Étude des logiques déontique et temporelle pour la disponibilité

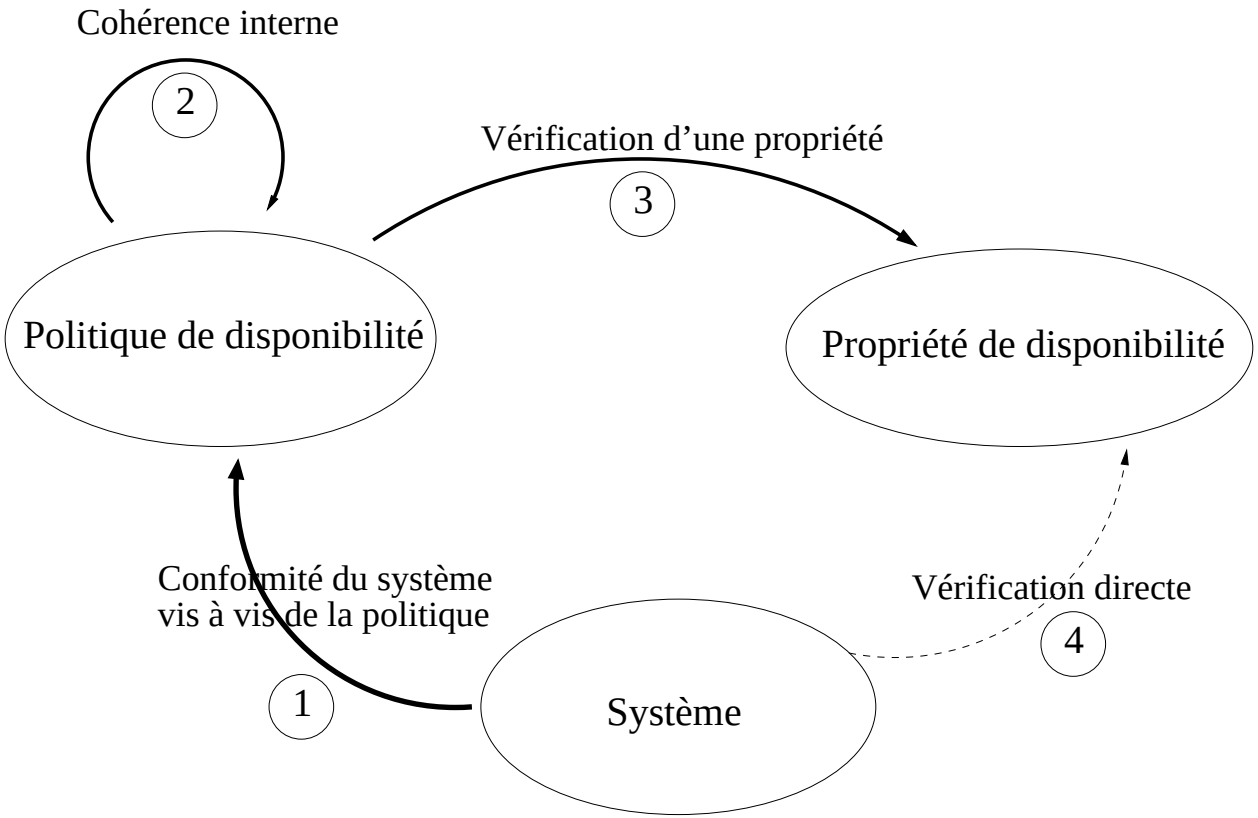
Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

Julien Brunel, Jean-Paul Bodeveix, Mamoun Filali-Amine

22 septembre 2006 / Projet DISPO

Plan

Problématique



Différents aspects

- Spécifier une politique
  - Temps arborescent/linéaire
  - Actions / événements
  - Interaction entre les deux dimensions (déontique et temporelle)
- Respect de la politique par un système
  - vérifier
  - contraindre

$\Rightarrow$ Utilisation des produits de logiques

Plan

SED-CTL*

Syntaxe

$$\Phi ::= p \in Prop \mid \neg\Phi \mid \Phi_1 \wedge \Phi_2 \mid A\,\Pi \mid \boldsymbol{O}\Phi$$

$$\Pi ::= \Phi \mid a \in \mathcal{E} \mid \neg\Pi \mid \Pi_1 \wedge \Pi_2 \mid \Pi_1\,\mathcal{U}^+\,\Pi_2$$

Sémantique

- Basé sur une structure de Kripke
- 2 relations d'accessibilité (déontique et temporelle)
  - $\Rightarrow$ La relation déontique porte
    - sur les états (instants) ou
    - sur les modèles temporels

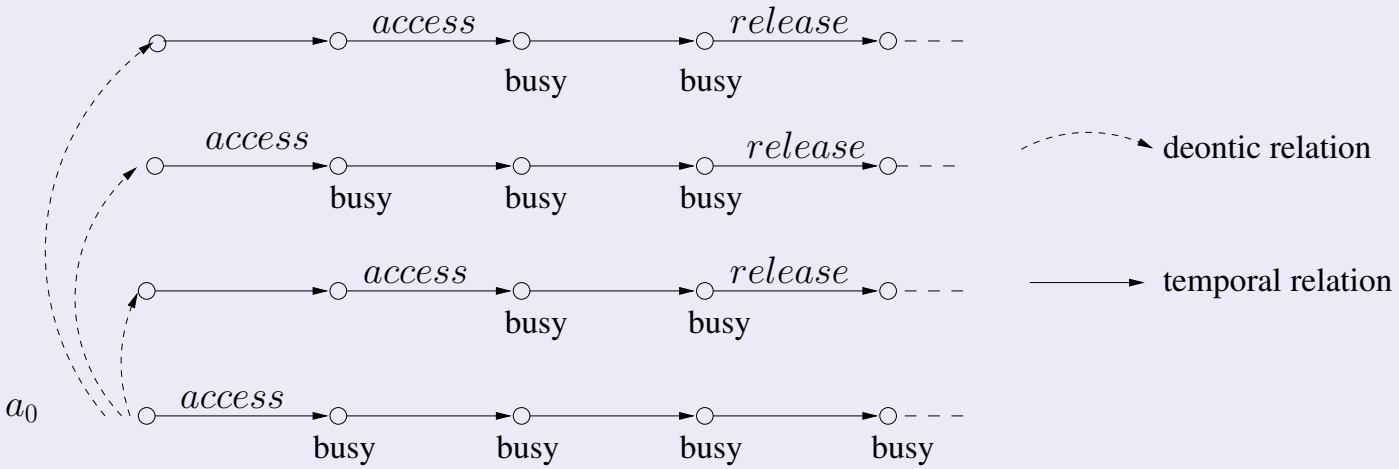
Plan

SED-LTL

Syntaxe

$$\varphi ::= p \in P \mid e \in \mathcal{E} \mid \bot \mid \varphi \Rightarrow \varphi \mid \varphi \; U^{+} \; \varphi \mid \boldsymbol{O}(\varphi)$$

Sémantique



Propriétés non intuitives

S'il est obligatoire de satisfaire φ avant un délai k, l'obligation se propage tant que φ n'est pas satisfaite.

$$\not\models \boldsymbol{O}(F_{\leqslant k}\varphi) \wedge \neg\varphi \Rightarrow X\boldsymbol{O}(F_{\leqslant k-1}\varphi)$$

Deux pistes explorées

- Définir un opérateur dédié à l'obligation avec délai
- Changer la sémantique pour augmenter l'interaction entre les faits et les obligations

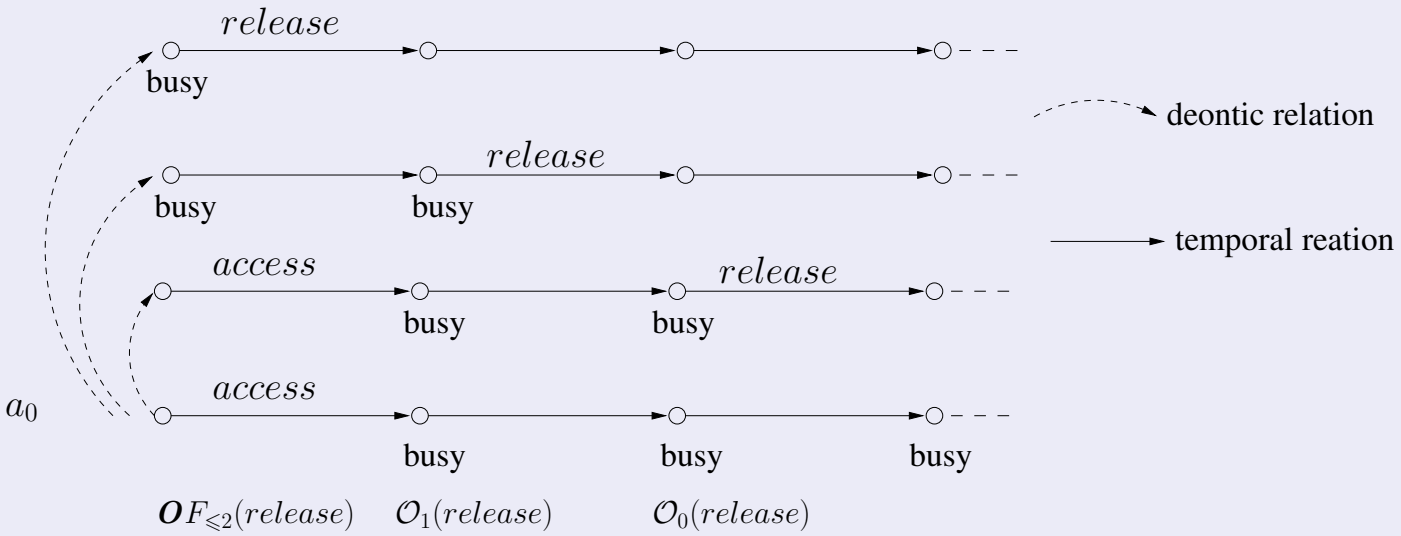
Plan

Opérateur d'obligation avec délai

Sémantique

$$(i,w) \models \mathcal{O}_{\leqslant k}(\varphi) \quad \text{ssi} \quad \exists k' \in \mathbb{N} \quad (i-k',w) \models \boldsymbol{OF}_{\leqslant k+k'}\ \varphi$$
$$\text{et} \quad (i-k',w) \not\models \boldsymbol{OF}_{\leqslant k+k'-1}\ \varphi$$
$$\text{et} \ \forall\, i-k' \leqslant j < i \quad (j,w) \models \boldsymbol{P}\varphi \Rightarrow \neg\varphi$$

Illustration



Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

Propriétés de l'obligation avec délai

Propagation lors du non respect

$$\models \mathcal{O}_{\leqslant k}(\varphi) \wedge \neg\varphi \;\Rightarrow\; X\mathcal{O}_{\leqslant k-1}(\varphi)$$

Propagation lors d'une interdiction

$$\models \mathcal{O}_{\leqslant k}(\varphi) \wedge \boldsymbol{O}\neg\varphi \;\Rightarrow\; X\mathcal{O}_{\leqslant k-1}(\varphi)$$

Commutativité avec X

$$\models \mathcal{O}_{\leqslant k}(X\varphi) \Leftrightarrow X\mathcal{O}_{\leqslant k}(\varphi)$$

La politique

Une formule de *SED-LTL*

- Si s_1 demande la ressource et s_2 ne l'utilise pas, alors s_1 est autorisé à l'utiliser

$$G\,(request_1 \wedge \neg busy_2 \;\Rightarrow\; \boldsymbol{P}\, busy_1)$$

- Si s_i utilise la ressource sans permission, alors sanction

$$G\,(busy_i \wedge \boldsymbol{I}(busy_i) \Rightarrow sanction)$$

- Si s_i demande la ressource et a la permission de l'utiliser, alors il a l'obligation de l'utiliser avant 10 unités de temps.

$$G\,(request_i \wedge \boldsymbol{P}\, busy_i \;\Rightarrow\; \mathcal{O}_{\leqslant 10}\, busy_i)$$

Plan

Cohérence d'une politique

- Une politique est modélisée par une formule *Policy*.
- La politique est cohérente ssi *Policy* est satisfiable.

Exemples d'incohérence dans une politique

$$\boldsymbol{O}p \wedge \boldsymbol{I}p$$

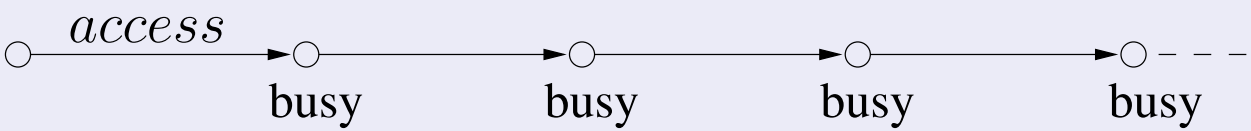
$$\boldsymbol{P}p \wedge \boldsymbol{I}p$$

$$\mathcal{O}_{\leqslant k}p \wedge \boldsymbol{O}(G_{\leqslant k}\neg p)$$

Plan

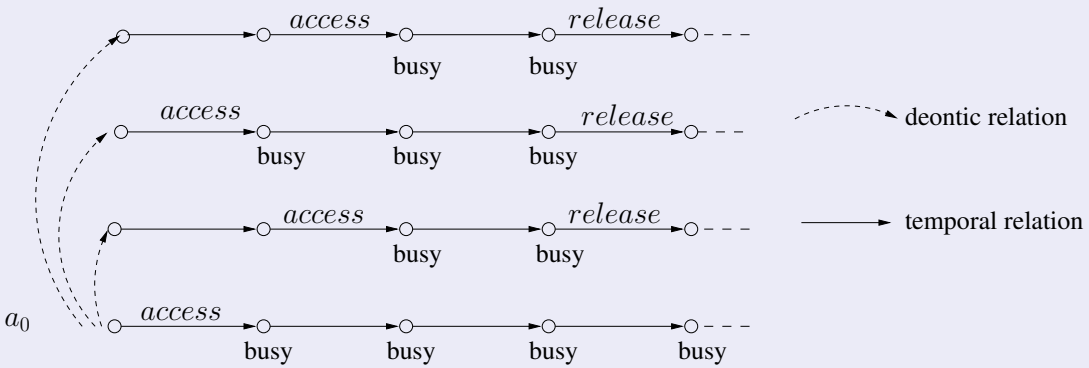
Le système

Ensemble de traces états/événements

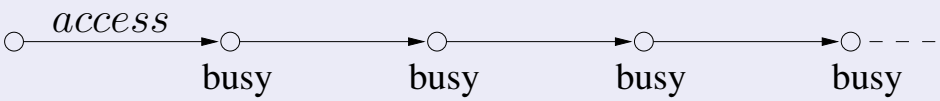


Extension déontique

Trace état/événement déontique



Trace état/événement



$\overline{\tau} \stackrel{def}{=} \{\tau^* \ / \ \tau^* \text{ est une extension déontique de } \tau\}$

Respect d'une politique

Une trace temporelle respecte une politique

$$\tau \models_{resp} \mathit{Policy} \quad \text{ssi} \quad \exists \tau^* \in \overline{\tau} \text{ telle que } \tau^* \models_{SEDLTL} \mathit{Policy}$$

$\Rightarrow$ τ^* est constructible si *SED-LTL* est décidable.

Le système respecte une politique

$$\mathit{System} \models_{resp} \mathit{Policy} \quad \text{ssi} \quad \forall \tau \in \mathit{System} \ \tau \models_{resp} \mathit{Policy}$$

Système contraint par la politique

Système contraint

Définition : ensemble des traces (temporelles) du système qui "respectent" la politique.

$$System_{/Policy} \stackrel{def}{=} \{\tau \in System \ / \ \tau \models_{resp} Policy\}$$

Propriétés

Commutativité du diagramme introductif

Si $System \models_{resp} Policy$ et $\models_{SEDLTL} Policy \Rightarrow \varphi$ Alors

$$System \models_{SELTL} \varphi$$

Lien entre φ_{System} et *System*

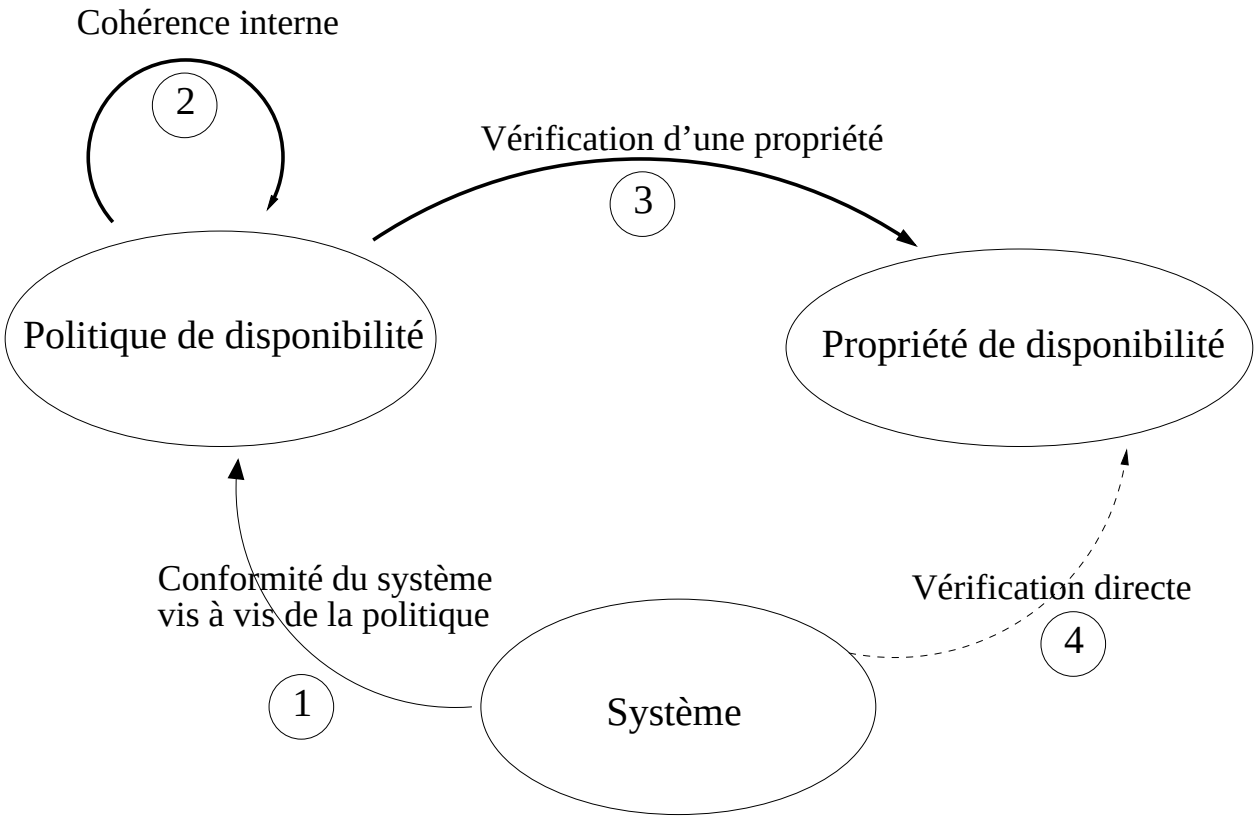
- φ_{System} : *SE-LTL*-formule modélisant le système
- *System* : ensemble des traces qui satisfont φ_{System}

$$\varphi_{System} \wedge Policy \text{ satisfiable}$$
$$\Leftrightarrow$$
$$System \text{ peut être contraint par } Policy \ (System_{/Policy} \neq \emptyset)$$

Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

Plan

Techniques de vérification



Produit

Logique modale L_1 (pour nous *SELTL*)

$$\varphi ::= p \in P \mid \bot \mid \varphi \Rightarrow \varphi \mid \Box_1(\varphi)$$

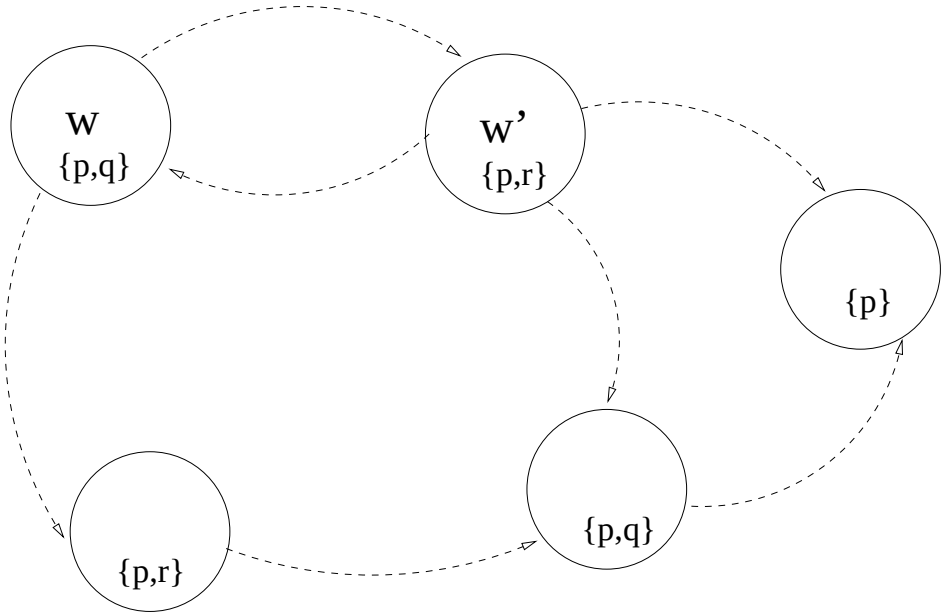
Logique modale L_2 (pour nous *SDL*)

$$\varphi ::= p \in P \mid \bot \mid \varphi \Rightarrow \varphi \mid \Box_2(\varphi)$$

Langage de $L_1 \times L_2$

$$\varphi ::= p \in P \mid \bot \mid \varphi \Rightarrow \varphi \mid \Box_1(\varphi) \mid \Box_2(\varphi)$$

Logiques modales



Sémantique de $\Box\varphi$

$$w \models \Box\varphi \quad \text{ssi} \quad \forall w' \ (w, w') \in R \Rightarrow w' \models \varphi$$

Logiques produits

Structures de Kripke

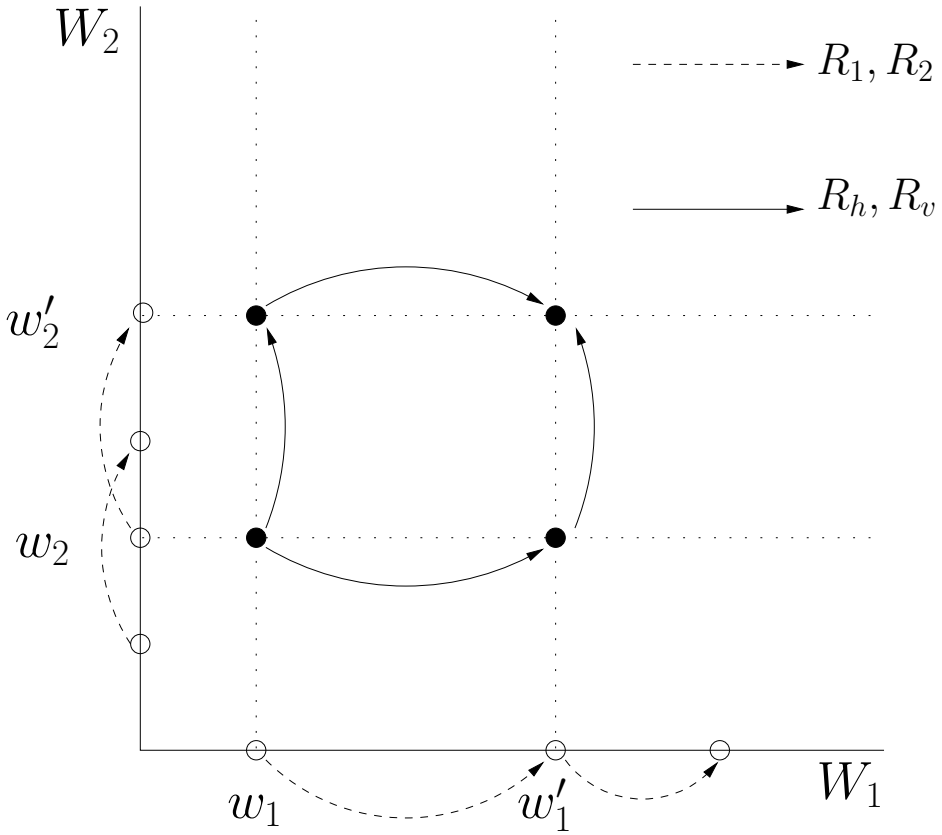
$F_1 = (W_1, R_1)$ et $F_2 = (W_2, R_2)$ 2 structures de Kripke.

Produit $F_1 \times F_2$

$F_1 \times F_2 \stackrel{def}{=} (W_1 \times W_2, R_h, R_v)$ où

- $(w_1, w_2) R_h (w'_1, w'_2)$ *ssi* $w_1 R_1 w'_1$ et $w_2 = w'_2$
- $(w_1, w_2) R_v (w'_1, w'_2)$ *ssi* $w_2 R_2 w'_2$ et $w_1 = w'_1$

Logiques produits(2)



Propriétés

- Commutativité

$\Rightarrow \Box_1\Box_2 p \Leftrightarrow \Box_2\Box_1 p$

- Church Rosser

$\Rightarrow \Diamond_1\Box_2 p \Rightarrow \Box_2\Diamond_1 p$

Logiques produits(3)

Propriétés sur les produits

- Pas de résultat général
- $K \times K$ décidable, propriété du modèle fini, complexité non élémentaire
- $LTL \times S4$ indécidable
- $LTL \times K$ décidable, pas la propriété du modèle fini, complexité non élémentaire

Vérification

Propriétés de *SED-LTL*

SED-LTL est très proche du produit $KD \times LTL$.

- piste pour prouver la décidabilité de *SED-LTL*
- procédure de décision non élémentaire

Applications

- Cohérence d'une politique

$\Rightarrow$ Satisfiabilité de la formule *Policy*

- La politique garantit un propriété temporelle φ

$\Rightarrow$ Validité de $Policy \Rightarrow \varphi$

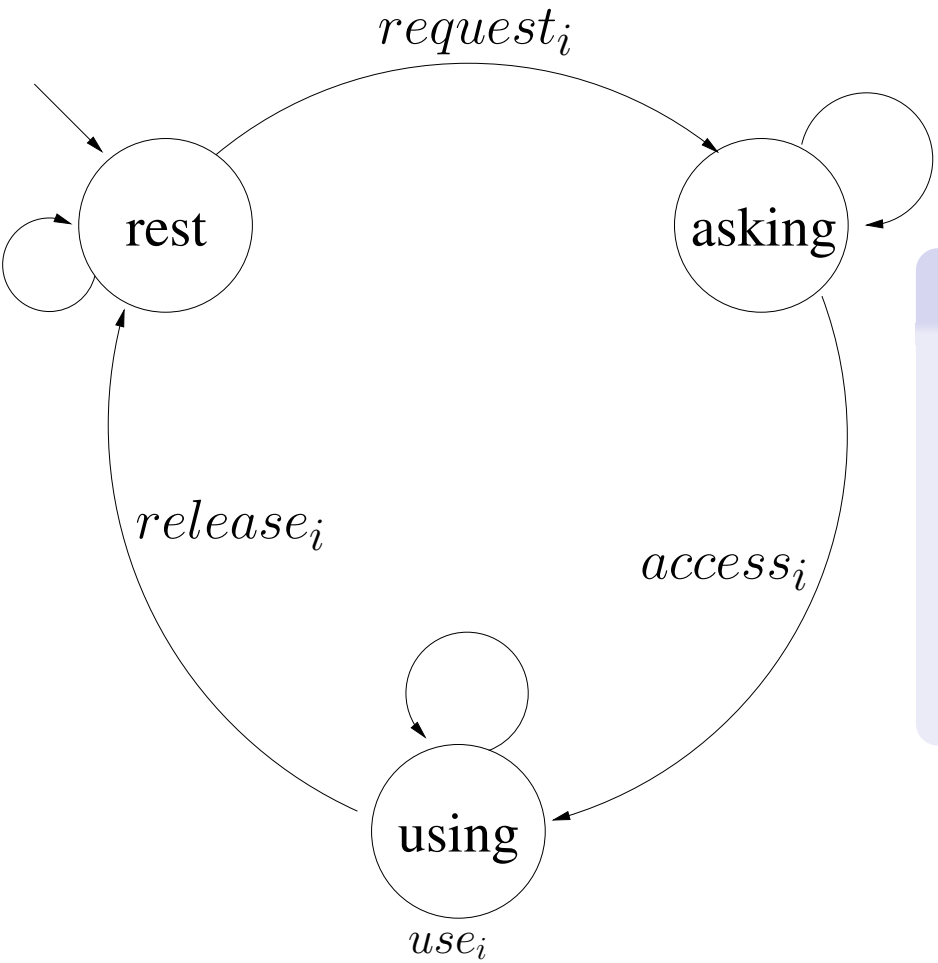
- Le système peut être conraint par la politique

$\Rightarrow$ Satisfiabilité de $\varphi_{System} \wedge Policy$

Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

Plan

Le système, un ordonnanceur générique



Contraintes de l'ordonnanceur :

- Exclusion mutuelle :
  $G\neg(use_1 \wedge use_2)$
- Traitement des demandes :
  $G(request_1 \vee request_2$
  $\Rightarrow\ F(access_1 \vee access_2))$

La politique

Les deux utilisateurs ont la permission d'utiliser la ressource à l'initialisation, et au moins jusqu'à leur premier accès.

$\boldsymbol{P}use_i \; U \; access_i$ (règle 1)

Si un utilisateur reste 6 unités de temps sans utiliser la ressource, il a la permission d'y accéder

$G(G_{\leqslant 6} \neg use_i \;\Rightarrow\; F_{=6} \; \boldsymbol{P}access_i)$ (règle 2)

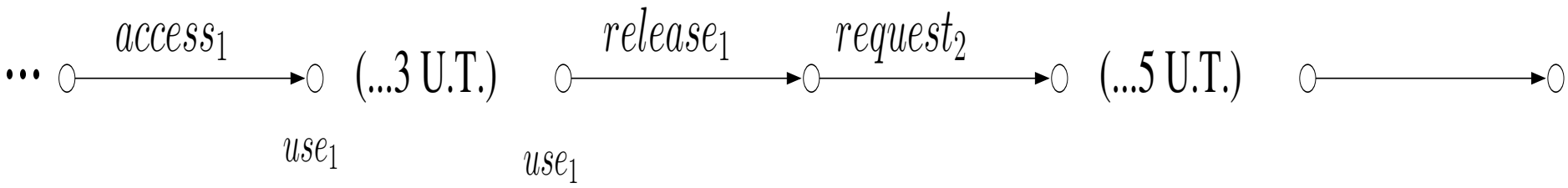
Les utilisateurs ont l'obligation de libérer la ressource au plus tard 5 unités de temps après y avoir accéder.

$G(access_i \Rightarrow \mathcal{O}_{\leqslant 5} \; release_i)$ (règle 3)

Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

Plan

Respect de la politique ?



Politique

$$G(request_i \wedge \mathbf{P}use_i \Rightarrow \mathcal{O}_{\leqslant 5} access_i)$$

$$G(\mathbf{O}access_i \Rightarrow access_i)$$

+ règles 1,2,3

Le comportement ci-dessus ne respecte pas la politique

Perspectives

- Démontrer formellement la décidabilité de *SED-LTL*
- Étendre la procédure de décision à $\mathcal{O}_k$
- Et pour *SED-CLT** ?
- Extension aux agents (utilisation de *ATL*)