

Conception d'un système de diagnostic industriel par raisonnement à partir de cas

**Karim Mohamed HAOUCHINE Brigitte MORELLO Nouredine
ZERHOUNI**

*Département Automatique et Systèmes Micro-Mécatroniques (AS2M)
Institut FEMTO-ST, UMR CNRS 6174 – UFC / ENSMM / UTBM
25000 Besançon, France*

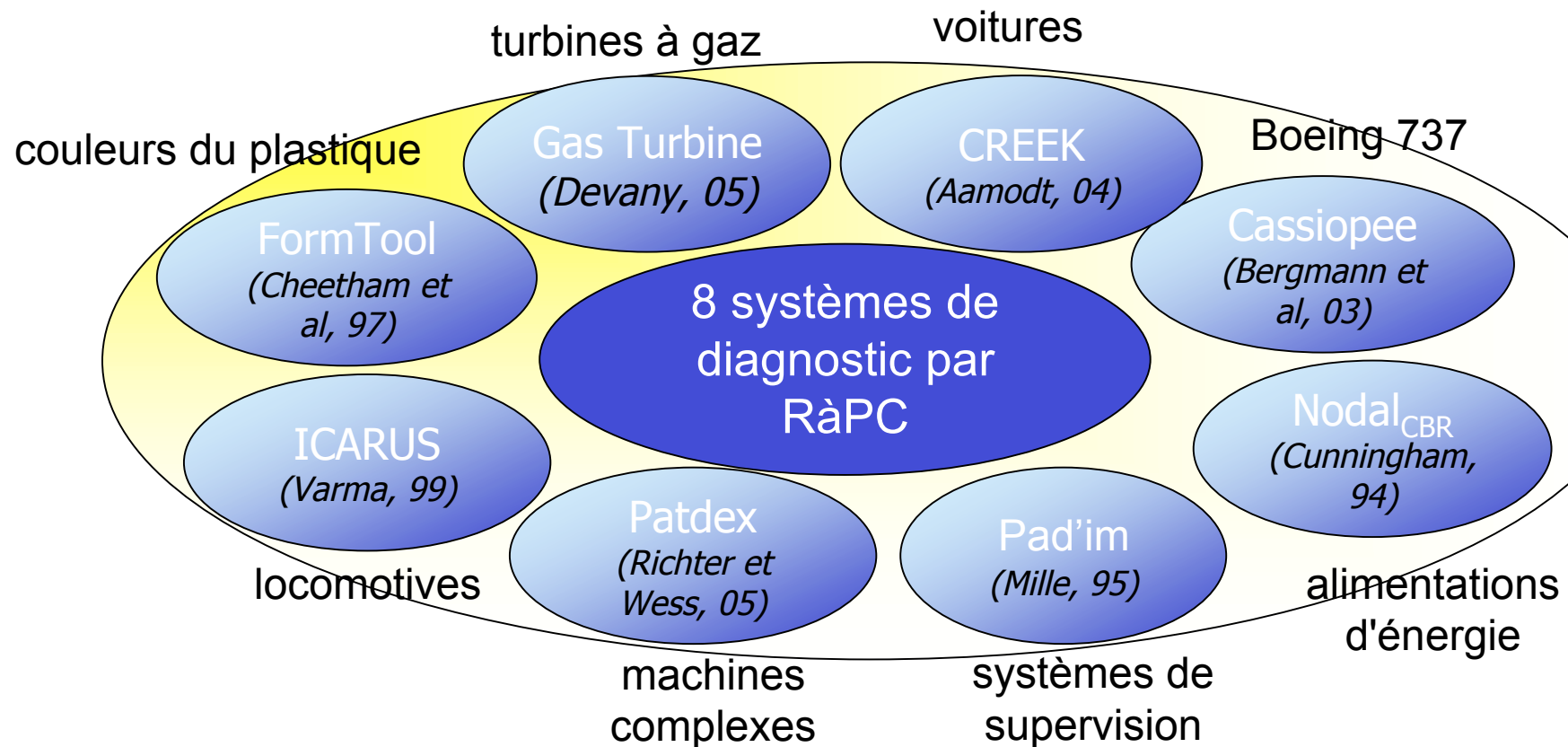
29 au 30 juin 2009



Plan de la présentation

- ① Etat de l'art des systèmes de diagnostic par RàPC
- ② Conception d'un système de diagnostic par RàPC
- ③ Remémoration guidée par l'adaptation
- ④ Illustration des phases de remémoration et d'adaptation
- Conclusion et perspectives

Systèmes de diagnostic par RàPC



Analyse et choix

Gas Turbine

- Système connaissance
- Nœuds état composants

Creek

- Système connaissance
- Concepts

Cassiopee

- Système connaissance
- hiérarchie descripteurs

FormTool

- Système mining
- Liste descripteurs
- Fonction couleurs

Notre choix

- Connaissance
- Liste de descripteurs
- Modèles de connaissance
- Remémoration guidée

IRACUS

- Système mining
- Liste descripteurs
- Pas d'adaptation

Pad'im

- Système connaissance
- Objets supervision

Nodal_{CBR}

- Système connaissance
- Liste descripteurs

Patdex

- Système connaissance
- Liste descripteurs

d'expériences

Formalisation du cas

Moteur Diesel « Renault » (1.5 dCi K9K 105ch)

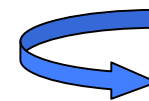
- Formalisation du cas
- Modèles de connaissance
- Phases de remémoration & d'adaptation

Définition du diagnostic

ce sont les actions menées pour la **détection** de la panne, sa **localisation** et **l'identification** de la cause

Un descripteur

- Valeur de l'attribut ds_i^{valeur}
- Etat $ds_i^{état}$
- Mode de fonctionnement $ds_i^{M.F}$



$$ds_i = (ds_i^{valeur}, ds_i^{état}, ds_i^{M.F})$$

Partie problème								Partie solution		
Localisation	Fonctionnelle							Classe	Composant défaillant	..
$ds_1 \dots ds_l$	ds_{l+1}^{valeur}	$ds_{l+1}^{état}$	$ds_{l+1}^{M.F}$...	ds_m^{valeur}	$ds_m^{état}$	$ds_m^{M.F}$	Ds ₁	Ds ₂	..

Base de cas

	localisation				Problème																								
Index	ds1	ds2	ds3	ds4	Partie fonctionnelle																								
	Etat moteur	Bougies de préchauffage	T° moteur	Sous-zone	ds5			ds6			ds7			ds8			ds9			ds10			ds11			ds12			
					Injection	Etat	M.F	Filterage	Etat	M.F	Explosion	Etat	M.F	Transition	Etat	M.F	Pression	Etat	M.F	Accumulation	Etat	M.F	Mouvement par frottement	Etat	M.F	Mouvement alternatif et rotatif	Etat	M.F	
1 (RD forte)	Tourne	Mauvais	-	-	Pompe injection	Non entraînée	A	-	-	-	Bougies	Eti-celle	N	-	-	-	Filtere	Gaz circule	N	-	-	-	-	-	-	Vilebrequin	Mouv. continu	N	
2 (RD faible)	Arrêt	-	Haute	Partie haute	-	-	-	Pot catalytique	Etan-che	N	-	-	-	Refroidi-sseur	Circule l'air	N	-	-	-	R.G.E	Bonne pression	N	-	-	-	-	-	-	
3 (RD forte)	Tourne	Mauvais	-	-	Porte injecteur	Transit partie-lle	A	-	-	-	Bougies	Eti-celle	N	-	-	-	Electro-vanne	Carbu passe pas	A	-	-	-	-	-	-	-	-		
4 (RD forte) & #	Tourne	-	-	-	Pompo injection	Entraînée	N	Monoli the	Air suffisant	N	Bougies	Eti-celle	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Arbre à cames	Mouv. discontinu	A	-	-		
5 (RD forte) & #	Arrêt	-	Moyenne	-	-	-	-	Pot catalytique	Etan-che	N	Bougies	Eti-celle	N	Joint de collecteur	Etan-che	N	-	-	-	Vanne de recirculation	Passage d'air	N	Poussoirs	Mouv. dévié axe	A	DVA	Mouv. continu	N	
6 (RD faible)	Tourne	Mauvais	-	-	Rampe injection	Abse-nc particule	N	-	-	-	Dougies	Eti-celle	N	-	-	-	Turbo-compre-sseur	aucun bruit	N	-	-	-	Courroie de distribution	Serré e	N	-	-		
7 (RD Forte)	Tourne	Mauvais	-	-	Pompe injection	Entraînée	N	-	-	-	Bougies	Eti-celle	N	-	-	-	Compres-seur	Gaz circule	N	-	-	-	-	-	-	Vilebrequin	Mouv. discontinu	A	

Index	Solution			
	Ds1	Ds2	Ds3	Ds4
	Classe de défaillance	Identification composant défaillant	Action de réparation associée	Zone de défaillance
1 (RD forte)	Attelage mobile	Pompe injection "livre pas mazout"	Changer pompe	Carburant
2 (RD faible)	Attelage mobile	Turbo-compresseur "Prise d'air"	Changer filtre	Echappe-ment
3 (RD forte)	Attelage mobile	Electro-vanne "pbm masse"	Remplacer files électro-vanne	Carburant
4 (RD forte) & #	Mouvement par pression	Pistons "déformés"	Changer pistons	Carburant + Echappe-ment
5 (RD forte) & #	Mouvement par pression	Axes pistons "décalés"	Remplacer axes pistons	Carburant + Echappe-ment
6 (RD faible)	Mouvement rotatif	Pignon vilebrequin "bloqué"	Remplacer pignon vilebrequin	Carburant + Echappe-ment
7 (RD Forte)	Mouvement rotatif	Vilebrequin "décalé"	Lubrifier vilebrequin	Carburant

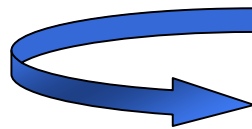
Signification (cas 1)

- Problème : Défaillance pompe d'injection
- Solution : changer pompe d'injection, classe attelage mobile

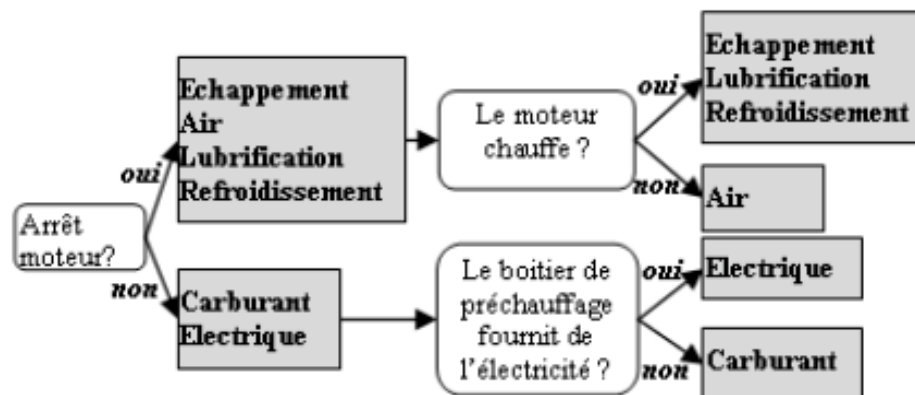
Modèles de connaissance

Modèle de contexte Moteur

- Analyse de la décomposition du moteur
- Relation de cause-à-effet
- Flux dans le moteur



- Localiser des composants à problème
- Sélectionner les bons descripteurs / ensemble



Contexte de Ds_1

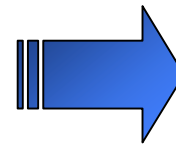
"Zone carburant"

Ds_1 : Pompe d'injection ne livre pas de mazout $P=f(PI, RI, F, BA)$
 Ds_1 : Porte injecteur est bloqué $PI=f(P, RI, F, BA)$
 Ds_1 : Rampe d'injection est bloquée $RI=f(P, PI, F, BA)$
 Ds_1 : Fuite au niveau du filtre $F=f(P, PI, RI, BA)$
 Ds_1 : Pas d'étincelles dans les bougies $BA=f(P, PI, RI, F)$

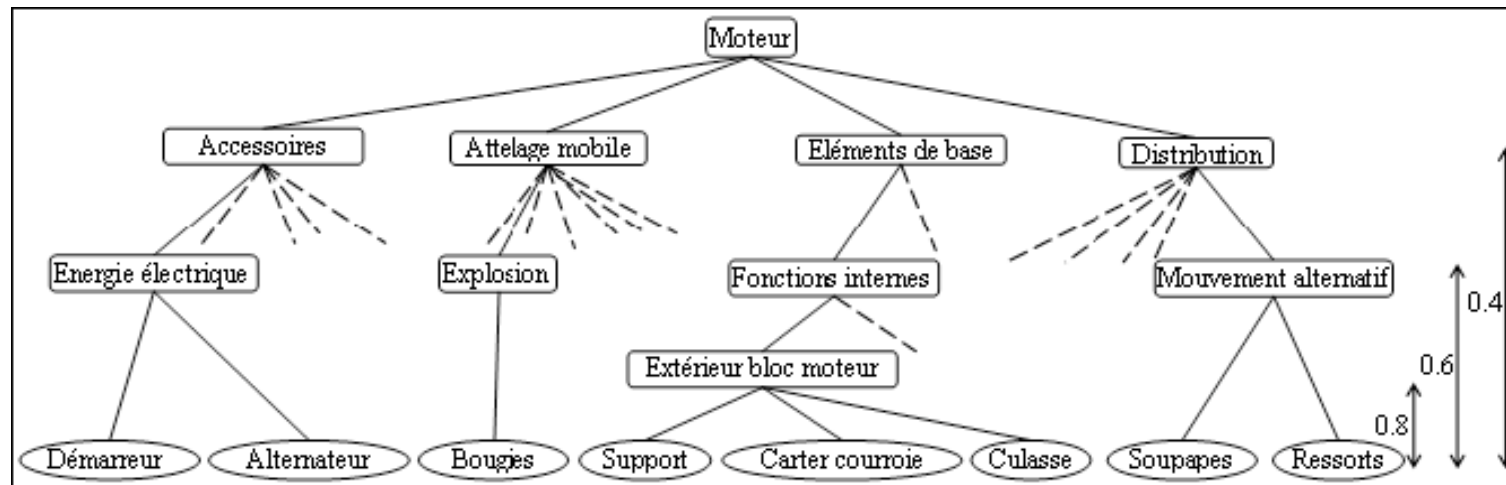
Modèles de connaissance

Modèle taxonomique

- Analyse fonctionnelle
- Regroupement famille fonctionnelle
- Modélisation hiérarchique de l'équipement



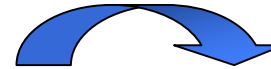
Création de classes de composants moteurs



Travaux remémoration guidée par l'adaptation

Smyth & Keane [1993]

- Unification remémoration-adaptation
- Prendre en compte de l'adaptation pendant la remémoration
- Optimiser les résultats de l'adaptation



- Mesure de similarité combinée avec des critères → guider la remémoration
- Adaptation-Guided Retrieval (AGR)

Collins & Cunningham [1996]

- Problème de planification



- Calcul de l'effort d'adaptation

Leake et al. [1997]

- Mesures de similarité sémantique



- Calcul de l'effort d'adaptation
- Coût d'adaptation dans la mesure de similarité

Lieber [1999]

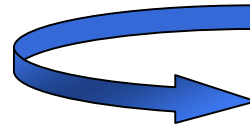
- Chemin de similarité



- Décomposer adaptation en sous-tâches
- construire chemin de similarité
- Calculer petites adaptations

Phase de remémoration

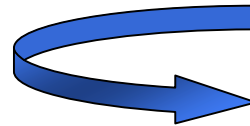
$$M_R = \frac{\sum_{i=1}^m \varphi_i^{valeur} \times \varphi_i^{état} \times \varphi_i^{présence} \times \varphi_i^{M.F}}{\sum_{i=1}^m \varphi_i^{présence}}$$



Mesure de remémoration (M_R)

- 4 mesures de similarités locales
- m : nombre descripteurs problème

$$M_A = \frac{\sum_{i=1}^m \lambda_i \times \varphi_i^{valeur} \times \varphi_i^{présence}}{\sum_{i=1}^m \varphi_i^{présence}}$$



Mesure d'adaptation (M_A)

- Importance au M.F
- Poids λ_i
- Choix du cas le plus facilement adaptable

$$\lambda_i = 2^0$$

• Si MF(dsi, dci)={nor/an} →

$$\lambda_i = 2^1$$

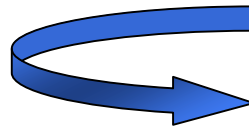
Phase d'adaptation

Algorithme d'adaptation [Haouchine et al., 08]

- Modèle de contexte
- Modèle taxonomique
- Relations de dépendance

Relations de dépendance (RD)

- Exprimer l'influence descripteur de problème sur descripteur de solution
- Définir un ensemble pertinent de descripteurs
- 3 valeurs



- RD forte
 - même classes de fct
 - ≠ classes de fonctionnement
- RD faible
- Pas de relation

1^{er} cas type d'adaptation (RD Forte et même classe)

	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	d11	d12
Cible1	Tourne	Mauvais			Pompe injection Non entraînée A		Bougies Etin-celle N		Filtre Gaz circ-ule N			Coussinets vilebrequin Surf-ace rugu-euse A
1 (RD forte)	Tourne	Mauvais			Pompe injection Non entraînée A		Bougies Etin-celle N		Filtre Gaz circ-ule N			Vilebrequin Mouv. continu N

φ_i^{valeur}
 $\varphi_i^{état}$
 $\varphi_i^{présence}$
 φ_i^{MF}

$$M_R(srce1, cible1) = \frac{(1 \times 1) + (1 \times 1) + (1 \times 1 \times 1 \times 1) + (1 \times 1 \times 1 \times 1) + (1 \times 1 \times 1 \times 1) + (1 \times 0 \times 0.8 \times 0)}{6}$$



$$M_R(srce1, cible1) = 0.83$$

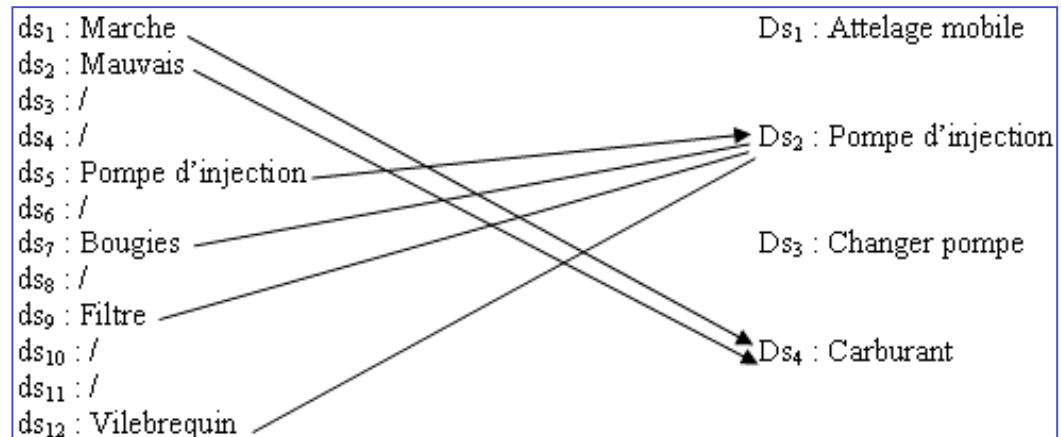
$$M_R(srce4, cible1) = 0.67$$

ds₅)

● Même classe pour Ds2,

ds₅

K.H



1^{er} cas type d'adaptation (RD Forte et même classe)

 λ_i

$$M_A(srce1, cible1) = \frac{(4 \times 1 \times 1) + (1 \times 1 \times 1) + (1 \times 1 \times 1) + (1 \times 1 \times 1) + (2 \times 1 \times 1)}{4}$$

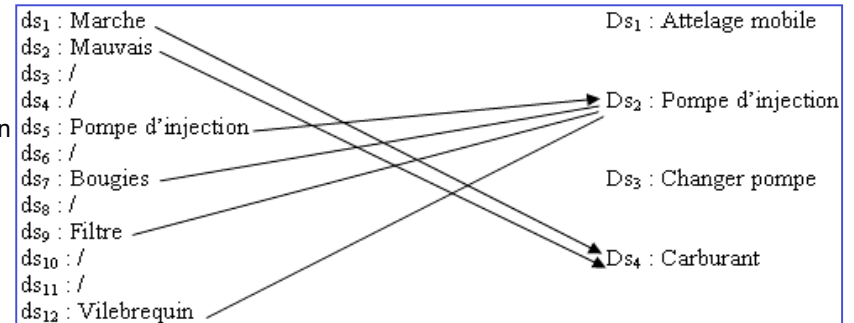
$$M_A(srce1, cible1) = 2$$

$$M_A(srce4, cible1) = 1.5$$

dc_1 : Tourne
 dc_2 : Mauvais

 dc_5 : Pompe d'injection
 dc_7 : Bougies
 dc_9 : Filtre

 dc_{12} : Coussinets VB



valeur ds_5^{rem} = valeur dc_5



Affecter la valeur de Ds_2 à Dc_5

Changer la pompe d'injection qui ne livre pas le mazout se trouvant dans la zone « carburant »

2ème cas type d'adaptation (RD Forte ≠ classes)

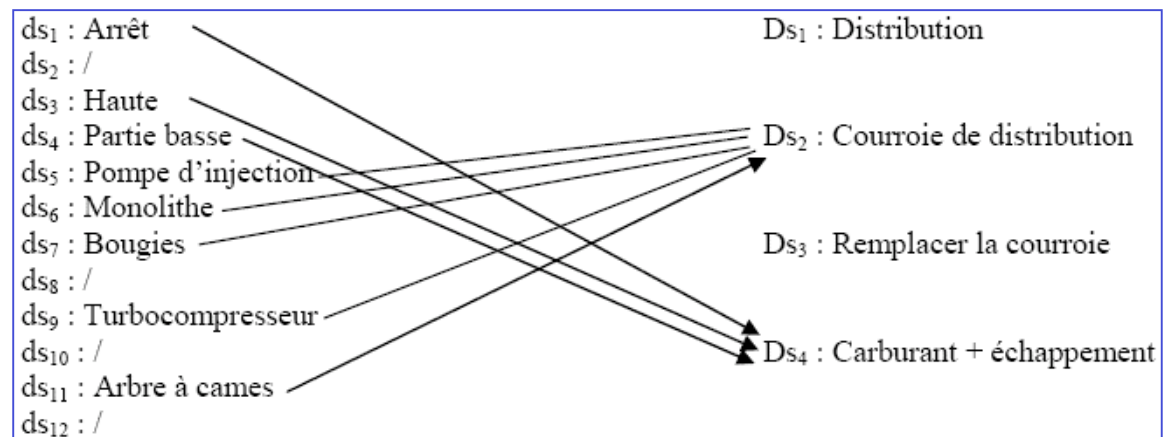
	d1	d2	d3	d4	d5			d6		d7			d8			d9			d10			d11			d12			
Cible2	Anêt		Moyenne					Monolithe	Air insuffisant	A	Bougies	Etincelle	N	Joint de collecteur	Etanche	N				R.G.E	Bonne pression	N	Arbre à cames	Mouv. Continu	A	DVA	Mouv. continu	N
16 (RD forte) & #	Anêt		Haute	Partie basse	Pompe injection	Entrainée	N	Monolithe	Air suffisant	N	Bougies	Etincelle	N				Turbocompresseur	aucun bruit	N				Arbre à cames	Mouv. Continu	A			

$$M_R(\text{srce1}, \text{cible2}) = 0.60$$

$$M_R(\text{srce5}, \text{cible2}) = 0.62$$

$$M_R(\text{srce16}, \text{cible2}) = 0.60$$

- RD forte : couple (Ds₂, ds₁₁)
- ≠ classes pour Ds₂ ds₁₁



2^{ème} cas type d'adaptation (RD Forte ≠ classes)

$$M_A(\text{srce1}, \text{cible2}) = 1$$

$$M_A(\text{srce5}, \text{cible2}) = 1.43$$

$$M_A(\text{srce16}, \text{cible2}) = 2.33$$

dc₁ : Arrêtdc₃ : Moyennedc₆ : Monolithedc₇ : Bougiesdc₈ : Joint collecteurdc₁₀ : R.G.Edc₁₁ : Arbre à camesdc₁₂ : DVAds₁ : Arrêtds₂ : /ds₃ : Hauteds₄ : Partie basseds₅ : Pompe d'injectionds₆ : Monolitheds₇ : Bougiesds₈ : /ds₉ : Turbocompresseurds₁₀ : /ds₁₁ : Arbre à camesds₁₂ : /Ds₁ : DistributionDs₂ : Courroie de distributionDs₃ : Remplacer la courroieDs₄ : Carburant + échappement

ds_{11}^{rem} est en mode
anormal



dc₁₁ = joint collecteur
carburant +
échappement



joint collecteur
même classe que



dc₂ = joint de collecteur
non serré



Nouvelle valeur
ds₁₁ se répercute



Substituer valeur
ds₁₁ par la valeur

Resserrer le joint de collecteur qui est non serré et qui se trouve au niveau de l'intersection des deux circuits carburant et échappement

3^{ème} cas type d'adaptation (RD Faible)

	d1	d2	d3	d4	d5			d6			d7			d8			d9			d10			d11			d12		
Cible3	Tourne	Mauvais			Pompe injection	Entraînée	N				Bougies	Etincelle	N				Turbo-compresseur	Présence bruit	A				Courroie de distribution	Serrée	N			
10 (RD faible)	Tourne	Mauvais												Collecteur	Dégagé	N				Vanne de recirculation	Passage d'air	N				Coussinets vilebrequin	Surface lisse	N

$$M_R(\text{srce4}, \text{cible3}) = 0.75$$

$$M_R(\text{srce6}, \text{cible3}) = 0.67$$

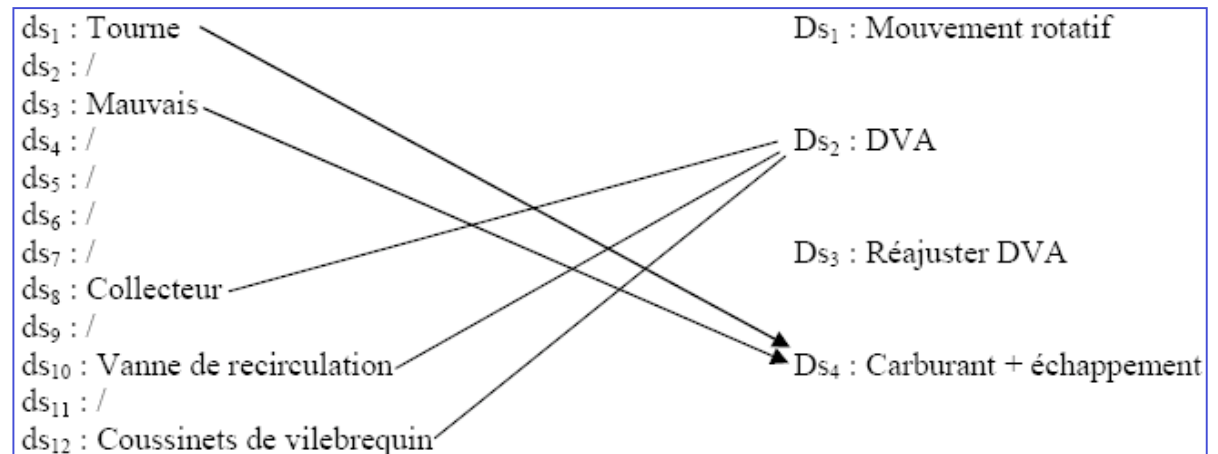
$$M_R(\text{srce7}, \text{cible3}) = 0.80$$

$$M_R(\text{srce10}, \text{cible3}) = 0.67$$

$$M_R(\text{srce15}, \text{cible3}) = 0.67$$

● RD faible pour couples

- (Ds₂, ds₈)
- (Ds₂, ds₁₀)
- (Ds₂, ds₁₂)



3^{ème} cas type d'adaptation (RD Faible)

$$M_A(\text{srce4}, \text{cible3}) = 1.2$$

$$M_A(\text{srce6}, \text{cible3}) = 1.2$$

$$M_A(\text{srce7}, \text{cible3}) =$$

$$1.33$$

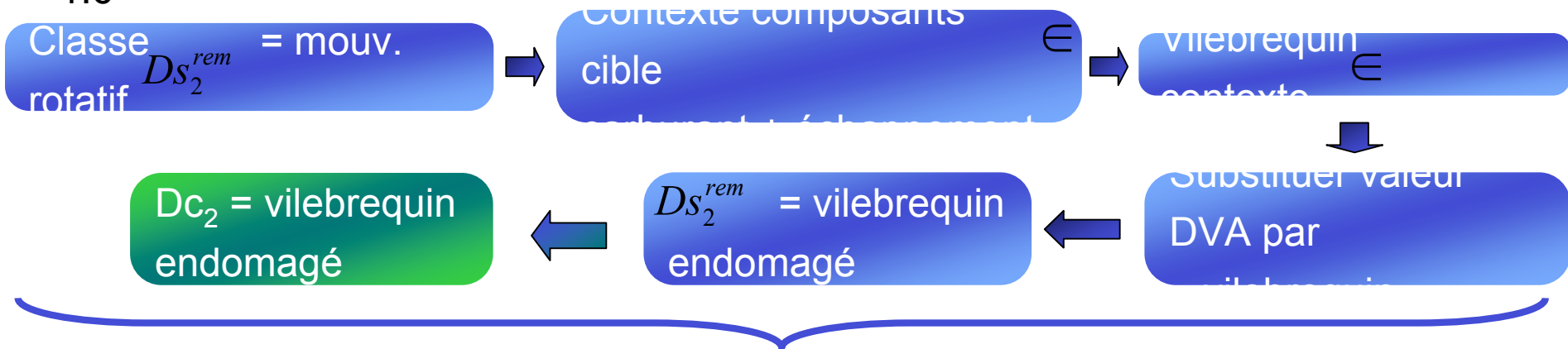
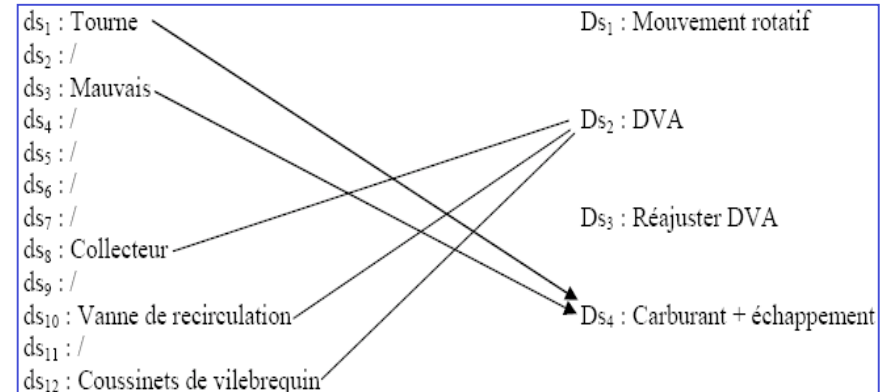
$$M_A(\text{srce10}, \text{cible3}) = 2$$

$$M_A(\text{srce15}, \text{cible3}) =$$

$$1.6$$

dc₁ : Tourne
dc₂ : Mauvais

dc₇ : Bougies
dc₉ : Turbo Comp.
dc₁₁ : Courroie dist



Changer le vilebrequin qui est endommagé se trouvant dans l'intersection des deux circuits : carburant et échappement

Validation

- 2 ensembles sélectionnés aléatoirement

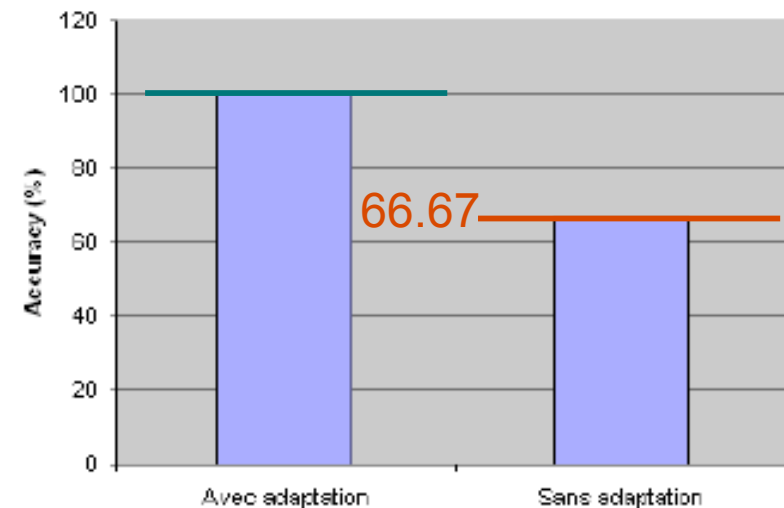
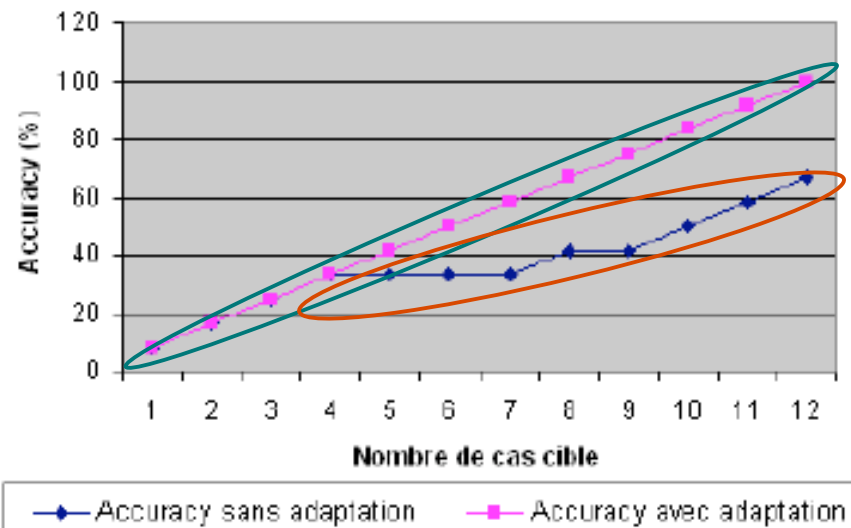
- % accuracy
 - Avec adaptation
 - Sans adaptation

40% pour
Entrainement
(8c)

60% pour
test
(12c)

Critères

Storage
&
accuracy



Conclusion et perspectives

Système orienté connaissance

- Mise en place suite à l'analyse de l'état de l'art
- Représentation du cas spécifique au diagnostic, orientée objet
- Modèles de connaissance : contexte et taxonomique
- Moteur diesel

Remémoration guidée par l'adaptation

- Travaux sur l'AGR
- 2 mesures : M_A et M_R
- Relations de dépendance
- 3 cas types d'adaptation
- Validation

Perspectives

- Maintenance du système de diagnostic par RàPC orienté connaissance
- Implémentation dans une plateforme d'e-maintenance