmes de plus en plus complexe. Cette complexité s'est répercutée sur le bon fonctionnement des équipements avec l'apparition de nouvelles pannes et l'accroissement des coûts engendrés. La maintenance est devenue un élément indispensable pour le maintien en condition opérationnelle de tout équipement quelque soit sa nature. Dans ce contexte nous nous intéressons à la maintenance corrective et plus particulièrement au diagnostic de pannes des équipements industriels. Nous développons une méthode basée sur le raisonnement à partir de cas (RàPC), méthode largement employée dans le domaine du diagnostic industriel. Le RàPC est une approche de résolution de problèmes et d'apprentissage. En diagnostic, une large variété de systèmes de RàPC a fait ses preuves, systèmes allant de problèmes de classification (systèmes orientés extraction « case-base mining ») aux systèmes à base de connaissance (systèmes orientés « connaissance »). Nous avons déployé dans le premier type de système, où la formalisation du cas est triviale, une méthode de maintenance du système. La maintenance de l'ensemble passe par la maintenance de la base de cas qui représente le cœur de ces systèmes de RàPC. Cette méthode de maintenance est composée d'une étape de structuration associée à une étape d'auto-incrémentation de la base de cas, afin de garantir la qualité du système tout au long de son évolution. Quant au deuxième type de système, nous avons mis en place un système fondé sur des modèles de connaissances associés aux différentes phases de manipulation du cycle de RàPC. Nous avons proposé une méthode de remémoration guidée par l'adaptation prenant appui sur deux mesures, une de similarité et une d'adaptation, et un algorithme d'adaptation spécifique au domaine du diagnostic industriel. Nos propositions ont été implémentées et validées sur une plateforme d'e-maintenance GaMA-Frame (Global asset MAintenance). Cette plateforme intègre notre module de diagnostic par RàPC ainsi que les différents modèles de connaissance liés à l'équipement à diagnostiquer SISTRE (Supervised Industrial System of pallets TRansfEr).

Mots-clés : diagnostic industriel, raisonnement à partir de cas, maintenance des systèmes de raisonnement à partir de cas, management des connaissances, modèles de connaissance, apprentissage incrémental, remémoration guidée par l'adaptation, adaptation.

Abstract

The development of new technologies of the various products and components made the nature of systems more and more complex. This complexity is reverberated on the good functioning of the equipment with the appearance of new failures and the increasing involved costs. Maintenance became an indispensable element to maintain any equipment in operational condition regardless of its nature. In this context we are interested in corrective maintenance and more particularly in fault diagnostic of the industrial equipment. We have developed a method based on case-based reasoning (CBR), this latter being widely used in the industrial diagnostic domain. The CBR is an approach for problem solving and learning. In diagnostic, several CBR systems, ranging from classification problems "case-base mining" to knowledge-based systems, have proven their effectiveness. We have deployed in the first type of system a method insuring its maintenance where the case formalization is trivial. The whole system's maintenance requires the maintenance of the case-base which represents the heart of CBR systems. This method of maintenance is composed of a structuring step and an auto-increment step of the case-base, both aim at ensuring the quality of the system throughout its evolution. As for the second type of system, we have implemented a system which relies on knowledge models associated with different handling phases of the CBR cycle. We have proposed an adaptation-guided retrieval method based on two measures, one of similarity and one of adaptation, and an adaptation algorithm dedicated to the industrial diagnostic field. Our proposals have been implemented and validated on a GaMA-Frame (Global asset MAintenance) e-maintenance platform. This platform integrates our CBR diagnostic module and different knowledge models to diagnose faults on SISTRE (Supervised Industrial System of pallets TRansfEr) equipment.

Keywords: diagnostic, case-based reasoning, maintenance of case-based reasoning systems, knowledge management, knowledge models, incremental learning, adaptation-guided retrieval.