

**5 [cf]h a Y{ VUgY'XY'ffgYUf 'VUmfg]Yb'
dci f`Y'X]U[bcgh]Wa i `h]d`Y
XY'gngh,a Yg'XY'[fUbXY'HUJ]`Y**

V. Delcroix, M-A Maalej et S. Piechowiak

DffgYbhf dUf : 'A!5 "A55 @>

a a UUY4 i bjj !j UYbWYbbYg'Z

Sommaire

- 1- Contexte de notre travail**
- 2- Approches probabilistes pour le diagnostic**
- 3- Notre approche pour le diagnostic**
- 4- Conclusion et perspectives**

Contexte de notre travail

Définitions

- **Diagnostic :**

Ensemble des composants en pannes qui expliquent la défaillance du système étudié

- **Système complexe [Von Bertalanffy 93] :**

- Nombre d'éléments (**grande taille**)
- Leurs espèces
- Relations entre ces éléments (Intensité d'interactions)



- **Système fiable :**

- Fonctionne : sans erreur importante
sans panne
sans défaillance
Pendant une période donnée



Contexte de notre travail

évolution

'60 : Premier Système Expert

'68 : Probabilité dans les Systèmes Experts

'76 : MYCINE, PROSPECTOR

'80 : Raisonnement à Base de Cas

'80: Diagnostic à Base de Modèles

'80: Réseau bayésien

Contexte de notre travail

Pourquoi le diagnostic à base de modèles ?

- Difficulté de réaliser des tests en grandeur réelle
- Pas d'historique de pannes
- Pas de connaissance précise des modes de pannes du système
- Pas d'expert humain



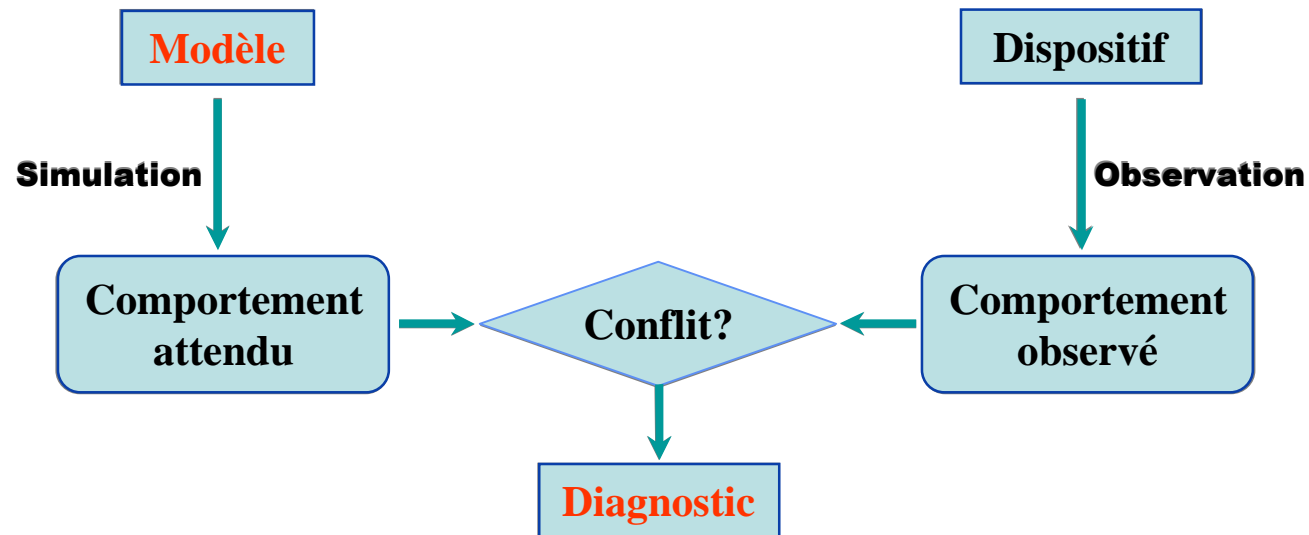
Diagnostic à Base de Modèles

Contexte de notre travail

Diagnostic à base de modèles

Idée : Comportement simulé # Comportement réel

[Genesereth, 84], [Davis, 84], [Barrow, 84], [De Kleer, 84]



Le paradigme du diagnostic à base de modèles.

Sommaire

- 1- Contexte de notre travail
- 2- Approches probabilistes pour le diagnostic**
- 3- Notre approche pour le diagnostic
- 4- Conclusion et perspectives

Approches probabilistes pour le diagnostic

Sans réseau bayésien

- [Laskey , Lehner 89], [Kohlas 98]
 - Description logique du système et ATMS
 - Estimation des probabilités *a posteriori*
- [DeKleer 91]
 - Diagnostics classés suivant leurs probabilités *a priori*
 - ATMS pour évaluer la probabilité *a posteriori* des diagnostics sélectionnés

ATMS : Assumption based Truth Maintenance System

Approches probabilistes pour le diagnostic

avec réseau bayésien 1/2

- [Poole 96]
 - Simulation des valeurs « normales »
 - Détection des « conflits », simulations et estimations des probabilités *a posteriori*
- [Darwiche 95]
 - Réseau bayésien des variables seulement
 - Diagnostics « préférés » : évaluation du coût

Approches probabilistes pour le diagnostic

avec réseau bayésien 2/2

- [Srinivas 95]
 - Un seul réseau transformé par substitution
 - Calcul des probabilités $P(ab(C_i) | Obs), LCS$
- [Weber 04]
 - Aide à la décision à base de RBOO
 - Modélisation de la fiabilité dynamique par RBD

Sommaire

- 1- Contexte de notre travail
- 2- Approches probabilistes pour le diagnostic
- 3- Notre approche pour le diagnostic**
- 4- Conclusion et perspectives

Notre approche pour le diagnostic

Objectifs

Calculer les diagnostics «**simples / multiples**» **minimaux** pour un système défaillant

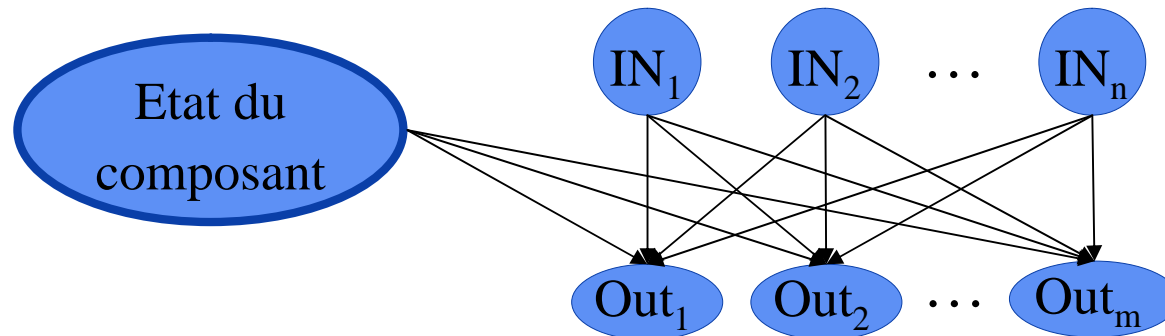
Alléger les calculs des probabilités des diagnostics en utilisant une **approximation** sur les calculs

Obtenir une liste des **meilleurs diagnostics** rangés selon leurs **probabilités *a posteriori***

Notre approche pour le diagnostic

Construction du modèle 1/3

Graphe d'un composant :



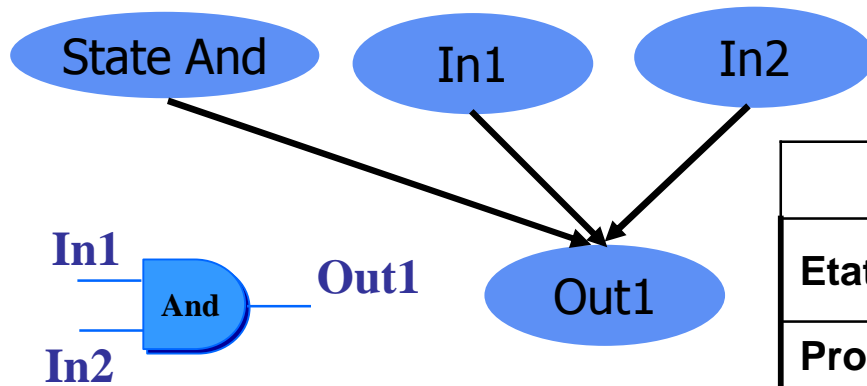
Graphe du réseau bayésien d'un composant.

[Geffner et Pearl, 87], [Lerner, 02]

Notre approche pour le diagnostic

Construction du modèle 2/3

table de probabilité :



In1/2		
Etat	On	Off
Probabilité	0.5	0.5

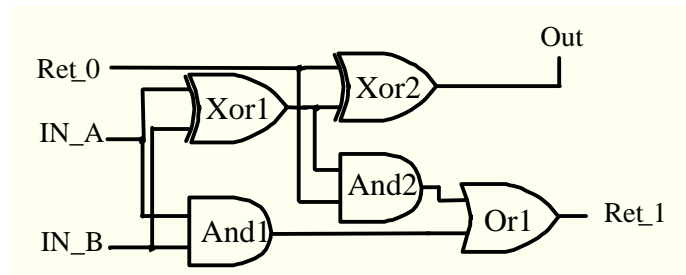
State And				
Etat	ok	ab	stuck0	stuck1
Probabilité	0.9992	0.0001	0.00005	0.00005

Out1

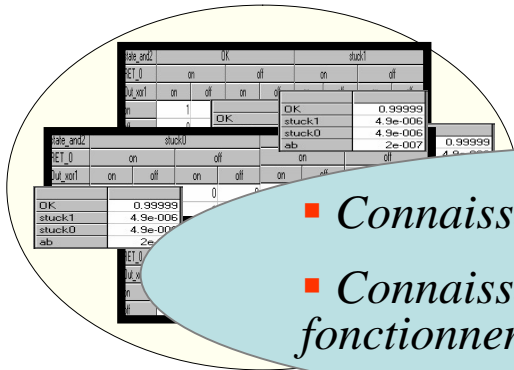
Etat In1	On								Off							
	On				Off				On				Off			
Etat In2	ok	ab	stk0	stk1	ok	ab	stk0	stk1	Ok	ab	stk0	stk1	ok	ab	stk0	stk1
Etat State And	ok	ab	stk0	stk1	ok	ab	stk0	stk1	Ok	ab	stk0	stk1	ok	ab	stk0	stk1
P(on)	1	0.5	0	1	0	0.5	0	1	0	0.5	0	1	0	0.5	0	1
P(off)	0	0.5	1	0	1	0.5	1	0	1	0.5	1	0	1	0.5	1	0

Notre approche pour le diagnostic

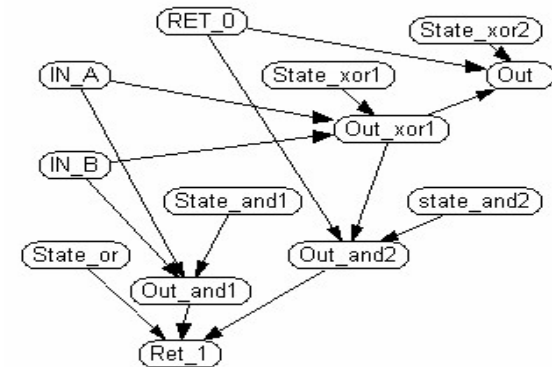
Construction du modèle 3/3



+



- *Connaissances sur le système*
- *Connaissances du bon / mauvais fonctionnement des composants*



RB du système

Notre approche pour le diagnostic

Calcul des probabilités

- δ_k est un diagnostic pour C_{Vg} si $D_{\delta_k} \neq \emptyset$
 - P_{DK} : probabilité *a posteriori* du diagnostic
 - D_K : ens. de composants $\{C_k, k \in \delta_k\}$
 - $ab(D_K)$: tous les compts de D_K sont défectueux

$$D_{\delta_k} = \bigcap_{C_k \in \delta_k} C_k \quad \text{c'est-à-dire } C_{Vg} \setminus \bigcup_{C_k \in \delta_k} C_k$$

Approximation [Delcroix et al, 03] : Approximation des P_{DK} à partir des probabilités *a posteriori* de chaque composant (une seule inférence)

approcher $P(ok(C_{NK}) | ab(C_K), Obs)$ par $P(ok(C_{NK}))$

Notre approche pour le diagnostic

Algorithme

Étapes de l'algorithme:

- i. Rechercher les composants *suspects* (**LCS**)
- ii. Conserver dans *LCS* les C_i les plus probables
- iii. Calculer les diagnostics simples avec leurs probabilités
- iv. Calculer les diagnostics multiples avec leurs probabilités
- v. Compléter la liste de diagnostics.

LCS : Liste des Composants ayant une probabilité de défaillance *a posteriori* élevée

Notre approche pour le diagnostic

Application aux circuits logiques

❖ Circuits utilisés :

Des additionneurs 1, 2, 4 et 8-bits

Des multiplieurs 2, 4, 8 et 16-bits (MOTOROLA MC14554B)

❖ **Simulation des pannes :**

opérations arithmétiques erronées

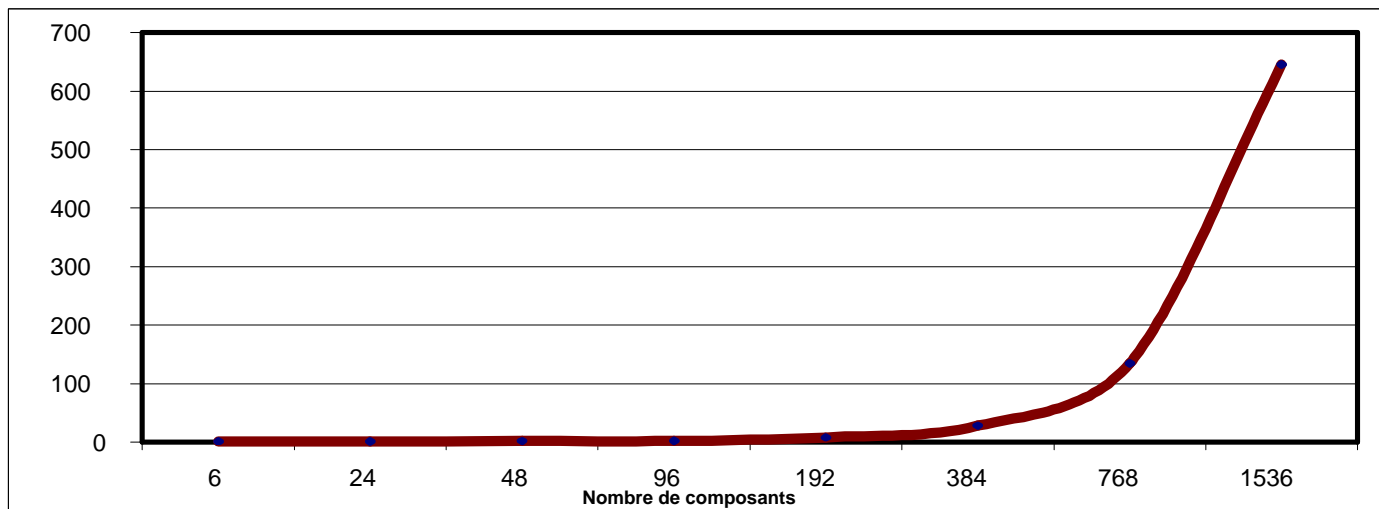
❖ **Exemple M16x16 :**

- Nombre de composants: 1536 composants
- Nombre de nœuds: 4608 noeuds

Notre approche pour le diagnostic

Tests

❖ Quelques résultats :



Temps d'inférence 98% du temps de calcul

Sommaire

- 1- Contexte de notre travail
- 2- Approches probabilistes pour le diagnostic
- 3- Notre approche pour le diagnostic
- 4- Conclusion et perspectives**

Conclusion et perspectives

Conclusion

- ✓ Modélisation par réseau bayésien

 - Connaissance du bon fonctionnement des composants

 - Les probabilités *a priori* sur chaque composant

- ✓ Validation de l'algorithme (tests et améliorations)

- ✓ Comparaison avec une autre approche

 - Mêmes diagnostics avec les probabilités pour chaque diagnostic en plus

 - Temps de calcul du même ordre

Conclusion et perspectives

Perspectives

- Traitement hiérarchique
- Algorithme d'inférence mieux adapté
- Génération automatique à partir d'une description haut niveau
- Extension à d'autres types de systèmes

Questions ?



JFRB '06

Diagnostic minimal :

Aucun de ses sous ensemble-strict n'est lui-même un diagnostic

- Logical characterization: **consistency-based diagnosis** [Reiter 87]
 - SD: system description (the model)
 - COMPS: the set of components
 - Obs: the observations
 - Diagnoses minimal sets $\Delta \subseteq \text{COMPS}$ such that
 $\text{SD} \cup \text{Obs} \cup \{\text{AB}(c) \mid c \in \Delta\} \cup$
 $\{\text{not AB}(c) \mid c \in \text{COMPS} - \Delta\}$ is consistent

- CBR traces its roots to the work of [Roger Schank](#) and his students at Yale University in the early 1980s

```
M2_1.obs - Bloc-notes
Fichier Edition Format ?
BNmulti2x2A.dsl
AX0
off
AX1
off
AY0
off
AY1
off
AK0
off
AK1
off
AM0
off
AM1
off
AS0
off
AS1
on
AS2
off
AS3
on
```

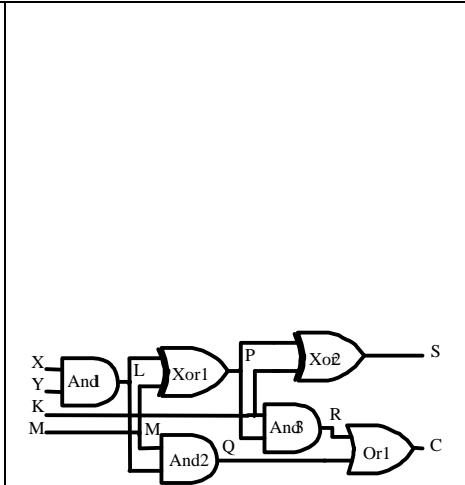
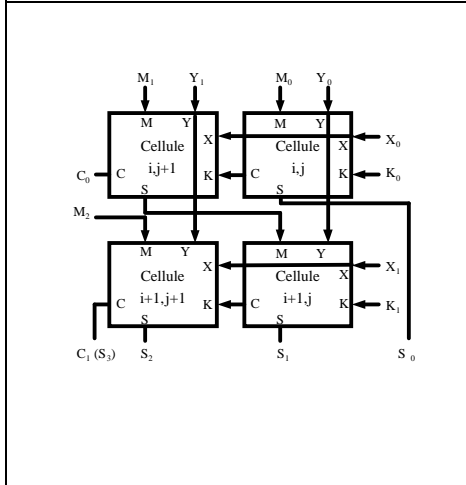
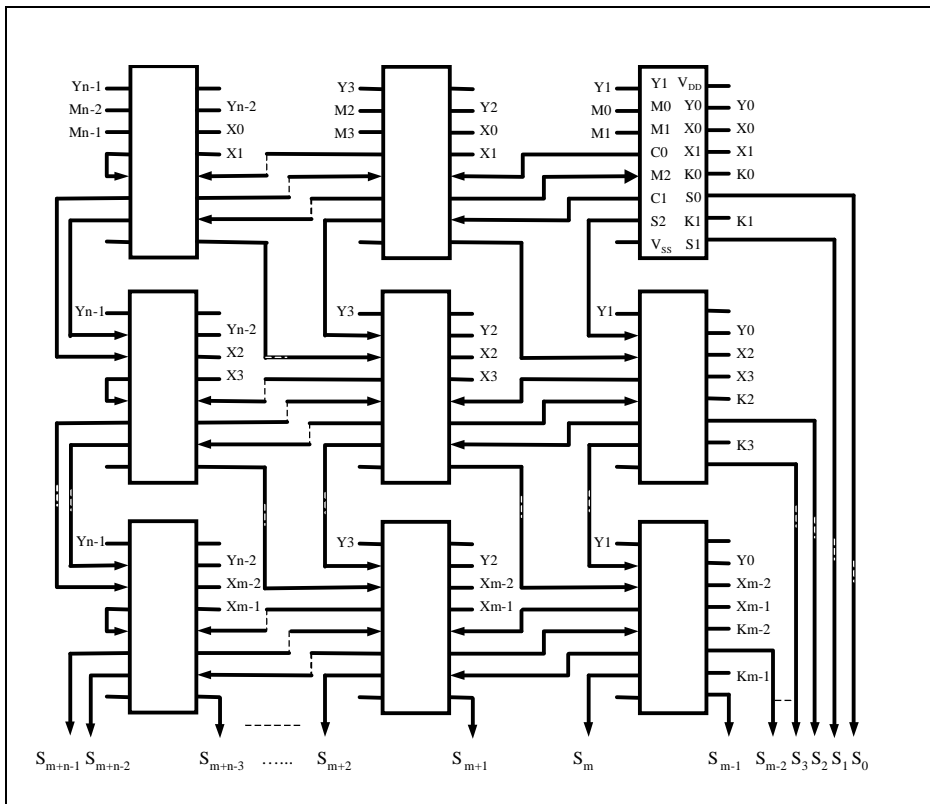
```
A2R10verT6.res - Bloc-notes
Fichier Edition Format ?
- Le réseau bayésien diagnostiqué: A2_1.dsl
- Fichier observation: A2Ver.obs
- Profondeur diagnostic choisie: 3

          LES DIAGNOSTICS SIMPLES POUR VOS ENTREES:
- State_and1_2 de prob: 0.199828 0s:338ms.
- state_and2_2 de prob: 0.199828 0s:348ms.
- State_or_2 de prob: 0.199828 0s:358ms.

          LES DIAGNOSTICS MULTIPLES POUR VOS ENTREES:
- State_xor1_2 State_xor1_1 de prob: 0.399816 0s:578ms.
- State_xor1_2 State_xor2_1 State_and1_1 de prob: 3.99856e-009 0s:759ms.
- State_xor1_2 State_xor2_1 state_and2_1 de prob: 3.99816e-009 0s:779ms.
- State_xor1_2 State_xor2_1 State_or_1 de prob: 3.99816e-009 0s:789ms.
- State_xor1_2 State_xor2_2 State_and1_1 de prob: 3.99856e-009 0s:989ms.
- State_xor1_2 State_xor2_2 state_and2_1 de prob: 3.99816e-009 0s:999ms.
- State_xor1_2 State_xor2_2 State_or_1 de prob: 3.99816e-009 1s:19ms.
- State_xor1_2 State_and1_1 de prob: 1.99888e-005 1s:29ms.
- State_xor1_2 state_and2_1 de prob: 1.99868e-005 1s:39ms.
- State_xor1_2 State_or_1 de prob: 1.99868e-005 1s:49ms.

****La durée totale d'execution: 4s:414ms.
```

JFRE



$$S = S_{m+n-1} S_{m+n-2} \dots S_1 S_0 \quad X = X_{m-1} X_{m-2} \dots X_1 X_0, \quad Y = Y_{n-1} Y_{n-2} \dots Y_1 Y_0$$

$$K = K_{m-1} K_{m-2} \dots K_1 K_0, \quad M = M_{n-1} M_{n-2} \dots M_1 M_0$$