

Réseaux de Petri Théorie et Applications

Robert Valette

LAAS-CNRS Toulouse

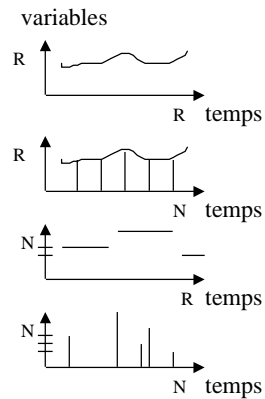
e-mail : robert@laas.fr
<http://www.laas.fr/~robert/>

Plan

- **1. Introduction**
 - 1.1 Définition d'un système à événements discrets
 - 1.2 Différences entre logiques combinatoire et séquentielle
 - 1.3 Automate à états finis
 - 1.4 Limite des automates à états finis
 - 1.5 Réseaux de Petri (historique et applications)
- **2. Introduction informelle**
- **3. Définitions**
- **4. Analyse**
- **5. Interprétation / Grafctet**

1.1 Système à événements discrets (1)

- **Systèmes continus**
 - variables d'état continues et temps continu
- **Systèmes échantillonnés**
 - variables d'état continues et temps discret
- **Systèmes discrets**
 - variables d'état discrètes et temps continu
- **Systèmes à événements discrets**
 - variables d'état discrètes et temps discret
 - Cas particulier : le domaine des variables est $\{0,1\}$



1.1 Système à événements discrets (2)

Expression mathématique / temps

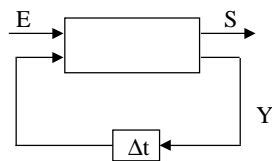
- **Dans le cas des systèmes à états continus**
 - système d'équations algébriques (temps non explicite)
 - système de fonctions explicites du temps
 - système d'équations algébro-différentielles - permet de définir la dynamique
- **Dans le cas des systèmes à états discrets**
 - système d'équations booléennes, logique combinatoire
 - ensemble de variables booléennes fonctions du temps
 - automate fini, logique séquentielle, système à événements discrets

1.2 Logique combinatoire /séquentielle



$S = f(E)$ f s'exprime avec "et" et "ou"

Combinatoire



$S(tn) = f(E(tn-1), Y(tn-1))$
 $Y(tn) = g(E(tn-1), Y(tn-1))$

Séquentielle

f et g avec "et" et "ou" mais entre $tn-1$ et tn il faut une mémoire

mémoire

1.3 Automate fini (1)

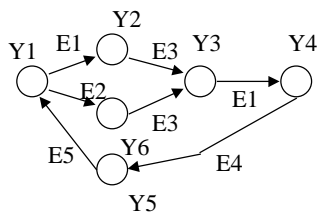
- **Système à événements discrets avec variables dans $\{0,1\}$**
- **Les variables internes "codent" des états**
 - Un état par variable pour rester simple
 - $Y1 = 1$ pour l'état 1, $Y2 = 1$ pour l'état 2 etc... (les autres $Yi = 0$)
- **On se restreint à un ensemble fini d'états**
- **Dans un état on est "réceptif" à un petit nombre de variables d'entrée**

1.3 Automate fini (2)

• **Définition :**

C'est un triplet (E, Y, F)

- Y : Ensemble fini d'états
- E : Ensemble fini d'entrées
- F : fonction "états suivants", $F : Y \times E \rightarrow Y$ (ou pas d'arc)

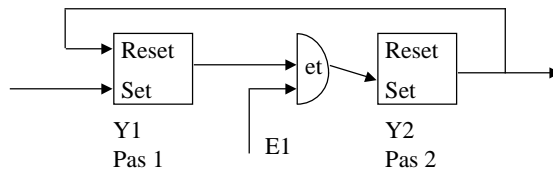


$Y = \{Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6\}$
 $E = \{E1, E2, E3, E4, E5\}$

A chaque instant un seul $Y_i = 1$ (état courant)
 tous les autres sont = 0

1.3 Automate fini (3)

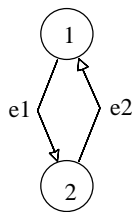
• **En pratique (exemple de "mise en œuvre")**



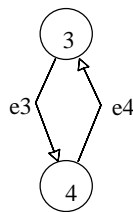
Notion de séquence : le Pas 1 avant le pas 2,
 Un élément mémoire par pas

1.4 Limite des automates finis (1)

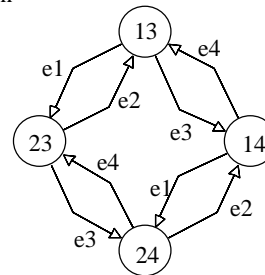
- **Explosion combinatoire des états**
 - indépendance et décomposition \Leftrightarrow communication



automate 1



automate 2



machine globale

1.4 Limite des automates finis (2)

- **La complexité des systèmes à événements discrets vient de :**
 - coopération : les automates décrivent des processus ayant un but commun
 - compétition : les automates partagent des ressources
- **Pseudo parallélisme - entrelacement (interleaving)**
 - les événements sont tous ordonnés (ordre total), temps linéaire
- **Parallélisme vrai**
 - évolutions simultanées des processus, indépendance entre des horloges locales
 - les événements ne sont reliés que par des relations d'ordre partiel
- **Risque de blocage mortel, incohérence dans les communications**

1.5 Réseaux de Petri (1)

Idées de départ de Carl Adam Petri

- **Un ensemble d'automates à états finis qui communiquent**
- **Avoir à la fois le représentation des automates**
 - indépendance des évolutions internes
- **Et celle des communications par les mêmes primitives**
 - communications asynchrones par échange de messages
 - communication synchrones par rendez-vous, synchronisations, ressources partagées

=> **Graphes avec 2 types de nœuds "états" et "transitions"**

1.5 Réseaux de Petri (2)

Histoire

- **1962 thèse de Carl Adam Petri à Darmstadt, Bonn**
- **1968-1976 Anatol Holt, M.I.T. (Boston, U.S.A.)**
 - modèle graphique pour multi-processeurs de dimension variable
 - 1972 thèse de Vinton G. Cerf UCLA idées analogues
- **1975 => France et Allemagne**
- **1980 Première conférence à Strasbourg**

1.5 Réseaux de Petri (3)

Domaines d'application :

- **1977 Systèmes de production, Autom. Prog. Ind., Grafset**
 - 1980 Evaluation des performances, simulation à évén. discrets
- **1980 Validation de protocoles de communication**
- **1986 Systèmes temps réels, sys. distribués, génie logiciel**
- **1986 Systèmes d'information, gestion, interfaces homme-machine**
- **1989 Modèles de raisonnement, planification**