
Introduction
oooooooo

Systèmes à événements discrets
oooooooooooooooooooooooooooo

Systèmes Hybrides
oooooooo

Suivi de l'activité de Pilotage
oooooo

Suivi de Situation AU311 - Opération et Supervision

Charles Lesire-Cabaniols (ONERA / DCSD)
charles.lesire@onera.fr

3A-SEM - 2010-2011

SEM AU311 - Suivi de Situation

Introduction ○○○○○○○	Systèmes à événements discrets ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○	Systèmes Hybrides ○○○○○○○○○	Suivi de l'activité de Pilotage ○○○○○○○	Introduction ○○○○○○○	Systèmes à événements discrets ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○	Systèmes Hybrides ○○○○○○○○○	Suivi de l'activité de Pilotage ○○○○○○○
-------------------------	--	--------------------------------	--	-------------------------	--	--------------------------------	--

Suivi de Situation AU311 - Opération et Supervision

Charles Lesire-Cabaniols (ONERA / DCSD)
charles.lesire@onera.fr

3A-SEM - 2010-2011

- Introduction
- Systèmes à événements discrets
- Systèmes Hybrides
- Suivi de l'activité de Pilotage

SEM AU311 - Suivi de Situation				SEM AU311 - Suivi de Situation			
Introduction ●○○○○○○○	Systèmes à événements discrets ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○	Systèmes Hybrides ○○○○○○○○○	Suivi de l'activité de Pilotage ○○○○○○○	Introduction ○●○○○○○	Systèmes à événements discrets ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○	Systèmes Hybrides ○○○○○○○○○	Suivi de l'activité de Pilotage ○○○○○○○
Autonomie				Suivi de l'état			

Autonomie Fonctions nécessaires

- ▶ Avant la mission :
 - ▶ Planification (véhicule)
 - ▶ Procédures (opérateur)
- ▶ En opération :
 - ▶ Supervision
 - ▶ (Re)Planification
 - ▶ Gestion des communications
 - ▶ Interfaces opérateur
 - ▶ Suivi de l'état

Suivi de l'état C'est quoi ?

- ▶ Suivi de l'état du véhicule
- ▶ Suivi de l'état de l'environnement
- ▶ Détection de pannes
- ▶ Diagnostic
- ▶ Évaluation de la situation
- ▶ Conscience de la situation
- ▶ Prédiction

SEM AU311 - Suivi de Situation				SEM AU311 - Suivi de Situation			
Introduction ○○●○○○○○	Systèmes à événements discrets ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○	Systèmes Hybrides ○○○○○○○○○	Suivi de l'activité de Pilotage ○○○○○○○	Introduction ○○○●○○○○○	Systèmes à événements discrets ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○	Systèmes Hybrides ○○○○○○○○○	Suivi de l'activité de Pilotage ○○○○○○○
Suivi de l'état				Suivi de l'état			

Conscience de situation

Situation awareness involves being aware of what is happening around you to understand how information, events, and your own actions will impact goals and objectives, both now and in the near future.

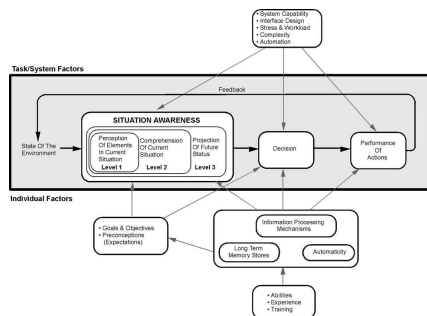
Suivi de l'état Pouquoi faire ?

- ▶ Pour :
 - ▶ Décider
 - ▶ Réagir, Alerter
 - ▶ Replanifier, Reconfigurer
- ▶ Sur la base :
 - ▶ des tâches, activités, procédures
 - ▶ de l'état de santé du véhicule
 - ▶ des ressources disponibles (dont communication)
 - ▶ de l'état de l'environnement
 - ▶ des actions de l'opérateur

SEM AU311 - Suivi de Situation				SEM AU311 - Suivi de Situation			
--------------------------------	--	--	--	--------------------------------	--	--	--

Introduction ○○○○●○○	Systèmes à événements discrets ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○	Systèmes Hybrides ○○○○○○○○○	Suivi de l'activité de Pilotage ○○○○○○○	Introduction ○○○○●○○	Systèmes à événements discrets ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○	Systèmes Hybrides ○○○○○○○○○	Suivi de l'activité de Pilotage ○○○○○○○
Suivi de l'état				Suivi de situation			

Conscience de situation



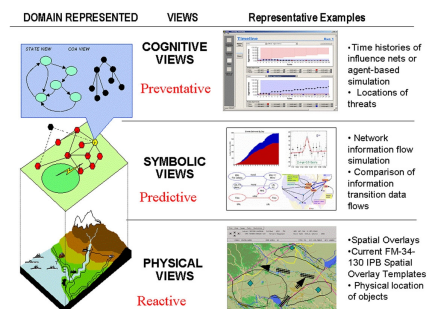
Place du Suivi de Situation chez l'opérateur (Endsley, 1995)

Suivi de situation

- Situation Awareness : *conscience de la situation (par l'opérateur)*
- Situation Assessment : *élaboration, évaluation de la situation (algorithmique)*
- 3 niveaux :
 1. Perception : acquisition des informations pertinentes, reconnaissance de situations élémentaires ;
 2. Compréhension : synthèse des situations perçues, interprétation par rapport aux modèles (environnement, tâches, procédures) ;
 3. Projection : prédiction de l'impact des actions en fonction de la situation et des modèles.

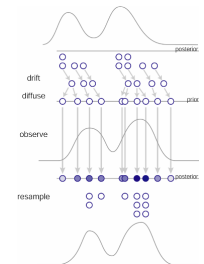
SEM AU311 - Suivi de Situation	SEM AU311 - Suivi de Situation
Introduction ○○○○●○○	Introduction ○○○○●○○
Systèmes à événements discrets ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○	Systèmes à événements discrets ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
Systèmes Hybrides ○○○○○○○○○	Systèmes Hybrides ○○○○○○○○○
Suivi de l'activité de Pilotage ○○○○○○○	Suivi de l'activité de Pilotage ○○○○○○○
Suivi de situation	Systèmes continus

Niveaux de situation (Waltz, 2000)



Approche systèmes continus

- Filtrage bayésien : estimation des variables d'un système soumis à des perturbations
Filtre de Kalman et ses extensions
- Filtrage particulaire : estimation de l'état par sélection des particules les plus cohérentes avec les observations



SEM AU311 - Suivi de Situation	SEM AU311 - Suivi de Situation
Introduction ○○○○○○○	Introduction ○○○○○○○
Systèmes à événements discrets ●○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○	Systèmes à événements discrets ●○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
Systèmes Hybrides ○○○○○○○○○	Systèmes Hybrides ○○○○○○○○○
Suivi de l'activité de Pilotage ○○○○○○○	Suivi de l'activité de Pilotage ○○○○○○○
Introduction	Chroniques

Approche systèmes à événements discrets

- Représentation symbolique de l'état du système
Ex. : *"le piéton se dirige vers le véhicule"*
"PA en mode climb"
- États, transitions, contraintes, incertitudes
- Mise en correspondance des observations avec le modèle

Chroniques

Définitions

- Modélisation d'une activité, d'une tâche, d'un comportement... sous forme de contraintes temporelles entre événements ;
- Algorithme de reconnaissance d'une activité à partir des événements perçus.
- <http://crs.elibel.tm.fr/>

SEM AU311 - Suivi de Situation	SEM AU311 - Suivi de Situation
--------------------------------	--------------------------------

Chroniques

Définitions

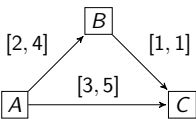
Chronique (Dousson *et al.*, 1993)

Un modèle de chronique C est un couple (S, T) avec

- S un ensemble d'événements
- T l'ensemble des contraintes entre les instants de ces événements.

Chroniques

Exemple (Vu Duong, 2001)

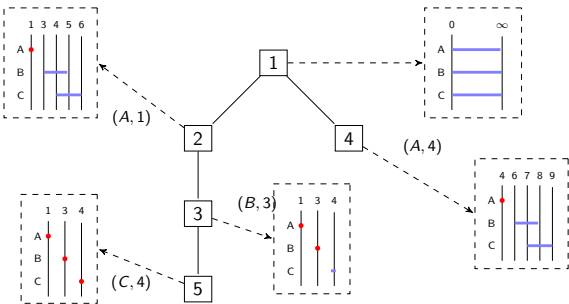


```

chronicle Ch {
    event(A, ta) ;
    event(B, tb) ;
    event(C, tc) ;

    tb - ta in [2, 4] ;
    tc - ta in [3, 5] ;
    tc - tb in [1, 1] ;
}
    
```

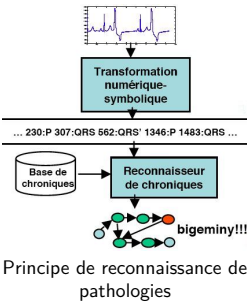
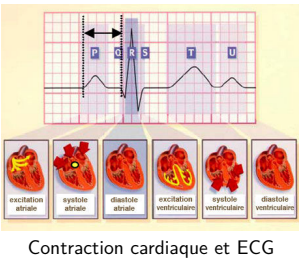
Reconnaissance de Chroniques



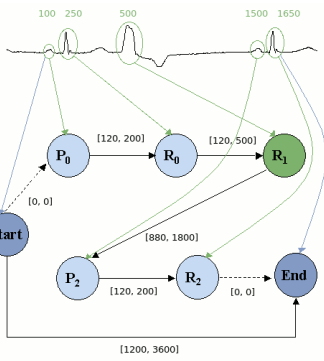
Reconnaissance de Chroniques

- Propagation de contraintes,
- Factorisation de l'arbre,
- Notion de "sous-chronique".
- Méthodes d'apprentissage de chroniques...
- Application à la détection de fautes dans les réseaux de télécommunications.

Diagnostic d'arythmies cardiaques (Quiniou *et al.*, 2008)



Diagnostic d'arythmies cardiaques (Quiniou *et al.*, 2008)



Reconnaissance d'activités sur vidéos (Rota et Thonnat, 2000)



Reconnaissance d'une scène de prise d'hotage dans une banque

Automates

- ▶ Approche "systémique",
- ▶ Modélisation du comportement,
- ▶ Utilisation des événements pour "jouer" l'automate.

Automates

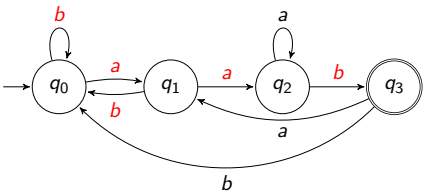
Définition

Automate

Un **automate** est un 4-uplet $A = (\Sigma, Q, Q_0, T)$:

- ▶ Σ est un alphabet fini,
- ▶ Q est l'ensemble des places (états, lieux, localités),
- ▶ Q_0 est l'ensemble des places initiales,
- ▶ $T \subset Q \times \text{Sigma} \times Q$ est la fonction de transition.

$e = \langle q, a, q' \rangle$ est une transition de la place q vers la place q' étiquetée par la lettre a .



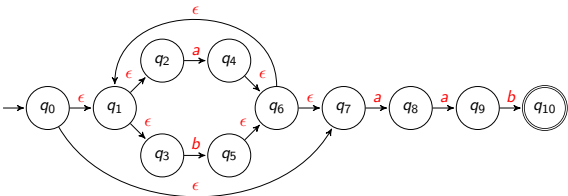
$\Sigma \leftarrow$ ***b a b a a b***

Automates

Non-déterminisme

Non-déterminisme

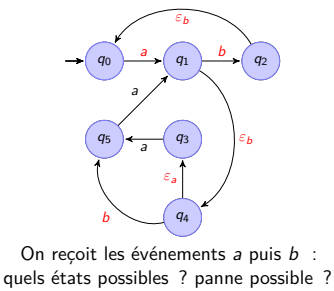
- ▶ Événements non-observables (ex. : pannes),
- ▶ Effets non-déterministes,
- ▶ Différentes modélisation (**ensembliste**, probabiliste, floue...)



$\Sigma \leftarrow$ ***b a b a a b***

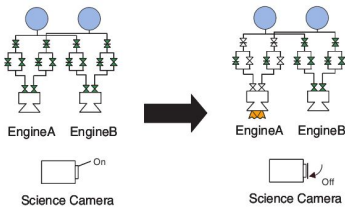
Automates

Exemple : Détection de pannes



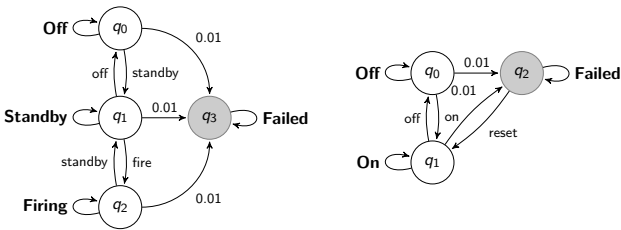
Automates

Exemple : Rover martien (Williams et al., 2004)



Automates

Exemple : Rover martien (Williams et al., 2004)

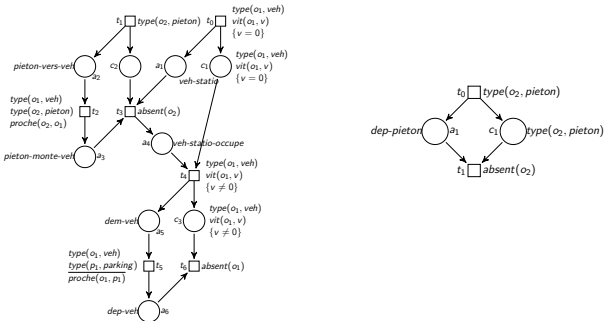


- Modèle riche (extension temporelles, probabilistes...),
- Estimation de l'état discret,
- Détection de modes défaillants.

Kalmansymbo (Tessier, 2003)

- Basé sur les réseaux de Petri,
- Principe d'estimation récursif (prédiction/recalage),
- Basé sur les similitudes entre propriétés.

Kalmansymbo (Tessier, 2003)

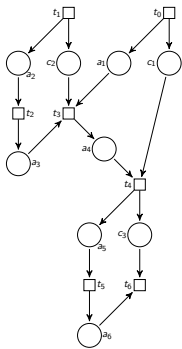


Modèles de Départ-Véhicule (gauche) et Déplacement-Piéton (droite)

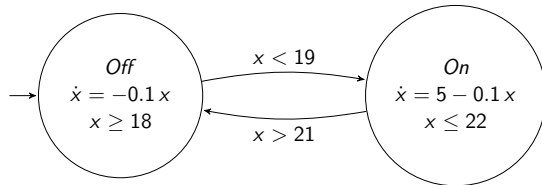
Kalmansymbo (Tessier, 2003)



- ▶ Image acquise et traitée.
- ▶ Un piéton se déplace vers un véhicule.
- ▶ Le piéton est proche du véhicule.
- ▶ Le piéton disparaît de l'image.
- ▶ Le véhicule se déplace.



Automates hybrides (Alur *et al.*, 1993)



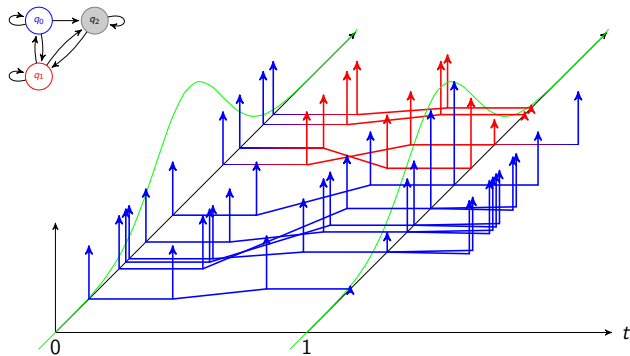
Automate hybride d'un thermostat

Automates hybrides

- Mesure **numérique** → vecteur d'état du système,
 - Technique de filtrage numérique,
 - Situation : état de l'automate
- ⇒ Estimation de mode.
- Automates hybrides probabilistes + filtres de Kalman (Hofbauer et Williams, 2002),
 - Automates hybrides + filtrage particulaire (Koutsoukos *et al.*, 2003).

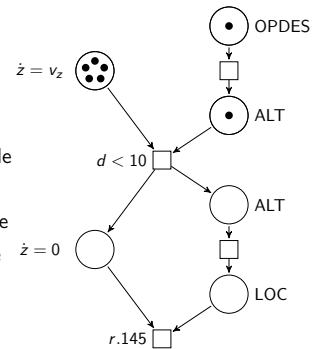
Automates hybrides

Filtrage particulaire

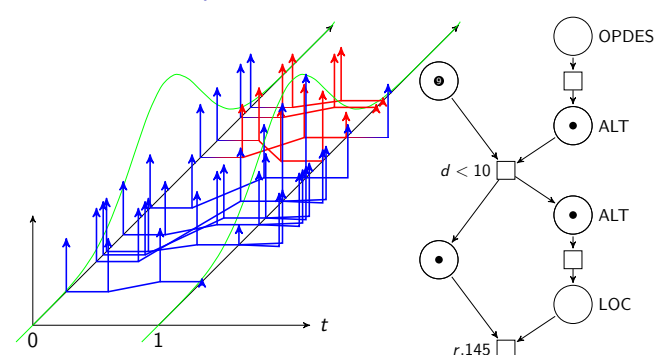


Réseaux de Petri particulières (Lesire et Tessier, 2005)

- RdP → dynamique discrète
- Marquage → état discret
- Jeton numérique → état hybride
- Eq. Dif. → dynamique hybride
- Particules → incertitude hybride
- Macro-marquage → incertitude symbolique

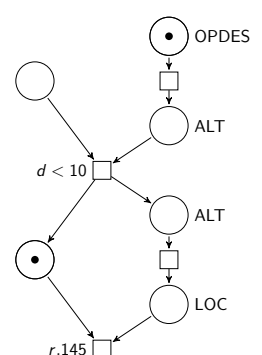


Réseaux de Petri particulières



Réseaux de Petri particulières

- Modèle riche
 - Pas d'interaction continu/discret lors du recalage
- ⇒ détection d'incohérences

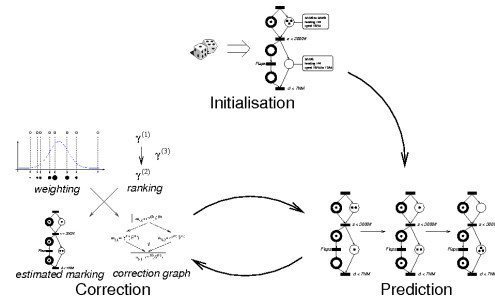


Introduction ○○○○○○○○	Systèmes à événements discrets ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○	Systèmes Hybrides ○○○○○○●○○	Suivi de l'activité de Pilotage ○○○○○○	Introduction ○○○○○○○○	Systèmes à événements discrets ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○	Systèmes Hybrides ○○○○○○○○●○○	Suivi de l'activité de Pilotage ○○○○○○
Réseaux de Petri hybrides				Réseaux de Petri hybrides			

Réseaux de Petri particulières

- ▶ Places numériques, associées à des équations d'évolution (modes continus) ;
- ▶ Places symboliques, associées à des configurations (modes discrets) ;
- ▶ Transitions représentant les changements de mode, selon :
 - ▶ l'évolution continue (gardes sur les paramètres du vecteur d'état) ;
 - ▶ l'évolution discrète (actions / événements externes) ;
- ▶ Marquage hybride :
 - ▶ jetons **noirs** dans les places symboliques (modes discrets possibles du système)
 - ▶ **particules** dans les places numériques (distribution sur le vecteur d'état)

Réseaux de Petri particulières



SEM AU311 - Suivi de Situation				SEM AU311 - Suivi de Situation			
Introduction ○○○○○○○○	Systèmes à événements discrets ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○	Systèmes Hybrides ○○○○○○○○●○○	Suivi de l'activité de Pilotage ○○○○○○	Introduction ○○○○○○○○	Systèmes à événements discrets ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○	Systèmes Hybrides ○○○○○○○○○○	Suivi de l'activité de Pilotage ●○○○○○
Réseaux de Petri hybrides				Ghost			

Réseaux de Petri particulières

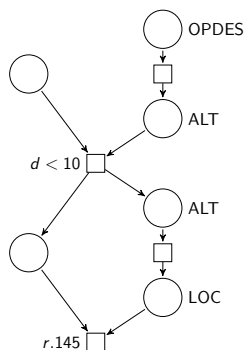
Suivi de l'activité de pilotage (Dehais *et al.*, 2005)

- ▶ nombre de particules dans $p = \frac{|M(p)|}{N}$ = probabilité d'être dans le mode numérique associé à p
- ▶ On agrège donc cette information, pour avoir :
 - ▶ une proba pour chaque place numérique
 - ▶ un classement pour chaque place symbolique
- ▶ On regarde le couple (p, q) le plus vraisemblable : \rightarrow est-il accessible depuis le marquage initial ?

- ▶ Le système avion-pilote est **hybride** :
 - ▶ Dynamique continue de l'avion,
 - ▶ Actions discrètes du pilote.
- ▶ Modélisation sous forme de **réseau de Petri particulière**
- ▶ Intégration de mécanisme de détection de conflits

SEM AU311 - Suivi de Situation				SEM AU311 - Suivi de Situation			
Introduction ○○○○○○○○	Systèmes à événements discrets ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○	Systèmes Hybrides ○○○○○○○○○○	Suivi de l'activité de Pilotage ●○○○○○	Introduction ○○○○○○○○	Systèmes à événements discrets ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○	Systèmes Hybrides ○○○○○○○○○○	Suivi de l'activité de Pilotage ○○●○○○
Ghost				Ghost			

Suivi de l'activité de pilotage



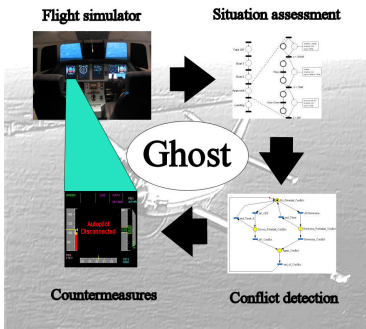
- ▶ Modélisation de la trajectoire avion
- ▶ De sa configuration (volets, train...)
- ▶ Du comportement du PA (modes, transitions)
- ▶ Des actions pilotes (en lien avec PA / conf.)
- ▶ Détection d'**incohérences**
- ▶ Identification de modes **défaillants**

Suivi de l'activité de pilotage

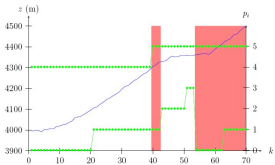
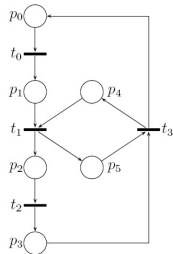


SEM AU311 - Suivi de Situation				SEM AU311 - Suivi de Situation			
--------------------------------	--	--	--	--------------------------------	--	--	--

Suivi de l'activité de pilotage



Suivi de l'activité de pilotage



Estimation et détection d'incohérences
→ incohérence détectée à partir de $t = 60$

Suivi de l'activité de pilotage

Conclusion

- Formalisme pour le suivi du comportement avion–pilote
- Détection d'incohérences → conflits
- Prédiction de conflits
- Utilisation de données physio pour l'état du pilote
- Assistance au pilotage (présentation des infos estimation)
- Automatisation (partielle) de certaines procédures