Diagnostic incrémental et décentralisé
(entre autres choses)

Marie-Odile Cordier, Christine Largouët

Alban Grastien

15 Juin 2006

Diagnostic

- Principe
  - Repérer les comportements fautifs dans un système

  ⇒ Trouver tous les comportements qui correspondent aux observations

- Quelque chose d'un peu plus formel
  - Étant donnés le modèle complet du système, les observations sur le système, une requête
  - Déterminer si les comportements décrits par le modèle et consistants avec les observations satisfont ou non la requête

Plan

1. Du diagnostic
2. Du diagnostic décentralisé

Plan

1. Du diagnostic
   - Systèmes à événements discrets
   - Observations
   - Diagnostic
2. Du diagnostic décentralisé

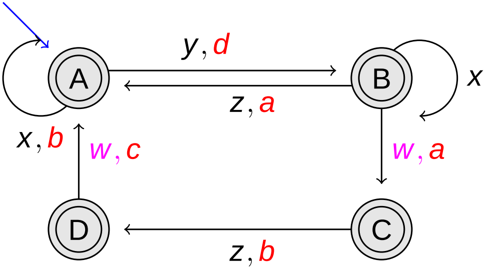
Système à événements discrets

- États décrits par un ensemble fini de variables prenant des valeurs dans un domaine fini
- Évolution modélisée par l'occurrence d'événements discrets

Modèle :

$Mod = (Q, E, T, I, F)$

- Q: states
- E: events
- T: transitions
- I: initial states
- F: final states



Observations

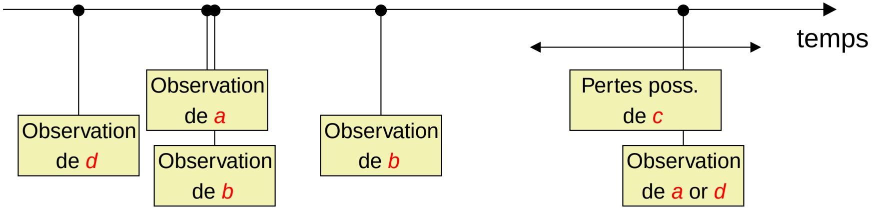
- Problème :
  - Événement observable $\leftrightarrow$ observation émise
  - Observation émise $\stackrel{?}{\leftrightarrow}$ observation reçue

  - Les observations reçues peuvent être différentes des observations émises
  - À partir de la séquence d'observations reçues, on peut inférer un ensemble de séquences d'observations émises

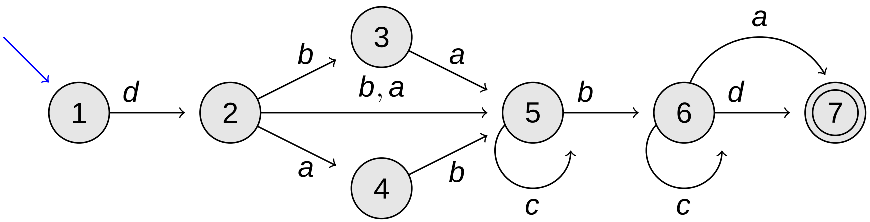
- Solution :

  $\rightarrow$ Réprésentation des observations par un *automate des observations*

Observations – exemple



- Automate des observations :



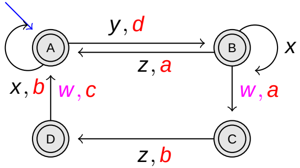
Diagnostic

- Trouver les trajectoires sur le modèle qui sont consistantes avec les observations émises
- Synchroniser le modèle et les observations émises

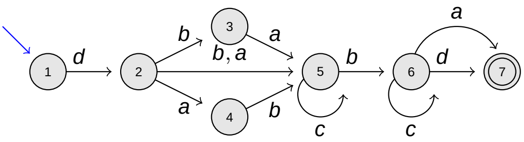
$$\Delta = Mod \otimes Obs \tag{1}$$

Diagnostic – exemple

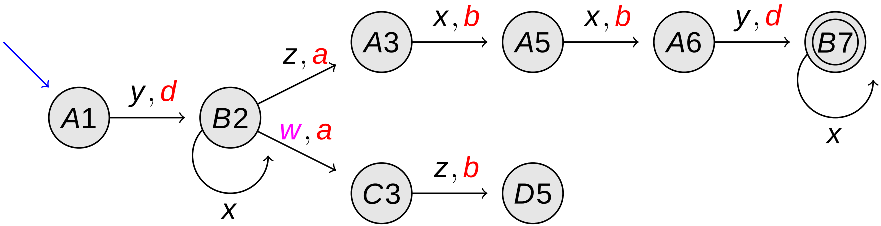
Modèle



Observations



Diagnostic



NATIONAL ICT AUSTRALIA LIMITED

Plan

1 Du diagnostic

2 Du diagnostic décentralisé

- Du diagnostic décentralisé. . .
- . . . et de son application au diagnostic incrémental

Pourquoi une approche décentralisée

- La taille du modèle est exponentielle par rapport au nombre de composants dans le système.

$\Rightarrow$ Il est impossible de construire le modèle global du système.

Modélisation décentralisée

- $d\text{–}Mod = (Mod_1, \ldots, Mod_m)$
  - Mod_i est le modèle du composant $\mathcal{C}_i$
- $Mod = Mod_1 \otimes \cdots \otimes Mod_m$
  - $\otimes$: opération (classique) de synchronisation des automates
  - on ne calcule pas *Mod*
- Hypothèse implicite : indépendance des états initiaux des modèles
  - généralement, un seul état initial par composant

Calcul décentralisé du diagnostic

- [Pencolé et Cordier, 2000–2005]
- Décomposition du calcul :

$$\begin{aligned}\Delta &= Mod \otimes Obs\\ &= (Mod_1 \otimes \cdots \otimes Mod_m) \otimes (Obs_1 \otimes \cdots \otimes Obs_m)\\ &= (Mod_1 \otimes Obs_1) \otimes \cdots \otimes (Mod_m \otimes Obs_m)\\ &= \Delta_1 \otimes \cdots \otimes \Delta_m \text{ (opération de fusion)}\end{aligned}$$

  - Δ_i est le *diagnostic local* du composant $\mathcal{C}_i$
  - La fusion de Δ_i et Δ_j permet de supprimer des trajectoires de Δ_i et de Δ_j

- Avantages :
  - On peut fusionner les diagnostics locaux deux par deux de manière incrémentale. Avec une *stratégie* intelligente, on peut espérer que l'opératon de fusion soit efficace
  - Grâce aux contraintes données par les observations, on peut espérer Δ petit par rapport à *Mod*

Transition-indépendance

- Transition-indépendance :
  - A_1 et A_2 deux automates
  - Pas d'événements de synchronisation entre A_1 et A_2
- Propriétés de la transition-indépendance
  - La synchronisation de A_1 et A_2 ne supprime aucune trajectoire de A_1 ou de A_2
  - $A_1 \otimes A_2$ est le produit cartésien de A_1 et A_2
- Indépendance de diagnostics locaux :
  - Ne pas synchroniser les diagnostics transition-independants

Représentation décentralisée du diagnostic

- d–$\Delta = \{\Delta_{s_1}, \ldots, \Delta_{s_k}\}$
  - Δ_{s_i} est le diagnostic du sous-système s_i
  - $\{s_1, \ldots, s_k\}$ est une partition du système
  - $\forall s_i, s_j$, Δ_{s_i} et Δ_{s_j} sont transition-indépendants

- d–Δ est une représentation *sûre*[1] de Δ

[1] à défaut d'un meilleur terme

Algorithme

Calcul de la représentation décentralisée du diagnostic

entrée : diagnostics locaux $\{\Delta_{s_1}, \ldots, \Delta_{s_m}\}$

$d\text{–}\Delta = \{\Delta_{s_1}, \ldots, \Delta_{s_m}\}$

tant que $\exists s_i, s_j$: Δ_{s_i} et Δ_{s_j} sont transition-dépendants

$\quad d\text{–}\Delta = d\text{–}\Delta \setminus \{\Delta_{s_i}, \Delta_{s_j}\}$

$\quad s = s_i \uplus s_j$

$\quad \Delta_s = \Delta_{s_i} \otimes \Delta_{s_j}$

$\quad d\text{–}\Delta = d\text{–}\Delta \cup \{\Delta_s\}$

fin tant que

renvoie : $d\text{–}\Delta$

NATIONAL ICT AUSTRALIA LIMITED

Plan

1. Du diagnostic
2. Du diagnostic décentralisé
   - Du diagnostic décentralisé. . .
   - . . . et de son application au diagnostic incrémental

Principe du diagnostic incrémental

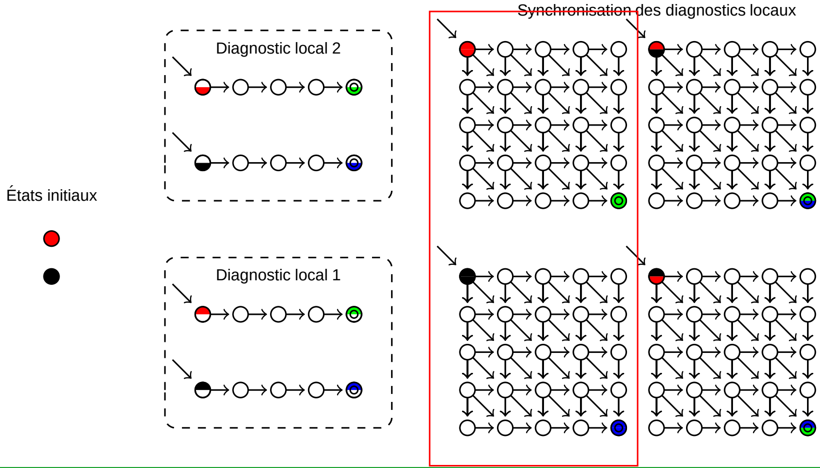
- Soit le diagnostic Δ_i de la période $[t_0, t_i]$
  - F_i est l'ensemble des états finaux de Δ_i
- Soit Obs^{i+1} les observations émises pendant $[t_i, t_{i+1}]$
- Calcul du diagnostic Δ_{i+1} de $[t_0, t_{i+1}]$

- En pratique :
  - Calcul du diagnostic Δ^{i+1} de $[t_i, t_{i+1}]$
  - Trajectoire de Δ_{i+1} : concaténation d'une trajectoire de Δ_i et d'une trajectoire de Δ^{i+1}

- $\Delta^{i+1} = (Mod^{-} \otimes Obs^{i+1})[F_i]$
  - On part des états finaux de Δ_i : $[F_i]$
  - Propriété : les états finaux de Δ^{i+1} sont les états finaux de Δ_{i+1}

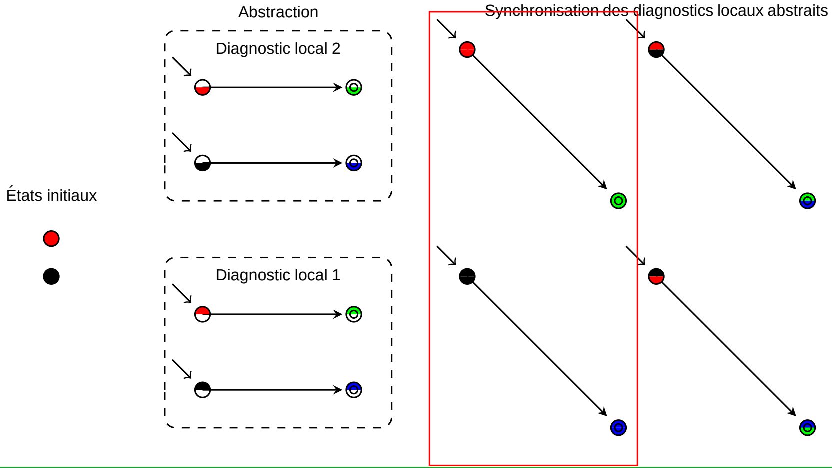
Problème

Les automates Δ_{s_i} ne sont pas forcément états-indépendants



Problème

Les automates Δ_{s_i} ne sont pas forcément états-indépendants



Plus formellement

- Abstraction de A : conserve les états initiaux et les états finaux + inclue une transition entre q_I et q_F s'il existe une trajectoire entre ces états sur A
- Propriétés
  - $Abst(A_1 \otimes A_2) = Abst(A_1) \otimes Abst(A_2)$
  - $(Abst(A_1 \otimes A_2))[I] = Abst((A_1 \otimes A_2)[I])$

Représentation du diagnostic

- Pour une fenêtre :
  - Diagnostic *étendu* : $(d\text{–}\Delta, ad\text{–}\Delta)$
    - $d\text{–}\Delta$: diagnostics transition-indépendants
    - $ad\text{–}\Delta$: abstraction des diagnostics état- et transition-indépendants
- Pour $[t_0, t_n]$:
  - $((d\text{–}\Delta^1, ad\text{–}\Delta^1), \ldots, (d\text{–}\Delta^n, ad\text{–}\Delta^n))$

Algorithme

Calcul des diagnostics abstraits état- et transition-indépendants

entrée : diagnostics transition-indépendants

$d\text{–}\Delta = \{\Delta_{s_1}, \ldots, \Delta_{s_k}\}$

$ad\text{–}\Delta = \{a\Delta \mid \exists s_i : \Delta_{s_i} \in d\text{–}\Delta \wedge a\Delta = Abst(\Delta_{s_i})\}$

tant que $\exists s_i, s_j$: $a\Delta_{s_i}$ et $a\Delta_{s_j}$ sont état-dépendants

$ad\text{–}\Delta = ad\text{–}\Delta \setminus \{a\Delta_{s_i}, a\Delta_{s_j}\}$
$s = s_i \uplus s_j$
$a\Delta_s = a\Delta_{s_i} \otimes a\Delta_{s_j}$
$ad\text{–}\Delta = ad\text{–}\Delta \cup \{a\Delta_s\}$

fin tant que

renvoie : $ad\text{–}\Delta$

Expérimentations

	nb états	nb trans	nb auto	temps
sans découpage	9 088	557 836	4	26mn 55s
1er découpage	479	4 038	39	$<$ 1s
2e découpage	589	5 382	51	10s
3e découpage	3 375	142 517	26	3mn 5s

Importance du découpage

Conclusion

- Gestion de sous-systèmes indépendants différents (dynamiques) sur plusieurs fenêtres
  - Permet de tirer partie de l'indépendance sur de courtes périodes

Perspectives

- Meilleur découpage
  - Comment le définir ?
  - Comment le calculer ?
    - Hors-ligne
    - En-ligne
- État-indépendance
  - Comment la calculer de manière efficace ?

État-indépendance

- Soit A_1 et A_2 deux automates (possiblement abstraits) et I un ensemble d'états, $A_1 \otimes A_2 \stackrel{?}{=} (A_1 \otimes A_2)[I]$
  - But : si A_1 et A_2 sont états-indépendants, on ne calcule pas $(A_1 \otimes A_2)[I]$
- Dans le pire des cas : raisonnement *a posteriori*
  - Calcul de $(A_1 \otimes A_2)[I]$ (coût non négligeable)
  - Vérification de la propriété (extrêmement facile)
- Si possible : raisonnement *a priori*
- Problème : trouver des heuristiques peu coûteuses permettant de prouver la plupart du temps l'état-indépendance