Quelques réflexions sur le graphe des classes : du t-temporel au p-temporel et de la caractérisation des séquences à celle des scénarios

R. Valette*, J. Cardoso**, N. Rivière*

*LAAS-CNRS et **IRIT-UT1

Feria du 5 avril 2005

Introduction : but de l’exposé

1. Dans l’article présenté à FAC 2005 nous avons montré la possibilité de l’expression des contraintes temporelles sous la forme de *Réseaux Temporels Simples / STN*.
2. Elle est orientée vers la délimitation exacte et minimale des dates de franchissement des transitions (et non vers la vérification de propriétés TTL ou CTL).
3. Le but du présent exposé est de :
   - montrer que l’on peut traiter de façon similaire les réseaux de Petri p-temporels,
   - relâcher progressivement les contraintes (sémantique forte, entrelacement, du numérique au paramétrique),
   - éclaircir les relations entre séquence (ordre total) et scénario (ordre partiel),
   - éclaircir les relations entre preuve par logique linéaire et vérification par graphe de classes.

Rappels sur le graphe des classes t-temporel

Les réseaux de Petri t-temporels

Les réseaux de Petri t-temporels $< N, M_0, I >$:

- Ils sont formés de
  - $N =< P, T, Pre, Post >$ est un Réseau de Petri,
  - M_0 : est le marquage initial
  - $I : T \rightarrow (Q^+ \cup 0) * (Q^+ \cup \infty)$ est la fonction intervalle statique.
- L'intervalle temporel $I = [\alpha_i, \beta_i]$ représente l'ensemble des dates de tir possibles de la transition t_i à partir de sa date de sensibilisation.
- Les événements à considérer :
  - la *sensibilisation* d'une transition t_i : $\mathrm{d}_{sensib}(t_i)$,
  - le *début* (et la *fin) de l'intervalle* de tir,
  - le *franchissement* effectif de t_i : $\mathrm{d}_{franchis}(t_i)$.

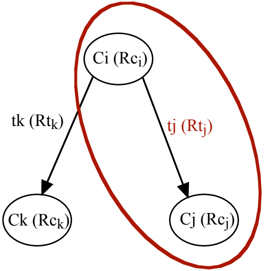
Graphe de Classes

Nous avons des nœuds qui délimitent des ensembles d'états (ou d'étapes) et des arcs qui correspondent à des franchissements de transition.

On va utiliser les réseaux de contraintes temporelles simples pour deux choses :

1. caractériser les classes : *Rc*.
2. délimiter la date de franchissement d'une transition faisant passer d'une classe à une autre : *Rt*.

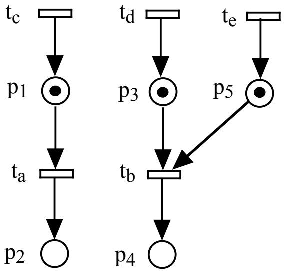
Rt_j inclut Rc_i et Rc_j.



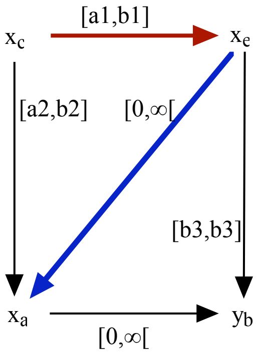
Classe d'états

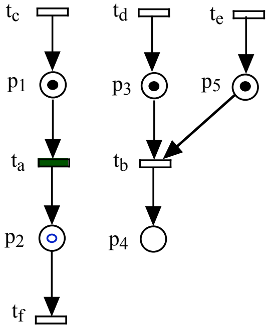
Exemple ci-contre :

- Marquage : $p_1 \otimes p_3 \otimes p_5$
  Trans. sensibilisées : t_a et t_b
- La variable associée au dernier franchissement : x_e pour t_e
- Les variables des événements ayant sensibilisé des transitions : x_c et x_e (t_e franchie après t_d)
- La contrainte de distance entre chaque variable : (x_c, x_e)

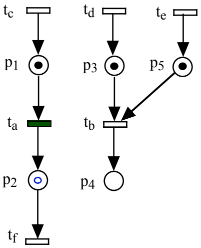


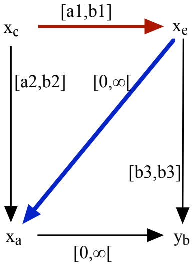
On suppose que t_a est franchie avant t_d

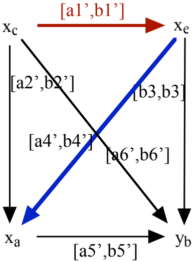




Classe restreinte







L'algorithme de Floyd-Warshall a réduit la contrainte (x_c, x_e) donc t_a n'est pas franchissable (avant t_b) pour tous les états de la classe initiale qu'il faut donc restreindre

Du t-temporel au p-temporel

Les réseaux de Petri p-temporels

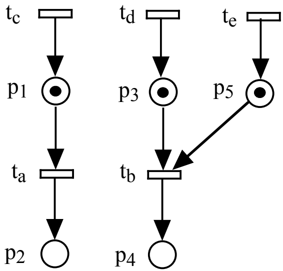
Les réseaux de Petri p-temporels $< N, M_0, I >$:

- Ils sont formés de
  - $N =< P, T, Pre, Post >$ est un Réseau de Petri,
  - M_0 : est le marquage initial
  - $I : P \rightarrow (Q^+ \cup 0) * (Q^+ \cup \infty)$ est la fonction intervalle statique.
- L'intervalle temporel $I = [\alpha_i, \beta_i]$ représente l'intervalle pendant lequel un jeton situé dans p_i peut être utilisé pour franchir une transition.
- Les événements à considérer :
  - la date à laquelle un jeton est produit dans une place p_i (par le franchissement de t_k),
  - le franchissement d'une transition t_j avec des jetons *disponibles*

Classe d'états

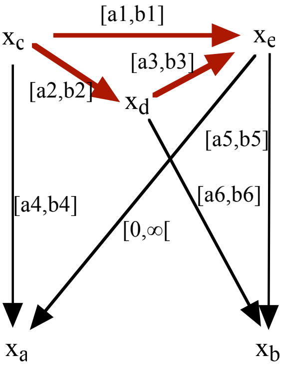
Exemple ci-contre :

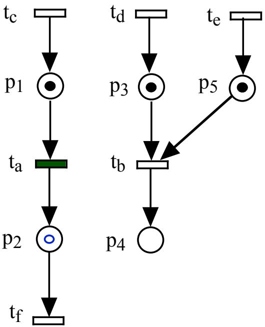
- Marquage : $p_1 \otimes p_3 \otimes p_5$
  Trans. sensibilisées : t_a et t_b
- La variable associée au dernier franchissement : t_e donne x_e
- Les variables des événements ayant produit les jetons : x_c, x_d et x_e
- La contrainte de distance entre chaque couple de variables : (x_c, x_d), (x_d, x_e) et (x_c, x_e)



Réseau de contraintes Rt_a (1)

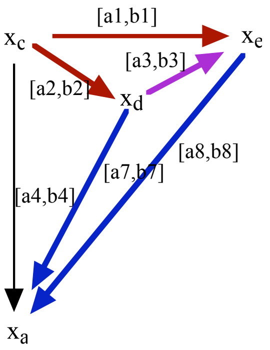
On suppose que t_a est franchie avant t_d

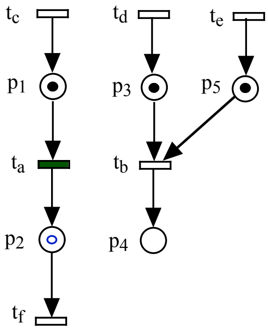




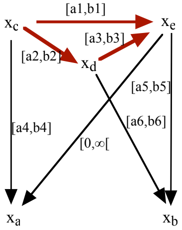
Réseau de contraintes Rt_a (2)

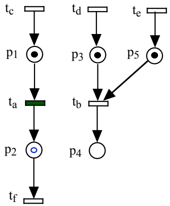
Pas de sémantique forte
Un jeton non utilisé devient un jeton mort
Il exprime un viol de contrainte

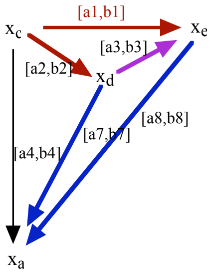


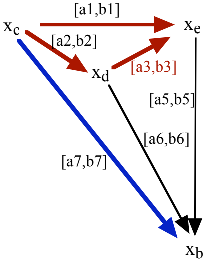


Classes restreintes









On a deux types de classes restreintes :

- Restreinte pour respecter l'entrelacement "t_a après t_e"
- Restreinte pour exprimer la synchronisation "t_e franchissable"

Premières conclusions

1. Les réseaux de contraintes temporelles forment un cadre général facilement adaptable
2. Pour passer d'un réseau t-temporel à un réseau p-temporel, on doit changer l'expression de certaines contraintes, mais les calculs et les problèmes (classes restreintes) sont en fait analogues
3. On peut même imaginer combiner les deux

Question ?

Rôle de la sémantique d'entrelacement

Premières conclusions

1. Les réseaux de contraintes temporelles forment un cadre général facilement adaptable
2. Pour passer d'un réseau t-temporel à un réseau p-temporel, on doit changer l'expression de certaines contraintes, mais les calculs et les problèmes (classes restreintes) sont en fait analogues
3. On peut même imaginer combiner les deux

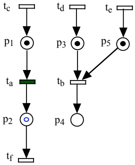
Question ?

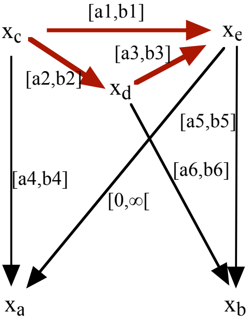
Rôle de la sémantique d'entrelacement

Abandon de la sémantique d'entrelacement

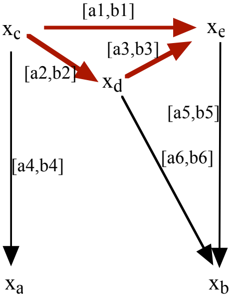
Réseau de contraintes des transitions (1)

On ne suppose pas que t_a est franchie avant t_d
On *examine* le franchissement de t_a avant celui de t_d





devient



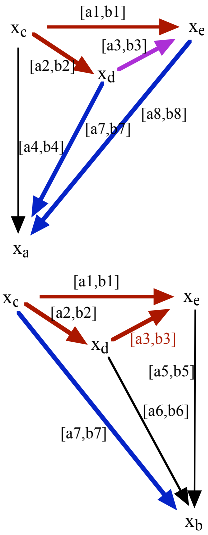
Réseau de contraintes des transitions (2)

On a les mêmes schémas, en plus simple

Le franchissement de t_a ne peut plus induire de classe restreinte

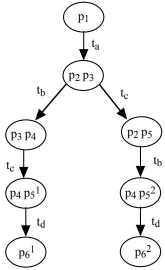
Dans les classes, il ne s'agit plus de marquages accessibles, car rien ne garantit que les contraintes temporelles permettront d'atteindre ces marquages

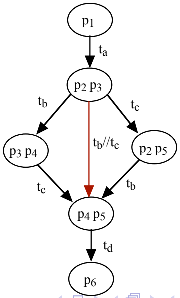
A réserver pour des analyse de *séquence* car les états ne sont plus explicités.

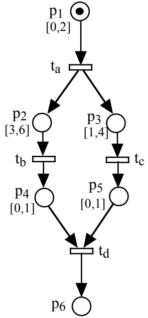


Comparaison

1. Cas de l'entrelacement :
   deux classes associées au marquage $p_4\, p_5$
2. Cas du parallélisme vrai :
   une seule classe associée à la "situation" $p_4\, p_5$
3. La caractérisation de la séquence ne dépend pas du chemin
   Démarche "pas couvrants" possible
4. La commutativité des transitions parallèles semble perdue dans le cas de l'entrelacement







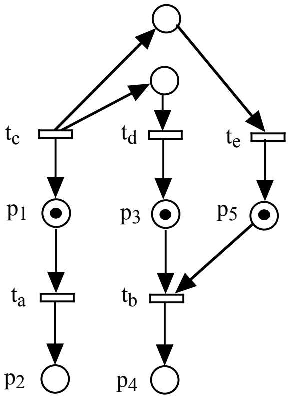
Et si l'on cherchait à se rapprocher d'une démarche de type preuve ?

Passage du numérique aux ordres partiels
caractérisation des relations de causalité/précédence

Classe d'étapes de calcul

Exemple ci-contre :

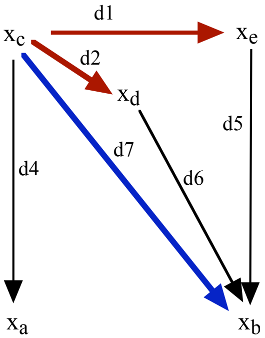
- Etape courante : $p_1 \otimes p_3 \otimes p_5$
  Trans. sensibilisées : t_a et t_b
- Les variables des événements ayant produit les jetons : x_c, x_d et x_e
- Certaines relations de précédence existant entre des variables : (x_c, x_d) et (x_c, x_e) par ex.

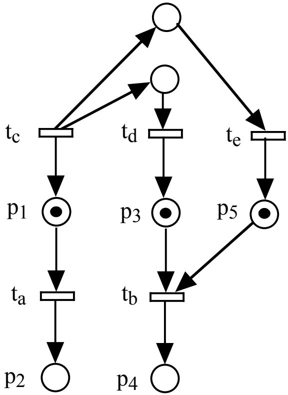


Il n'y a pas nécessairement de variable associée au dernier franchissement : (t_e donne x_e)

Réseaux de contraintes associés aux franchissements

On suppose que t_d est franchie avant t_a





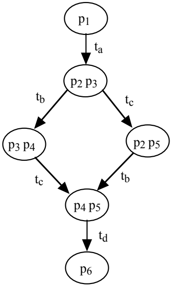
Floyd-Warshall $\Longrightarrow$ fermeture transitive rel. préc. = ordre partiel

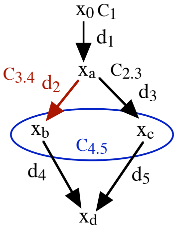
Retour sur l'exemple précédent

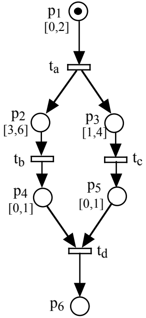
Chaque place (jeton) entre deux transitions induit une relation de précédence entre deux franchissements

Avec le parallélisme vrai on conserve la commutatitivité entre t_b et t_c.

Aucune relation de précédence entre x_b et x_c dans la classe $C_{4.5} = p_4 \otimes p_5$







Conclusion

On est très proche de l'analyse des relations de causalités par la logique linéaire

1. Un jeton produit par un tir et consommé par un autre produit une relation de précédenec entre les deux tirs.
2. Le numérique peut être introduit le plus tard possible.
3. Dans ce cas on retrouve le cas du graphe des classes avec parallélisme vrai.
4. Seule différence par rapport à la Logique Linéaire : on calcule la fermeture transitive des relations de précédence à chaque pas pour mieux caractériser les classes d'étapes de preuve.

Conclusion générale

Conclusion générale (1)

1. Avec les réseaux de contraintes temporelles simples on peut facilement modifier les types de contraintes et les sémantiques opérationnelles.
2. Nous avons ainsi pu montrer qu'il y avait un ensemble d'approches possibles qui font qu'il n'y a aucune rupture entre le graphe des classes pour les réseaux t-temporels et la preuve de séquents de Logique Linéaire pour les réseaux p-temporels.
3. La différence entre vérification de modèle (fondée sur un processus énumératif) et preuve n'est finalement pas si brutale (énumération de classes de plus en plus abstraites).
4. Il est donc possible de combiner les approches et les modèles (sémantique forte localisée aux conflits par exemple).

Conclusion générale (2)

1. L'introduction du temps et de la sémantique opérationnelle d'entrelacement rend difficile la maîtrise de l'explosion combinatoire due au parallélisme.
2. Par contre la sémantique opérationnelle du parallélisme vrai permet la définition correcte des contraintes associées aux dates de tir dans un *scénario*.
3. On peut de ce fait généraliser une approche du type "pas couvrants"
4. On peut également retarder la prise en compte des valeurs numériques et se rapprocher du calcul de séquents en Logique Linéaire

C’est fini !

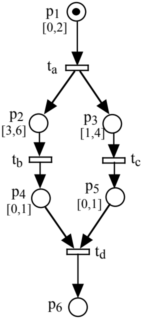
Je vous remercie de votre attention

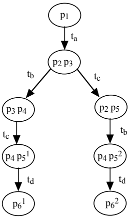
et je suis prêt à répondre à d’éventuelles questions

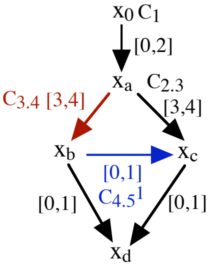
Annexe

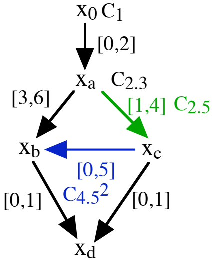
Détails sur l'exemple

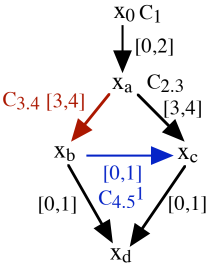
Séquence et classes avec entrelacement

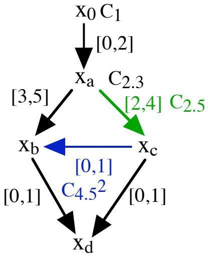












Séquence et classes avec parallélisme vrai