HAL open science

Algorithme d'adaptation pour le diagnostic technique.

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

To cite this version:

Mohamed-Karim Haouchine, Brigitte Chebel-Morello, Noureddine Zerhouni. Algorithme d'adaptation pour le diagnostic technique.. 16ème Atelier de Raisonnement à Partir de Cas., Apr 2008, Nancy, France. pp.79-91. hal-00270716

HAL Id: hal-00270716

https://hal.science/hal-00270716

Submitted on 7 Apr 2008

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.

Algorithme d'Adaptation Pour le Diagnostic Technique

Karim Haouchine, Brigitte Chebel-Morello et Noureddine Zerhouni
Institut FEMTO-ST, UMR CNRS 6174 - UFC / ENSMM / UTBM,
Département d'Automatique et Systèmes Micro-Mécatroniques (AS2M),
24, rue Alain Savary, 25000 Besançon, France.
{karim.haouchine, bmorello, zerhouni}@ens2m.fr

Résumé

Cet article présente un algorithme d'adaptation en raisonnement à partir de cas appliqué au diagnostic technique. La phase d'adaptation est considérée dans quelques travaux comme le cœur du processus du raisonnement à partir de cas. Il y'a plusieurs axes de recherche concernant cette phase, nous nous intéressons aux démarches unificatrices. Dans ce cadre, nous proposons un algorithme d'adaptation pour le diagnostic technique traitant des cas ayant des valeurs de descripteurs modales. Cet algorithme prend appui sur la hiérarchie des descripteurs, leurs contextes ainsi que les dépendances entre le problème et la solution des cas sources. Une étude de la faisabilité de notre algorithme est faite sur un cas réel de diagnostic industriel. Trois cas de figures sont traités dans cette étude concernant les différentes valeurs des relations de dépendances et de l'appartenance aux classes hiérarchiques des descripteurs.

Mots clés : raisonnement à partir de cas, adaptation, relation de dépendance, contexte, hiérarchie de descripteurs, diagnostic

1 Introduction

L'adaptation est une étape délicate à mettre en place dans un système de raisonnement à partir de cas et est considérée comme spécifique au domaine d'application que l'on traite.

Partant de ce constat, certains auteurs évitent de se pencher en recherche sur cette phase et préfèrent développer la partie remémoration [4] en considérant que la richesse de la base de cas peut compenser la phase d'adaptation [10].

Par contre, d'autres auteurs considèrent que l'adaptation est au cœur des systèmes de RàPC [6], [7]. Cordier dans [1] va jusqu'à dire que l'adaptation confère au système de RàPC sa qualité de résolveur de problèmes.

Sans être rebuté par la spécificité de cette phase, de nombreux auteurs ont développé dans le cadre d'application donné des méthodes relatives à l'acquisition de connaissances d'adaptation (ACA). Leur objectif étant de définir des principes généraux d'explicitation de cette adaptation dans le domaine étudié.

Lieber a fait dans [6] un état de l'art concernant ces méthodes.

Par contre [8] ou [5] se sont intéressés à recenser et engranger dans des catalogues, différentes stratégies d'adaptation susceptibles de s'appliquer dans différents domaines.

Et enfin, dans un souci de généralisation, des recherches plus ambitieuses s'attaquent à des démarches unificatrices afin de proposer des modèles généraux d'adaptation.

Fuchs et al [2] proposent un algorithme général d'adaptation indépendant du domaine d'application. L'approche d'adaptation proposée est fondée sur deux idées principales : la première concerne l'unification entre les étapes d'adaptation et celles de remémoration (relative à une théorie unifiée entre l'adaptation et la remémoration) et la deuxième s'appuie sur la notion de dépendance entre problème et solution d'un cas résolu. Les appariements effectués au moment de la remémoration, combinés aux relations de dépendance entre problèmes et solutions permettent d'adapter la solution du problème cible.

Nous nous sommes inspirés de ces idées pour proposer un algorithme d'adaptation dédié aux problèmes de diagnostic technique.

La première idée est séduisante et répond au problème qui se pose lors du choix du cas à remémorer. En effet ce n'est pas le cas le plus similaire, quand la mesure de similarité est choisie *a priori*, qui est le meilleur

candidat à l'adaptation [1]. L'adaptation et la remémoration peuvent être dissociées, et une théorie les unifiant permet de déterminer la remémoration du cas source candidat le plus pertinent à l'adaptation. Notre mesure de similarité dans ce cadre dépendra du modèle qui servira pour l'adaptation comme le préconisent les auteurs de [9]. Ils ont proposé d'utiliser les connaissances d'adaptation au moment de la remémoration.

Nous exploiterons la deuxième idée en déterminant des relations de dépendances entre problème et solution en prenant appui sur un modèle de cause à effet entre les différentes défaillances pouvant apparaître dans un équipement industriel.

Après avoir défini au paragraphe 2 le type de problème en présence et sa formalisation, nous proposerons une mesure de similarité liée au modèle sous-jacent à l'adaptation. Puis un algorithme d'adaptation sera présenté, après avoir décrit la mise en place de relations de dépendance. Trois cas type de diagnostic viendront illustrer l'algorithme présenté.

2 Hypothèse et principe de l'approche

2.1. Notions sur le RàPC

Un cas en RàPC est généralement composé de deux espaces disjoints, l'espace des problèmes et l'espace des solutions.

Un cas source est représenté par un couple (srce, Sol(srce)) et le cas cible par le couple (cible, Sol(cible)), où Sol(cible) est inconnue et qu'on voudrait lui apporter un résultat.

- ds_i, dc_i (pour i = 1, …, n) : représentent les descripteurs de la partie problème du cas source « srce » (respectivement problème cible « cible »)
- Ds_i, Dc_i (pour i = 1, …, m) : représentent les descripteurs de la partie solution du cas source « Sol(srce) » (respectivement solution cible « Sol(cible) »)

2.1.1. Relations de Dépendances (RD) et liens

Nous nous interessons aux relations entre le problème et la solution, et nous exprimons l'influence d'un descripteur problème « ds » sur les descripteurs solution « Ds », par une relation de dépendance.

Une relation de dépendance est un triplet (ds_i, Ds_j,RD_{ij}). RD_{ij} nous donne le type de relation entre le problème et la solution pour un cas donné.

On définira dans notre application 3 types de relations : $RD_{ij} \subset$ {Pas de relation ; Faible ; Forte}

<u>Pas de relation entre descripteurs</u> : il y a une indépendance entre ds_i et Ds_j

<u>Relation de dépendance forte</u> : Ce sont les descripteurs problèmes pertinents par rapport au descripteur solution.

<u>Relation de dépendance faible</u> : Il y a une relation de cause à effet potentielle reliant le descripteur problème aux descripteurs solution mais concernant un ensemble de cas donné.

Dans le cas du diagnostic, un modèle de cause à effet permettra de définir ce sous ensemble de cas, et la valeur des descripteurs de la relation.

Pertinence forte par entre descripteur problème et descripteur solution

Un descripteur problème ds_i, est fortement pertinent par rapport à un descripteur solution Ds_j s'il existe une paire de cas dans la base de cas tels que les cas différent exclusivement par la valeur du descripteur problème pour 2 valeurs différentes du descripteur solution.

2.1.2. Formalisation du problème

Dans le cadre de la théorie d'unification entre l'adaptation et la remémoration, nous avons formalisé notre problème en tenant compte de différents points, qui seront exploités dans les différentes phases de remémoration et d'adaptation.

On représentera le problème de diagnostic technique d'une manière la plus générale possible.

Un cas aura une formalisation objet et permettra de définir une hiérarchie de descripteurs contenant aussi bien les descripteurs de problèmes que les descripteurs solution.

Les descripteurs seront représentés par trois attributs. A chaque attribut on associera des valeurs modales formant une partition attenante à l'attribut considéré.

Une des spécificités de notre cas d'étude est de déterminer un état et un mode de fonctionnement, à chaque composant à diagnostiquer. On affectera par conséquent à un descripteur donné,

- un attribut relatif à sa valeur proprement dite (le descripteur est il un détecteur D1 ou un détecteur D2),
- un mode de fonctionnement d_{si}^{MF} ,
- ainsi qu'un attribut relatif à l'état de celui-ci d_{si}^{etat} .

Les descripteurs de problème auront par conséquent trois attributs relatifs à la valeur du composant son état et son mode de fonctionnement : $d_{si} = (d_{si}^{valeur}, d_{si}^{etat}, d_{si}^{MF})$.

La phase de remémoration tiendra compte de ces 3 types d'attributs.

La phase d'adaptation exploitera les relations de dépendance en parcourant un modèle de contexte.

Ce modèle définira les relations de cause à effet entre descripteurs.

2.1.3. Etape de remémoration

On utilise dans la phase de remémoration l'algorithme des k plus proches voisins en l'associant à une mesure de similarité globale qui est composée par un ensemble de mesures de similarité locales.

Pour remémorer un cas similaire le plus favorable à l'adaptation, On doit évaluer la ressemblance entre les descripteurs et entre les attributs les composant. Ces descripteurs ayant des valeurs modales, on associera pour l'état du descripteur et son mode de fonctionnement une mesure égale à 1 si les valeurs d'attributs sont égales et 0 différentes.

1. *l'état du descripteur défini par une mesure de similarité locale* $\varphi^{état}$

$$\begin{cases} \varphi^{état} = 1, \text{ quand } d_{si}^{etat} = d_{ci}^{etat} ; \\ \varphi^{état} = 0, \text{ quand } d_{si}^{etat} \neq d_{ci}^{etat} . \end{cases}$$

2. *l'état du mode de fonctionnement dans le cas de diagnostic défini par une mesure de similarité locale* φ^{MF}

$$\begin{cases} \varphi^{MF} = 1, \ d_{si}^{MF} = d_{ci}^{MF} ; \\ \varphi^{MF} = 0, \ d_{si}^{MF} \neq d_{ci}^{MF} . \end{cases}$$

3. *La classe d'appartenance des valeurs des descripteurs. Classe définit dans la hiérarchie de descripteur*

Toutefois les valeurs que peuvent prendre le descripteur, suivent une hiérarchie de descripteur et permet ainsi de rapprocher les descripteurs de la même classe. On définit ainsi une mesure dépendant de cette hiérarchie, ce qui permettra de travailler sur des classes et de généraliser ainsi le cas à retrouver.

En affectant aux valeurs de descripteurs la mesure de similarité locale φ^{classe}

La figure 1 illustre un exemple de hiérarchie de descripteurs. Cette figure montre deux descripteurs « ds_2 » (qui a trois valeurs) et « ds_3 » (qui a deux valeurs). Ces deux descripteurs sont regroupés par le descripteur « ds_1 ». φ^{classe} peut prendre différentes valeurs, en voici un exemple :

« φ^{classe} =1», si $d_{s2}^{valeur} = d_{s2}^{'valeur}$;

« φ^{classe} = 0.8 », si d_{s2}^{valeur} =Val1 et que $d_{s2}^{'valeur}$ =Val2 ;

« φ^{classe} = 0.6 », si d_{s1}^{valeur} =Val1 et que $d_{s1}^{'valeur}$ =Val4.

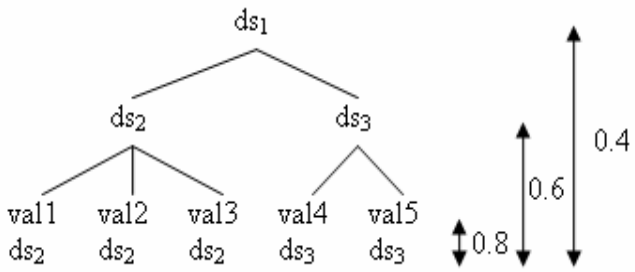


Fig. 1. Exemple de la hiérarchie des descripteurs.

4. La présence des descripteurs définie par une mesure de similarité locale $\varphi^{présence}$

Les descripteurs n'étant pas renseignés obligatoirement dans chaque cas, on leur affectera un attribut relatif à leur présence dans le cas ; à savoir $d_{si}^{présence}$.

La base de cas contient des cas dans lesquels des descripteurs ne sont pas renseignés. Il est important de ne pas tenir compte, pour chaque cas des descripteurs non renseignés.

$\begin{cases} \varphi^{présence} = 1, \text{ le descripteur est renseigné dans le cas source} \\ \varphi^{présence} = 0, \text{ le descripteur n'apparaît pas dans le cas source.} \end{cases}$

Nous définissons une mesure de similarité globale qui est l'agrégation de ces différentes mesures et se traduit par la formule suivante :

$$\text{Sim(source, cible)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \varphi_i^{classe} . \varphi_i^{état} . \varphi_i^{présence} . \varphi_i^{MF}}{\sum_{i}^{n} \varphi_i^{présence}} \qquad (1)$$

3 Algorithme d'adaptation

Nous allons aborder la méthode ainsi que l'algorithme concernant la phase d'adaptation qui prend appui sur le modèle de contexte, sur le modèle hiérarchique des descripteurs et sur les relations de dépendance

3.1.Méthode

Notre étape d'adaptation prendra appui sur des relations de dépendance entre descripteurs de problème et descripteurs solution inspirées par les travaux de [2], et sur la hiérarchie de classes des descripteurs et sur un modèle de contexte.

Comment identifier la valeur de ces relations ?

Trois valeurs des Relations de Dépendance « RD » vont être attribuées aux différents descripteurs du cas source suivant le lien entre le « Problème » et la « Solution ». Ces valeurs seront déterminées à partir d'un modèle de contexte et par une relation de pertinence forte.

$RD_{ij} = \begin{cases} \textit{Forte ;} \\ \textit{Faible ;} \\ \textit{Pas de relation.} \end{cases}$

Le modèle de contexte dans le cas du diagnostic technique concerne les relations de cause à effet entre les éléments susceptibles d'être défaillant. De ce fait, des relations de dépendance (RD) entre descripteurs problème et solution peuvent être déduits, mais non calculés comme dans le cas d'intervalle de valeurs développés dans [2].

Ces relations permettent d'exprimer l'influence d'un descripteur problème « ds » sur les descripteurs solution « Ds » dans les différents cas sources de la base de cas. Ces relations vont aider à définir un ensemble pertinent de descripteurs qui pourront être utilisés lors de l'étape d'adaptation.

Ainsi, quand un descripteur aura une pertinence forte lors de la discrimination entre différentes solutions, on affectera une valeur de RD_{ij} = forte. Nous obtenons ainsi pour chaque cas des triplets (ds_i, RD_{ji}, Ds_j).

Quand le descripteur fait partie du contexte, on lui affecte une valeur de RD_{ij} = faible. Et pour les autres descripteurs, il n'y aura pas de relation.

Le but de l'adaptation est de trouver la solution adéquate à la partie solution cas cible « Sol(cible) ». L'adaptation substitutionnelle, par généralisation et par spécialisation vont être pris en compte dans notre algorithme.

3.2. Algorithme

L'algorithme d'adaptation adapte descripteur par descripteur.

Entrée : cas remémoré (ds_i^{rem} [1], Ds_j^{rem} [2])

Sortie : descripteurs solution du cas adapté Dc_j

<u>Pour</u> chaque « Ds_j^{rem} » **<u>faire</u>** // j = 1…m.

Créer une liste contenant les valeurs de RD_{ji} qui sont en relation avec les descripteurs de problème source « ds_i » → Sélection du couple (RD_{ji}, ds_i^{rem})

<u>FinPour</u>

<u>Pour</u> l'ensemble des couples (RD_{ji}, ds_i^{rem}) **<u>faire</u>**

Si (RD = forte) **alors**

Si (Ds_j^{rem} est de la même classe que ds_i^{rem}) **alors**

Dcj ← ds_i^{rem} (Mettre la valeur de ds_i^{rem} dans Dcj)

Sinon

Sélectionner le descripteur de problème « dc_{but} » faisant partie de la même classe hiérarchique que « Ds_j^{rem} »

Affecter la valeur de la solution du descripteur « dc_{but} »

Dc_j ← solution de dc_{but} (Mettre la valeur de la solution de dc_{but} dans Dc_j)

Aller à Fin Pour

Fin Si

Si (RD = Faible) **alors**

Dc_j ← solution de dc_{but} (Mettre la valeur de la solution de dc_{but} dans Dc_j)

Fin Si

Si (RD_l = aucune) **alors** // Aucune relation existante

Aucune adaptation n'est faite

Dcj ← aucune valeur

Fin Si

<u>FinPour</u>

Algorithme 1. Algorithme d'adaptation

Cet algorithme traite de l'adaptation d'un descripteur. Après la remémoration lorsqu'on sélectionne un cas remémoré (ds_i^{rem} , Ds_j^{rem}) l'étape de l'adaptation s'enclenche. La première étape, l'étape d'initialisation permet de créer une liste de couples ayant une relation soit forte soit faible. Suivant l'intensité de la relation, le traitement diffère. Par conséquent la deuxième étape dépendra des valeurs de RD et des classes des descripteurs.

Si en parcourant la liste, on trouve une valeur de « RD = forte » alors on sélectionne le couple en question et on regarde la classe de « Ds_j^{rem} » et de « ds_i^{rem} ». S'ils ont la même classe parent, l'influence de cette substitution va être prise en compte dans « Ds_j^{rem} » pour attribuer cette nouvelle valeur à « Dc_j ».

Cependant, dans le cas où les deux descripteurs n'appartiennent pas à la même classe parent alors il va y avoir une identification des descripteurs appartenant au contexte dans lequel le descripteur « dc_i » appartient. On regardera les différentes classes des différents descripteurs et on sélectionne le descripteur « dc_{but} » qui appartient à la même classe parent que Ds_j^{rem} . On appellera ce descripteur cible « dc_{but} ». Ensuite, la valeur de ds_i^{rem} va être déterminée qui va être par la suite être affectée à Dc_j.

Dans le cas où dans la liste il n'y a que la valeur « RD = faible », on sélectionne la classe parent du descripteur Ds_j^{rem} . Ensuite, on identifie le descripteur « dc_i » appartenant à la même classe parent que

---

[1] descripteurs de problème remémorés

[2] descripteurs solution remémorés

« Ds_j^{rem} » qui va changer de statut ($dc_i \rightarrow dc_{but}$). Après cela, la relation dc_{but} va influencer la transformation de la solution de Ds_j^{rem} qui va être affectée par la suite à « Dc_j ».

Enfin, lorsque toutes les valeurs de RD sont égales à « pas de relation » alors il n'y a pas d'adaptation de descripteurs.

4. Étude de l'algorithme d'adaptation sur un cas réel de diagnostic industriel

Afin d'illustrer le déroulement de l'algorithme d'adaptation proposé, nous allons aborder une application qui traitera un cas réel de diagnostic. Un cas de panne dans un équipement industriel sera décrit ainsi que sa résolution en adaptant la solution associée à cette panne.

Notre base de cas est composée de 69 cas. A des fins pédagogiques, nous prendrons un échantillon représentatif des différents cas possible d'adaptation.

Nous avons identifié trois cas types d'adaptation qui dépendent des relations de dépendance, et des classes d'appartenance des descripteurs solutions et des descripteurs problèmes étant en mode de défaillance.

La partie problème (figure 2) du cas est composée de deux parties ; à savoir la localisation et la partie superviseur. La partie localisation contient des descripteurs : « ds_1 = Zone » et « ds_2 = emplacement palette ». Quant à la partie superviseur elle contient cinq descripteurs, chacun d'eux est composé par trois champs dans lesquels se trouve un composant de l'équipement industriel, son état et son mode de fonctionnement.

	Problème																
	Localisation		Superviseur														
	ds1	ds2	ds3			ds4			ds5			ds6			ds7		
N° Cas	Zone	Emp palette	Dét prin	Etat	MF	Act Pneu	Etat	MF	Act Elec	Etat	MF	Dét de pré	Etat	MF	Dét mag	Etat	MF
1	Anneau Pr	entrée	D1	0	an				S1	haut	nor				Bal0	1	nor
2	Anneau Pr	entrée	D1	1	nor				S1	bas	an				Bal0	1	nor
3	Zone poste		Bal1	1	nor	Ind	haut	an	S4	haut	nor						
4	Zone tireur	entrée	D6	1	nor				S5	haut	nor				Bal1	1	nor
5	Zone poste	Ind							S4	bas	nor	D6	0	an			
6	Zone Robot	Ind	Bal1	1	nor	Ind	bas	an	S4	haut	nor	D6	0	nor			
7	Anneau Pr	Cour int	Bal0	0	nor				S6	bas	nor	D8	0	an			
8	Anneau Sec	Cour ext	D4	1	an				S3	haut	an	D5	0	nor			

Fig. 2. Partie problème d'une base de cas d'un équipement industriel.

Prenons l'exemple du cas 1. C'est un cas qui représente un problème au niveau du « détecteur D1 ». La partie localisation détermine qu'il y a une panne au niveau de l'entrée de l'anneau principal. Ensuite, la partie superviseur fournit l'état des composants impliqués dans cet endroit. Le stoppeur S1 est en position « haut » qui a un mode de fonctionnement « normal », La balogh 0 à la valeur 1, ce qui signifie qu'elle doit entrer dans la zone de travail pour qu'elle puisse être traitée par un robot. Enfin, le détecteur D1 ne détecte pas la présence de la palette qui est en mode « anormal ».

La partie solution (figure 3) est composée de huit descripteurs,. Les six premiers descripteurs « Ds_1… Ds_6 » représentent l'identification du composant défaillant et sont exclusifs les uns par rapport aux autres. Le descripteur « Ds_7 » représente l'action de réparation liée au composant défaillant représenté par l'un des six premiers descripteurs. Enfin, le dernier descripteur « Ds_8 » représentant « la zone de défaillance » reflète l'union des deux premiers descripteurs « ds_1 » et « ds_2 ».

	Solution							
	Ds1	Ds2	Ds3	Ds4	Ds5	Ds6	Ds7	Ds8
	Id Dét	Id Stoppeur	Id Balogh	Id Actionneur pneumatique	Identification Convoyer	Id Robot	Act répa associée	Zone de défaillance
1	D1 Décalé	/	/	/	/	/	Replacer	entrée anneau principal
2	/	S1 Bloqué	/	/	/	/	Débloquer	entrée anneau principal
3	/	/	/	Obstacle sous Indexeur	/	/	Enlever obstacle	Zone poste
4	/	/	/	Tireur bloqué	/	/	Débloquer	entrée zone tireur
5	/	/	Champs magnétique fort à proximité	/	/	/	Nettoyer Balogh	Indexeur Zone Poste
6	/	/	/	/	/	Robot bloqué	Débloquer Robot	Zone robot
7	/	/	/	/	Tapis int. bloqué	/	Débloquer courroie	Anneau Principal
8	/	/	/	/	Tapis ext. bloqué	/	Débloquer courroie	Anneau Secondaire

Fig. 3. Partie solution d'une base de cas d'un équipement industriel.

La solution sera composée de six descripteurs exclusifs les uns des autres de classes différentes.

4.1. Modèle hiérarchique des descripteurs de l'application

Le modèle de taxonomie des composants est déterminé à partir de l'analyse fonctionnelle des composants de l'équipement industriel. Chaque ensemble de composants est regroupé par classe fonctionnelle. Parmi ces classes, on compte : les actionneurs, les détecteurs, les convoyeurs… (fig. 4).

Ce modèle représente une hiérarchie des composants qui est commune aux descripteurs de problème source « ds » et solution cible « Ds ».

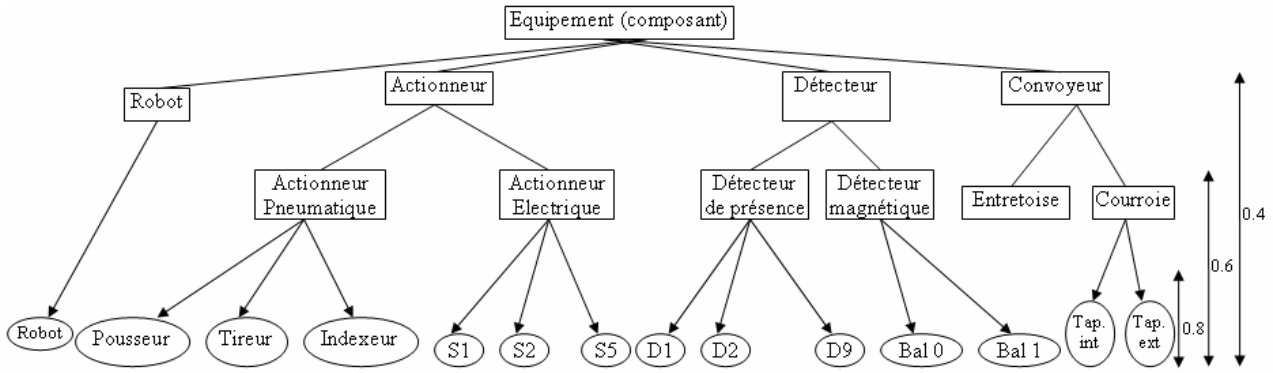


Fig. 4. Hiérarchie des composants de l'application.

La figure 5 montre l'organisation hiérarchique de la partie localisation.

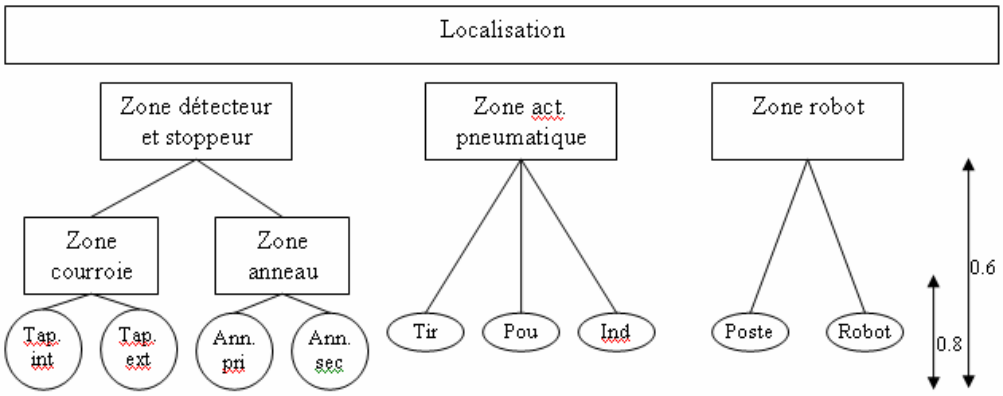


Fig. 5. Hiérarchie des valeurs de descripteurs de la partie localisation.

4.2. Modèle de contexte de l'application

Le contexte représente les relations de cause à effet permettant d'une part la localisation des composants à problèmes, et d'autre part de sélectionner les bons descripteurs par rapport à l'ensemble. Le modèle de contexte est issu d'une décomposition de l'équipement du système de diagnostic qui détermine les fonctions assurées par l'équipement et ses composants. Il reflète le découpage spatial en zones et emplacement palette, auxquels sont associés les composants présents dans l'endroit précis. Ces composants présents constituent donc le contexte dans lequel le composant défaillant est identifié. Un exemple du modèle de contexte concernant cette application est montré sur la figure 6.

Contexte
« entrée anneau principal »
Ds1 : Stoppeur S1 bloqué = f(D1, Bal0, Tapis int)
Ds1 : Détecteur D1 décalé = f(S1, Bal0, Tapis int)
Ds1 : Poussière dans Bal0 = f(S1, D1, Tapis int)
Ds1 : Tapis intérieur défectueux = f(S1, D1, Bal0)

Figure. 6. Exemple du modèle de contexte d'un équipement industriel.

4.3. Mode de fonctionnement des composants de l'application

Afin de déterminer le mode de fonctionnement des composants sélectionnés lors d'une détection d'une panne dans une zone géographique définie, des règles de décisions ont été mis en place. Ces règles de décisions sont les mêmes que dans [3]. Il existe neuf ensembles de règles de décision relatifs aux composants se trouvant dans les différentes zones de la station.

4.4. Mise en place des relations de dépendances (RD)

Les valeurs des RD vont être mises suivant le mode de fonctionnement des composants de l'équipement industriel. Par conséquent, l'attribution des valeurs de RD est donnée comme suit :

Lorsque il y a quelques composants impliqués dans une panne détectée dans les descripteurs de la partie problème ont une répercussion directe sur les descripteurs de la partie de la solution, alors, la valeur de RD sera (RD = Forte).

Ensuite, lorsqu'il y'a des composants impliqués indirectement (car ils sont dans un mode de fonctionnement normal) mais qui permettent de déterminer la nature de la panne avec la combinaison des composants en mode défaillant. Ce qui signifie que ces composants représentés par les descripteurs de la partie problème ont une répercussion indirecte sur les descripteurs de la partie solution. Alors, la valeur attribuée est (RD = Faible).

Quant aux composants qui ne sont pas du tout impliqués, ils auront une valeur de (RD = Pas de relation).

Concernant les deux descripteurs de problème de la localisation (ds_1 et ds_2), ils sont toujours dépendants au descripteur solution « Ds_8 : zone de défaillance » (RD = Forte).

4.5. Application de l'algorithme d'adaptation

Notre l'algorithme d'adaptation (*algorithme 1*) sera appliqué sur trois cas type de pannes dans cet équipement. Les cas sources vont être remémorés via le processus de remémoration qui s'appuie sur l'algorithme des k plus proches voisins et en utilisant la mesure de similarité (1) mentionnée au paragraphe 2.2.

φ_i^{classe} : reflète la similarité dans le modèle hiérarchique. Lorsqu'il s'agit de deux composants similaires alors la valeur de « $\varphi_i^{classe} = 1$ ». Si les deux composants appartiennent à la même classe du même niveau alors « $\varphi_i^{classe} = 0.8$ ». Si les deux composants appartiennent à la même classe du deuxième niveau hiérarchique alors « $\varphi_i^{classe} = 0.6$ » comme cela est montré sur la figure 4.

$\varphi_i^{état}$: reflète la différence de la valeur de l'état des composants concernés.

$\varphi_i^{présence}$: reflète le enseignement d'un descripteur donné. Si un descripteur est renseigné alors

$\varphi_i^{présence}$ = 1, « 0 » sinon.

En cas du diagnostic, le φ_i^{MF} reflètera la pertinence d'un descripteur par rapport à un autre par son mode de fonctionnement « normal/anormal ».

Les trois exemples qui seront abordés sont illustrés dans cette section, le premier concerne le cas où il y a une relation forte en ayant la même classe de descripteurs entre un descripteur de problème source « ds » et un descripteur solution source « Ds ». Le deuxième concerne une relation forte mais n'ayant pas la même classe de descripteurs entre les deux descripteurs « ds » et « Ds ». Quant au troisième, il concerne le cas où on dispose d'une relation de dépendance faible.

4.5.1. Premier cas type d'adaptation : « RD = Forte & même classe de fonctionnement »

Soit le cas *cible1* reflétant un problème au niveau du détecteur D2. Le cas source le plus proche de ce cas cible 1 est le cas source1 (figure 7).

cib1	Anneau Sec	entrée	D2	0	an				S2	haut	nor	D3	0	nor			
1	Anneau Pr	entrée	D1	0	an				S1	haut	nor				Bal0	1	nor

Fig. 7. Résultat de la recherche du cas similaire dans la base de cas au cas cible1.

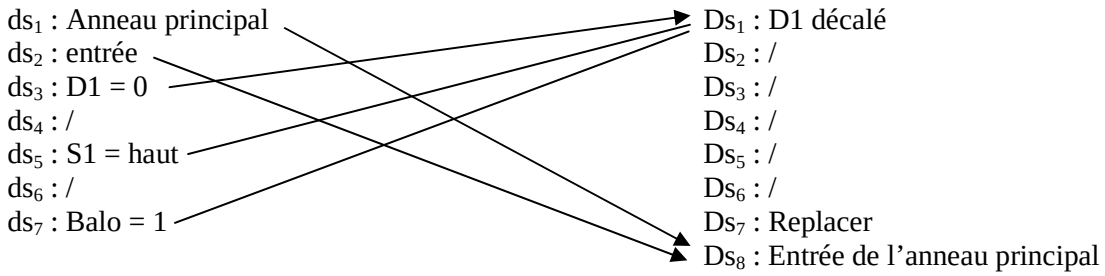
La valeur de la mesure de similarité appliquée lors de la remémoration du cas source1 est la suivante :

$$\text{Sim(source1, cible1)} = \frac{\overbrace{(0.8\times1)}^{\varphi_i^{classe}}+\overbrace{(1\times1)}^{\varphi_i^{état}}+\overbrace{(0.8\times1\times1\times1)}^{\varphi_i^{présence}}+\overbrace{(0.8\times1\times1\times1)}^{\varphi_i^{MF}}}{4}$$

Sim(source1, cible1) = **0.85**

Concernant les deux premiers descripteurs de localisation, les mesures de similarité locales prises en compte sont : φ_i^{classe} et $\varphi_i^{présence}$. φ_i^{classe} parce qu'il existe une hiérarchie des différentes zones come cela est montré sur la figure 6, et $\varphi_i^{présence}$ pour le renseignement du descripteur. $\varphi_i^{état}$ et φ_i^{MF} n'interviennent pas car il n'y a pas de composants manipulés.

Avant de procéder à l'étape de l'adaptation, regardons les RD du cas cible1. A noter que les flèches représentent les « RD = forte », les segments pour « RD = faible » et lorsqu'il n'y a pas de relation « RD = pas de relation ».



On constate que la valeur de RD du couple (Ds_1, ds_3) est « RD = Forte » et que le détecteur « D1 » qui est décalé du descripteur « Ds_1 » ainsi que le détecteur « D2 » du descripteur « dc_2 » appartiennent à la même famille « détecteur de présence ». De ce fait :

- Substituer la valeur du descripteur ds_3^{rem} qui est en mode « anormal » par la valeur du descripteur dc_3 = D2 ;

- La nouvelle valeur de ds_3^{rem} va avoir une répercussion sur la valeur du descripteur Ds_1^{rem} qui aura la valeur Ds_1^{rem} = D2 décalé ;
- Affecter la nouvelle valeur de Ds_1^{rem} à la solution cible Dc_1 : Dc_1 = D2 décalé.

La solution est donc la suivante : replacer le détecteur D2 qui est décalé se trouvant dans l'entrée de l'anneau secondaire.

4.5.2. Deuxième cas type d'adaptation : « RD = Forte & classes de fonctionnement différentes »

Soit un problème au niveau du tapis extérieur représenté par le cas *cible2*. Le cas source le plus proche de ce cas cible2 est le cas source7 (figure 8).

cib2	Anneau Sec	Cour ext	D4	0	nor				S3	bas	nor	D5	0	an			
7	Anneau Pr	Cour int	Bal0	0	nor				S6	bas	nor	D8	0	an			

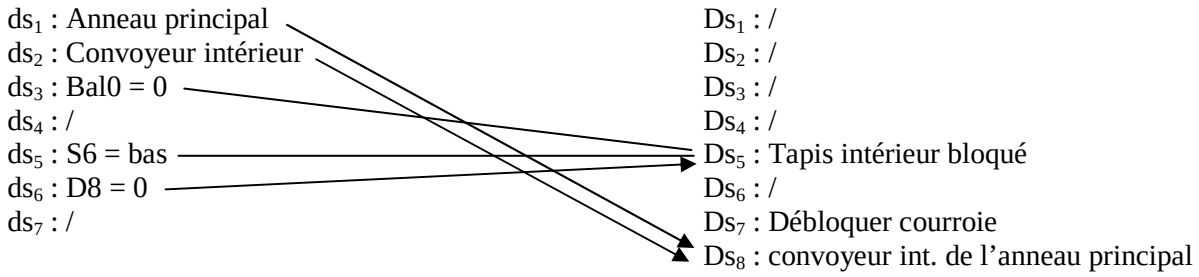
Fig. 8. Résultat de la recherche du cas similaire dans la base de cas au cas cible2.

La valeur de la mesure de similarité appliquée lors de la remémoration du cas source7 est la suivante :

$$\text{Sim(source7, cible2)} = \frac{(0.8\times1)+(0.8\times1)+(0.6\times1\times1\times1)+(0.8\times1\times1\times1)+(0.8\times1\times1\times1)}{5}$$

Sim(source7, cible2) = **0.76**

Les relations de dépendance (RD) du cas source7 sont les suivantes :



On constate que la valeur de RD du couple (Ds_5, ds_6) est « RD = Forte » et que le composant tapis intérieur qui est bloqué du descripteur « Ds_5 » ainsi que le détecteur « D5 » du descripteur « dc_6 » n'appartiennent à la même classe de composants. De ce fait :

- La classe du descripteur solution source « Ds_5^{rem} » est « courroie » ;
- Le composant « D5 » du descripteur cible « dc6 » (qui correspond au descripteur « ds_6 » qui est en mode anormal) se trouve dans la zone convoyeur extérieur de l'anneau secondaire. Dans cette zone, on trouve les quatre composants suivants : D4, D5, S3 et tapis extérieur ;
- Parmi ces quatre composants, le « tapis extérieur » appartient à la classe « courroie » qui est la même que celle du descripteur « Ds_5^{rem} » ;
- Substituer la valeur « tapis intérieur » du « dc_{but} »par la valeur « tapis extérieur » dans « Ds_5^{rem} » et on aura la nouvelle valeur suivante : Ds_5^{rem} = Tapis extérieur bloqué ;
- Affecter cette valeur à « Dc_5 » : Dc_5 = Tapis extérieur bloqué.

La solution sera de débloquer la courroie tapis extérieur qui est bloquée qui se trouve sur la courroie extérieur de l'anneau secondaire.

4.5.3. Troisième cas type d'adaptation : « RD = Faible »

Soit un problème au niveau du pousseur représenté par le cas *cible3*. Le cas source le plus proche de ce cas cible3 est le cas source4 (figure 9).

cib3	Zone pousseur	entrée	D1	1	nor	pousseur	ne pousse pas	an	S1	haut	nor	D3	0	nor	Bal0	1	nor
4	Zone tireur	entrée	D6	1	nor				S5	haut	nor				Bal1	1	nor

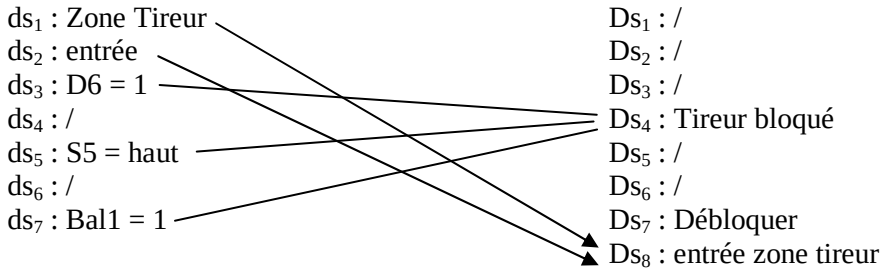
Fig. 9. Résultat de la recherche du cas similaire dans la base de cas au cas cible3.

La valeur de la mesure de similarité appliquée lors de la remémoration du cas source4 est la suivante :

$$\text{Sim(source4, cible3)} = \frac{(0.8\times1)+(1\times1)+(0.8\times1\times1\times1)+(0.8\times1\times1\times1)}{4}$$

Sim(source4, cible3) = **0.85**

Les relations de dépendance (RD) du cas source4 sont les suivantes :



Dans cet exemple, le cas source4 ne possède pas de valeur de RD « RD = Forte ». Il n'y a que les valeurs « RD = Faible » des trois couples (Ds_4, ds_3), (Ds_4, ds_5), (Ds_4, ds_7). En appliquant l'algorithme d'adaptation on obtient :

- La classe père du descripteur solution source « Ds_4^{rem} » est « actionneur pneumatique » ;
- Le contexte des composants du cas cible « D1, S1 et D3 » se trouvent dans l'entrée de la zone pousseur ;
- Dans cette zone, le composant « pousseur » appartient à la même classe père que le composant « tireur » du descripteur « Ds_4^{rem} » ;
- Substitution de la valeur « tireur » par la valeur « pousseur » dans le descripteur Ds_4^{rem} : Ds_4^{rem} = Pousseur bloqué ;
- Affecter cette nouvelle valeur au descripteur Dc_4.

Par conséquent, la solution du cas cible3 serait de débloquer le pousseur qui est bloqué dans l'entrée de la zone pousseur.

Les résultats obtenus à la suite de l'étape d'adaptation, sont probants. Ils ont été décrits sur les trois cas types existants dans un problème de diagnostic. Les autres cas de la base faisant partie de ces cas, ont donnés les résultats attendus.

5. Conclusion

Après avoir passé en revue très succinctement les différents travaux sur la phase d'adaptation d'un système de raisonnement à partir de cas, nous avons situé notre étude par rapport aux travaux faits par Fuchs.

L'algorithme d'adaptation présenté s'est inspiré des deux idées fortes développées dans les travaux de Fuchs. Le système de raisonnement à partir de cas doit s'appliquer sur des systèmes qui ont certaines

caractéristiques, telles que la formalisation objet des cas, d'un modèle hiérarchique de descripteurs qui est commun aux descripteurs problème et descripteurs solution des cas dans la base de cas, d'un modèle relatif au contexte d'application. Nous avons développé un algorithme d'adaptation, prenant appui sur un modèle de contexte spécifique au diagnostic de pannes. Une mesure de similarité a été construite en tenant compte de ce modèle. Des relations de dépendance entre descripteur de problème et descripteur solution, relation clés pour l'adaptation ont été mise en place à l'aide du modèle de contexte, de la hiérarchie de descripteur et du mode de fonctionnement associés aux différents descripteurs. L'algorithme proposé traite tous les cas de figures concernant les différentes valeurs des relations de dépendances et de l'appartenance des descripteurs aux différentes classes des descripteurs.

A partir d'un modèle hiérarchique de descripteurs représentant les composants de l'application technique, d'un modèle de contexte ou modèle géographique déterminant différents composants potentiellement défaillants et à la mise en place de relations de dépendances, nous avons proposé un algorithme d'adaptation. Chaque étape de l'algorithme est illustrée par des cas choisi de diagnostic technique.

Nous nous proposons de déterminer d'autres types d'applications prenant appui sur des descripteurs à valeurs modales, et ayant des connaissances du domaine similaire à celles associées au diagnostic technique.

6. Références

[1] A. Cordier et B. Fuchs. Apprendre à mieux adapter en raisonnement à partir de cas. 14ème atelier sur le raisonnement à partir de cas – RàPC'06, Besançon, 2006.

[2] B. Fuchs, J. Lieber, A. Mille et A. Napoli. An Algorithm for Adaptation in Case-Based Reasoning. In Proceedings of the 14th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI-2000), Berlin, Germany, p. 45–49, 2000.

[3] M.K Haouchine, B. Chebel-Morello et N.Zerhouni. Evolution d'un Système de Raisonnement à Partir de Cas Dédié au Diagnostic Industriel. 15ème atelier sur le raisonnement à partir de cas - RàPC-07, 2007b.

[4] S. Kasif, S. Salzberg, D. Waltz, J. Rachlin et D. Aha. Towards a Framework for Memory-Based Reasoning. NECI Technical Report 95-132, December 1995.

[5] J. Lieber. Recopier c'est déjà adapter : six types d'adaptation par copie. In: 10ème séminaire français de raisonnement à partir de cas - RàPC'2002, Paris, France, M. C. Jaulent, C. L. Bozec, E. Zapletal (editors), p. 11-21, 2002

[6] J. Lieber, M. d'Aquin, S. Brachais et A. Napoli. Une étude comparative de quelques travaux sur l'acquisition de connaissances d'adaptation pour le raisonnement à partir de cas. In Sylvie Salotti, Rushed Kanawati Et Farida Zehraoui, Ed., actes 12ème atelier raisonnement à partir de cas, RàPC'04, 2004.

[7] A. Mille, B. Fuchs et O. Herbeaux. A unifying framework for Adaptation in Case-Based Reasoning. In A. Voss, Ed., Proceedings of the ECAI'96 Workshop: Adaptation in Case-Based Reasoning, p. 22-28.

[8] C.K. Riesbeck et R.C. Schank. Inside Case-Based Reasoning. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1989.

[9] B. Smyth et M.T. Keane. Adaptation-guided retrieval: Questioning the similarity assumption in reasoning. Artificial Intelligence, 102(2):249–293, 1998.

[10] C. Stanfill et D. Waltz. Towards memory-based reasoning. Communications of the Association for Computing Machinery, 29:1213-1228, 1986.