

IN310 - Modèles de systèmes embarqués

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

3A-SEM - 2010-2011

Introduction

Systèmes embarqués

Types de systèmes

Plan du cours

Qu'est-ce qu'un système embarqué ?

- ▶ Un système électronique, comprenant capteurs, actionneurs, processeurs et moyens de communication, piloté par un logiciel, intégré au système qu'il contrôle et
 - ▶ soumis à diverses **contraintes** : d'espace, de consommation, de temps de réponse (système temps réel), de sécurité, de sûreté de fonctionnement ;
 - ▶ conception conjointe "embarqueur et embarqué", mêlant différentes **spécialités** : électronique, traitement du signal, informatique, réseaux, automatique - qui doivent se comprendre et coopérer.

Qu'est-ce qu'un système embarqué ?

- ▶ Domaines d'application divers :
 - ▶ SE orientés *commande* : transport (Aéronautique, Espace, Automobile, Ferroviaire, Maritime)
 - ▶ SE orientés *traitement du signal/calcul* : télécom, multimédia
- ▶ Conception \rightsquigarrow modèle :
 - ▶ Comment représenter un système embarqué ?
 - ▶ Quel point de vue ?
 - commande : Système Hybride (variables continues et discrètes)

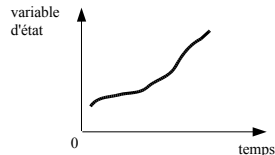
Types de variables

Le modèle mathématique d'un système est caractérisé par :

- ▶ la nature de la variable indépendante qui représente le **temps**
- ▶ la nature de ses **variables d'état** :
 - ▶ variables **continues** : prennent leurs valeurs sur le domaine des réels \mathbb{R}
 - ▶ variables **discrètes** : prennent leurs valeurs sur un domaine représenté par un ensemble dont le nombre d'éléments est dénombrable (ex : les entiers naturels \mathbb{N} , variables booléennes)

Types de systèmes

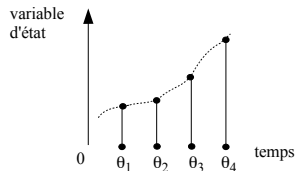
- ▶ Les systèmes continus :
- ▶ temps : variable **continue** (temps dense)
- ▶ variables d'état **continues**, évolution dictée par le temps
- ▶ équations algébro-différentielles
 $\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$, transformée de Laplace
- ▶ Ex : vitesse de rotation d'un moteur



Types de systèmes

► Les systèmes échantillonnés :

- temps : variable **discrète** $\theta_0, \theta_1 \dots \theta_{n-1} \theta_n, \theta_{n+1}$
...
- variables d'état **continues** (*observées à θ_i*)
- équations différence $X_{k+1} = A_k \cdot X_k + B_k U_k$,
transformée en Z
- Ex : vitesse moteur contrôlée par un microcontrôleur.



Types de systèmes

- ▶ Les systèmes à événements discrets :
 - ▶ représentés par une suite d'*événements discrets* (ex : un plan)
 - ▶ temps : relation de précédence
 - ▶ variables d'état discrètes : valeur $x(k+1)$ calculée directement à partir de $x(k)$, sans considérer le temps (fonction des événements)
 - ▶ automates, réseaux de Petri
 - ▶ ex : nombre de pièces dans un système de manufacture

Types de systèmes

- ▶ Les systèmes hybrides :
 - ▶ évolution à la fois en fonction du temps continu et des événements discrets
 - ▶ variables d'état continues et variables d'état discrètes
 - ▶ automates hybrides, réseaux de Petri hybrides
 - ▶ ex : contrôle de température : événement (on/off), variable continue (temperature)

Exemple

Un réservoir qui peut être rempli ou vidé. Un même système physique, mais deux points de vue :

- ▶ Modélisation du niveau de liquide : $S\dot{h}(t) = q_i(t) - u(t).\alpha h(t)$
avec :

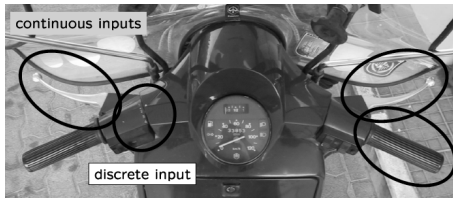
$h(t)$ la hauteur de liquide, $q_i(t)$ la vitesse de remplissage, $u(t)$ l'entrée
($u(t) = 0$: valve fermée, $u(t) = 1$: valve ouverte), S et α deux paramètres

- ▶ Modélisation de l'état du réservoir (vide ou plein) :
Espace d'état $X = \{vide, plein\}$, contrôle $U = \{ouvrir, fermer\}$

Exemple

Un réservoir qui peut être rempli ou vidé. Un même système physique, mais deux points de vue :

- ▶ Système Hybride : considérer les deux points de vue



- ▶ Entrée discrète (rapport de vitesse)
- ▶ Entrées continues (frein, gaz)
- ▶ Etat dynamique continu (vitesse, vitesse du vent, carburant)

Plan du cours

- ▶ Modèles discrets
 - ▶ Réseaux de Petri (C. Lesire)
4 C, 1 BE Tina, 2 BE Lego
 - ▶ Automates (J. Brunel)
4 C, 2 BE Uppaal
- ▶ Modèles hybrides (C. Lesire)
 - ▶ 1 C (C. Lesire)
 - ▶ 2 BE StateFlow (F. Defaÿ)