

Surveillance et maintenance prédictive : évaluation de la latence de fautes

Zineb SIMEU-ABAZI

Univ. Joseph Fourier, (LAG)

SURVEILLANCE

*Analyser une situation et **fournir** des indicateurs*

→ *Détection de symptômes*

→ *Diagnostic*

MAINTENANCE PREDICTIVE

Face aux aléas en phase d'exploitation, l'objectif est d'exécuter une action de maintenance dès l'apparition d'une dégradation (maintenance préventive prévisionnelle)

LATENCE DE FAUTE

Entre l'indication d'une déviation et la demande d'une action de maintenance, il peut s'écouler un certain temps. Pendant tout ce temps, la faute est dite latente (non encore détectée).

Type de Systèmes

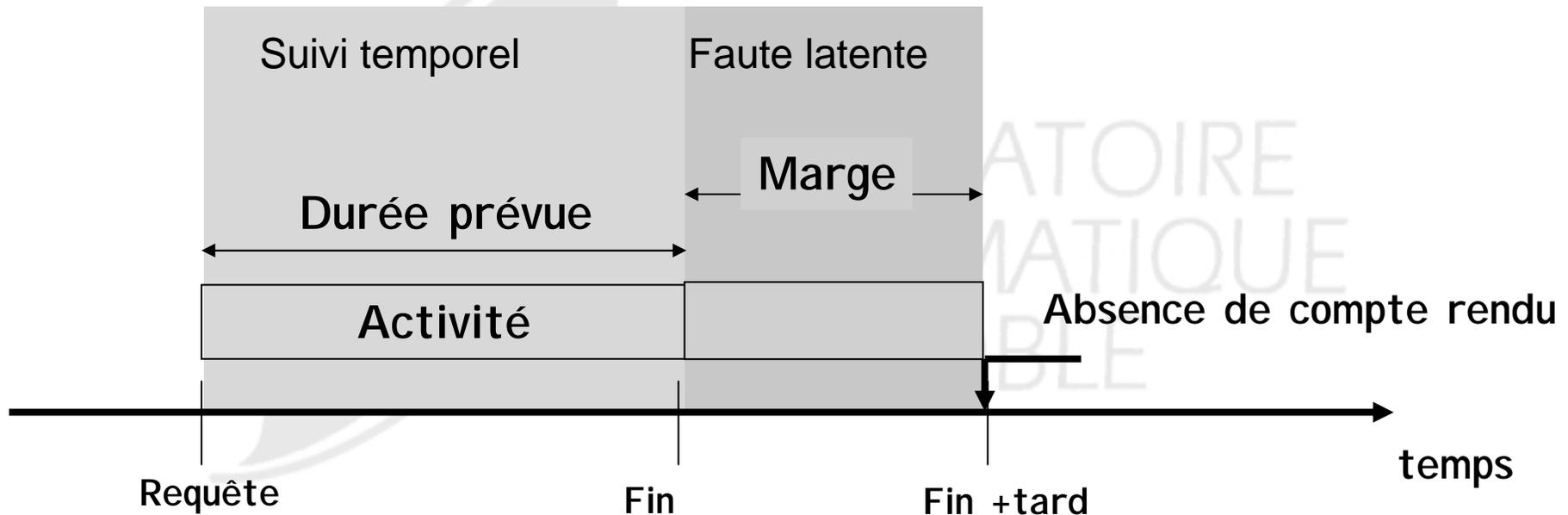
- Systèmes discrets
- Systèmes hybrides



Ensemble de tâches exécutées en séquence

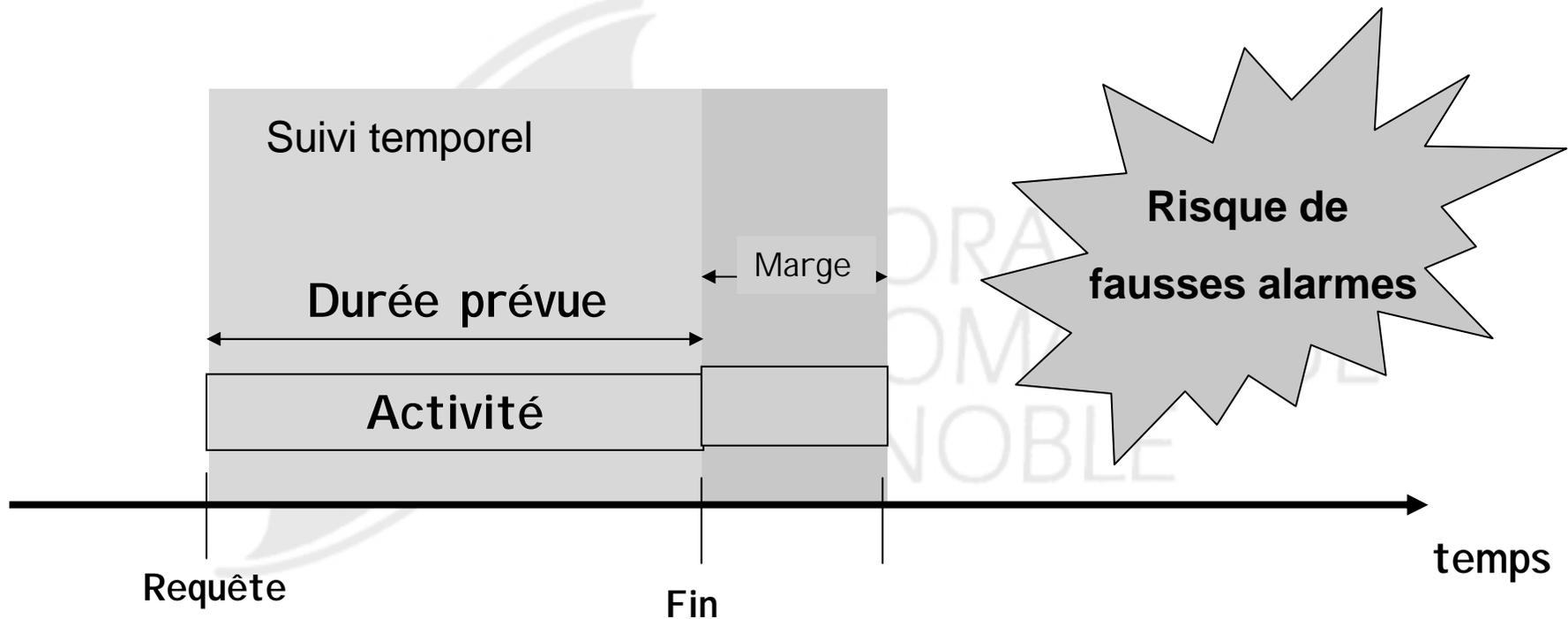
Principe de détection

Surveillance \Rightarrow **Suivi** de l'évolution temporelle d'une activité, donnant lieu à un ou plusieurs compte rendu à des dates prévisibles



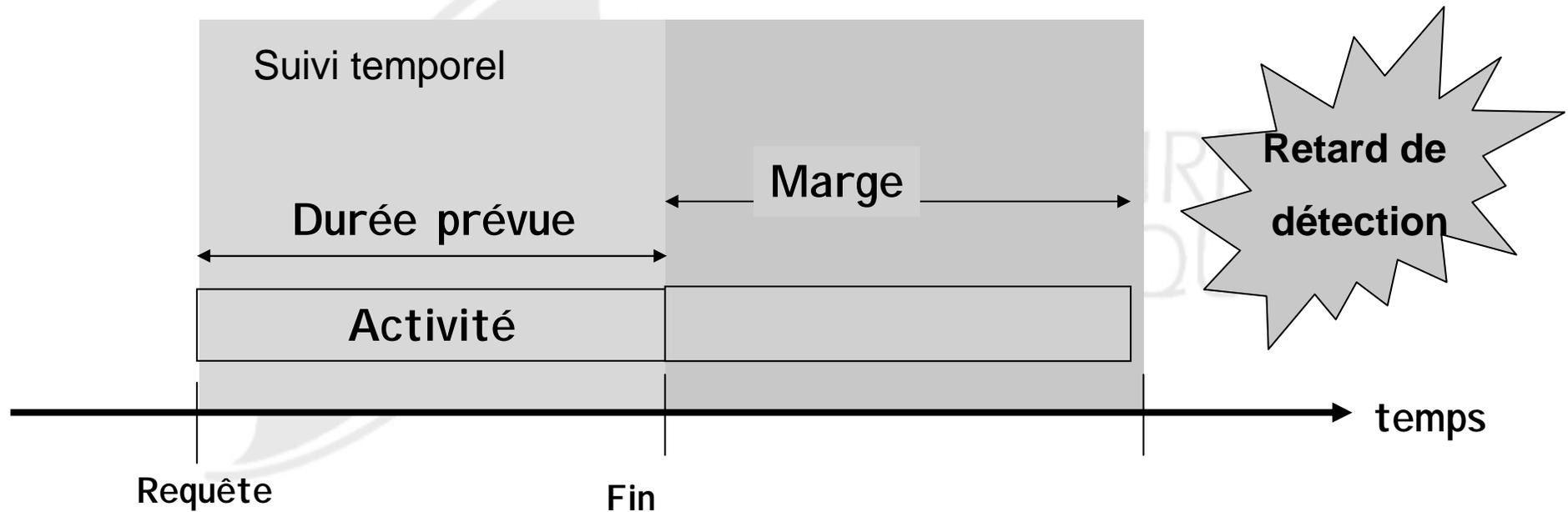
Principe de détection

Surveillance \Rightarrow **Suivi** de l'évolution temporelle d'une activité, donnant lieu à un ou plusieurs compte rendu à des dates prévisibles



Principe de détection

Surveillance \Rightarrow **Suivi** de l'évolution temporelle d'une activité, donnant lieu à un ou plusieurs compte rendu à des dates prévisibles

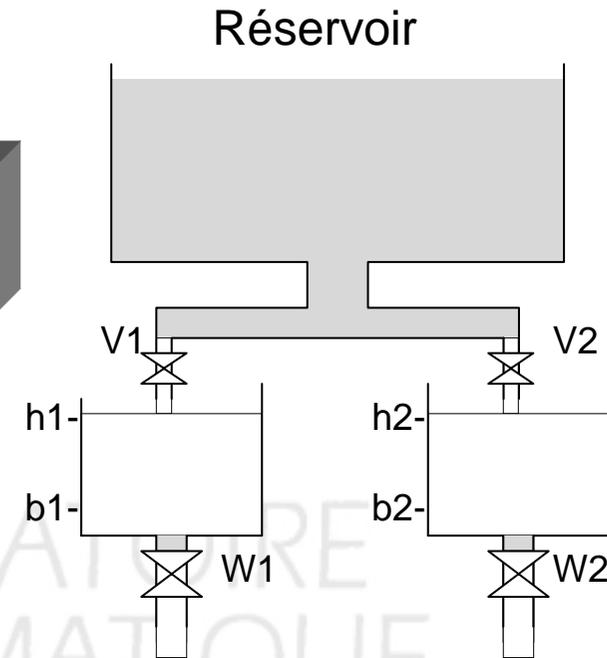
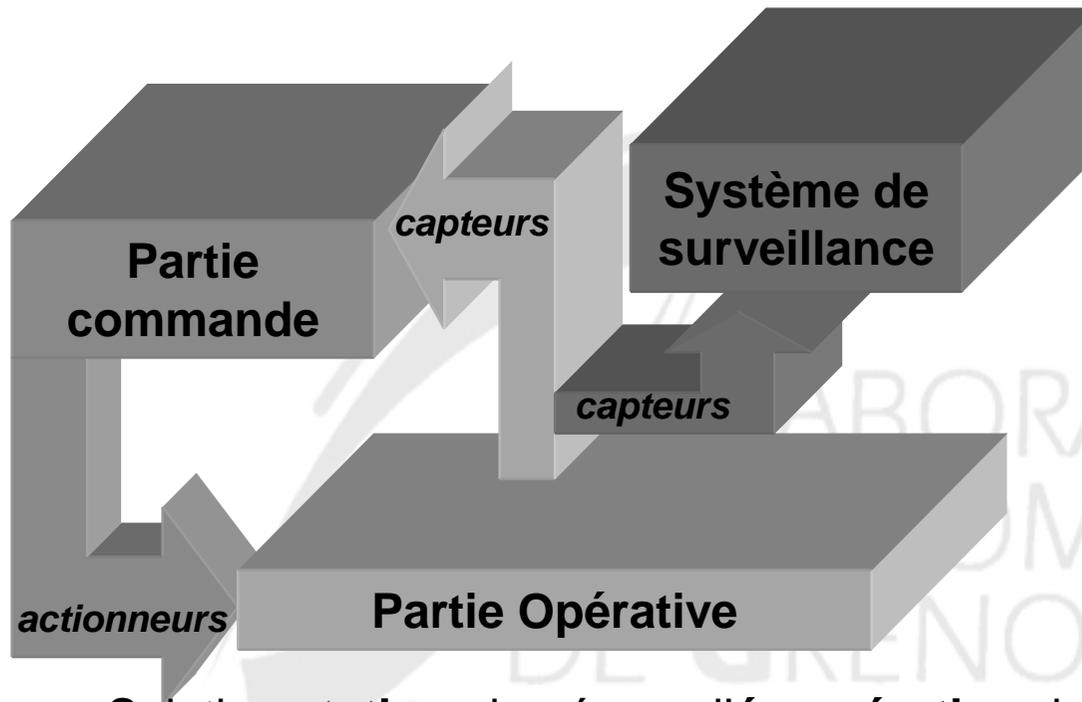


\Rightarrow Évaluation de la Marge = **latence de faute**

PLAN

- Surveillance: Méthodes classiques / Méthode proposée
- Outils de modélisation : automates temporisés
- Modèle du système de surveillance
- Applications à différents types de systèmes
- Évaluation de la latence de faute
- Évaluation des performances
- Extension pour le diagnostic

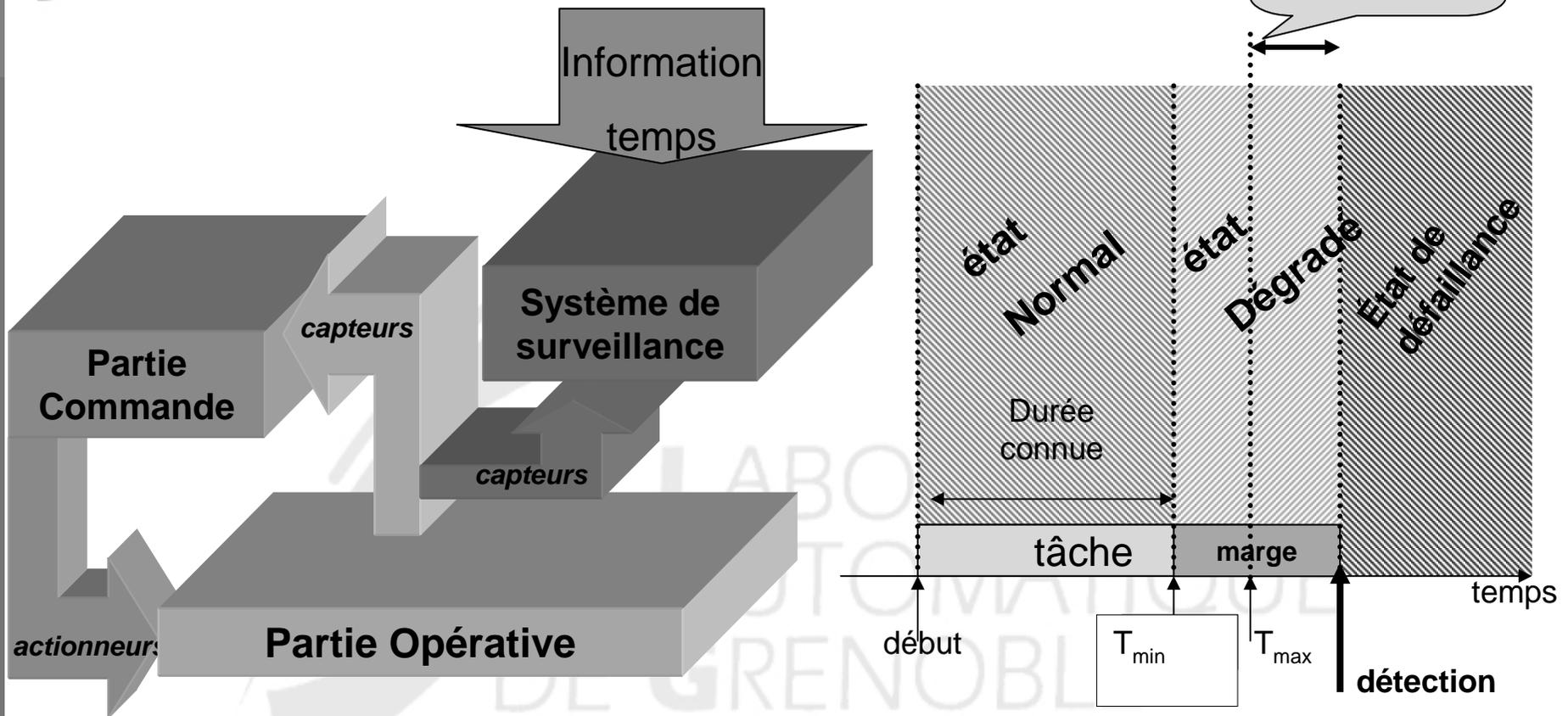
Méthodes classiques de surveillance



Solution **statique** basée sur l'**énumération** des états du système

- Une liste exhaustive des pannes possibles.
- Le système ne détecte que les pannes identifiées dans liste.
- les défaillances des capteurs non prise en compte.

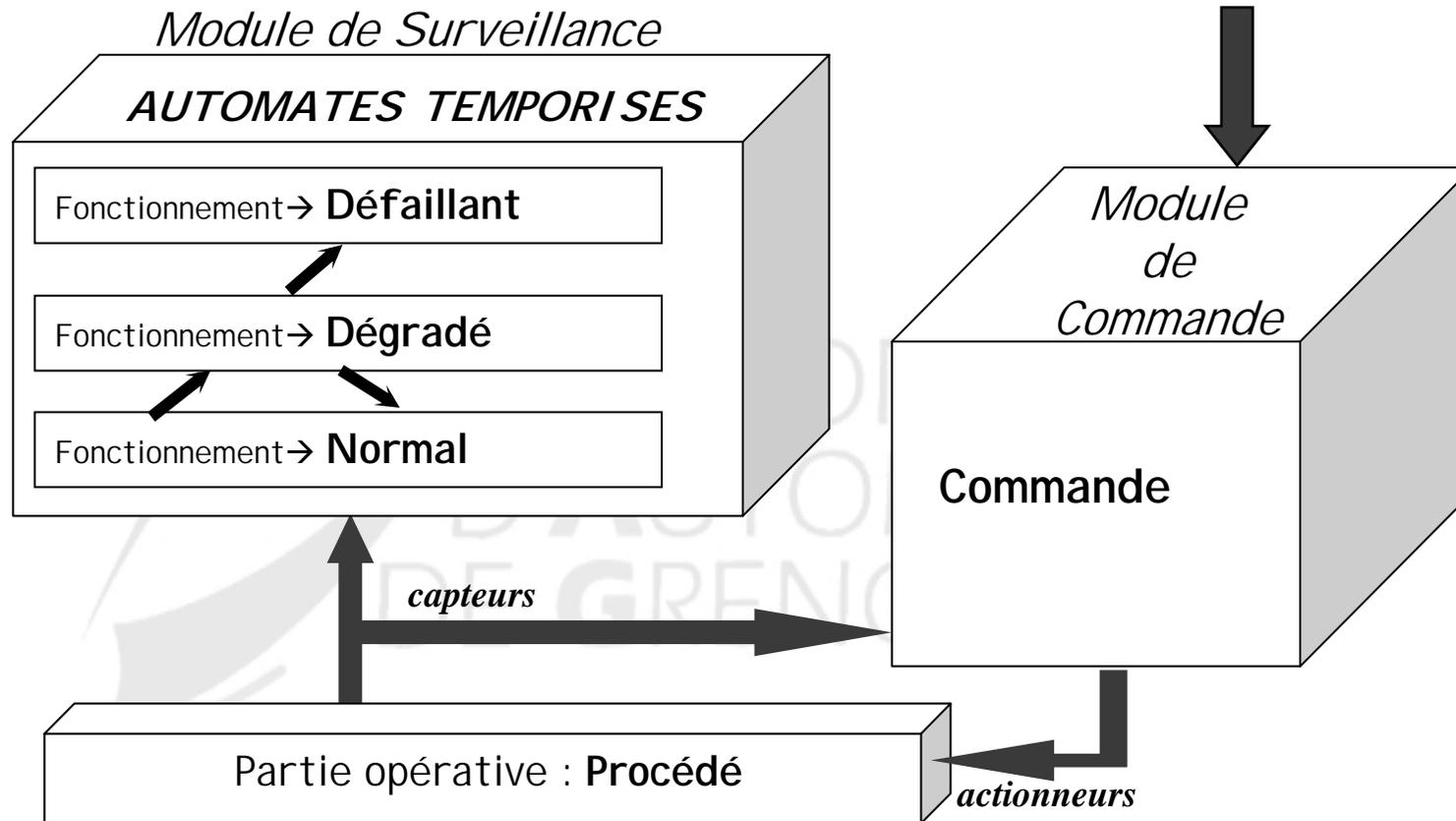
Méthode proposée



Solution proposée

- pas d'énumération des différents modes de défaillance
 - prise en compte de la dynamique du processus
 - optimisation du temps de détection

Surveillance et Commande



Démarche générale

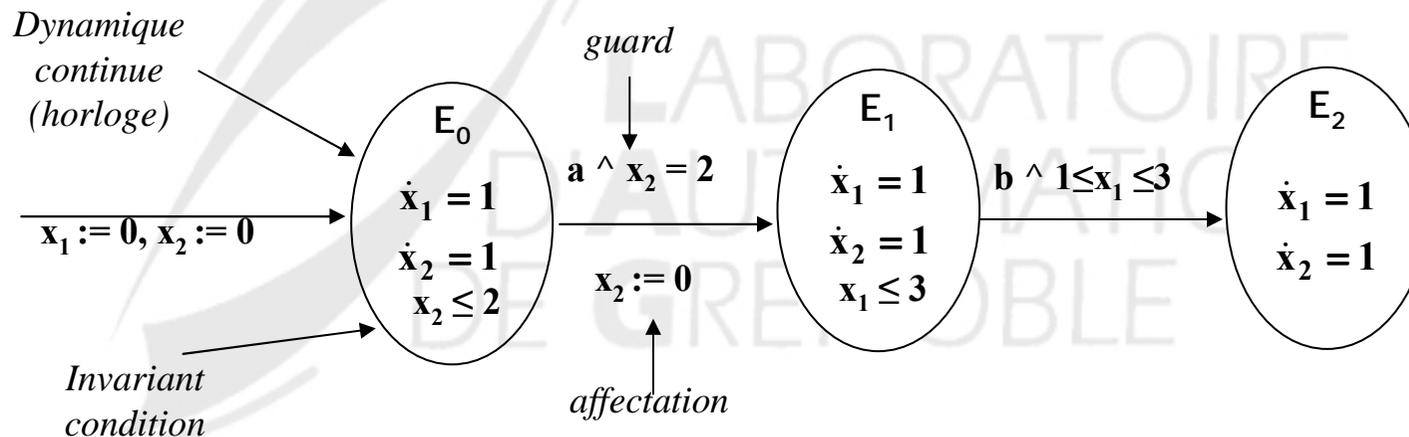
- Identification des paramètres à surveiller
- Détermination des marges
- Construction du modèle de surveillance
- Validation

Outil de modélisation

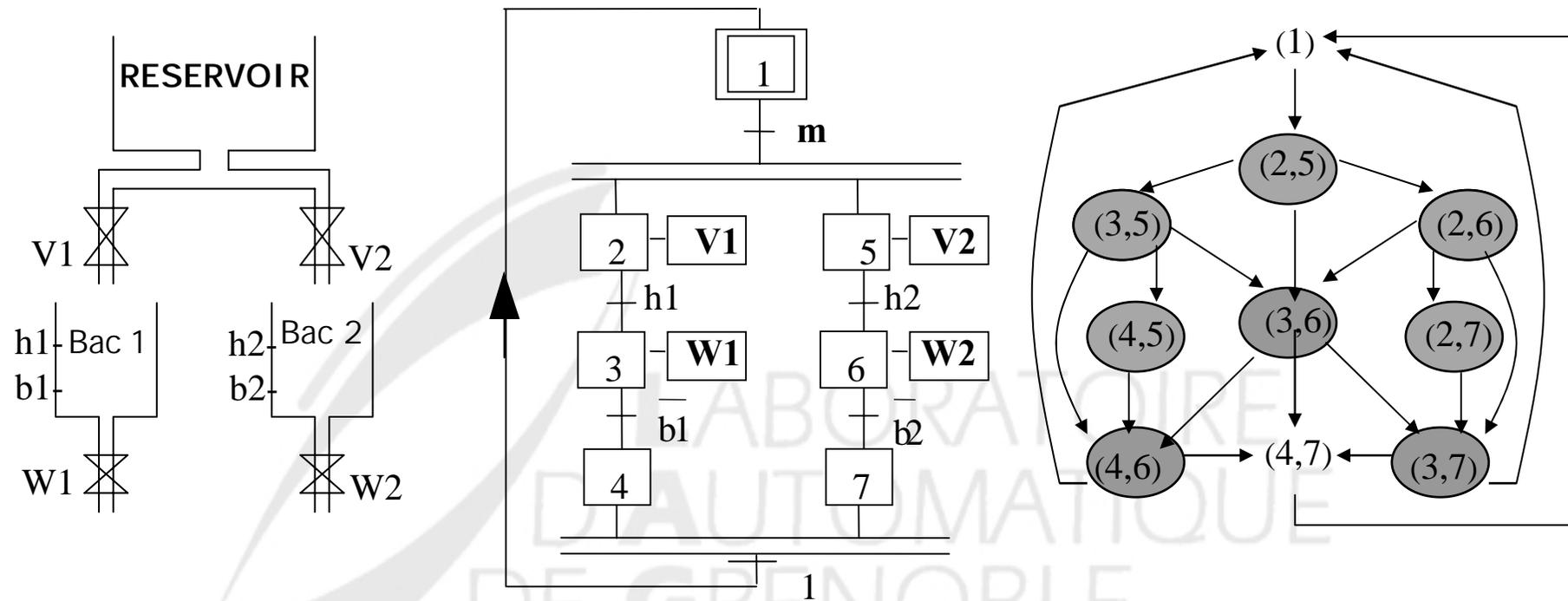
L'outil de modélisation doit représenter :

- l'ensemble des états discrets → la séquence de tâches
- l'ensemble des variables continues → temps

**Automate
Temporisé**



1^{ère} application: système de remplissage des bacs



Procédé



Graficet de commande

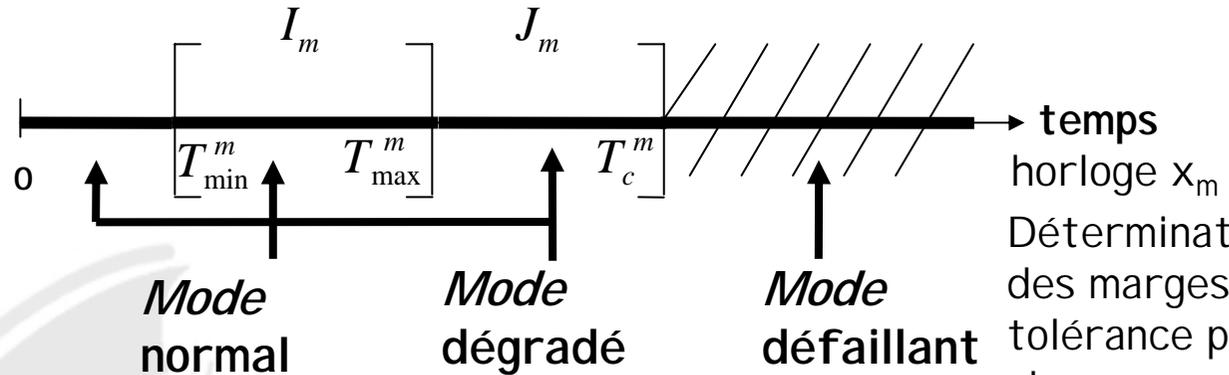
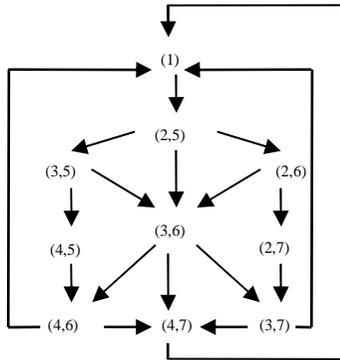


Graphe des situations

Objectif:

- détecter le débordement des bacs
- détecter la vidange totale des bacs

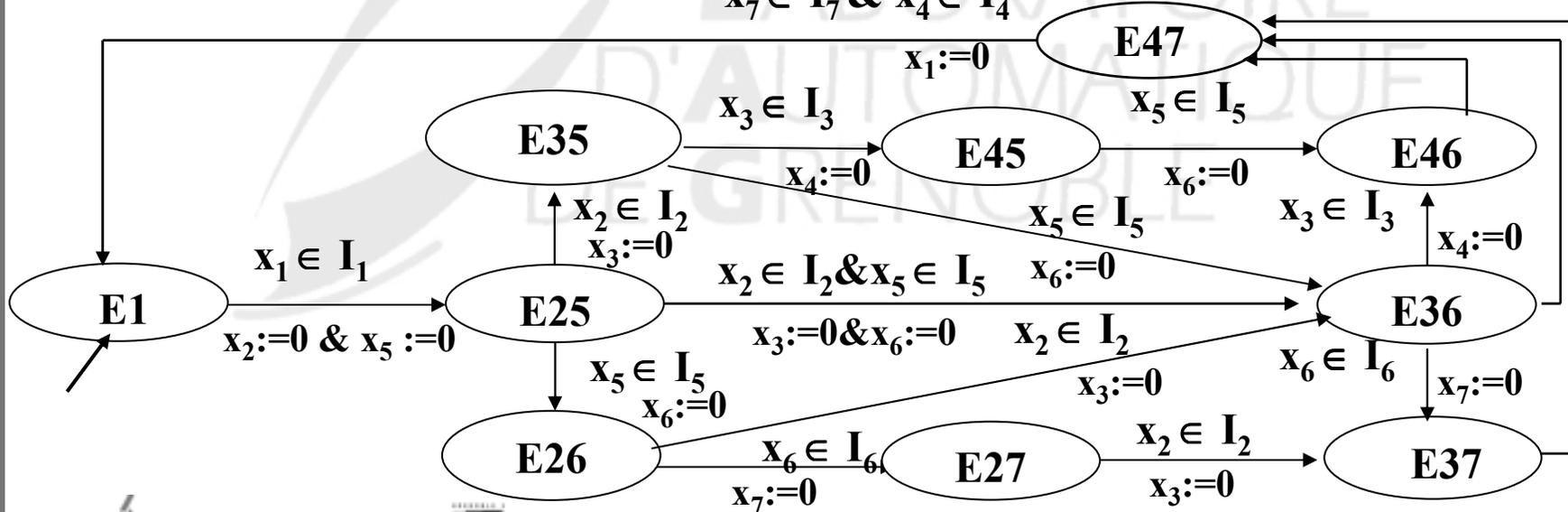
Modèle dynamique



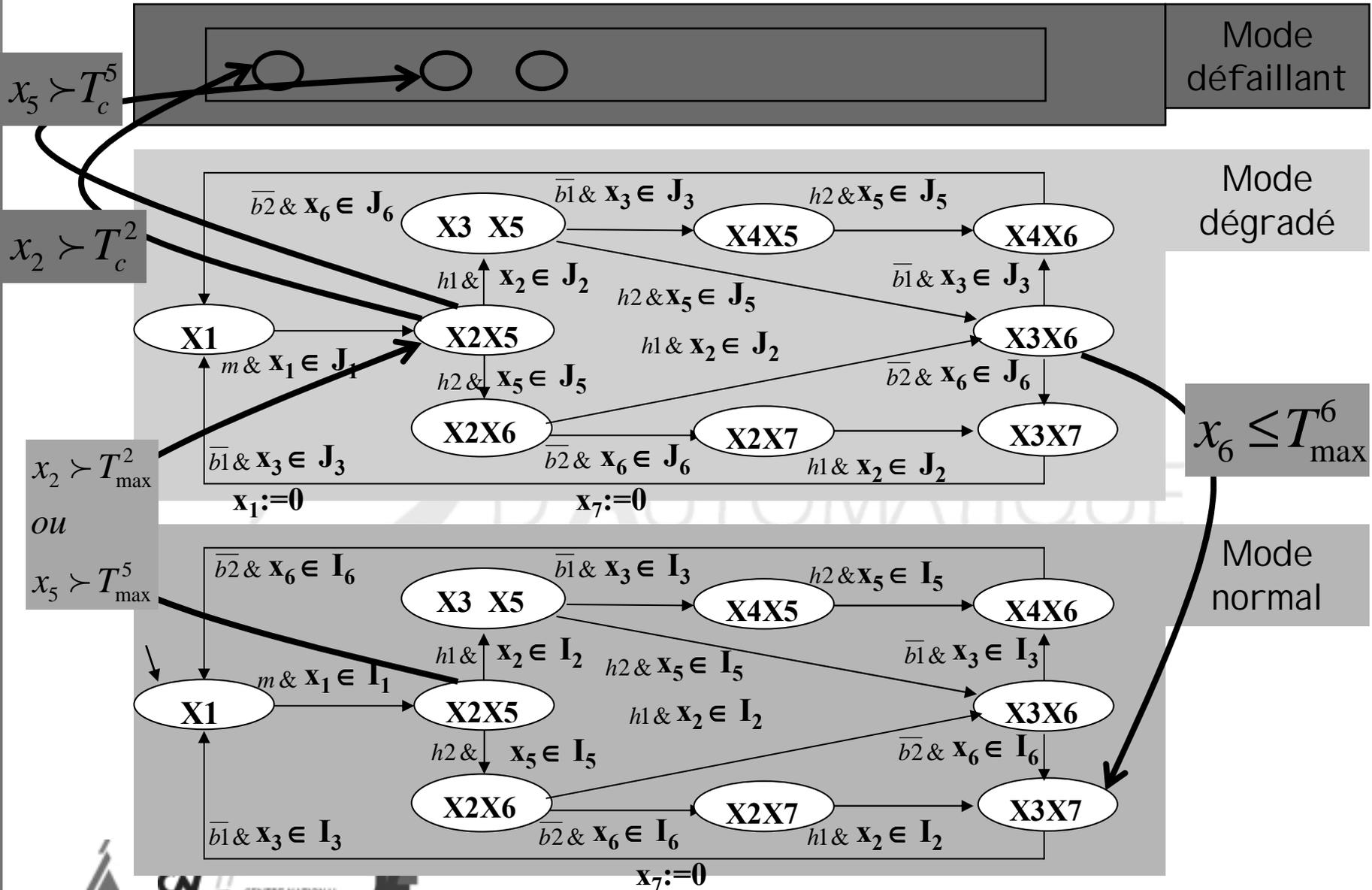
Détermination
des marges de
tolérance pour
chaque couple
action-capteur

chaque horloge est associée à un couple action-capteur

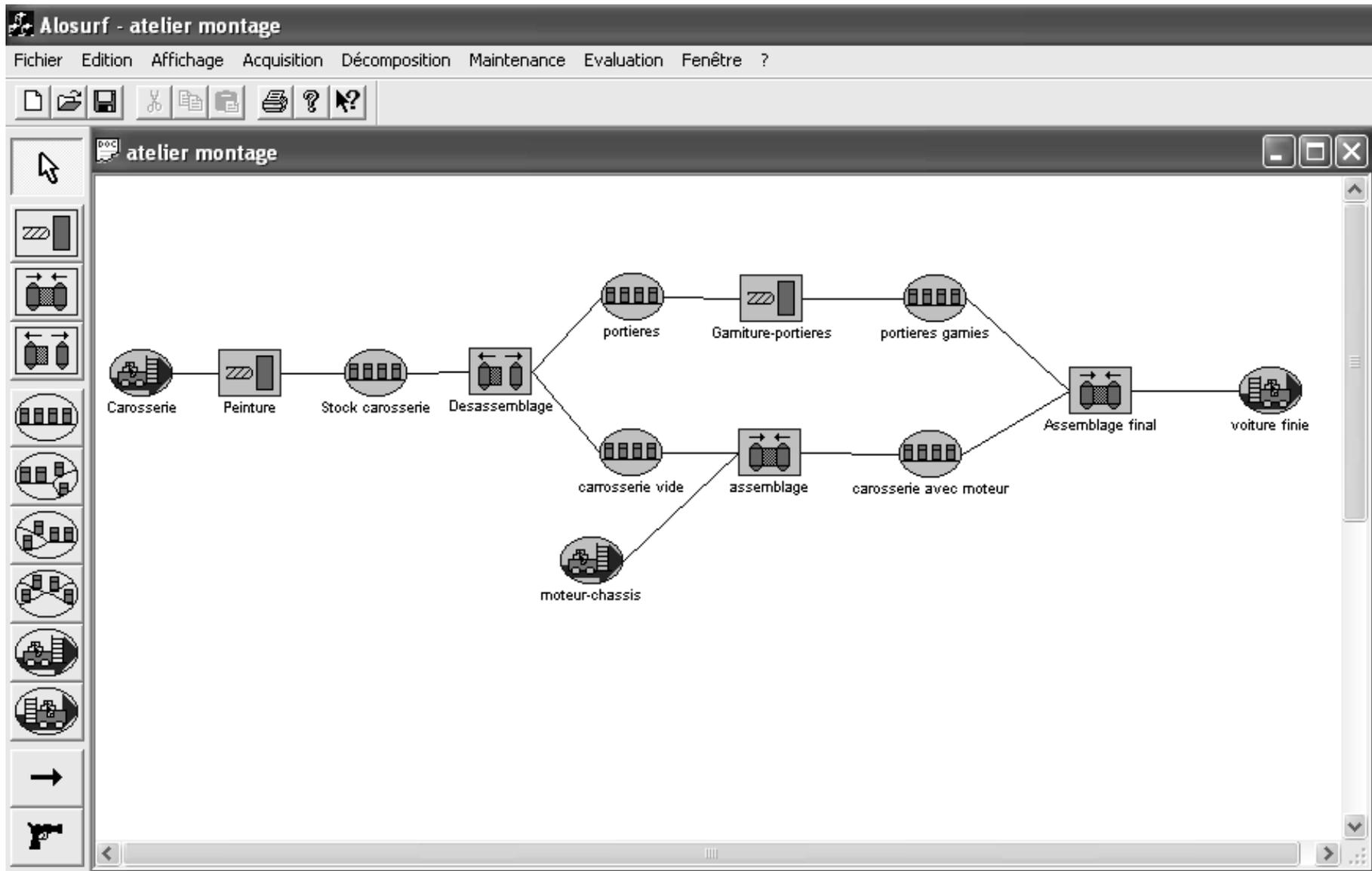
$$x_7 \in I_7 \& x_4 \in I_4$$



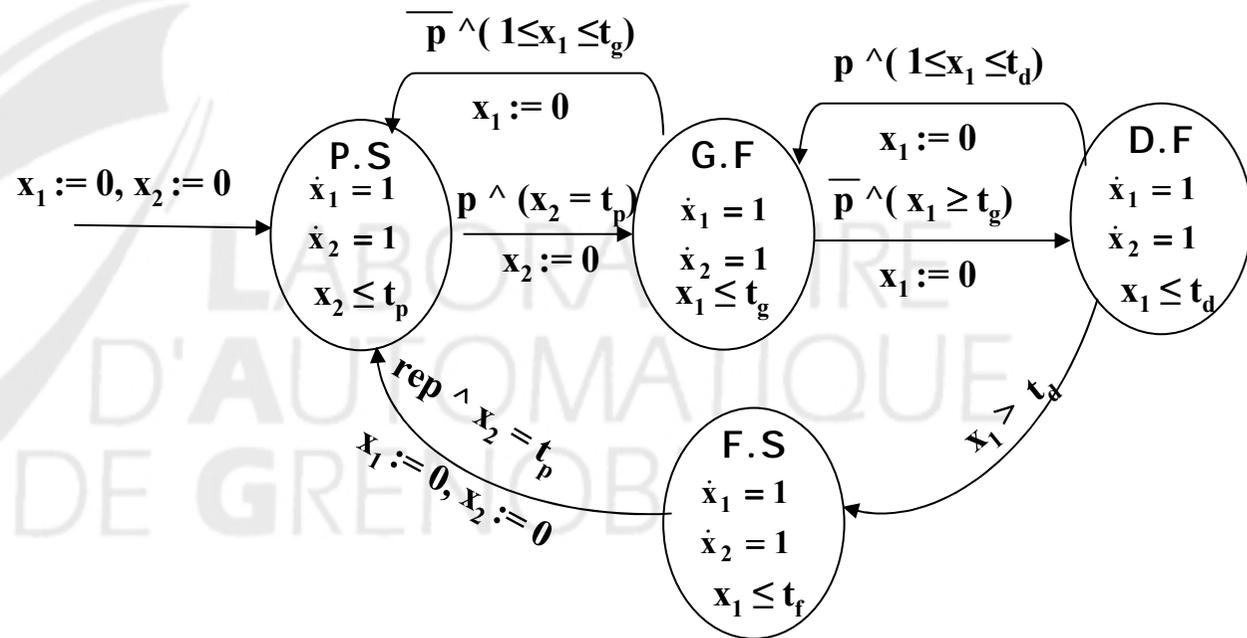
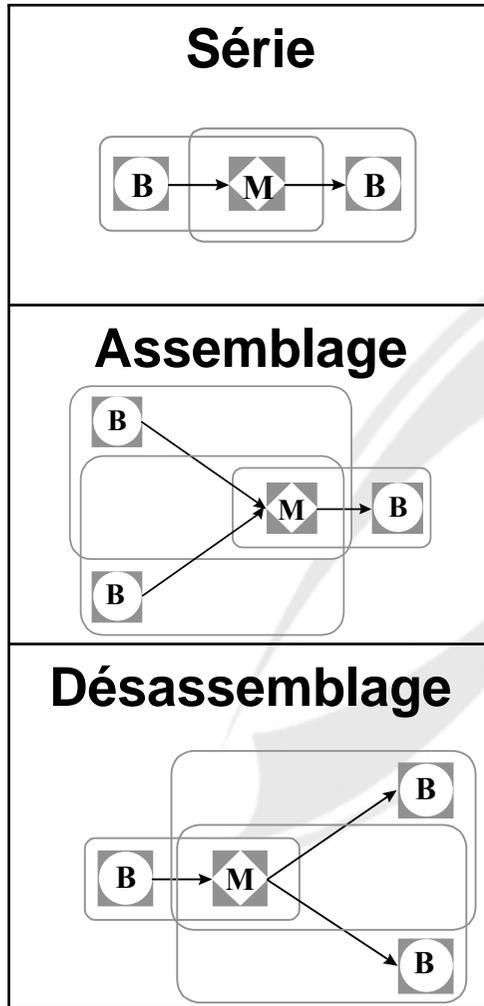
Modèle de surveillance



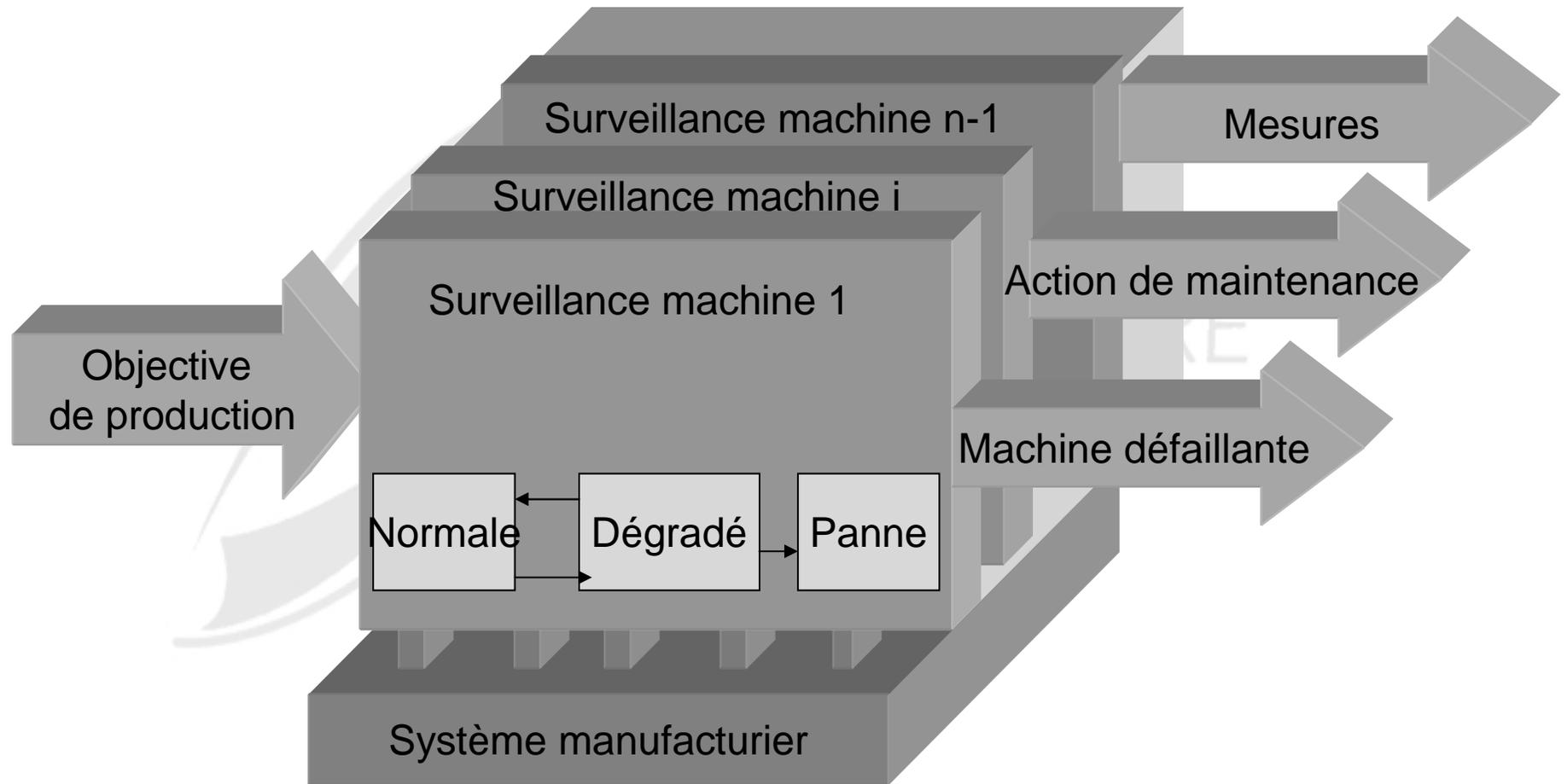
2^{ème} application: système manufacturier



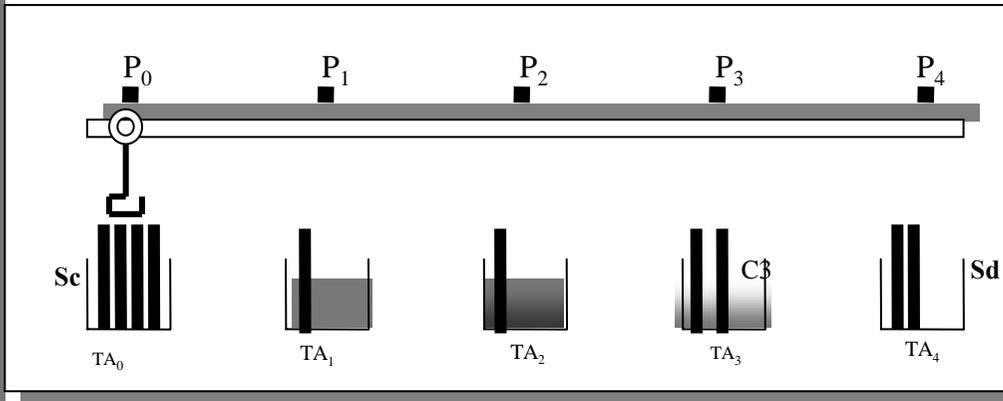
Modèle générique « Machine »



Le système de surveillance



3^{ème} application: système de traitement de surface



Ordonnancement des tâches pour une cycle :

- *Chargement d'une plaque en P0*
- *déplacement vers P1 et dépôt en C1*
- *déplacement à vide vers P3 et retrait d'une plaque de C3*
- *déplacement en charge vers P4 et dépôt en C4*
- *déplacement à vide vers P1 et retrait d'une plaque en C1*
- *déplacement vers P2 et dépôt en C2*
- *déplacement à vide vers P3 et retrait d'une plaque en C3*
- *déplacement vers P0.*

Opérations de transport

Surveillance des opérations de transport

- *Durée du déplacement de P_i à P_{i+1}*
- *Robot plein ou vide*

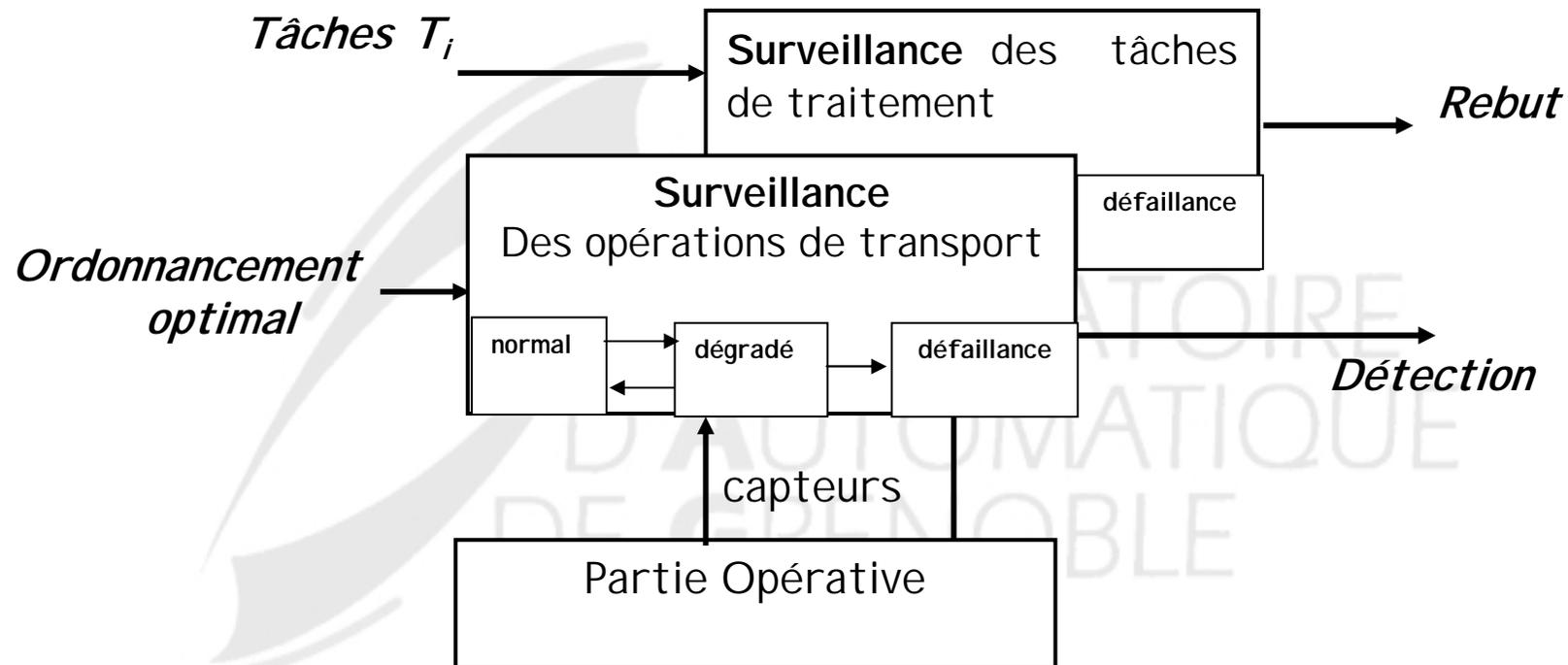
+

Surveillance des tâches de traitement

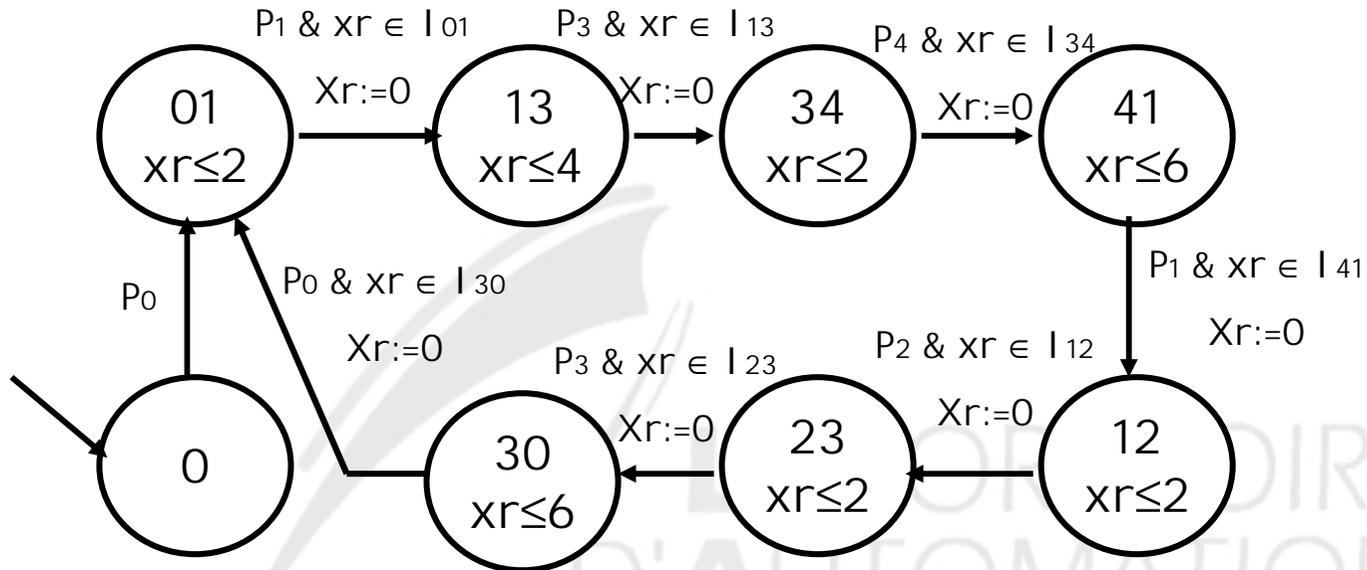
Opérations de traitement

- *Durée de traitement [C_{min} , C_{max}]*

Principe de la modélisation



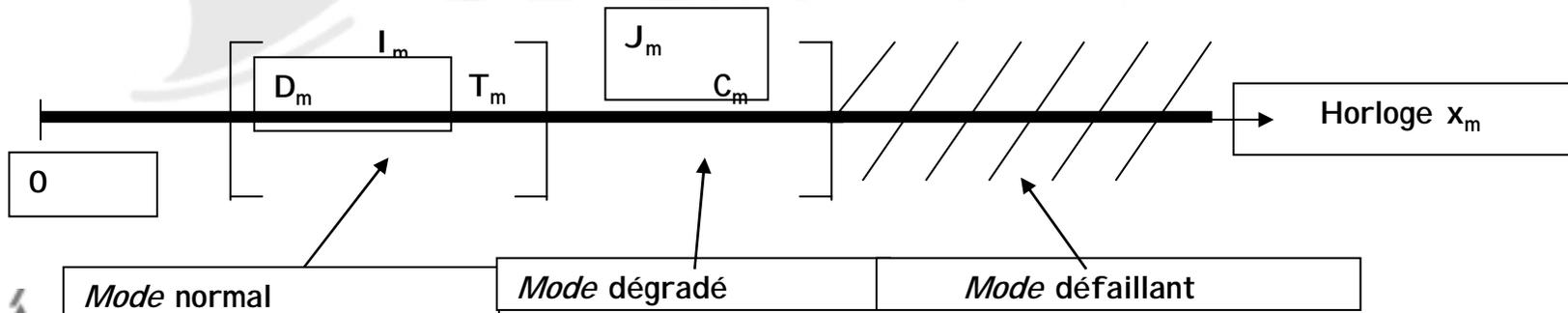
Modèle dynamique



x_r : horloge
d'activation

I_j : l'intervalle de bon
fonctionnement de la tâche j .

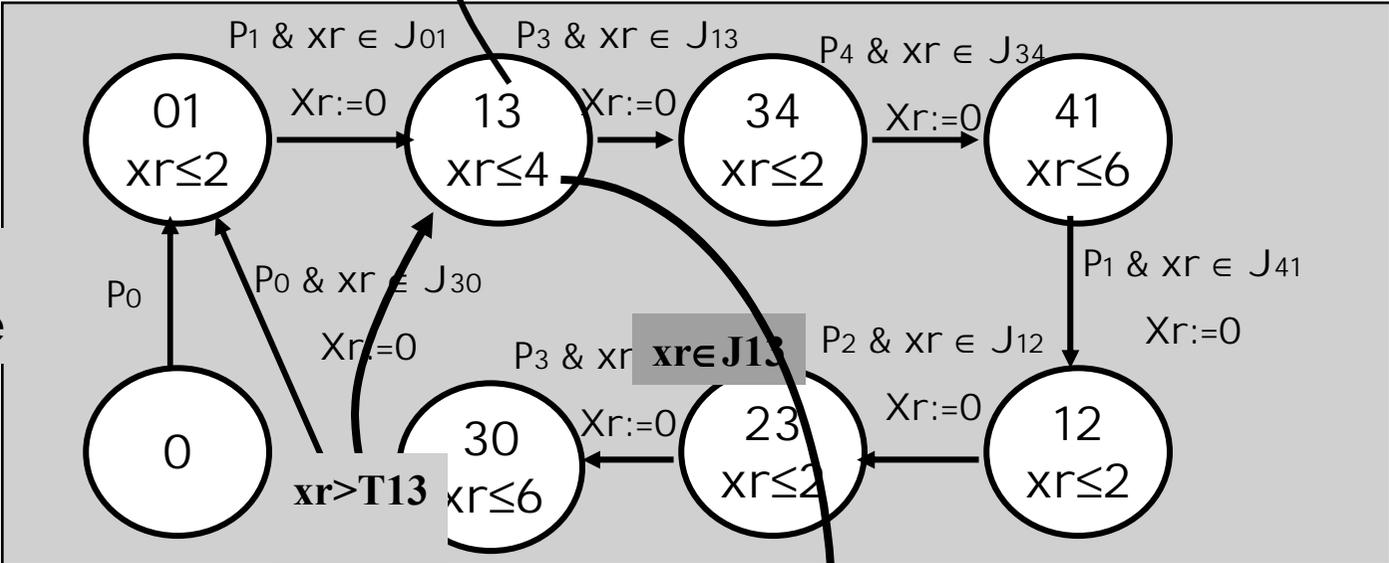
J_i : l'intervalle toléré en
fonctionnement dégradé de la tâche i



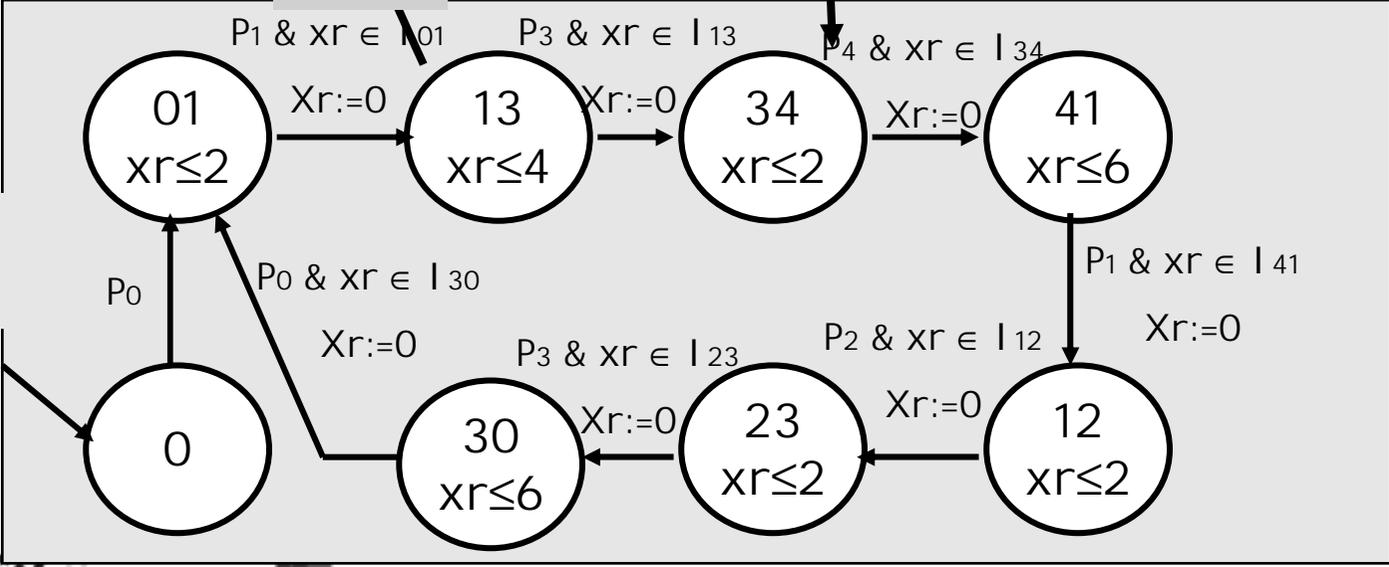
Modèle de surveillance

Mode de défaillance

Mode dégradé



Mode normal

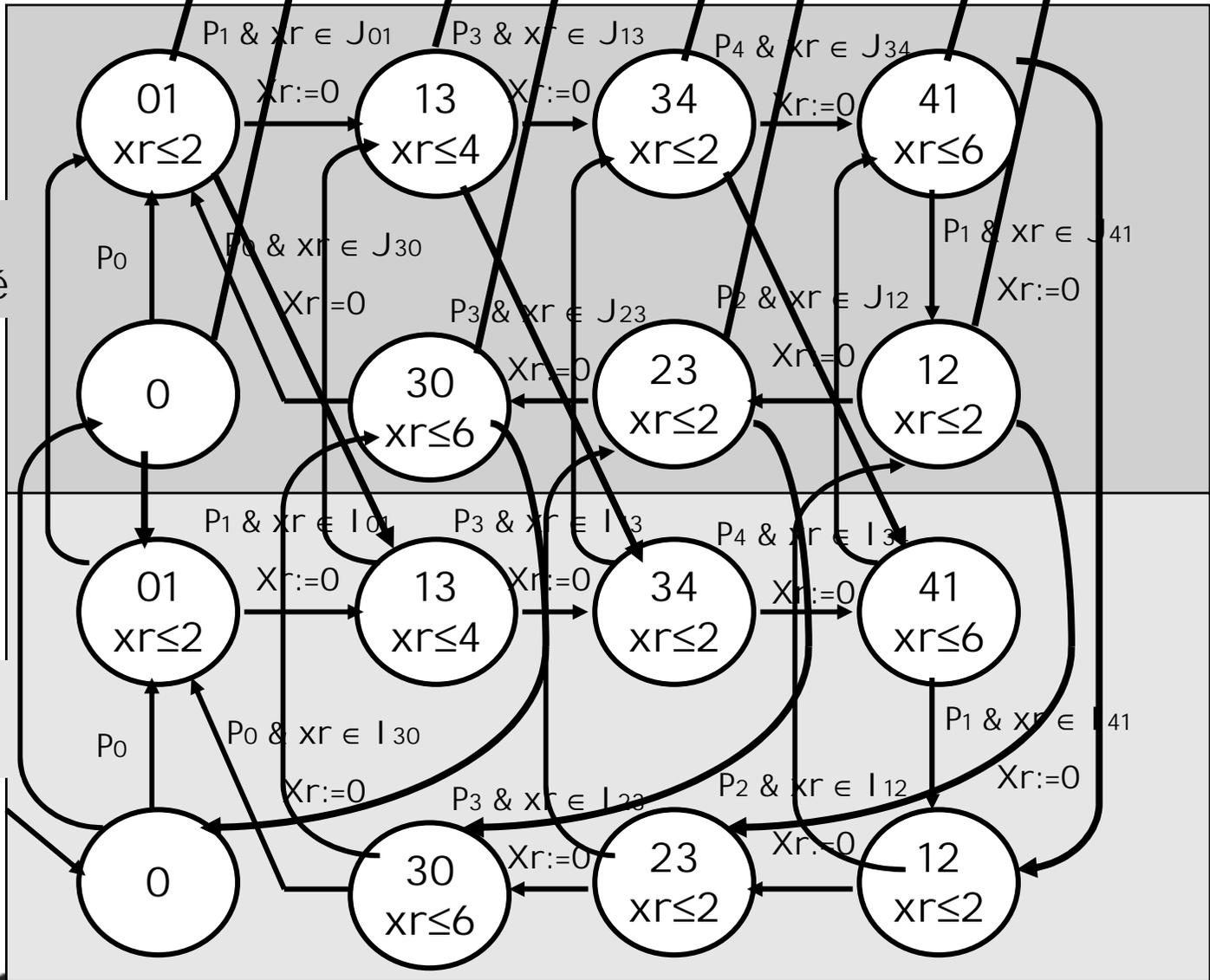


Modèle de surveillance

Mode de défaillance

Mode dégradé

Mode normal



Complexité

□ Automates

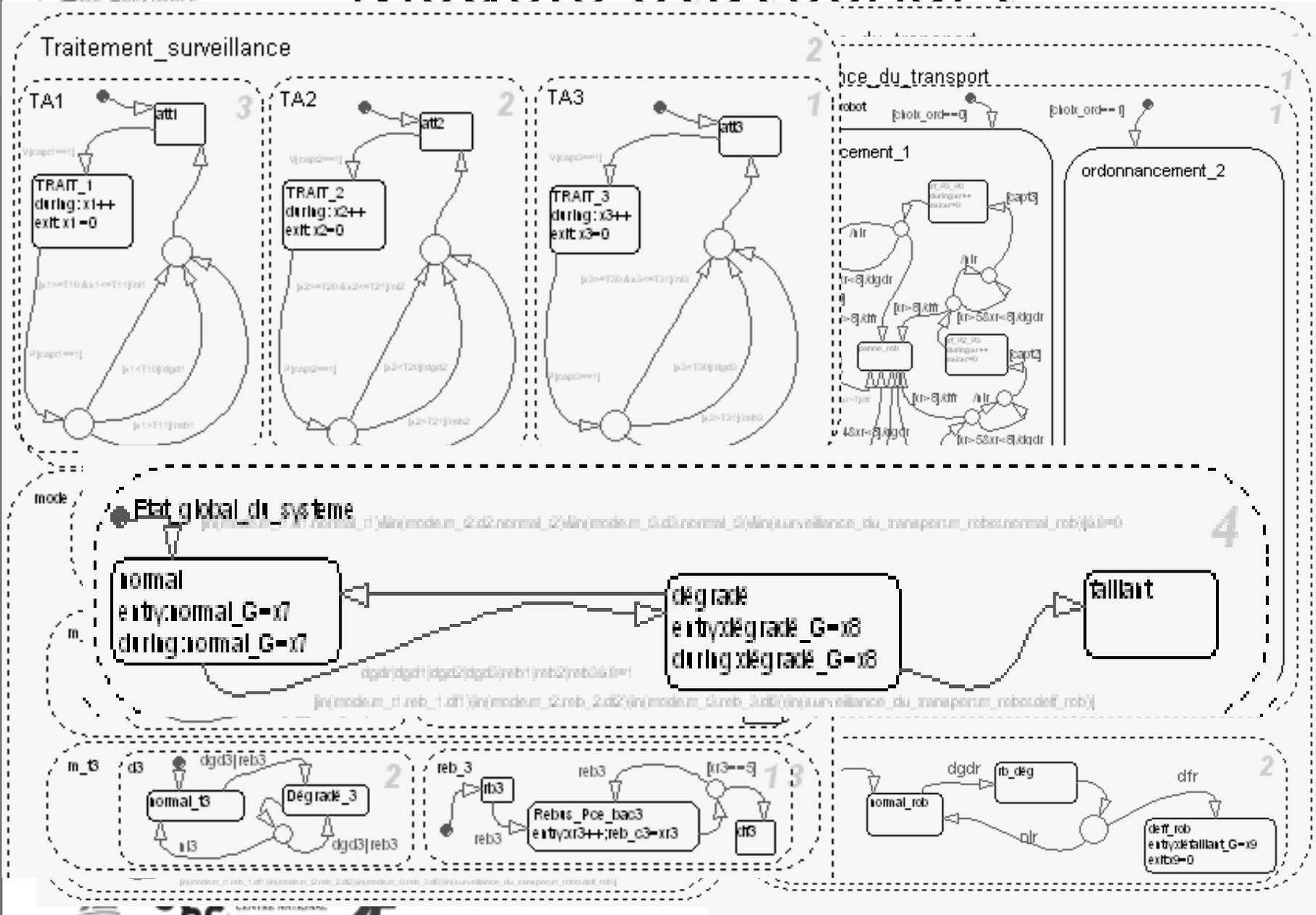


□ Statecharts

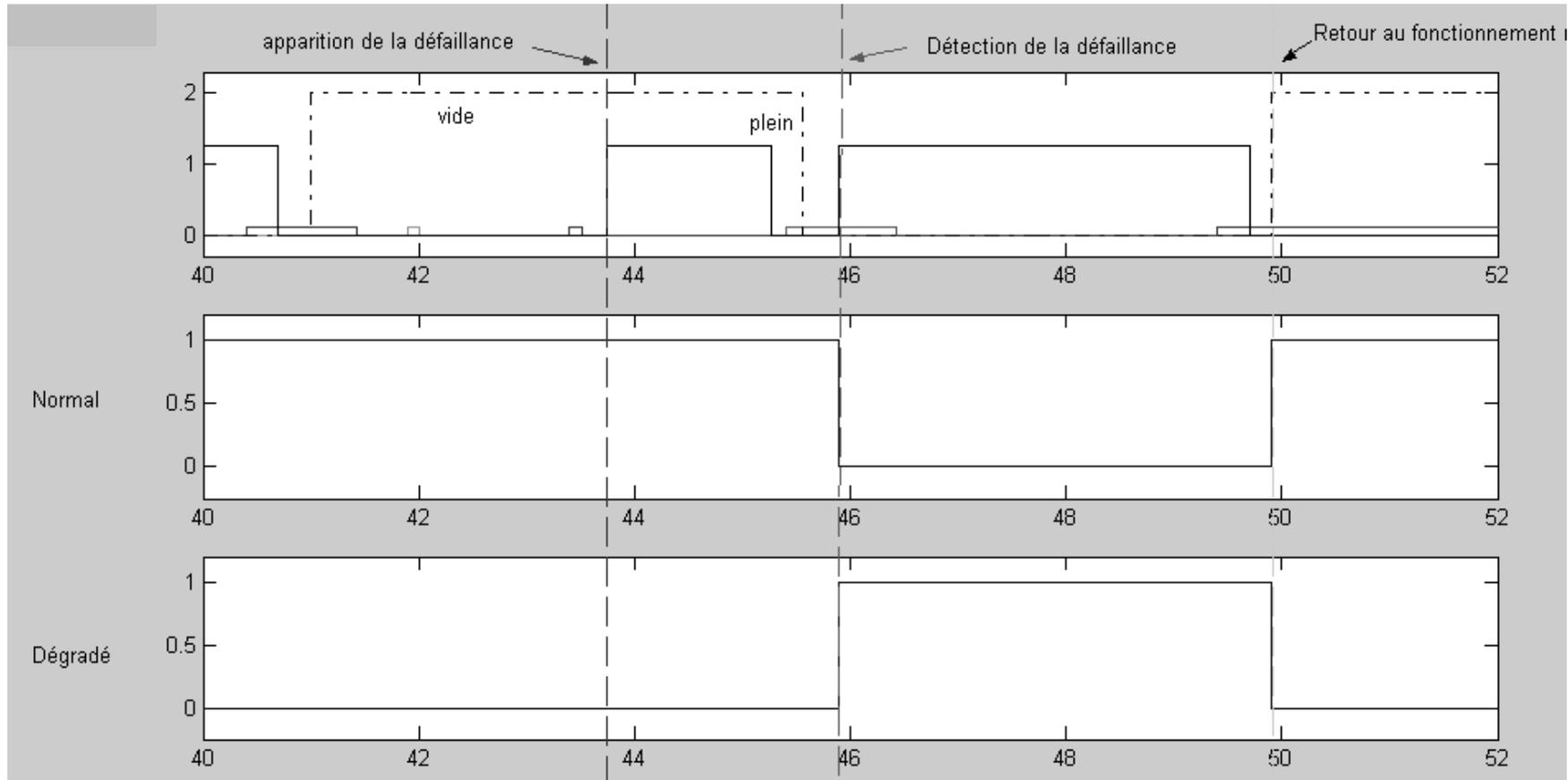


Automates → Statecharts

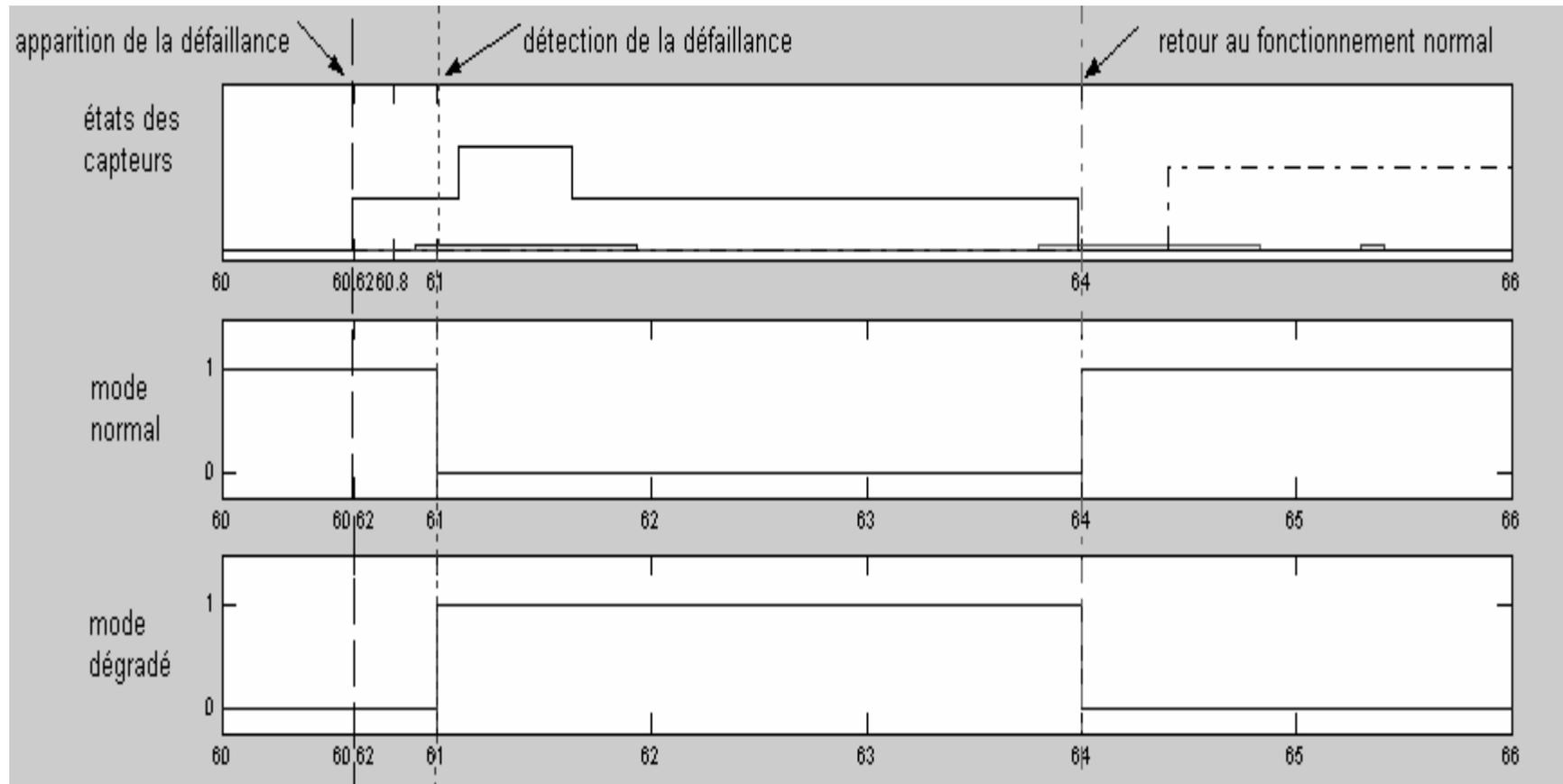
Modèle statechart



Résultats de simulation

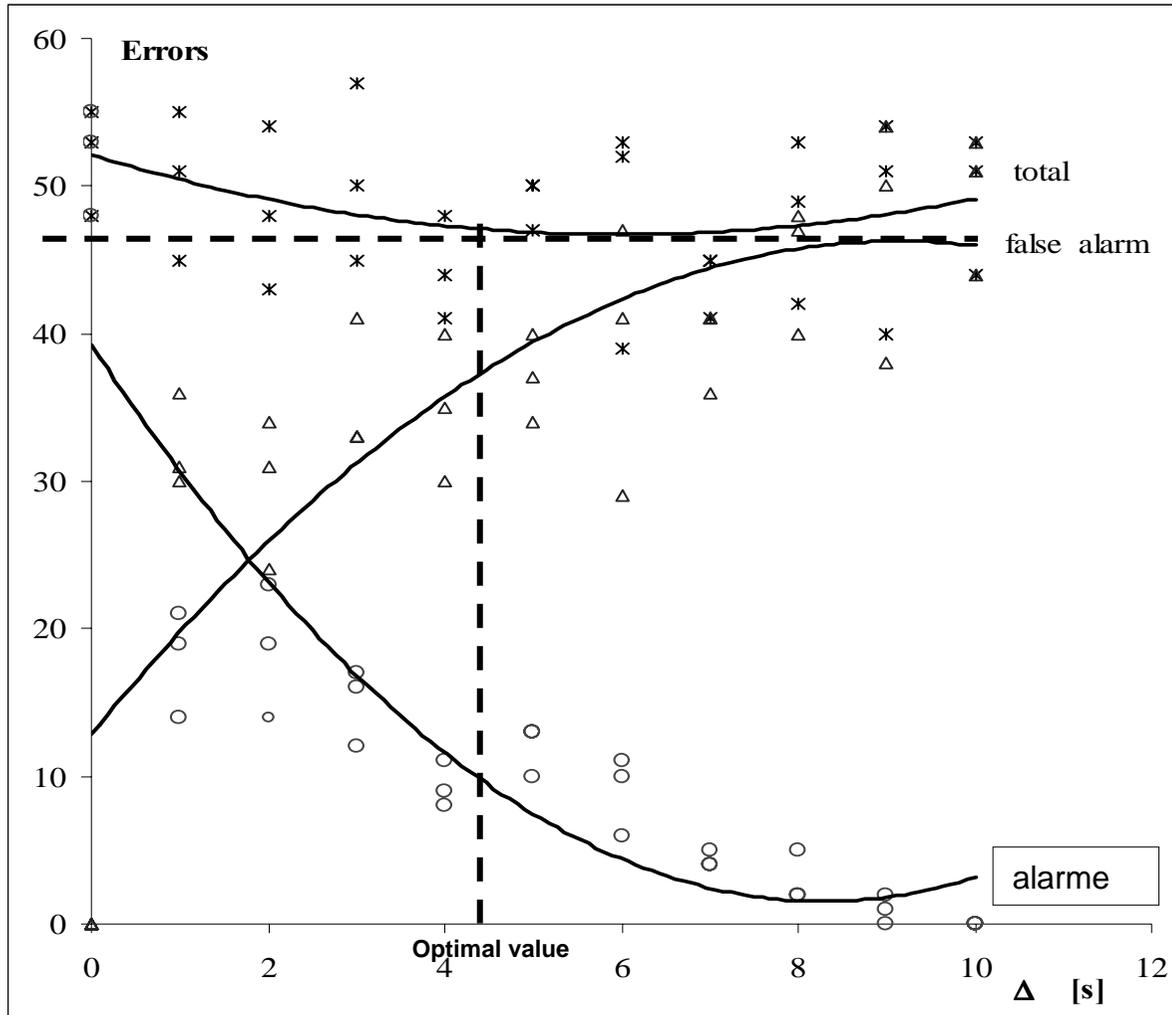


Résultats de simulation



→
0.38s temps de
détection

Évaluation de la latence de faute



1. Est-ce que la valeur optimale Δ couvre toutes les fautes générées?
2. Est-ce que cette valeur optimale dépend du temps de service?



Évaluation des performances

* Une même pénalité est appliquée pour une fausse alarme et la non détection

Évaluation des performances

La performance correspond au calcul du **taux de couverture** C_d

qui qualifie le système de surveillance →

$$C_d = \frac{F_d}{F_g}$$

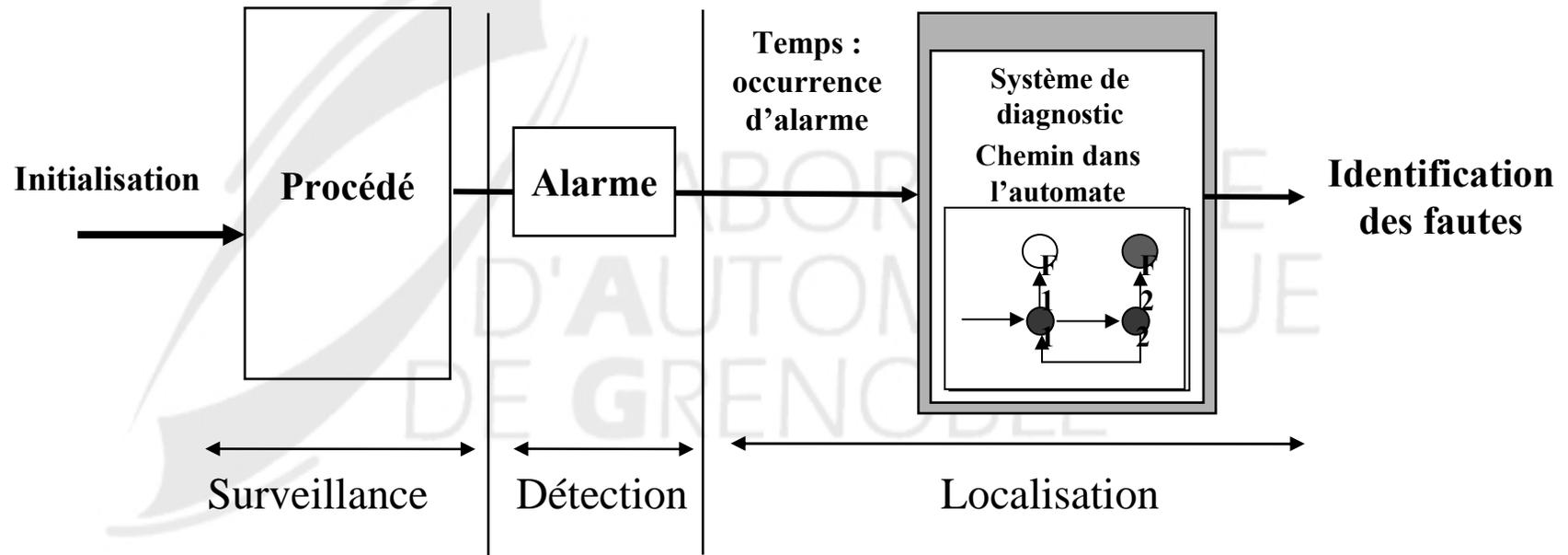
T. ratio	Faults			level of performance
Δ/δ [%]	generated*	detected*	Cd	
5	42,33	41,67	0,98	Very Good
10	41,33	39,67	0,96	
15	39,67	35,33	0,89	Good
20	39,67	32,00	0,80	
25	41,33	32,67	0,78	Medium
30	40,33	31,00	0,76	
35	42,00	29,33	0,69	
40	42,00	27,67	0,65	
45	43,00	26,67	0,61	
50	44,00	25,33	0,57	Bad

*averages from statistic preprocessing

Extension pour le diagnostic

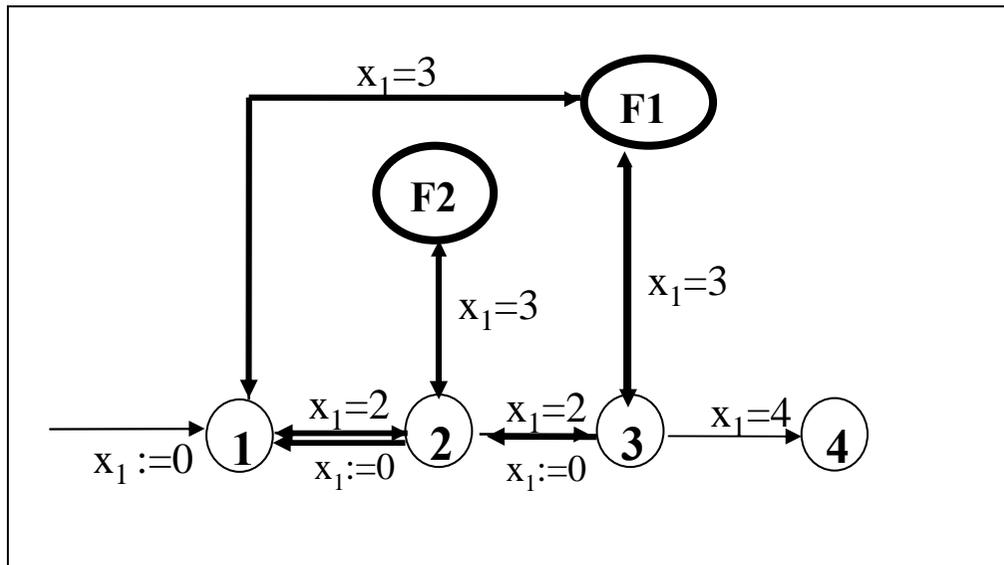
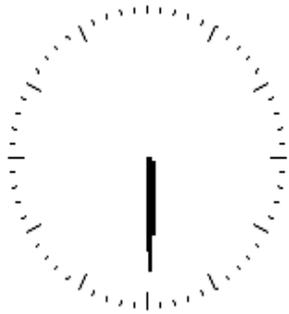
• Principe de la méthode

- La recherche des chemins possibles dans le modèle
- La vérification des poids des chemins possibles (model-checking)



⇒ **Vérification par analyse arrière**

Vérification par analyse arrière



- Une défaillance est détectée à l'instant t_1 .
 - Est-elle due à une faute F1 ou F2?
- L'analyse du temps permet de dissocier ces fautes suivant la valeur de t_1 .**

• Si $t_1 = 3$ ou $7 \Rightarrow$ Faute F1
 Si $t_1 = 5 \Rightarrow$ Faute F2

Perspectives

- **Predictive maintenance**
 - Activated only by a rising edge, need some other development
- **Fault latency**
 - For manufacturing systems the algorithm used study each machine alone, the aim is to define a global algorithm
- **Diagnosis**
 - In development