



## MODULE

### SYSTEMES A COMMUTATIONS ET OBSERVATION: THEORIE ET APPLICATIONS

#### **Intervenants :**

Marc JUNGERS (DR CNRS, CRAN UMR 7039)

Mihaly PETRECZKY (CR CNRS, CRISTAL UMR 9189)

Jean-Pierre BARBOT (Prof. ENSEA)

#### **Objectif et contenu de la formation**

Ce module aborde l'étude des Systèmes à Commutations (SAC), une classe très importante des Systèmes Dynamiques Hybrides (SDHs). Un Système à Commutations est composé d'un ensemble fini de sous-systèmes (à dynamique continue ou de type équations à récurrence) associés à une loi de commutation qui indique le système actif. Ces systèmes sont aujourd'hui omniprésents dans le monde de l'automatique. Leur description permet de prendre en compte un très large spectre de domaines. On les retrouve dans les Systèmes Énergétiques (description des changements de topologies et des sources dans les Réseaux Électriques, commande directe des convertisseurs de l'Électronique de Puissance), dans les Systèmes de Commande en Réseaux (prise en charge des interactions entre les ordonnanceurs temps-réel et les algorithmes de commande), dans la conception des systèmes sûrs (description de changements brusques dus à la perte d'actionneurs ou de capteurs, reconfiguration des lois de commandes suite aux fautes), etc. D'un point de vue générique, les Systèmes à Commutations offrent une abstraction pour les aspects hétérogènes (modèles continus et à événements discrets) des systèmes cyber-physiques.

En raison de leur nature intrinsèquement inter-disciplinaire, les Systèmes à Commutations ont attiré l'attention de communautés scientifiques très variés (Informatique, Mathématiques appliquées, Théorie du Contrôle, etc.). Des progrès significatifs ont été réalisés dans leur étude théorique. L'objectif de ce module est de présenter une synthèse des développements récents de la théorie des Systèmes à Commutation du point de vue de l'Automatique Continue.

#### **Programme Prévisionnel**

Les deux premières demi-journées sont consacrées à l'étude des propriétés dynamiques des systèmes à commutations. Le module aborde, à travers l'utilisation des fonctions de Lyapunov, l'analyse de stabilité et la stabilisation des systèmes linéaires commutés. Une attention particulière sera accordée aux techniques LMI qui seront illustrées par des exemples numériques lors de travaux pratiques sous Matlab. Les deux demi-journées suivante portent sur l'étude des propriétés structurelles (commandabilité, observabilité, etc.) ainsi que sur les problèmes rencontrés lors de la synthèse d'observateurs. Tout au long du module, les méthodes proposées seront mises à l'épreuve à travers des exemples concrets (convertisseurs de puissance, machines électriques, bio-réacteurs, systèmes en réseaux, etc.).

Lundi 3 Juin 2019

14h00- 17h00 M. JUNGERS - Stabilité et stabilisation (Cours)

- 1) Qu'est-ce qu'un système hybride / commuté ?
- 2) Stabilité des systèmes commutés avec loi de commutation arbitraire
- 3) Stabilisation d'un système commuté avec une loi de commutation commandée
- 4) Notions de stabilisation d'un système commuté avec contraintes de langage

Mardi 4 Juin 2019

18h30 - 12h30 M. JUNGERS - Stabilité et stabilisation (TD Matlab)

- 1) Prise en main des systèmes dynamiques commutés à temps discret: principaux comportements non intuitifs sur des exemples  $\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix}$
- 2) Etude numérique de la stabilité des systèmes commutés à temps discret pour une loi de commutation arbitraire, avec conditions LMIs
- 3) Étude numérique de la stabilisation des systèmes commutés à temps discret pour une loi de commutation commandée

Mardi 4 Juin 2019

14h00 - 17h00 M. PETRECKZY - Propriétés structurelles (Cours)

- 1) Accessibilité et Contrôlabilité
- 2) Distingabilité
- 3) Comportements entrée-sortie et représentations d'état minimales

Mercredi 5 Juin 2019

18h30 - 12h30 J.P. BARBOT - Observation et applications (Cours / TD Matlab)

- 1) Rappels sur les observateurs et l'observabilité des systèmes non linéaires
- 2) Inversion à gauche et observateurs à entrées inconnues
- 3) Singularités d'observabilité et d'inversion à gauche
- 4) Une brève introduction de la parcimonie
- 5) Reformulation de la parcimonie et du problème des entrées inconnues dans le cadre des SDHs
- 6) Présentation de quelques observateurs non linéaires pour les SDHs et le diagnostic