

Supélec

Modélisation des systèmes

Modélisation « Multi-Paradigme(s) »

Cécile Hardebolle

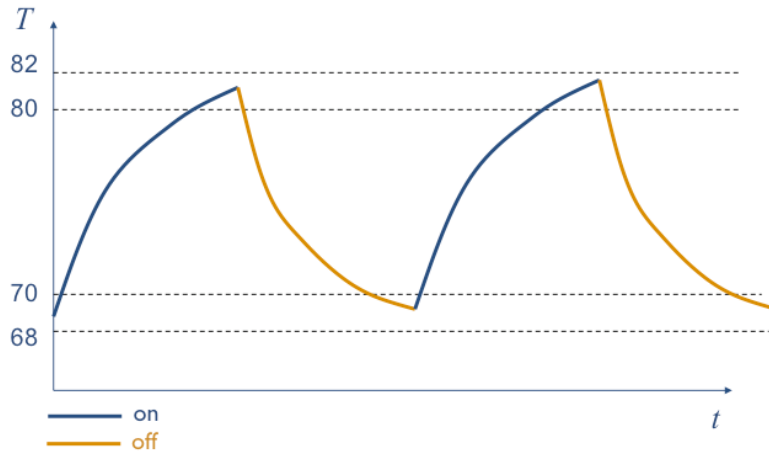
cecile.hardebolle@supelec.fr

Modélisation hétérogène – Systèmes hybrides (suite)

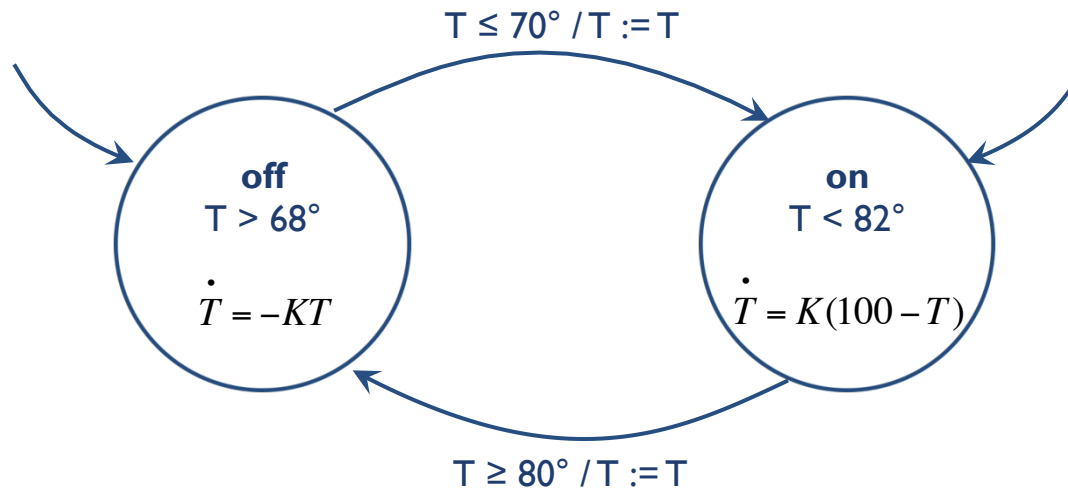
Modélisation hétérogène – Systèmes hybrides

1. Système hybride
2. Automate hybride
3. Modèle modal
4. **Modèle mixte**
5. Automate temporisé
6. En résumé

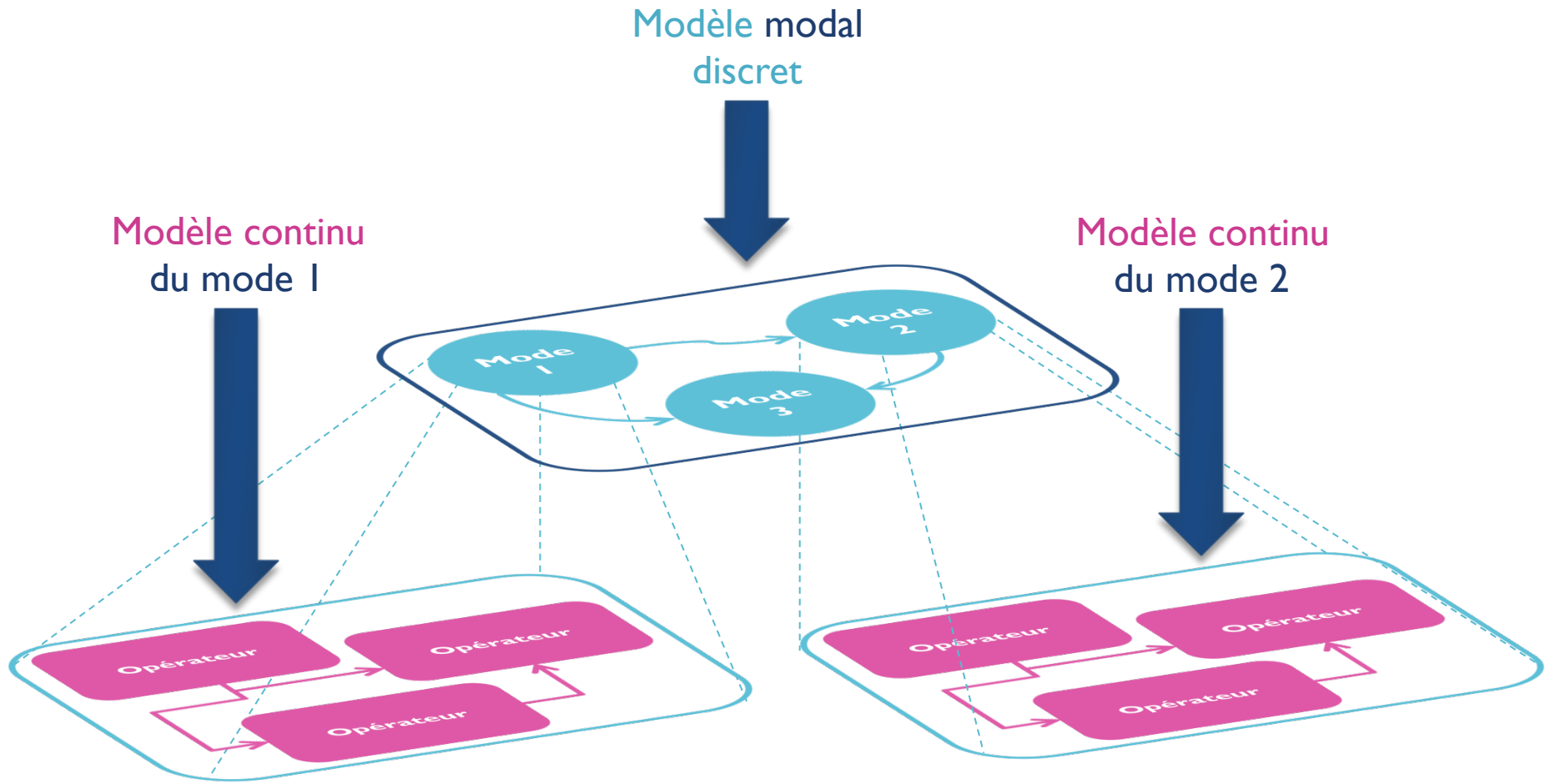
Exemple : Thermostat, automate hybride



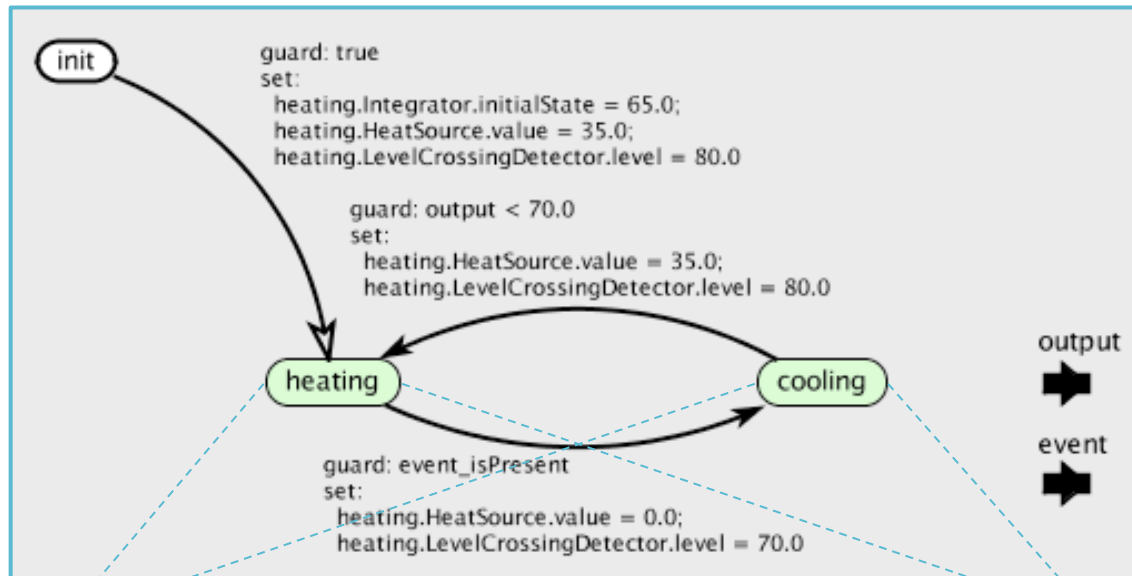
← Une des exécutions possibles de l'automate



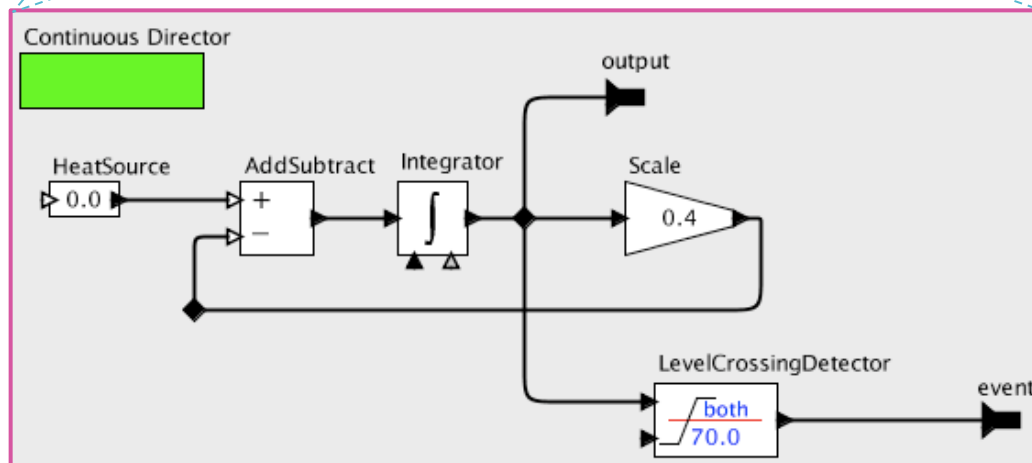
Modèle modal (rappel)



Exemple : Thermostat, modèle modal



Modèle modal
(discret)



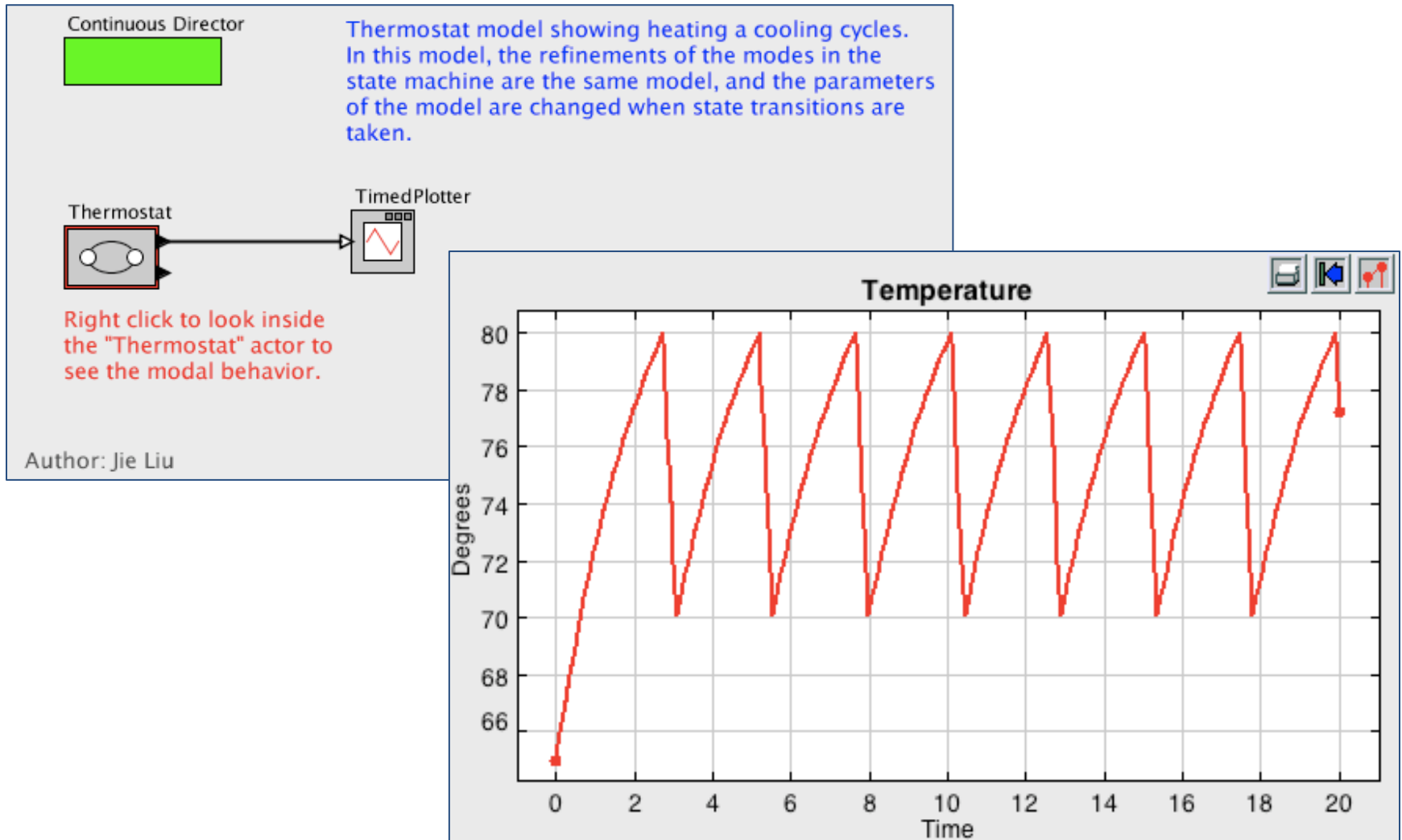
Modèle continu
du mode « heating »
& du mode « cooling »



$$\dot{T} = K(100 - T)$$

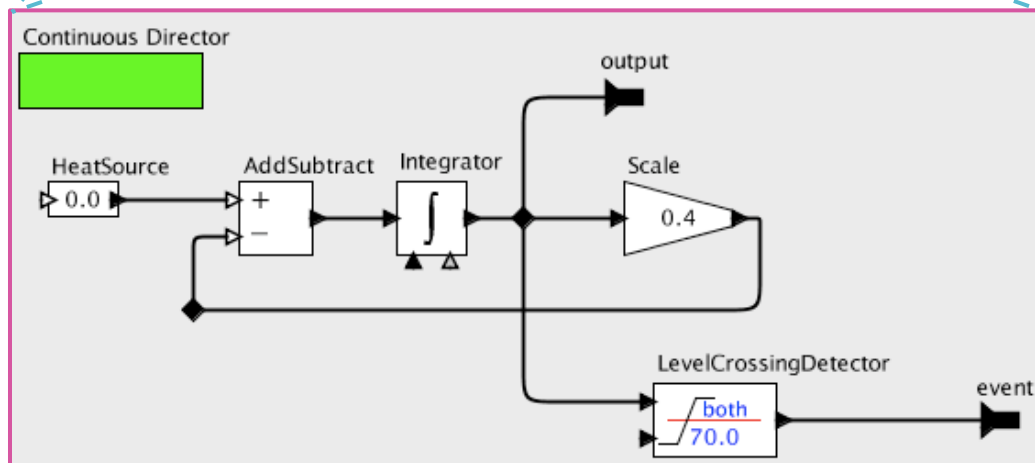
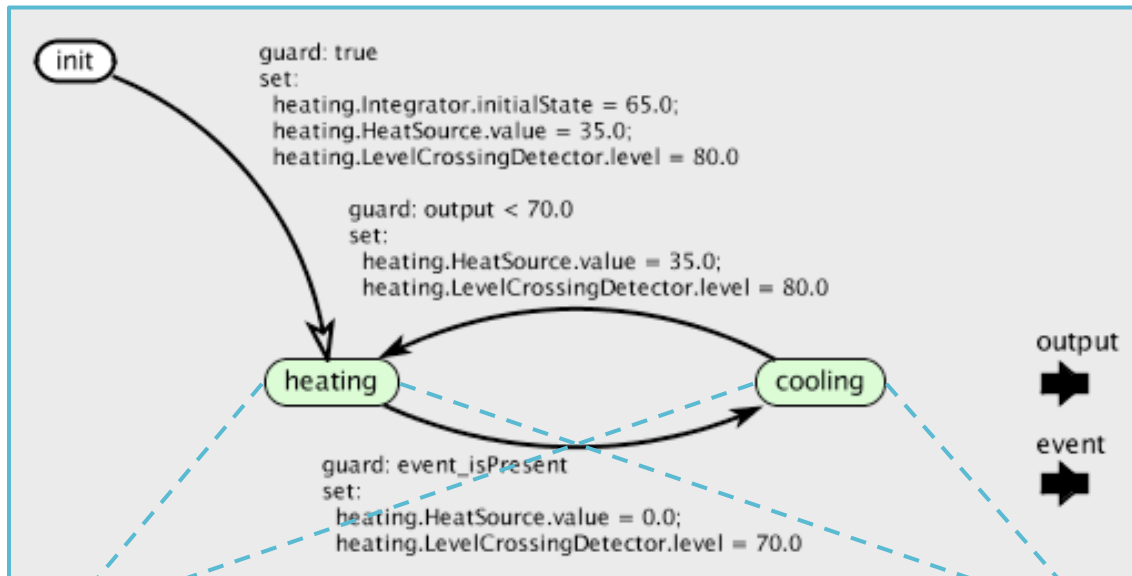
Exemple :

Thermostat, simulation



Exemple :

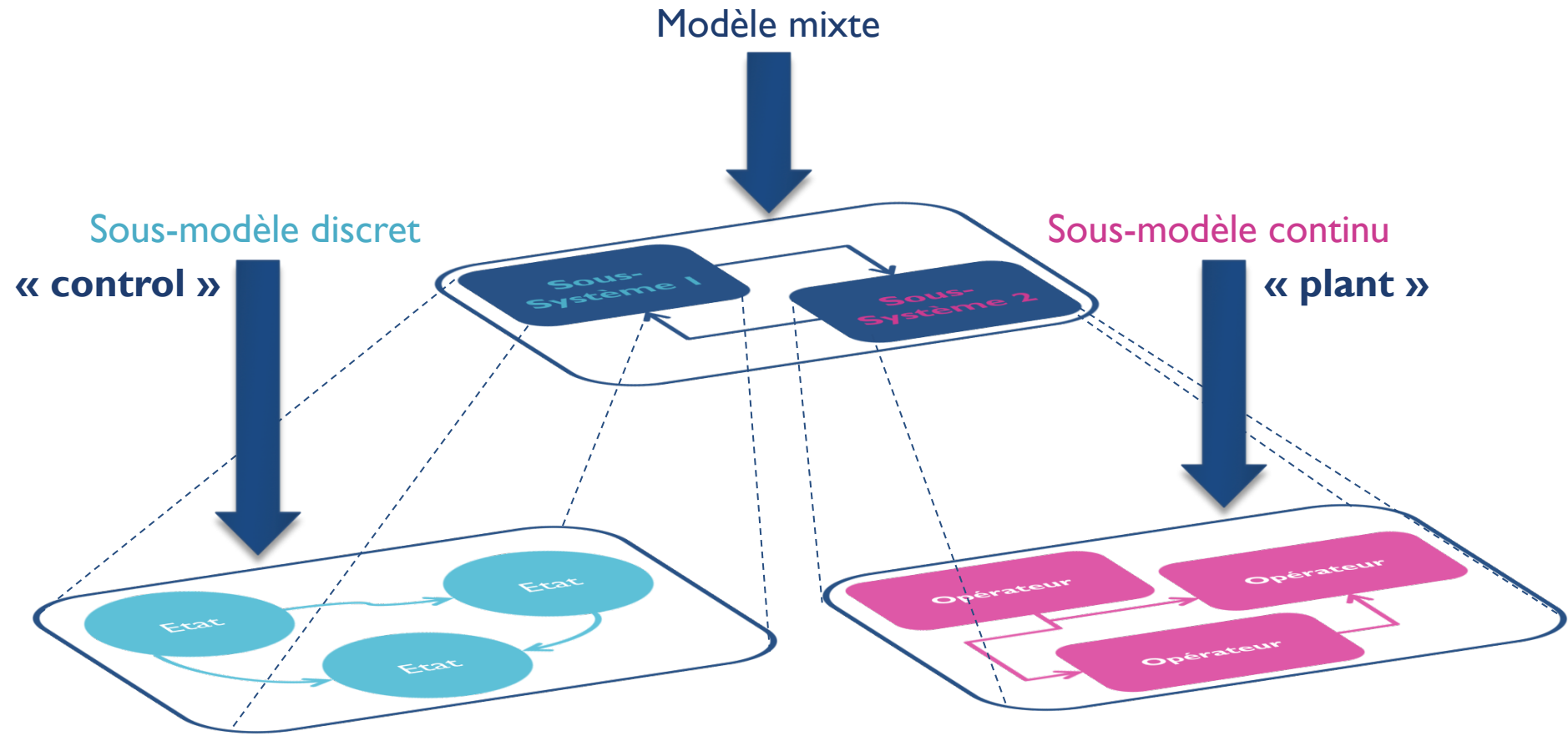
Thermostat, vers l'implémentation ?



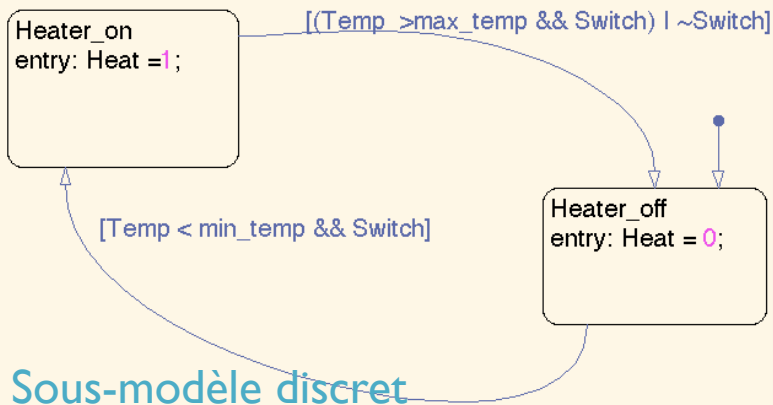
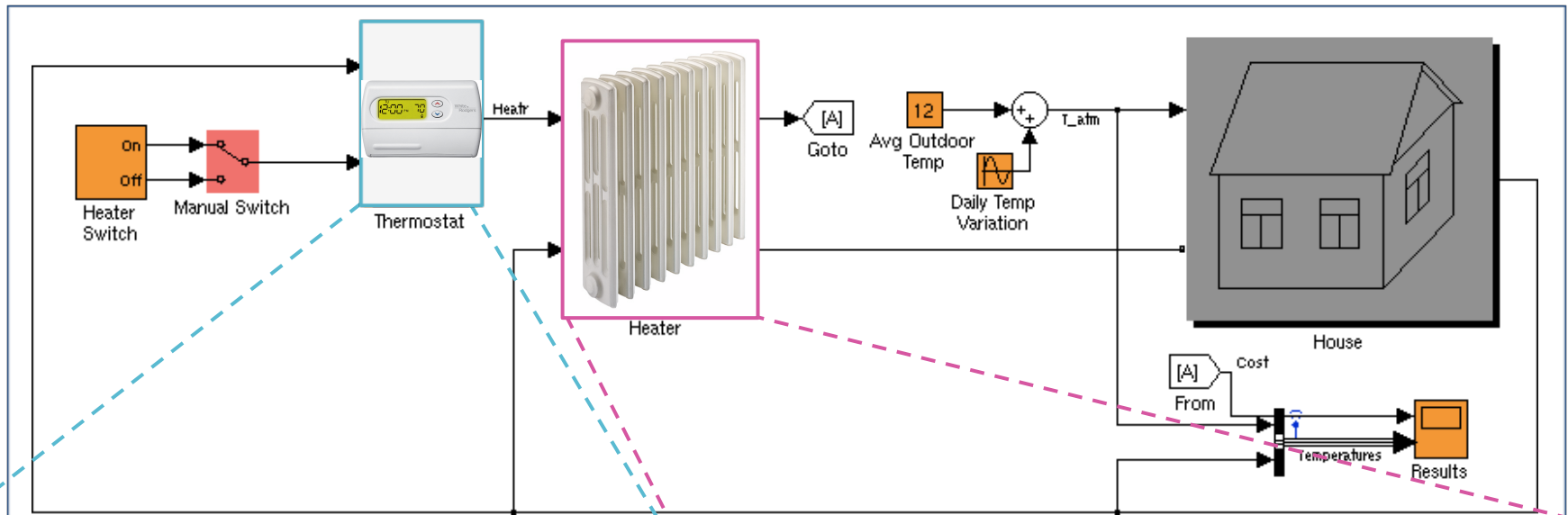
?



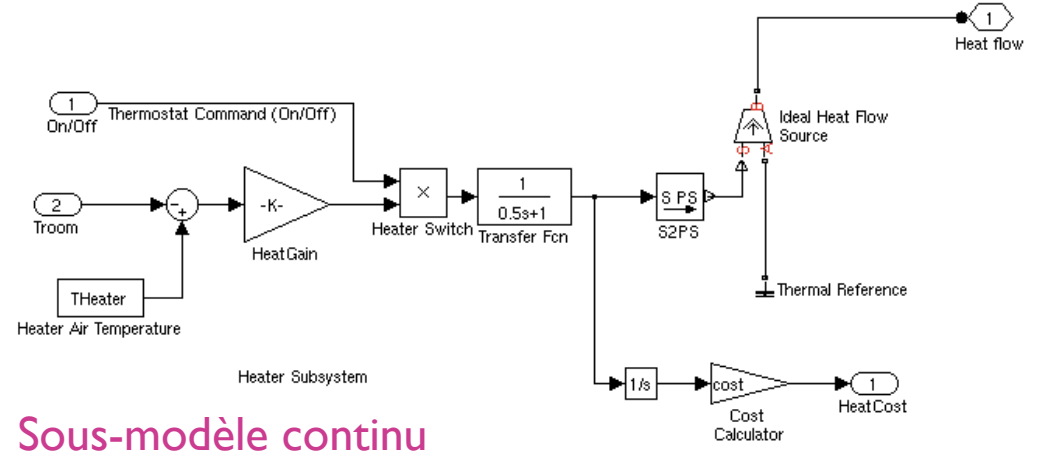
Modèle mixte



Exemple : Thermostat, modèle mixte

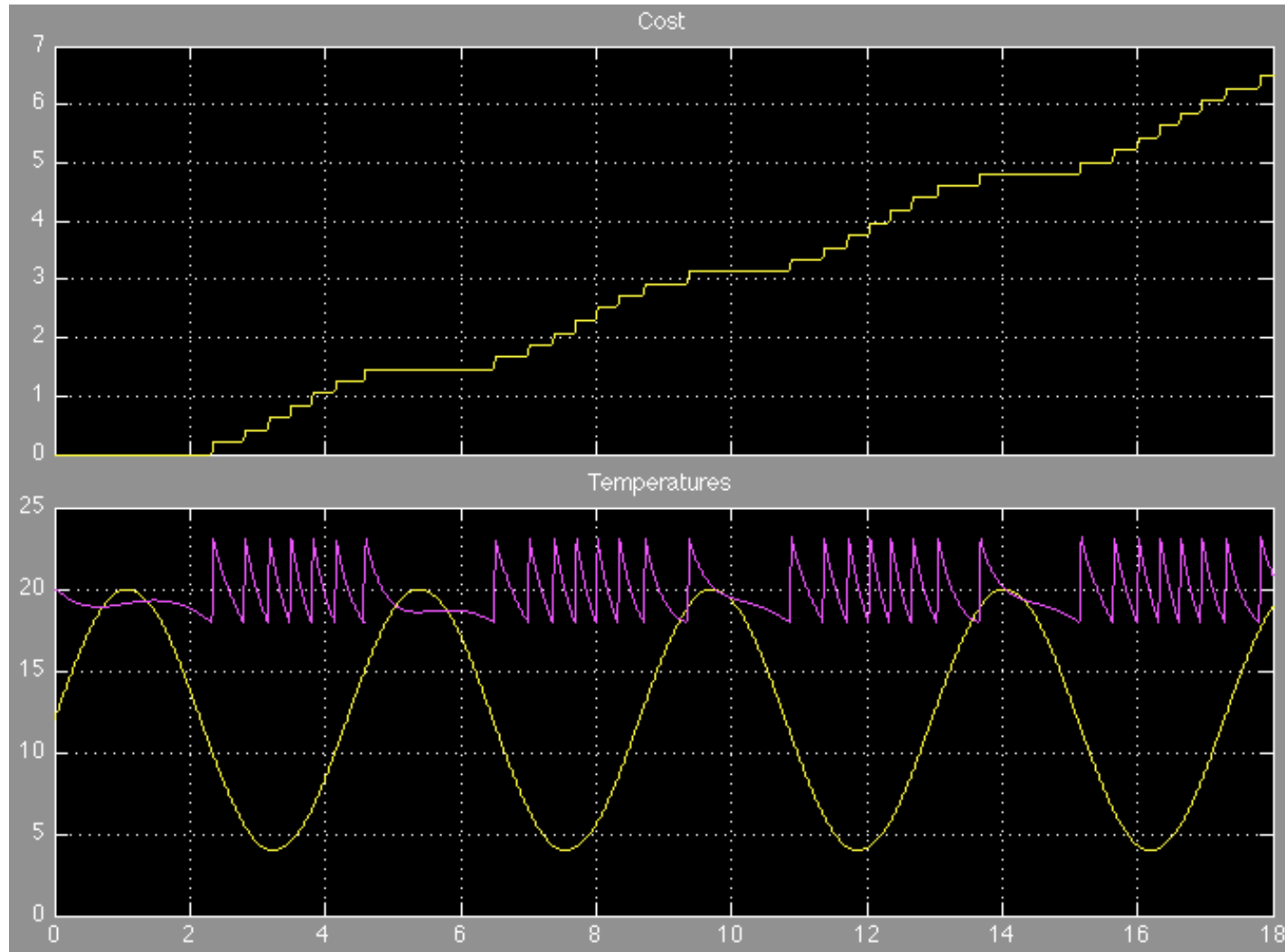


Sous-modèle discret



Sous-modèle continu

Exemple : Thermostat, simulation

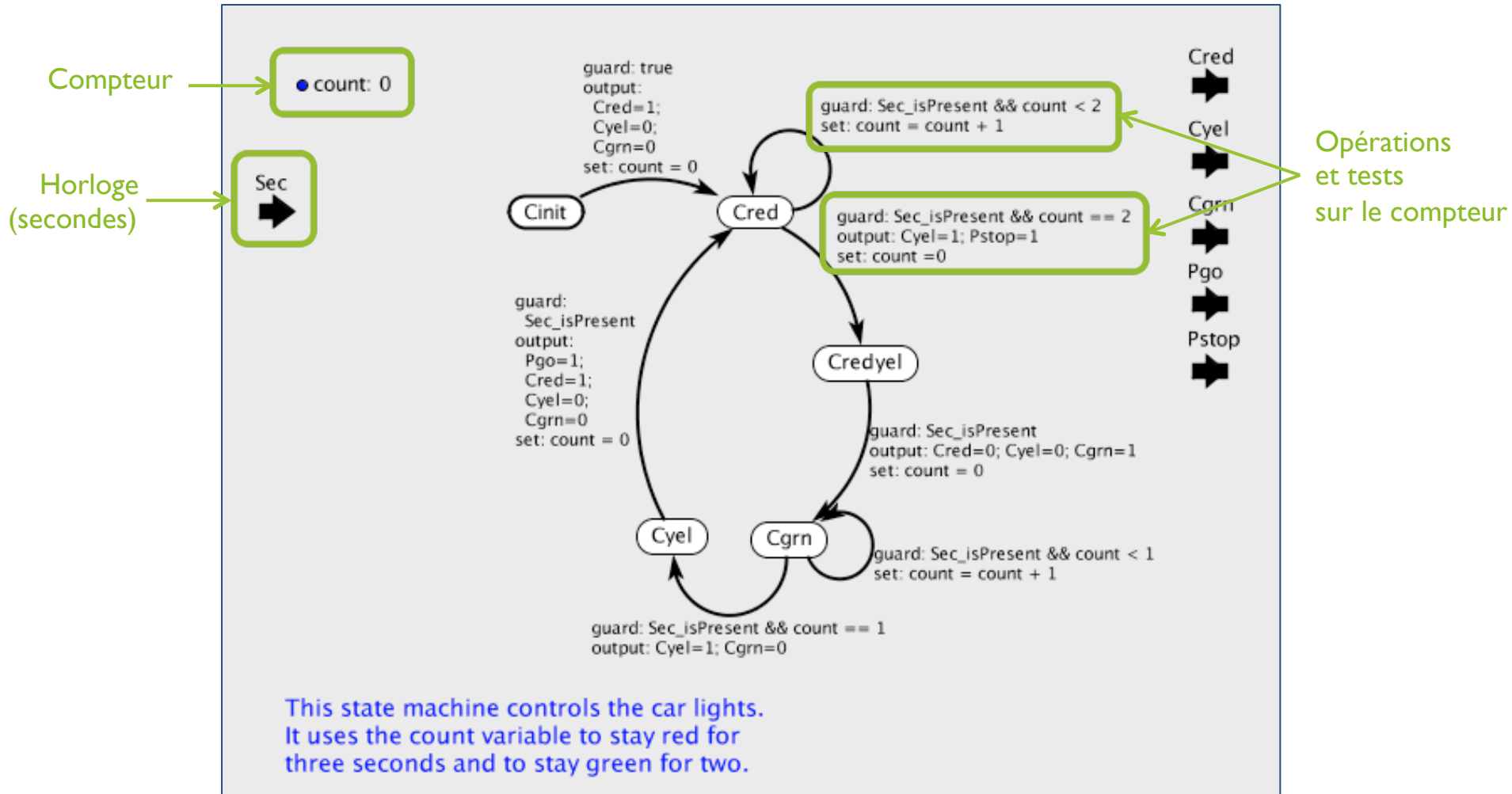


Modélisation hétérogène – Systèmes hybrides

1. Système hybride
2. Automate hybride
3. Modèle modal
4. Modèle mixte
5. **Automate temporisé**
6. En résumé

Exemple :

Contrôle avec temporisation

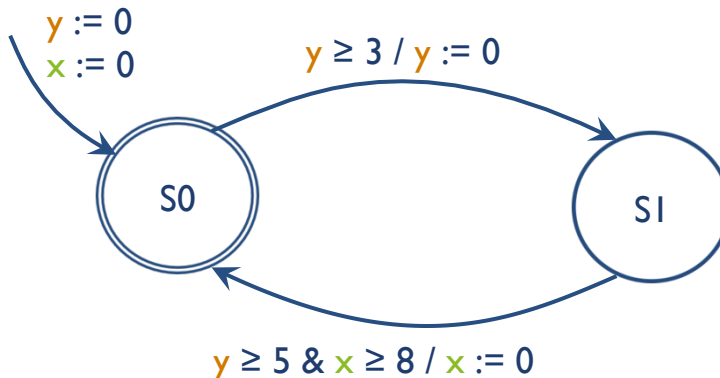


Automate temporisé

- ▶ **Automate temporisé** = automate fini +
 - ▶ **Horloges** qui mesurent le passage du temps
 - ▶ **Avancent simultanément**, avec une dérivée constante
 - ▶ Peuvent être **réinitialisées** indépendamment
 - ▶ Conditions booléennes sur les valeurs des horloges
 - ▶ Opérations sur les horloges (réinitialisation)
- ▶ Automate temporisé = **forme la plus « simple »** d'un automate hybride
 - ▶ Seul flot continu = passage du temps

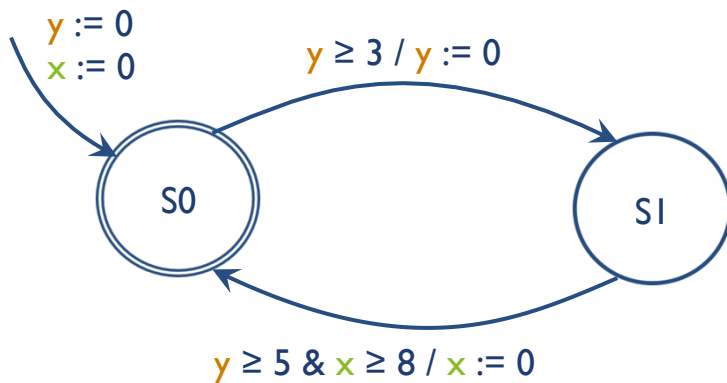


- ▶ **Exemple**
 - ▶ Horloges : x, y
 - ▶ Etats : $S0, S1$



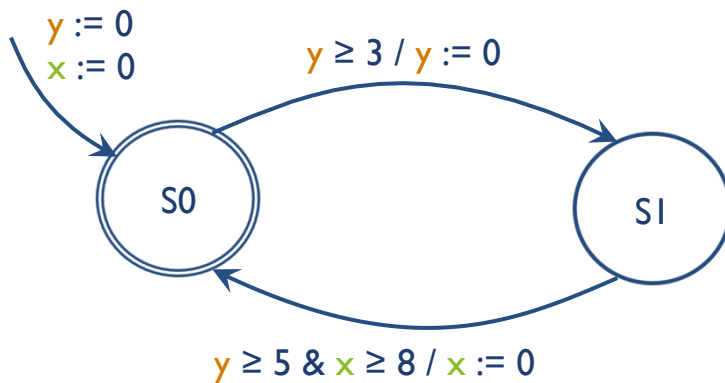
Exercice :

Trace d'un automate temporisé



Exercice :

Trace d'un automate temporisé



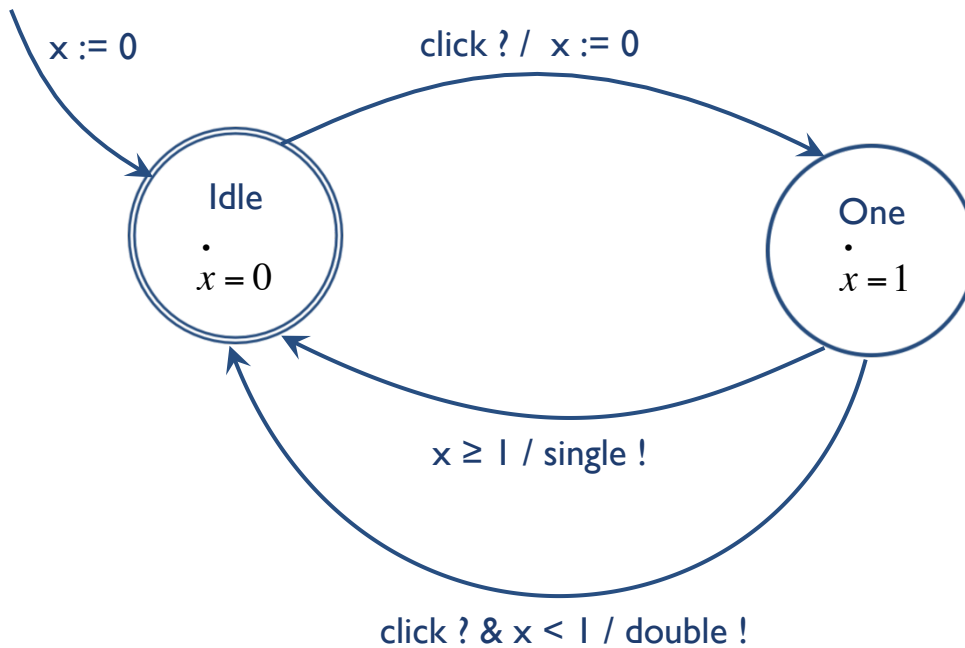
Deux des exécutions possibles de l'automate



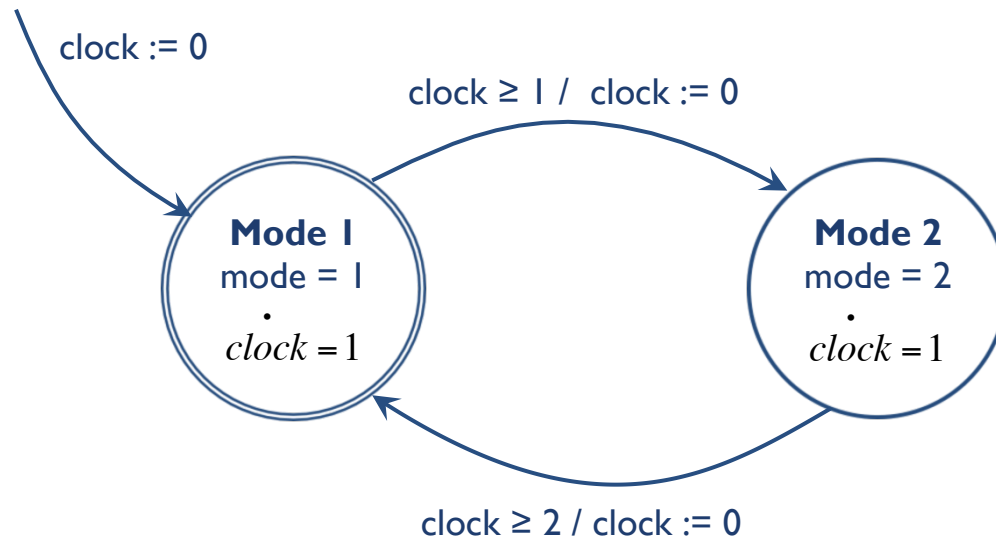
Trace

(état, x, y)	(état, x, y)
(S0, 0, 0)	(S0, 0, 0)
↓ +3	↓ +3.2
(S1, 3, 0)	(S1, 3.2, 0)
↓ +5	↓ +5.6
(S0, 0, 5)	(S0, 0, 5.6)
↓	↓

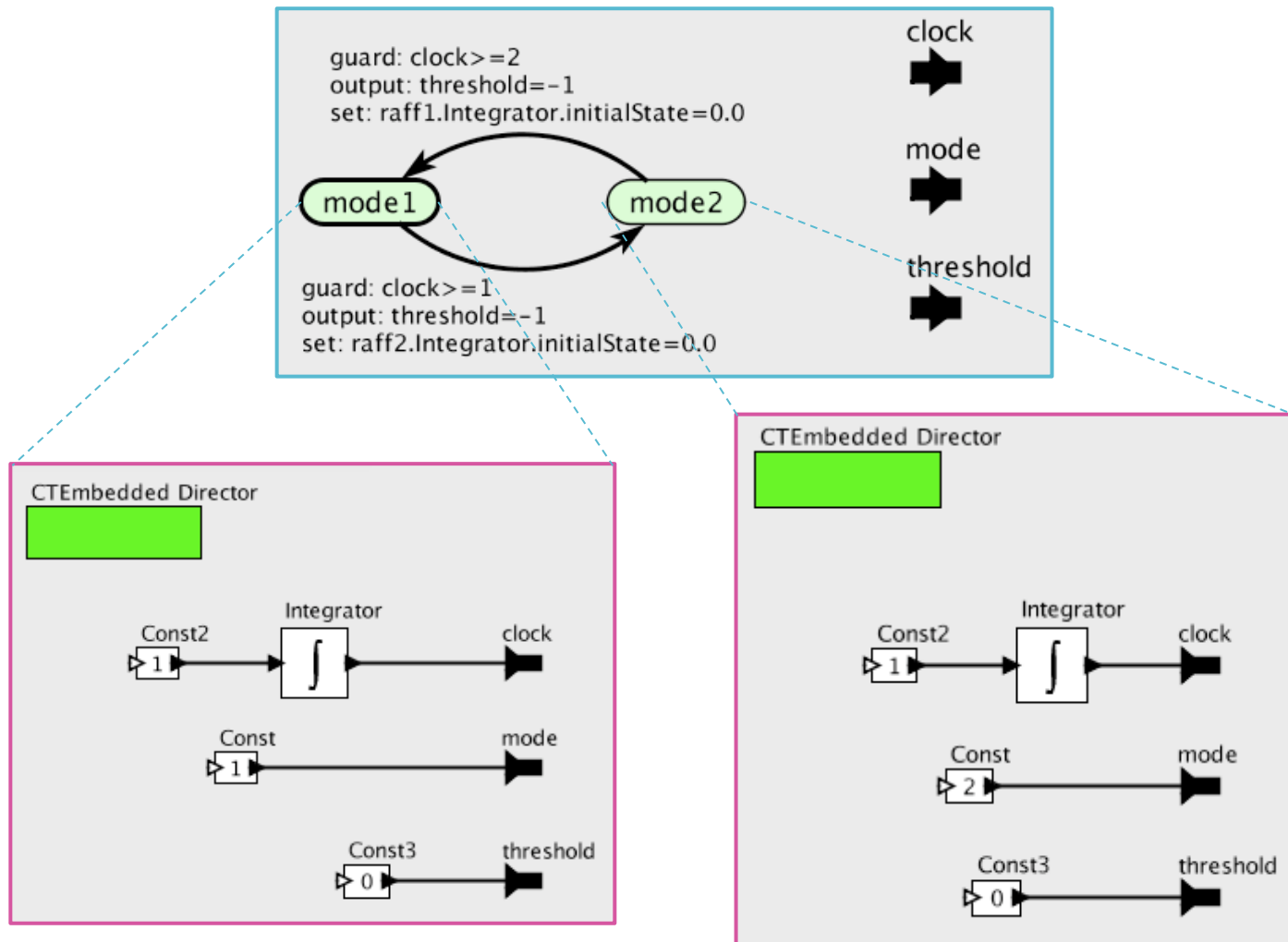
Exemple : Détecteur de clic de souris



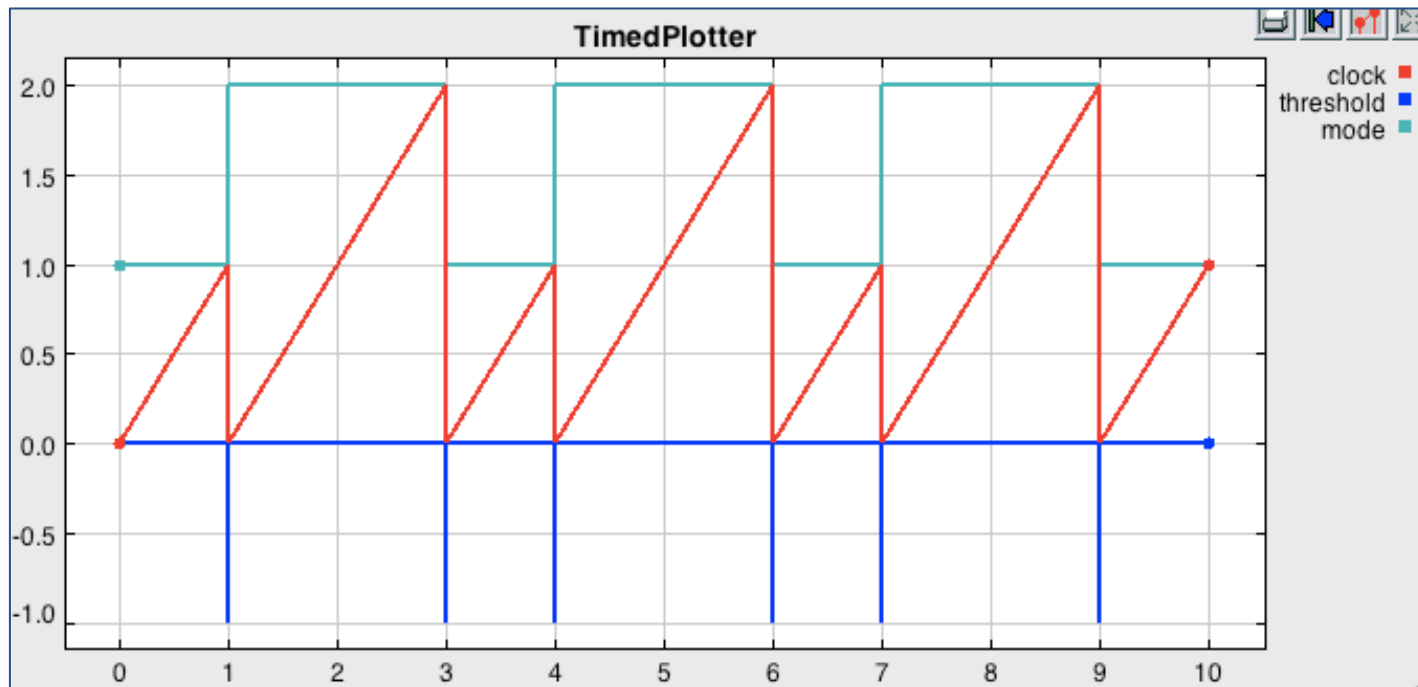
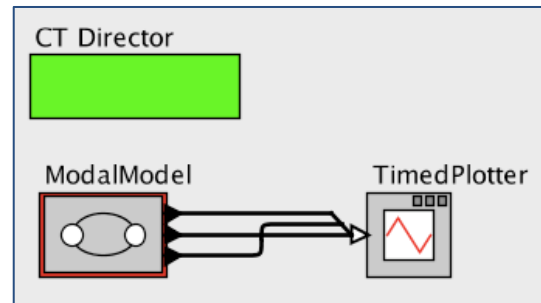
Exemple : Alternateur



Exemple : Alternateur, modèle modal

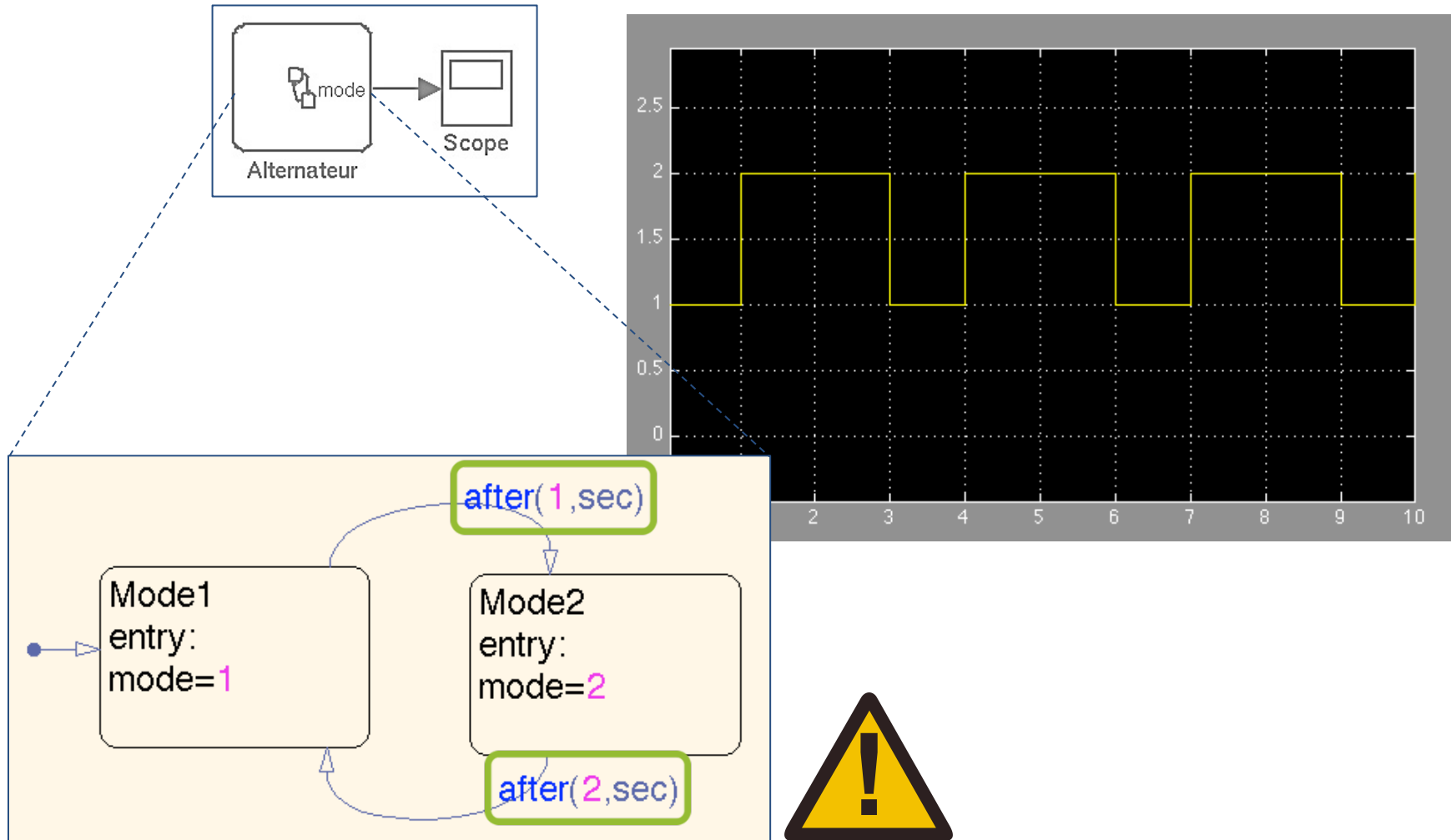


Exemple : Alternateur, simulation



Exemple :

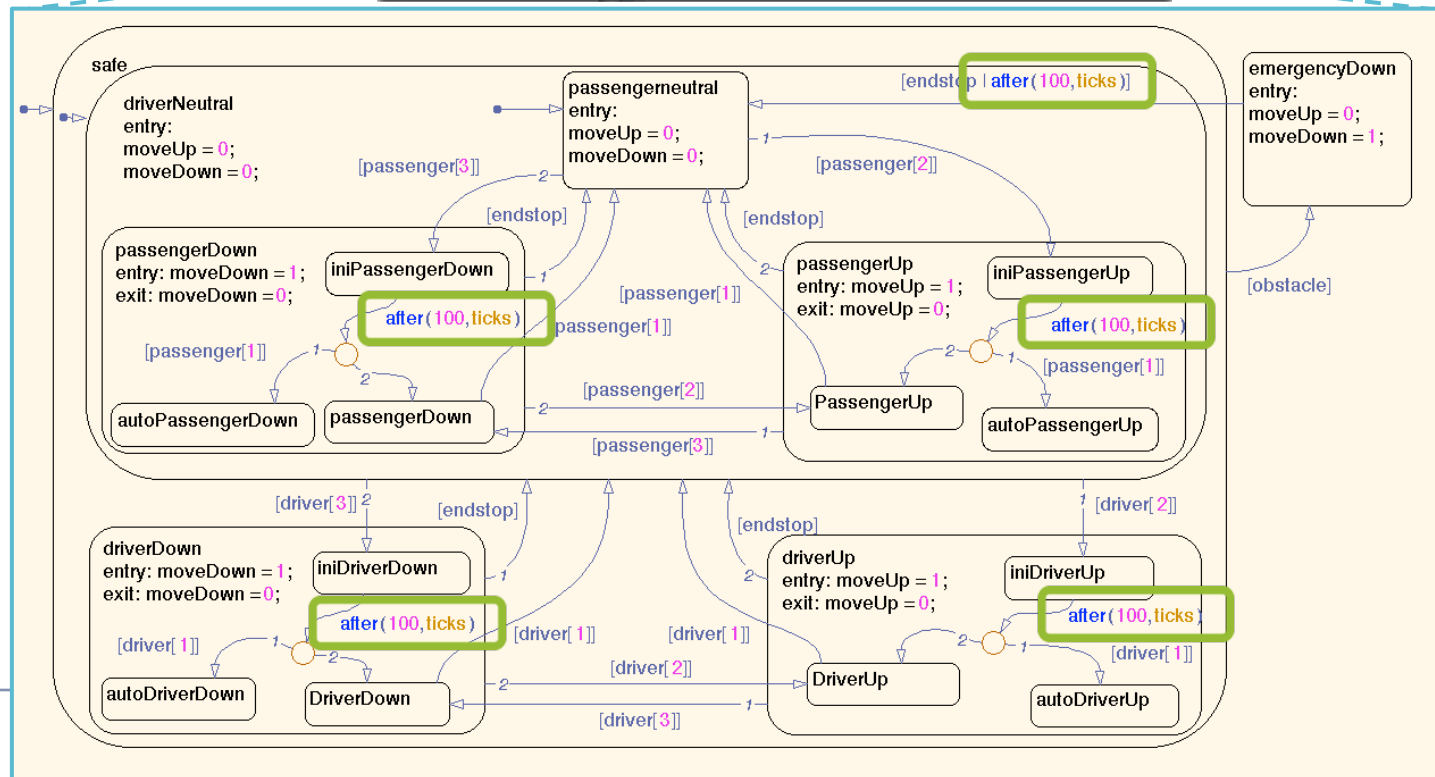
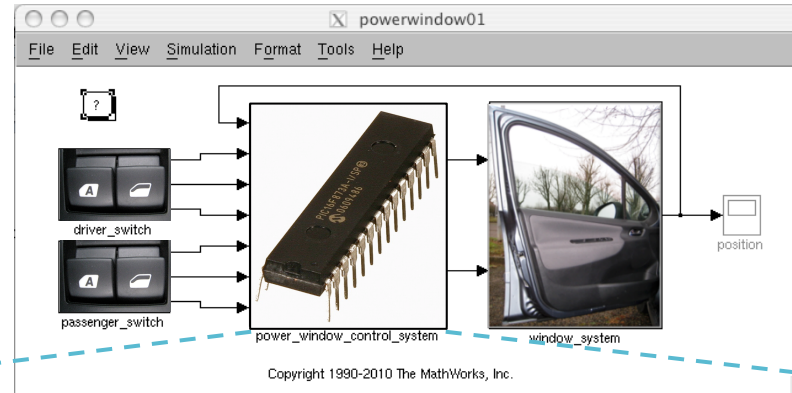
Alternateur, autre modélisation



Exemple : Lève-vitre, modèle mixte avec contrôleur temporisé



Exemple : Lève-vitre, contrôleur



Modélisation hétérogène – Systèmes hybrides

1. Système hybride
2. Automate hybride
3. Modèle modal
4. Modèle mixte
5. Automate temporisé
6. En résumé

En résumé

- ▶ **Système hybride** = système à **dynamique hétérogène discrète / continue**



- ▶ **Méthodes de modélisation** pour les systèmes hybrides
= **méthodes fondamentalement hétérogènes**
 - ▶ Automates hybrides / modèles modaux
 - ▶ Modèles mixtes (ex : modèles Stateflow/Simulink)
 - ▶ Automates temporisés

Sources & bibliographie

- ▶ TheMathWorks – Matlab / Simulink – modèles de démonstration
- ▶ U. Berkeley, EECS, CHES – Ptolemy II – modèles de démonstration
- ▶ Edward A. Lee and Sanjit A. Seshia,
Introduction to Embedded Systems, A Cyber-Physical Systems Approach,
<http://LeeSeshia.org>, ISBN 978-0-557-70857-4, 2011
- ▶ UC Berkeley course EECS 149 « Introduction to Embedded Systems »,
Edward A. Lee and Sanjit A. Seshia
- ▶ « Modélisation des systèmes », Cours de troisième année, option SI,
Supélec, Frédéric Boulanger
- ▶ « Hybrid Systems, Part I », Edward A. Lee and Sanjit A. Seshia, UC Berkeley
- ▶ « Introduction to Hybrid Automata », Arijit Mondal, Kapil Modi
and Arnab Sinha, IIT Kharagpur
- ▶ « The Art of Hybrid Systems », John Lygeros, Shankar Sastry
and Claire Tomlin